



UNIVERSIDAD DE JAÉN
FACULTAD DE HUMANIDADES Y
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE
LA EXPRESIÓN MUSICAL,
PLÁSTICA Y CORPORAL

TESIS DOCTORAL
INFLUENCIA DEL EJERCICIO FÍSICO CON
ENTRENAMIENTO VIBRATORIO EN LOS
PROCESOS DE ENVEJECIMIENTO DE
MUJERES MAYORES DE 65 AÑOS

PRESENTADA POR:
MARÍA VICTORIA PALOP MONTORO

DIRIGIDA POR:
DR. D. JUAN A. PÁRRAGA MONTILLA
DRA. DÑA. MILAGROS ARTEGA CHECA
DR. D. EMILIO D. LOZANO AGUILERA

JAÉN, 8 DE JUNIO DE 2015

ISBN 978-84-8439-940-7

Dedicado a mi madre Aurelia, por todo lo que me ha transmitido, ejemplo de superación, entrega a su trabajo y dedicación a los mayores.

A mi padre Ramón, que siempre estará presente.

A mi hija Carolina, el sentido de mi vida

Agradecimientos

A mis directores, D. Juan A. Párraga Montilla, Dña. Milagros Arteaga Checa y D. Emilio Lozano Aguilera, por su infatigable constancia, paciencia y guía. Esta tesis debe mucho a ellos, puesto que son los responsables de cualquier forma de orden y claridad que pueda hallarse en el documento. Mis métodos organizativos de trabajo son probablemente inaceptables y, sin embargo, nunca he dejado de sentir su apoyo para guiarme en el desarrollo de esta investigación. No olvidaré su amistad, su cariño y su comprensión, incluso durante mis ataques de impaciencia por terminar esta tesis. Gracias por vuestro trabajo perfeccionista, incansable y profesional; por vuestra paciencia ante los múltiples asaltos en los despachos. Sois dignos de admiración y un ejemplo a seguir.

A las Profas. Dras. M^a Carmen Jiménez y M^a Luisa Grande, las cuales me aportaron sus enormes conocimientos de Gerontología.

Al Prof. Dr. D. Rafael Lomas Vega por su ayuda y contagio de la efectividad clínica, así como sus conocimientos de posturología y posturografía.

Al Prof. Dr. D. Francisco Molina Moreno por compartir tanto conocimiento de biología y genética; y por su amistad y ánimo en los momentos bajos.

Al Vicedecano de la Facultad de Ciencias de la Salud, Jose Miguel Barreda Pitarch. Su experiencia me ha llevado de la mano siempre que lo he necesitado.

A mis primeros profesores, tanto de Educación Física en esta Universidad, como de Fisioterapia en la Universidad Europea de Madrid. Ellos me abrieron dos mundos apasionantes en los que emprenderme y realizarme. Especial mención al Prof. Dr. D. Juan Martín López Sánchez.

A mis compañeros profesores de Fisioterapia, verdaderos clínicos basados en la evidencia: Carmen, Ángeles, Cati, Enca, Juanmi, Salva, Isa, Miguel Ángel....Y a las profesoras asociadas de salud: Ana Pilar, Carmen, Julia, Raquel, Eva, Elena y Toñi.

A las participantes del estudio, por su disposición absoluta y larga colaboración, las principales protagonistas, que mostraron cada día una ilusión renovada y aumentada, almas jóvenes y ejemplos de superación y lucha diaria.

A los fisioterapeutas que colaboraron en esta investigación, Jose Jesús Alberca y Daniel Tapia. Sin su ayuda, consejos, aportaciones, este estudio no hubiera sido posible. Gracias, de veras, por tanto como habéis hecho.

A los fisioterapeutas que me han marcado otra visión profesional y docente, como: Angela Simon, Kishore Garikipati, Sarah Jane Ryan, Raija Kuisma, David Ravnik.

A mi familia y amigos por su ayuda, cariño y comprensión a lo largo de los años. En cada ejemplo, en cada línea y en cada palabra podría indicar la influencia de su apoyo, de sus sugerencias y de su compañía. Solo espero ser capaz de devolverles algún día lo mucho que me han dado.

A mi hermano Ramón, por sus conocimientos informáticos y sus bromas, con quien siempre me ha conectado algo más que la sangre. A su compañera, por su dulzura y cariño.

A mis compañeros de viaje, "Kean our group", excelentes profesores, compañeros y amigos. Siempre ahí cuando los necesitas.

A la Universidad de Jaén y, en particular, a M^a Ángeles Peinado y Juan Jiménez, por haber resuelto siempre mis dudas y su aliento para llegar a buen puerto.

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a las dos personas que han sido las razones fundamentales de este trabajo: Mi madre Aurelia y mi hija Carolina. La primera, por la educación que me dio y los valores que me inculcó...mi modelo a seguir. La segunda, por su cariño a pesar de que apenas le he podido dedicar tiempo. A vosotras debo lo que a continuación aporto.

ÍNDICE

Introducción.....	21
Capítulo 1: Marco conceptual	25
1.- Marco conceptual	27
1.1.- Gerontología y Biogerontología	27
1.2.- Esperanza de vida, longitud de la vida y longevidad	28
1.3.- El envejecimiento fisiológico.....	30
1.3.1.- Definición y características del envejecimiento	30
1.3.2.- Teorías del envejecimiento	31
1.3.3.- Cambios físicos asociados al envejecimiento.....	33
1.3.3.1.- Sistema músculo-esquelético.....	33
1.3.3.2.- Sistema cardiovascular y sanguíneo.....	35
1.3.3.3.- Sistema respiratorio.....	37
1.3.3.4.- Sistema digestivo.....	39
1.3.3.5.- Sistema tegumentario.....	40
1.3.3.6.- Sistema endocrino.....	41
1.3.3.7.- Sistema inmune	43
1.3.3.8.- Sistema renal	44
1.3.3.9.- Sistema nervioso y órganos de los sentidos	46
1.4.- Los factores genéticos en el envejecimiento	49
1.4.1.- Los genes del envejecimiento	49
1.4.2.- La respuesta de los genes frente al ambiente	50
1.4.3.- Polimorfismos genéticos hallados en el envejecimiento	52
1.4.4.- Implicaciones genes nucleares y mitocondrias.....	53
1.4.5.- La modificación proteica y glicosilación de proteínas	54
1.4.6.- Radicales libres/ ADN mitocondrial.....	55
1.5.- El envejecimiento patológico	56
1.5.1.- Las enfermedades crónicas degenerativas y sus factores de riesgo	56
1.5.2.- Mecanismo patogénico común de las enfermedades crónicas degenerativas	58
1.5.2.1.- Estrés oxidativo	60
1.5.2.2.- Acidificación tisular y equilibrio ácido-base	61
1.5.2.3.- El agotamiento de reservas básicas naturales.....	62
1.5.2.4.- “Ensuciamiento” de los tejidos.....	62
1.5.2.5.- Desmineralización y pérdida de oligoelementos	63
1.5.2.6.-Trastornos inflamatorios	64
1.6.- Influencia de los hábitos de vida.....	65
1.6.1.- La alimentación	66
1.6.1.1.- Equilibrio ácido-base	68
1.6.1.2.- Índice glicémico de los alimentos	69
1.6.1.3.- Influencia de la temperatura en el proceso de cocinado de los alimentos.....	71
1.6.2.- La hidratación.....	73
1.6.3.- La respiración.....	75
1.6.4.- Luz solar.....	77
1.6.5.- Manejo del estrés.....	78
1.6.6.- El sueño	80
1.6.7.- Ejercicio físico	82
1.7.- El ejercicio físico en personas mayores.....	83

1.7.1.- Ejercicio físico y calidad de vida	83
1.7.2.- Capacidad funcional y salud	85
1.7.3.- Actividad física y ejercicio físico	86
1.7.4.- Principales efectos del ejercicio físico en personas mayores	89
1.7.4.1.- Beneficios en el sistema músculo-esquelético	89
1.7.4.2.- Beneficios en el sistema cardiovascular	97
1.7.4.3.- Beneficios en el sistema respiratorio	101
1.7.4.4.- Beneficios metabólicos	103
1.7.4.5.- Fortalecimiento del sistema inmune	106
1.7.4.6.- Adaptaciones del sistema nervioso	107
1.8.- El entrenamiento vibratorio	110
1.8.1.- Las vibraciones y su influencia en el organismo	110
1.8.2.- Historia	115
1.8.3.- Base fisiológica: el reflejo miotático	117
1.8.4.- Parámetros físicos del estímulo vibratorio	120
1.8.5.- Efectos del entrenamiento vibratorio	124
1.8.5.1.- Efectos de WBV sobre el sistema neuromuscular	128
1.8.5.2.- Efectos de WBV sobre el sistema cardiorrespiratorio	135
1.8.5.3.- Efectos de WBV sobre la masa ósea y el tejido cartilaginoso	139
1.8.5.4.- Efectos de WBV sobre el sistema endocrino	145
1.8.5.5.- Efectos de WBV sobre los sistemas sensorial, propioceptivo y de control postural	148
1.8.5.6.- Efectos de WBV sobre la composición corporal	151
1.8.6.- Efectos de WBV en los adultos	154
1.8.6.1.- Efectos de WBV en adultos sanos	154
1.8.6.2.- Efectos de WBV en adultos lesionados	156
1.8.6.3.- Efectos de WBV en adultos entrenados	156
1.8.7.- Percepción subjetiva del estímulo vibratorio en plataforma	158
1.8.8.- Entrenamiento vibratorio asociado a entrenamiento convencional	159
1.8.9.- Contraindicaciones	159
1.8.10.- WBV y calidad de vida	162
1.9.- El entrenamiento vibratorio en personas mayores	163
1.9.1.- Repercusiones de WBV en el sistema neuromuscular	163
1.9.2.- Equilibrio, riesgo de caídas y control postural tras WBV	169
1.9.3.- Mejoras en el sistema cardiovascular y respiratorio con WBV	176
1.9.4.- Cambios que provoca WBV en el sistema hormonal	179
1.9.5.- Cambios en la densidad mineral ósea de WBV	182
1.9.6.- Cambios en la composición corporal con WBV	185
1.9.7.- Tendencias actuales de WBV en personas mayores	186
1.10.- Pertinencia del estudio clínico	189
Capítulo 2: Objetivos e hipótesis de la investigación	193
2.- Objetivos e hipótesis de la investigación	195
2.1.- Objetivos generales	195
2.2.- Objetivos específicos	195
2.3.- Hipótesis	196
Capítulo 3: Metodología de la Investigación	197
3.- Metodología de la investigación	199
3.1.- Población objeto del estudio	199
3.1.1.- Participantes	199
3.1.2.- Colaboradores	200

3.2.- Diseño de la investigación. Tipo de estudio.....	201
3.2.1.- Variables de la investigación. Definición y justificación	202
3.2.1.1.- Variables independientes	202
3.2.1.2. Variables de carácter general o de contexto	207
3.2.1.3.- Variables dependientes	208
3.3.- Equipamiento	222
3.3.1.- Material empleado en el programa de intervención.....	222
3.3.2.- Material empleado en la recolección de datos.....	224
3.3.2.1.- Estatura	224
3.3.2.2.- Peso y composición corporal.....	224
3.3.2.3.- Presión arterial.....	225
3.3.2.4.- Perímetro del tobillo.....	226
3.3.2.5.- Fuerza máxima isométrica de prensión manual.....	227
3.3.2.6.- Test de fuerza para las extremidades inferiores, test de flexibilidad de las extremidades inferiores, test de agilidad y test de equilibrio estático monopodal con visión	227
3.3.2.7.- Cuestionarios de medición de otras variables de interés.....	228
3.4.- Procedimiento	233
3.4.1.- Procedimiento de reclutamiento y selección de la muestra.....	233
3.4.2.- Aspectos éticos	235
3.4.3.- Procedimiento de evaluación inicial (pretest)	236
3.4.3.1.- Organización general de la evaluación inicial	236
3.4.3.2.- Organización específica de la evaluación	238
3.4.4.- Procedimiento de evaluación al finalizar la intervención (postest)	248
3.4.5.- Procedimiento para el desarrollo de las sesiones prácticas	249
Capítulo 4: Resultados	251
4.- Resultados	253
4.1.- Descripción de la muestra y de los grupos control y experimental.....	253
4.1.1.- Variables de carácter general o de contexto	253
4.1.2.- Variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud	254
4.1.3.- Variables asociadas a pruebas de condición física	255
4.1.4.- Variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios).....	257
4.1.5.- Conclusión del análisis de homogeneidad entre los grupos control y experimental	258
4.2.- Análisis del efecto del tratamiento	259
4.2.1.- Variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud	260
4.2.1.1.- Variable peso.....	260
4.2.1.2.- Variable índice de masa corporal.....	262
4.2.1.3.- Variable masa muscular	264
4.2.1.4.- Variable nivel de grasa visceral.....	266
4.2.1.5.- Variable masa grasa.....	267
4.2.1.6.- Variable masa libre de grasa.....	269
4.2.1.7.- Variable masa ósea en Kg	271
4.2.1.8.- Variable agua corporal en Kg	272
4.2.1.9.- Variable agua corporal en %	274
4.2.1.10.- Variable presión arterial sistólica.....	276
4.2.1.11.- Variable presión arterial diastólica.....	278
4.2.1.12.- Variable perímetro del tobillo.....	281
4.2.2.- Variables asociadas a pruebas de condición física	283
4.2.2.1.- Variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano derecha) ...	283
4.2.2.2.- Variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano izquierda)	285

4.2.2.3.- Variable asociada al Chair Stand Test	287
4.2.2.4.- Variable asociada al Chair-Sit and Reach Test.....	289
4.2.2.5.- Variable asociada al Foot Up-and-Go Test	292
4.2.2.6.- Variable equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho)	294
4.2.2.7.- Variable equilibrio estático monopodal con visión (pie izquierdo).....	295
4.2.3.- Variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios)	298
4.2.3.1.- Variable asociada a la escala verbal numérica de dolor	299
4.2.3.2.- Variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental)	301
4.2.3.3.- Variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física)	303
4.2.3.4.- Variable asociada al cuestionario de Pittsburg	306
4.2.3.5.- Variable asociada al cuestionario CACV (síntomas).....	308
4.2.3.6.- Variable asociada al cuestionario CACV (molestias)	310
4.2.3.7.- Variable asociada al cuestionario ICIQ-SF	313
4.2.3.8. Resumen de los resultados de todas las variables analizadas.....	315
Capítulo 5: Discusión.....	321
5.- Discusión	323
5.1.- Diseño de la investigación.....	323
5.2.- Características de la muestra	324
5.3.- Aplicabilidad y cumplimiento del entrenamiento	325
5.4.- Efectos adversos.....	326
5.5.- Control y seguimiento de la ejecución del programa	327
5.6.- Adherencia al programa	328
5.7.- Duración de la intervención	328
5.8.- Protocolo de entrenamiento vibratorio	329
5.9.- Hallazgos antropométricos	332
5.10.- Hallazgos en el estado de salud.....	336
5.11.- Hallazgos en la condición física.....	338
5.12.- Hallazgos en el dolor	345
5.13.- Hallazgos en la calidad de vida relacionada con la salud	346
5.14.- Hallazgos en la calidad del sueño	347
5.15.- Hallazgos en la incontinencia urinaria	348
5.16.- Hallazgos en la calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria	349
5.17.- Limitaciones	349
Capítulo 6. Conclusiones y Perspectivas de futuro	351
6.- Conclusiones y Perspectivas de futuro.....	353
6.1.- Conclusiones.....	353
6.2.- Perspectivas de futuro.....	358
Capítulo 7. Referencias bibliográficas	361
7.- Referencias bibliográficas	363
ANEXOS	405
ANEXO 1. Escalas unidimensionales de valoración del dolor.....	407
ANEXO 2. Cuestionario SF-12 sobre el estado de salud.....	409
ANEXO 3. Cuestionario de Pittsburg de calidad del sueño.....	411
ANEXO 4. Cuestionario CACV	419
ANEXO 5. Cuestionario ICIQ-SF.....	421
ANEXO 6. Escrito autorización Junta de Andalucía.....	423
ANEXO 7. Hoja informativa al participante	425

ANEXO 8. Consentimiento informado	427
ANEXO 9. Informe Comité de Ética Servicio Andaluz de Salud.....	429
ANEXO 10. Informe Comité de Bioética Universidad de Jaén.....	431
ANEXO 11. Plantilla toma datos.....	433
ANEXO 12. Datos estadísticos de comprobación de la homogeneidad para cada una de las variables de estudio.	435

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Escala de pH de los alimentos. (Disponible en: http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd).....	69
Figura 1.2. Interacción de contenidos que contribuyen al incremento de las capacidades físicas en los mayores (Párraga, 2009).....	89
Figura 1.3. Modelo de plataforma vibratoria vertical. (Tomado de http://plataformavibratoria.org.es/tipos-plataformas-vibratorias).....	113
Figura 1.4. Modelo de plataforma vibratoria oscilante. (Tomado de http://plataformavibratoria.org.es/tipos-plataformas-vibratorias).....	114
Figura 1.5. Modelo de plataforma vibratoria multidireccional. (Tomado de http://plataformavibratoria.org.es/tipos-plataformas-vibratorias).....	114
Figura 1.6. Arco reflejo solicitado en la aparición del reflejo tónico vibratorio (Johnston <i>et al.</i> , 1970).	118
Figura 1.7. Evolución de la señal EMG como consecuencia del aumento progresivo (1Hz/seg) de la frecuencia de vibración*.	130
Figura 3.1. Posición inicial con ligera flexión de rodillas.	203
Figura 3.2. Ejercicio de squat con aumento de la flexión de rodillas y caderas.	204
Figuras 3.3. y 3.4. Partiendo de la posición inicial, elevación de rodillas al frente de manera alternativa.	204
Figura 3.5. Extensión de cadera y descenso de la pierna derecha al suelo.	205
Figura 3.6. Extensión de cadera y descenso de la pierna izquierda al suelo.....	205
Figura 3.7. Partiendo de la posición inicial, desplazamiento del peso del cuerpo lateralmente a izquierda y derecha.	206
Figura 3.8. Gráfico de índice de masa corporal (IMC) (Monterrey Gutiérrez & Porrata Maury, 2001).....	209
Figura 3.9. Chair Stand Test.	214
Figura 3.10. Chair-Sit and Reach Test.....	215
Figura 3.11. Foot Up-and-Go Test.	216
Figura 3.12. Test de equilibrio estático monopodal con visión.	217
Figura 3.13. Modelo de máquina vibratoria DKN XG 3.0.....	223
Figura 3.14. Consola de la máquina vibratoria DKN- XG3.	223
Figura 3.15. Estadiómetro portátil seca 213.....	224
Figura 3.16. Analizador de composición corporal Tanita SC 330 S.....	225
Figura 3.17. Esfigmomanómetro aneroide portátil y fonendoscopio Corysan.....	226
Figura 3.18. Dinamómetro T.K.K. 5401 GRIP – D.....	227
Figura 3.19. Algoritmo del plan experimental y de reclutamiento.	235
Figura 3.20. Procedimiento de medición de la presión arterial.	241

Figura 3.21. Medición del perímetro del tobillo.....	242
Figura 3.22. Medición de la fuerza máxima isométrica de prensión manual con dinamómetro.....	243
Figura 3.23. Posicionamiento inicial del Chair Stand Test.....	244
Figura 3.24. Test Chair-Sit and Reach.....	245
Figura 3.25. Test Foot Up-and-Go.	246
Figura 3.26. Test de equilibrio estático monopodal con visión.	247
Figura 4.1. Gráfico de Box-Whisker de la variable peso.....	262
Figura 4.2. Gráfico de Box-Whisker de la variable índice de masa corporal.....	264
Figura 4.3. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa muscular.	265
Figura 4.4. Gráfico de Box-Whisker de la variable nivel de grasa visceral.	267
Figura 4.5. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa grasa.....	269
Figura 4.6. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa libre de masa.....	270
Figura 4.7. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa ósea.	272
Figura 4.8. Gráfico de Box-Whisker de la variable agua corporal en Kg.....	274
Figura 4.9. Gráfico de Box-Whisker de la variable agua corporal en %.	276
Figura 4.10. Gráfico de Box-Whisker de la variable presión arterial sistólica.	278
Figura 4.11. Gráfico de Box-Whisker de la variable presión arterial diastólica.	280
Figura 4.12. Gráfico de Box-Whisker de la variable perímetro del tobillo.	283
Figura 4.13. Gráfico de Box-Whisker de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual con la mano derecha.	285
Figura 4.14. Gráfico de Box-Whisker de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual con la mano izquierda.....	287
Figura 4.15. Gráfico de Box-Whisker de la variable Chair Stand Test.....	288
Figura 4.16. Gráfico de Box-Whisker de la variable Chair-Sit and Reach Test.....	291
Figura 4.17. Gráfico de Box-Whisker de la variable Foot Up-and-Go Test.	293
Figura 4.18. Gráfico de Box-Whisker de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho).	295
Figura 4.19. Gráfico de Box-Whisker de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie izquierdo).....	297
Figura 4.20. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada a la escala verbal numérica de dolor.	300
Figura 4.21. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental).....	303
Figura 4.22. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física).	305
Figura 4.23. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario de Pittsburg.	307
Figura 4.24. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario CACV (síntomas).....	310

Figura 4.25. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario
CACV (molestias). 312

Figura 4.26. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario
ICIQ-SF. 315

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Principales teorías del envejecimiento (elaboración propia)	32
Tabla 1.2. Estudios que han registrado el efecto de la aplicación de vibraciones en la señal EMG con respecto a niveles basales (Bosco <i>et al.</i> 1999) o respecto a la misma posición sin aplicar vibración. Los estudios de Delecluse <i>et al.</i> (2003) y Verschueren <i>et al.</i> (2004) presentan datos de caso único. (Tomada de Tous & Moras, 2004).	130
Tabla 1.3. Cambios provocados en diferentes parámetros como consecuencia de la realización de flexo-extensiones de rodilla hasta la fatiga (con sobrecarga del 40% del peso corporal) sobre una plataforma vibratoria (Rittweger <i>et al.</i> , 2000).	137
Tabla 1.4. Cambios provocados en diferentes parámetros en sujetos trasplantados de corazón como consecuencia de la realización de flexo-extensiones de rodilla hasta la fatiga sobre una plataforma vibratoria (Crevenna <i>et al.</i> , 2003).	137
Tabla 1.5. Parámetros del programa de WBV al comienzo y al final del mismo (Delecluse <i>et al.</i> , 2003).	155
Tabla 1.6. Parámetros de entrenamiento para los grupos de intervención con y sin vibración (Ronnestad, 2004).	155
Tabla 1.7. Contraindicaciones de WBV (elaboración propia).	161
Tabla 1.8. Aplicaciones terapéuticas de WBV (adaptada de Alguacil <i>et al.</i> , 2009).	161
Tabla 1.9. Parámetros del programa de vibraciones al comienzo y al final del mismo (Roelants <i>et al.</i> , 2004).	164
Tabla 4.1. Pruebas de homogeneidad de las variables de contexto.	254
Tabla 4.2. Pruebas de homogeneidad de las variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud.	255
Tabla 4.3. Pruebas de homogeneidad de las variables asociadas a pruebas de condición física.	256
Tabla 4.4. Pruebas de homogeneidad de las variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios).	258
Tabla 4.5. Resultados de la variable peso.	261
Tabla 4.6. Resultados de la variable índice de masa corporal.	263
Tabla 4.7. Resultados de la variable masa muscular.	265
Tabla 4.8. Resultados de la variable nivel de grasa visceral.	266
Tabla 4.9. Resultados de la variable masa grasa.	268
Tabla 4.10. Resultados de la variable masa libre de grasa.	270
Tabla 4.11. Resultados de la variable masa ósea en Kg.	271
Tabla 4.12. Resultados de la variable agua corporal en Kg.	273

Tabla 4.13. Resultados de la variable agua corporal en %.....	275
Tabla 4.14. Resultados de la variable presión arterial sistólica.	277
Tabla 4.15. Resultados de la variable presión arterial diastólica.	279
Tabla 4.16. Resultados de la variable perímetro del tobillo.	281
Tabla 4.17. Resultados de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano derecha).....	284
Tabla 4.18. Resultados de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano izquierda).	286
Tabla 4.19. Resultados de la variable asociada al Chair Stand Test.....	288
Tabla 4.20. Resultados de la variable asociada al Chair-Sit and Reach Test.....	290
Tabla 4.21. Resultados de la variable asociada al Foot Up-and-Go Test.	292
Tabla 4.22. Resultados de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho).	294
Tabla 4.23. Resultados de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie izquierdo).....	296
Tabla 4.24. Resultados de la variable asociada a la escala verbal numérica de dolor.	299
Tabla 4.25. Resultados de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental).	301
Tabla 4.26. Resultados de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física).	304
Tabla 4.27. Resultados de la variable asociada al cuestionario de Pittsburg.	306
Tabla 4.28. Resultados de la variable asociada al cuestionario CACV (síntomas).	308
Tabla 4.29. Resultados de la variable asociada al cuestionario CACV (molestias).....	311
Tabla 4.30. Resultados de la variable asociada al cuestionario ICIQ-SF.	313
Tabla 4.31. Resumen de los resultados de la investigación.	317

Introducción

La motivación principal de este estudio se debe al deseo de ofrecer un merecido reconocimiento a nuestros mayores. Mi admiración por este colectivo comenzó ya desde niña. El hecho de casi nacer y criarme en centros de mayores bajo la dirección de mi madre, su compromiso y amor por ellos, trasladó en mi sangre un especial respeto e interés por las personas mayores. Su calidad de vida ha sido nuestra prioridad desde entonces. Aportarles de medios útiles y saludables en el transcurrir de sus vidas supone un esfuerzo, a la vez que una satisfacción. El ejercicio físico es importante para prevenir el desarrollo de enfermedades crónicas degenerativas, debiendo dar respuesta a las necesidades, actitudes y preferencias de cada persona. Pero los mayores demandan, al igual que los jóvenes, de actividades novedosas. De este modo, el entrenamiento vibratorio, dada su facilidad de uso y efectividad en los sistemas corporales, se presenta como una opción de ejercicio para proporcionar un envejecimiento saludable. Este es un reto para todo aquel que quiera enfrentarse al mismo. Por lo tanto, asumimos dicho reto a favor de aportar más vida y mejor a los que en su momento la dedicaron a nosotros.

El presente trabajo es la trayectoria de un proceso formativo, iniciado con los estudios en Educación Física y Fisioterapia, los cuales continuaron con el máster en Gerontología, impartido por la Universidad de Jaén. De todos ellos tengo el orgullo de ser alumna de su primera promoción, viviendo sus comienzos y la ilusión de cada uno de los profesionales que los impartieron. El proyecto fin de máster, en el que elaboré una revisión sobre los efectos del entrenamiento vibratorio, aumentó mi curiosidad por la aplicabilidad de este tipo de entrenamiento en los adultos mayores, y fue la base para el posterior trabajo de investigación, inicio de la tesis doctoral presentada en este documento.

El estudio titulado “Influencia del ejercicio físico con entrenamiento vibratorio en los procesos de envejecimiento de mujeres mayores de 65 años” tiene como objetivo principal conocer los efectos del uso de vibraciones

complementando un programa regular de ejercicio físico terapéutico. La estructura de esta investigación se divide en diferentes partes. La primera narra la evidencia científica actual sobre los procesos de envejecimiento, los factores que lo condicionan y las tendencias más novedosas sobre ejercicio físico y entrenamiento vibratorio; con aportaciones relevantes, desde el punto de vista clínico, que reflejan la visión de este estudio y suponen un compromiso de referencia en relación a los objetivos propuestos. Una segunda corresponde a la metodología, en la que se describe el procedimiento detallado de información, captación, obtención de permisos en los órganos competenciales y del programa de intervención realizado. Seguidamente se presentan los resultados, donde se expone el análisis e interpretación de los mismos, ofrecidos a partir del trabajo de campo; con un procedimiento estadístico minucioso sobre homogeneidad de las variables de estudio y los efectos objetivados en las participantes, consecuentes del entrenamiento ejecutado. En la discusión se comparan tales hallazgos con los obtenidos en estudios similares; dando paso a las conclusiones, reflexión del protocolo de intervención y de los resultados de nuestra investigación; así como un análisis crítico del mismo, incluyendo propuestas de mejora y perspectivas de futuro. En el apartado de referencias bibliográficas se detallan todos los autores que han ido dando forma, con sus aportaciones, a la fundamentación teórica y metodológica del estudio. Por último, se incluyen los anexos, que ofrecen los documentos que nos fueron necesarios y útiles en el transcurso de la investigación.

El estudio se realizó con una muestra de mujeres mayores de entre 65 y 80 años. Se emplearon dos grupos, uno de ellos experimental y el segundo como grupo control. El grupo experimental realizó un programa regular de ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio. El grupo control realizó el programa de ejercicio terapéutico solamente, sin complementación de vibraciones de cuerpo completo. Se midieron las siguientes variables: estatura, peso, composición corporal (índice de masa corporal, masa muscular, nivel de grasa visceral, masa grasa, masa libre de grasa, masa ósea en Kg, agua corporal en Kg y porcentaje de agua corporal),

presión arterial, perímetro del tobillo, fuerza máxima isométrica de prensión manual, fuerza de las extremidades inferiores, flexibilidad de las extremidades inferiores, agilidad, equilibrio estático monopodal con visión, dolor, calidad de vida relacionada con la salud, calidad del sueño, incontinencia urinaria y calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria.

Los resultados no mostraron diferencias en la composición corporal de las participantes en cuanto a los niveles de masa muscular, masa libre de grasa, masa ósea y agua corporal en kilogramos. En ambos grupos se intuyó una tendencia a la baja en la variable peso, disminuyendo el nivel de grasa del grupo control y apreciándose una pequeña suavización de la variable grasa visceral en el grupo experimental. Por su parte, la presión arterial sistólica presentó una disminución significativa solo en el grupo experimental y la presión arterial diastólica experimentó una bajada en este grupo, comparado con el control. En el perímetro del tobillo se observó un comportamiento diferente en cada grupo: disminuyó tras la implementación de vibraciones en el grupo experimental y aumentó en el grupo control.

Respecto a las pruebas de condición física realizadas, el grupo de entrenamiento vibratorio aumentó significativamente la flexibilidad de las extremidades inferiores y la agilidad, respecto al grupo control. El equilibrio monopodal con visión aumentó en el pie izquierdo, también en comparación con el grupo control. El equilibrio en el pie derecho no varió significativamente, aunque se apreció un aumento intuído en el grupo experimental y disminuyó en el control. La fuerza máxima isométrica de prensión manual no mostró diferencias, si bien descendió con el ejercicio terapéutico y se mantuvo con la vibración adicional. La fuerza de miembros inferiores no se vio afectada por el tratamiento: tendió a aumentar en el grupo experimental, pero sin poder concluirse como significativa la mejora apreciada.

En cuanto a las variables asociadas a los cuestionarios de dolor, calidad de vida relacionada con la salud, calidad del sueño, incontinencia urinaria y calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria, podemos concluir que el ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio

produce una mejora de todas ellas. El dolor presentó una evidente tendencia a la baja, la calidad de vida relacionada con la salud aumentó tanto en sus componentes mental como físico. La calidad del sueño se vio beneficiada del mismo modo, tan solo en el grupo implementado con vibraciones. Por último, la incontinencia urinaria de las participantes que realizaron el entrenamiento vibratorio disminuyó significativamente en cuanto a síntomas y molestias percibidas, aumentando paralelamente la calidad de vida relacionada con esta afección.

Capítulo 1: Marco conceptual

1.- Marco conceptual

1.1.- Gerontología y Biogerontología

La palabra Gerontología fue introducida por Élie Metchnikoff en 1903 y significa estudio científico de los procesos de envejecimiento en todos los seres vivos. En cuanto al hombre, incluye también aspectos sociológicos, psicológicos y otros (Pinazo & Sánchez, 2005). Hoy en día, el interés en el estudio científico de la biología del envejecimiento, la Biogerontología, es mayor que nunca en la mayoría de los países desarrollados, pero hay que distinguir entre las investigaciones sobre el envejecimiento, propias de esta disciplina, y la búsqueda de las enfermedades asociadas con la edad, propias de la Geriatria. El envejecimiento no puede ser considerado como una enfermedad y hay que distinguirlo de las causas de muerte en edad avanzada, tales como las enfermedades cardiovasculares, el ictus cerebral y el cáncer (Tamparillas, 2005). Existe la creencia de que nadie moriría por el envejecimiento, sino que la muerte se debe a enfermedades asociadas al mismo. Por el contrario, este debe ser considerado como un proceso natural que tiene lugar después de la maduración reproductiva y que es el resultado de la disminución de la energía capaz de mantener la fidelidad celular.

La Biogerontología tiene como misión, más que lograr una mayor expectativa de vida en el hombre, conseguir que alcance una vida libre de discapacidades y de dependencia funcional (Botella Trelis, 2005). Hasta hace pocos años se consideró una laguna dentro de la biología humana, pero el progreso en el análisis cuantitativo y cualitativo de la longevidad va desentrañando dicho conocimiento, sin olvidar la importancia de las influencias ambientales (Jazwinski, 1996). En la actualidad, la mayoría de los biogerontólogos, creen que no hay una sola causa del envejecimiento, sino muchas, y que es posible que varios mecanismos operen simultáneamente. Lo que se considera cierto es que ninguna otra área de la biología había entrado en dos debates hasta ahora propios de la filosofía; estos son: si los organismos

vivos, en especial los humanos, son potencialmente inmortales o inevitablemente mortales y si envejecer es bueno o malo. Se ha desechado la quimera de la inmortalidad y los estudios se centran en conseguir una vida más prolongada y saludable (Ordovás, 2013).

Los hábitos saludables de vida, la adecuada nutrición, los progresos en el diagnóstico precoz de numerosas enfermedades y el tratamiento de muchas de ellas, han logrado duplicar la expectativa de vida en los últimos cien años de existencia de la especie (Hayflick, 2000). Los avances científicos en el pasado siglo han sido definitivos para prevenir y tratar eficazmente ciertos procesos como las infecciones, la recuperación de traumatismos, las deficiencias nutricionales, etc.; lo que ha permitido conocer una alta proporción de enfermedades y predisposiciones de base genética o hereditaria (Tamparillas, 2005). En nuestros días se ha aceptado la idea de que el envejecimiento es un proceso multifactorial el cual queda demostrado, entre otros hechos, por la longevidad característica de cada especie animal, en la que la heredabilidad representa aproximadamente el 35%, y un 65%, los factores ambientales (Jazwinski, 1996; Tamparillas, 2005).

1.2.- Esperanza de vida, longitud de la vida y longevidad

Desde el punto de vista biológico, hay que distinguir entre tres conceptos relacionados con el envejecimiento. La esperanza de vida es el tiempo medio que se puede esperar que vivan los individuos de una especie. En el caso de la especie humana, la esperanza de vida va íntimamente ligada al ambiente, a la disponibilidad y calidad de la alimentación y del agua potable, al desarrollo de la sanidad, al clima, a los hábitos higiénicos, etc. (Ordovás, 2013). La esperanza de vida de las poblaciones humanas ha sido baja durante la mayor parte de la historia, y ha ido aumentando a medida que la ciencia, la técnica y la sociedad han ido progresando: 20 años durante el Neolítico, de 30 a 40 años durante la Revolución Industrial y alrededor de 80 años actualmente en los países desarrollados (Ordovás, 2013).

La longitud de la vida, en cambio, es el tiempo concreto que vive un individuo determinado y depende del ambiente en que se encuentre a lo largo de su vida; es decir, del azar de haber padecido alguna enfermedad, de haber sufrido algún accidente, o de haber nacido en determinado lugar, y de su constitución genética (Hayflick, 2000). Aquí es donde entra en juego la longevidad, que es el tiempo máximo que un individuo de una especie puede llegar a vivir por su predisposición genética y las condiciones ambientales que puede encontrar a lo largo de su vida (Jazwinski, 1996). En la especie humana, la longevidad es de unos 120 años, y viene dada, como ya hemos señalado, por factores genéticos, pero los síntomas de la senectud, varían de una persona a la otra (Tamparillas, 2005). Hay investigadores que se han interesado en estudiar cómo y por qué declina el sistema inmunitario en la vejez y se va comprobando que la predisposición genética no significa estar determinado genéticamente (Hernández Ramos, 2012), dado que este proceso se ve influenciado por el estilo de vida.

Respecto a la longevidad y el género masculino o femenino, muchos gerontólogos opinan que las mujeres viven más porque los varones son más vulnerables a casi todas las causas de muerte y, en especial, a las enfermedades cardiovasculares. Pero vivir más no significa necesariamente más años dedicados a vivir bien. La mayor longevidad de las mujeres va acompañada de una mayor incidencia de muchas enfermedades crónicas como artritis reumática, depresión y osteoporosis; y por tanto, una mayor longevidad supondría más tiempo para sufrir todos estos padecimientos (Pérez Ortiz, 2005).

Algunos estudios sobre ciertas profesiones también suponen que un componente de la longevidad podría ser la plenitud del trabajo y el desarrollar una estrategia más exitosa para manejar el estrés; y que con un status económico más elevado la persona cuida mejor su salud, la dieta y la conducta. Los conocimientos actuales llevan hoy a los gerontólogos a concluir que los humanos podrían aumentar su longevidad controlando dichos factores y adoptando una dieta con todos los nutrientes necesarios, pero baja en calorías.

De hecho, existen pruebas de que una dieta de estas características retrasa la enfermedad y prolonga la vida. En palabras del doctor Ordovás “la expresión de nuestros genes depende en gran medida de los alimentos que consumimos” (Ordovás, 2013). Por desgracia, los compuestos químicos actuales de los alimentos, junto con otros factores relacionados con el estilo de vida, nos están dotando de mayor vulnerabilidad y susceptibilidad a la pérdida de salud por la modificación de los procesos biológicos naturales que afectan a nuestro sistema inmune. Ello está provocando la aparición de enfermedades nuevas, como el síndrome metabólico, y de las ya conocidas como enfermedades crónicas degenerativas, más propias, pero no necesariamente correlativas, del envejecimiento (Hernández Ramos, 2012). Podemos decir que este fenómeno presenta retos que se refieren al mismo y a cómo podemos influir en él.

1.3.- El envejecimiento fisiológico

1.3.1.- Definición y características del envejecimiento

El envejecimiento es un proceso continuo, universal e irreversible que determina una pérdida progresiva de la homeostasis, es decir, una disminución de la capacidad de adaptación, y un incremento de la vulnerabilidad del organismo (Gómez Rinesi, Saiach & Lecuna, 2000). Tamparillas (2005) señala que el proceso de envejecimiento “normal” incluye cambios fisiológicos inexorables y universales, pero es importante distinguirlo de las enfermedades relacionadas con el mismo. Esta separación permite además identificar causas intrínsecas, propias del desarrollo genético, de las causas externas; sin que por ello se les reste importancia.

A medida que envejecemos ocurren dos fenómenos paralelos, una declinación fisiológica normal y un aumento en la prevalencia de ciertas enfermedades. La alteración de la homeostasis en el organismo envejecido es el resultado de una consecuencia genética que determina la respuesta del individuo frente a las influencias exógenas y, por ello, aumenta la predisposición a diferentes patologías y a la muerte (Troen, 2003). Pero,

aunque estos procesos se influyen entre sí, existe una declinación fisiológica que es independiente del desarrollo de enfermedades.

El envejecimiento se caracteriza por una serie de alteraciones orgánicas, supuestamente resultantes de modificaciones fenotípicas controladas genéticamente, y que principalmente son:

- a) Incremento de la mortalidad después de la edad adulta.
- b) Cambios en la composición bioquímica de los tejidos.
- c) Descenso progresivo de la capacidad fisiológica.
- d) Reducción de la capacidad de adaptación a estímulos ambientales.
- e) Aumento de la susceptibilidad y vulnerabilidad frente a las enfermedades.

1.3.2.- Teorías del envejecimiento

¿Por qué unos tienen una vida tan larga y otros tan corta?. ¿Por qué es necesario crecer, envejecer y morir?. Hay muchas teorías en torno al envejecimiento, a pesar de que ninguna de ellas integra completamente los datos experimentales de que se dispone, lo que sugiere que este proceso viene controlado por diversos mecanismos. Algunos biogerontólogos sugieren que cada teoría tiene algo que vale la pena; otros se adhieren a una de ellas. Sin embargo, quizá la posición más razonable que pueda adoptarse por ahora es que, como la gerontología es todavía una ciencia tan joven, no dispone aún de los conocimientos básicos requeridos para poder dar una exacta o buena explicación de por qué hay envejecimiento.

Estas teorías se pueden agrupar en dos grandes grupos: las que consideran que es un proceso programado y, por lo tanto, que se encuentra bajo control genético directo; y las que consideran que es un proceso

acumulativo de degeneración, que provoca alteraciones irreversibles de los sistemas biológicos (tabla 1.1.).

Tabla 1.1. Principales teorías del envejecimiento (elaboración propia)

- *Teorías del envejecimiento basadas en fenómenos finalistas*
 - Teoría de la sustancia vital.
 - Teoría de la mutación genética y del error catastrófico (Orgel, 1963).
 - Telómeros y telomerasa (Blackburn, 1991).
 - Muerte celular apoptótica (Elmore, 2007).
 - Teoría de envejecer por diseño o programado.
 - Teoría endocrina.
 - Teoría de pérdida de células cerebrales y envejecimiento o teoría cibernética.
- *Teorías del envejecimiento basadas en fenómenos aleatorios*
 - Teoría del desgaste natural (Gershon, 1999; Vijg, 2000).
 - Teoría de la acumulación de productos de desecho (Terman, 2001).
 - Teoría del entrecruzamiento.
 - Teoría de los radicales libres (Harman, 1956).
 - Teoría inmunológica.
 - Teoría del orden que se desordena.
 - Teoría de la pleitropía antagónica.

Hay evidencias experimentales que confirman que los radicales libres dañan la función celular y que están relacionados con las enfermedades asociadas con la edad como la aterosclerosis, artritis, distrofia muscular, cataratas, disfunción pulmonar, desórdenes neurológicos, declinación del sistema inmune e incluso el cáncer (Beckman & Ames, 1998). Por su parte, la teoría inmunitaria del envejecimiento descansa sobre la premisa de que, con la edad, disminuye la capacidad del sistema inmunitario a reproducir anticuerpos en cantidades adecuadas y de la clase indicada. Además, este se puede equivocar produciendo anticuerpos contra proteínas normales del cuerpo, pudiendo destruirlas; de ahí vienen las llamadas enfermedades autoinmunes. Algunas las padecen no solamente las personas mayores; otras sí, como son la rigidez articular, trastornos reumáticos y ciertas formas de artritis (Tam & Walford, 1980).

Del mismo modo, la teoría del “soma predispuesto” o disponible (Kirkwood & Austad, 2000) que especula la existencia de un tipo especial de genes con efectos positivos sobre la reproducción, pero con efectos negativos sobre las células somáticas del adulto, también resulta de interés. Más recientemente esta teoría ha recibido el nombre de *pay later*, o “pague más tarde” (Tamparillas, 2005) y son de destacar ciertas investigaciones que la apoyan, entre ellas la teoría de los radicales libres (Beckman & Ames, 1998), la teoría mitocondrial o del desgaste natural (Gershon, 1999; Vijg, 2000) y la teoría de la acumulación de desechos (Terman, 2001); que en realidad pueden considerarse mecanismos relacionados con la edad.

Probablemente se producen una serie de mecanismos, desde el nacimiento hasta la edad avanzada, que reflejan una influencia decreciente de la actividad genética y un aumento de los efectos de las causas ambientales.

1.3.3.- Cambios físicos asociados al envejecimiento

El envejecimiento implica una serie de cambios morfológicos y fisiológicos en todas las células, tejidos y órganos del cuerpo, afectando el funcionamiento de todos los sistemas corporales.

1.3.3.1.- Sistema músculo-esquelético

La masa muscular sufre una pérdida no lineal que se acelera con la edad. Entre los 30 y los 80 años se pierde de un 30 a un 40% de la masa muscular. La fuerza muscular disminuye asimismo con los años, ya que las fibras tipo II disminuyen más que las fibras tipo I, aunque ambas, y las unidades motoras reducen su densidad. Las enzimas glicolíticas reducen su actividad más que las oxidantes y la menor actividad de la hormona de crecimiento y andrógenos contribuyen a la disfunción muscular. Del mismo modo la remodelación de tendones y ligamentos se vuelve más lenta.

La disminución de la masa magra metabólicamente activa es causada especialmente por esta pérdida de masa muscular y de células de diferentes

órganos y tejidos. Además, el músculo esquelético (que representa aproximadamente el 40 % del peso corporal) actúa como un motor metabólico y utiliza una gran cantidad de energía; por tanto, una disminución de la masa muscular contribuye a la disminución del metabolismo basal en las personas mayores.

El hueso también se ve afectado de forma que con los años se produce un descenso en su densidad. Estos cambios óseos ocurren por una disminución en la actividad osteoblástica, decremento de la masa ósea (con composición normal del hueso) y reducción del grosor de la cortical. En los hombres la masa ósea es mayor a lo largo de toda la vida, pero la pérdida de los estrógenos femeninos termina con su efecto inhibitor sobre los osteoclastos, aumentando el riesgo de fracturas. Se produce típicamente en caderas, fémures y vértebras, lo que podría explicar la disminución de la estatura más acentuada en la mujer a partir de los 50 años; concretamente por reducción de la altura de los cuerpos vertebrales y alteración de los discos intervertebrales, así como por cambios posturales (mayor flexión de cadera y rodillas). También puede aparecer osteomalacia (disminución en la calcificación de la matriz ósea y acumulación de hueso no calcificado) lo cual se asocia a déficit de vitamina D.

El compartimento de tejido graso sufre un aumento del 15 a 30%, entre los 40 y 55 años, para luego disminuir a aproximadamente un 20% promedio. La distribución de la grasa cambia, el tejido adiposo tiende a acumularse en la región abdominal y se reduce la grasa subcutánea (*British Nutrition Foundation*, 1996). La grasa visceral que se acumula en la cavidad abdominal y alrededor de los órganos internos se considera probable que cause enfermedades relacionadas con el estilo de vida tales como cardiopatías, hipertensión arterial y diabetes tipo 2 (Ellis, 2000).

Puntos clave:

El incremento de la masa grasa, así como la disminución de la masa muscular y ósea que se produce durante el proceso de envejecimiento lleva consigo la aparición de diversas patologías como la obesidad, sarcopenia, obesidad sarcopénica u osteoporosis, contribuyendo a la disminución de la salud y la calidad de vida de las personas mayores que las padecen. Si bien es cierto que estos cambios son fruto de un proceso multifactorial y que se producen durante el envejecimiento de forma natural, el estilo de vida (actividad física y alimentación) puede desempeñar un papel fundamental en su desarrollo y evolución. Por tanto, intervenciones dirigidas a optimizar estos aspectos podrían ser de vital importancia para el mantenimiento de una composición corporal saludable en esta población.

1.3.3.2.- Sistema cardiovascular y sanguíneo

La mayoría de los componentes del sistema cardiovascular presentarán algún cambio durante el envejecimiento. En general, el corazón tiende a aumentar de tamaño con la edad, debido principalmente a hipertrofia de la célula miocárdica; otros factores que contribuyen son el aumento de la grasa pericárdica y el depósito de amiloide y de lipofuscina en el tejido cardíaco (Olivetti, Melissari, Capasso & Anversa, 1991). El número total de miocitos disminuye con la edad. Al morir los miocitos son reemplazados por fibroblastos, los cuales continúan dividiéndose y produciendo colágeno; hecho que altera las propiedades mecánicas del corazón, produciendo un ventrículo más rígido y menos distensible cuando se compara con el de personas jóvenes (Pugh & Wei, 2001).

El sistema de conducción cardíaca también está sujeto a alteraciones con el envejecimiento (Montoya, 2002). Así, en el nodo sinoauricular hay una disminución en el número de las células marcapasos, encontrándose que el 90% de las células que estaban presentes a los 20 años de edad han desaparecido a los 75 años (Lakatta, 1993). También se han descrito fibrosis y depósitos de grasa a nivel de este nodo sinoauricular, y compromiso del nodo

auriculoventricular, debido a la calcificación del esqueleto fibroso cardiaco (Ocampo & Gutiérrez, 2005).

El aparato valvular, de igual forma, en especial en la válvula aórtica, hay un aumento de la rigidez, depósito de calcio, engrosamiento y la formación de nódulos en sus márgenes (Roberts & Shirani, 1998). Ocurren cambios similares en la válvula mitral, que se presentan con menor severidad pero con mayor frecuencia en mujeres (Ocampo & Gutiérrez, 2005). La válvula tricúspide puede presentar un leve engrosamiento nodular fibroelástico, mientras que la válvula pulmonar cambia muy poco con la edad.

Respecto al sistema vascular, se conoce que con el envejecimiento los vasos arteriales del ser humano se vuelven rígidos y aumentan de diámetro (O'Rourke & Mancía, 1999). Las grandes arterias de conducción se engruesan y pueden llegar a dilatarse o elongarse (Lakatta, 2000). La aorta disminuye su elasticidad, aumenta su calibre y se hace tortuosa; lo que produce un incremento en la presión sistólica y en el pulso (con poca alteración en las cifras diastólicas) y elevación unilateral del pulso yugular en el lado izquierdo debido al pinzamiento del tronco innominado (Ocampo & Gutiérrez, 2005). Las arterias coronarias aumentan en longitud y amplitud, de la misma forma como ocurre en la mayoría de las arterias sistémicas.

Funcionalmente, existe una tendencia a presentar respuestas cardiovasculares alteradas que generan mayor susceptibilidad del corazón a desarrollar trastornos clínicos específicos. Aun en personas mayores sin cambios fisiológicos evidentes, esta situación se ha denominado "presbicardia"; así el corazón, a ciertas edades, tiende a desarrollar arritmias y falla cardiaca en situaciones de estrés (Ocampo & Gutiérrez, 2005).

La actividad del sistema nervioso simpático se incrementa con la edad, debido a una mayor cantidad de neurotransmisores tipo adrenalina y noradrenalina (catecolaminas) que se secretan a la circulación (Lakatta, 1993). Las catecolaminas también modulan el tono y la capacitancia de las venas durante situaciones de estrés; esta venoconstricción está mediada por

receptores α -adrenérgicos, la cual no se encuentra alterada durante el envejecimiento y es el principal factor que facilita el retorno venoso al corazón (Ocampo & Gutiérrez, 2005). Por el contrario, el efecto de la dilatación venosa mediada por estímulo β -adrenérgico se ve disminuido con la edad.

Puntos clave:

La mayoría de los componentes del sistema cardiovascular van a presentar algún cambio el cual no tiene porqué ser patológico. Entre las incógnitas a resolver se encuentra si las alteraciones provocadas son propias de este proceso o son debidas a la vida sedentaria. No todas las alteraciones cardiovasculares originadas por el envejecimiento son progresivas e irreversibles. El profesor Ramos (2001) señala que las modificaciones de los hábitos de vida pueden retrasar el envejecimiento cardiovascular, y apunta a que mejorar la aptitud física requiere de al menos 20 minutos de ejercicio aeróbico, tres veces a la semana, conservando la frecuencia cardiaca en un 60 a 80% de su máximo para la edad de la persona, y “es probable que caminar sea la forma más barata y sencilla de ejercicio” (Ramos, 2001).

1.3.3.3.- Sistema respiratorio

Un hallazgo que se encuentra con frecuencia en las personas mayores es el cambio en la forma del tórax producido por cambios degenerativos a nivel de las articulaciones costo-vertebrales que aumentan la cifosis dorsal y su diámetro antero-posterior. Esto produce una alteración en la distensibilidad y en la curvatura del diafragma, lo que tiene un efecto negativo en su capacidad para generar fuerza (Edge, Millard, Reid & Simon, 1964).

La fuerza de inspiración y espiración descende debido, por un lado, a la debilidad de la musculatura respiratoria causada por el aumento de depósitos de grasa y a la pérdida de masa muscular y, por otro, a la disminución en la elasticidad con aumento paradójico de elastina (Pierce & Hocott, 1960). Así se aprecia rigidez y disminución de la flexibilidad, por calcificación de los cartílagos costales y estructuras internas de los bronquios, de la caja torácica y de la pared costal; agravadas por la cifosis progresiva ya comentada.

También se han documentado cambios en el revestimiento epitelial, al igual que un compromiso del aclaramiento mucociliar, que se traduce en un mayor riesgo de infecciones por disminución de defensas en la vía aérea (Thompson, Scholer, Daughton, Potter & Rennard, 1992).

Los alvéolos no disminuyen en número, pero sí que sufren un aplanamiento y pérdida del grosor, por lo que la superficie alveolar desciende de 75 m², a los 30 años de edad, a los 60 m² a los 70 años (una reducción de 0,27 m² por año) (Enright, 2003). También se sabe que existe pérdida en el número y calibre de los capilares interalveolares.

Los cambios en las propiedades elásticas del pulmón determinan alteraciones en los flujos y volúmenes pulmonares. Disminuye la capacidad vital (Janssens, Pache & Nicod, 1999) y el volumen de cierre se incrementa. Este cierre prematuro origina retención de aire con el consiguiente aumento del volumen residual terminal, el cual se incrementa aproximadamente en un 50% entre los 20 a 70 años de edad (Janssens *et al.*, 1999). La capacidad pulmonar total no cambia en los mayores ya que se compensa con el aumento en la carga elástica de la caja torácica (McClaran, Babcock, Pegelow, Reddan & Dempsey, 1985). La capacidad residual funcional está aumentada y ello ocasiona que las personas de edad respiren a mayores volúmenes pulmonares al compararlos con las personas jóvenes. Este cambio se asocia con una mayor carga elástica en la caja torácica, ocasionando un mayor trabajo a los músculos respiratorios (Mittman, Edelman, Norris & Shock, 1965).

Existe también disminución del volumen máximo espiratorio forzado por segundo (VEMS o FEV₁) en 10-30 ml/año. Así mismo, la disminución de la capacidad vital forzada es de alrededor de 15-30 ml/año (Dockery, Ware & Ferhs, 1985; Van Peit *et al.*, 1994). La presión arterial de oxígeno (PaO₂) disminuye a razón de un 0,3% anual (Miller & Tenney, 1956).

Por último, la alteración de los mecanismos de defensa de los pulmones, con efecto en la reducción del reflejo tusígeno eficaz, acompañado de los efectos constantes del medio ambiente y distintas agresiones al sistema

respiratorio, hace que este sea uno de los más frágiles y comprometidos con la edad (Gyetko & Toews, 1993).

1.3.3.4.- Sistema digestivo

Las modificaciones fisiológicas propias del envejecimiento traen consigo trastornos de la ingestión, digestión y absorción de los alimentos. En la cavidad oral, lo más señalado es la pérdida de piezas dentarias por la atrofia de la mucosa periodontal. La dentina se vuelve más transparente al disminuir su esmalte protector y los dientes presentan retracción de los recesos gingivales. La disminución en la producción de saliva (xerostomía) provoca sequedad bucal dificultando la trituración y digestión inicial de los alimentos. Hay una pérdida de la sensación gustativa, disminución de la capacidad de percibir los sabores dulces y salados, y también disminuye la sensación de apetito (Barrera & Osorio, 2007).

La capa muscular del tubo digestivo adelgaza y disminuyen los movimientos de contracción y relajación del esófago (Henderson, 1989). De igual modo se produce un declive en la producción de enzimas digestivas, menor motilidad del estómago, y la cantidad de ácido clorhídrico y jugos gástricos descende. El adelgazamiento de la capa muscular del duodeno puede producir malabsorción intestinal y la atrofia e insuficiencia funcional del colon, aumenta el riesgo de padecer diverticulitis (Barrera & Osorio, 2007). Disminuyen de los movimientos peristálticos del intestino y la secreción de mucosa intestinal (Mobarhan & Trumbore, 1991).

El hígado disminuye de tamaño, lo que conlleva menor funcionalidad. Su coloración se torna más oscura debido a una disminución del flujo sanguíneo y su capacidad de regeneración es menor, pero a nivel enzimático no sufre modificaciones (Henderson, 1989). La bilis aumenta su proporción de colesterol y presenta una menor capacidad de contracción con el estímulo de la comida. Dicha bilis se torna más espesa y, junto a mayor lentitud en el vaciado vesicular, aumenta el riesgo de presencia de cálculos biliares (Serra Rexach, 2000).

El páncreas no sufre cambios significativos con la edad. Normalmente continúa el mismo promedio de producción de insulina y, a pesar de ello, el nivel de glucosa en ayunas se eleva de 6 a 14 mg/dl por cada 10 años de vida después de los 50 años. Esto se debe a que las células se vuelven menos sensibles a los efectos de la insulina (Serra Rexach, 2000).

La capacidad de metabolización hepática es menor provocando cambios en la farmacocinética de muchos medicamentos (Barrera & Osorio, 2007). Estos cambios farmacocinéticos en el mayor afectan a la distribución, metabolismo hepático y excreción renal. En cuanto a la absorción de fármacos por vía oral, no existe constancia de que esté alterada en ausencia de patología digestiva (Franco & Seoane de Lucas, 2001).

Puntos clave:

Los cambios fisiológicos ligados a la edad pueden modificar la disposición y/o el lugar de acción de los fármacos en el organismo y, en consecuencia, alteran el efecto farmacológico de los mismos. El consumo de fármacos en la población mayor es superior al resto, destacando el empleo de tratamientos de larga duración y la polifarmacia, con lo que las interacciones potencialmente peligrosas son frecuentes. Aunque el adulto mayor tenga más probabilidad de experimentar efectos secundarios de los analgésicos, también es más sensible a dichos efectos (Franco & Seoane de Lucas, 2001), con una mayor duración de los mismos en dosis menores.

1.3.3.5.- Sistema tegumentario

La piel, por su extensión, es el órgano más susceptible de recibir daño ambiental a través de los años, en especial por la acción de la luz solar. La superficie cutánea adelgaza un 15% a partir de los 60 años y la dermis pierde una densidad del 20% de su espesor, debido a la pérdida de células y vasos sanguíneos. Las fibras de elastina se degeneran y el colágeno disminuye un 1% por año, modificándose también su estructura química (Gilchrest, 1986).

Las lesiones son más profundas y de mayor gravedad ya que el aplanamiento de la unión dermoepidérmica y la desaparición de las papilas dérmicas predispone a la formación de ampollas, lesiones por rozamiento y abrasiones. La regeneración epitelial disminuye en un 50% a los 70 años (Gilchrest, 1986). Las glándulas sebáceas se hipertrofian y las sudoríparas disminuyen en número y eficacia. Los órganos terminales responsables de la presión y la temperatura (corpúsculos de Meissner y Paccini) también disminuyen así como la grasa cutánea (Soto & Pérez-Cotapos, 1994).

El número de melanocitos disminuye entre un 8 y un 20 % por década a partir de los 30 años, lo que conlleva a una pigmentación desigual (Soto, 1996). La respuesta inmune de la piel se ve dificultada por una disminución de las células de Langerhans, responsables de esta respuesta, y la reacción inflamatoria tarda más en aparecer (Soto, 1992). La termorregulación ante el calor es menos eficaz, con tendencia a la hipotermia o golpe de calor en temperaturas extremas y tendencia al frío por parte del mayor (Gilchrest, 1986). Por otro lado, la alteración de la percepción sensorial aumenta el riesgo de lesión frente a agentes externos, y aumenta la profundidad y gravedad de cualquier lesión, así como el umbral doloroso.

La disminución de la velocidad de crecimiento del pelo se hace evidente, volviéndose las fibras del pelo más pequeñas y haciéndose más fino y delgado. Aparecen las canas por pérdida de melanina en el folículo piloso y es frecuente la pérdida de pelo frontotemporal (alopecia androgénica) en los varones. Aumenta del vello facial en las mujeres, sobre todo si tienen piel clara, y en los hombres en los pabellones auriculares, cejas y orificios nasales. Las uñas se muestran más duras y espesas, aparecen estrías por alteración de la matriz ungueal, aumenta la fragilidad y se vuelven más amarillas (Homero, 2000).

1.3.3.6.- Sistema endocrino

Los cambios hormonales que se producen durante el proceso de envejecimiento son difíciles de cuantificar de forma específica debido a distintos factores y a la diversidad interindividual. La hipófisis no modifica su

peso pero sí se han descrito cambios en su estructura. Por otro lado, no se han evidenciado diferencias en los niveles de tirotropina (TSH), hormona adrenocorticotrópica (ACTH) y hormona de crecimiento (GH).

En relación a las hormonas hipofisiarias reguladoras de la función sexual masculina, se sabe que con el envejecimiento se produce un aumento de la hormona folículo estimulante (FSH) en respuesta a una menor producción testicular de espermatozoides, aunque dicho estímulo no es suficiente para corregir el déficit. También se pone de manifiesto un aumento de la producción de lactato deshidrogenasa (LDH) con peor respuesta a la hormona liberadora de gonadotropina (LHRH) (Ribera Casado, 1993).

Cuatro de cada cinco personas mayores de 65 años pueden presentar el conocido síndrome de “secreción inadecuada de ADH” (hormona antidiurética), sin encontrar cambios morfológicos en el eje hipotálamo-neurohipófisis. Se observa que la secreción de ADH no se modifica con la edad, pero sí se ponen de manifiesto cambios en el comportamiento y en la respuesta a determinados estímulos (Corujo Rodríguez & Pérez Hernández, 2009).

Morfológicamente, en el tiroides del mayor, se observan áreas de atrofia y fibrosis. Es común la presencia de pequeños bocios y la prevalencia de nódulos tiroideos. En los estudios anatómicos se manifiesta una disminución del tamaño de la glándula, pero no así una alteración funcional (Ribera Casado, 1993). Los niveles de tiroxina (T4) son normales, pero existe una disminución en la secreción tiroidea y en la utilización por los tejidos. Los niveles de triyodotironina (T3) se encuentran disminuidos así como la conversión de T4 en T3 (Pérez & Sierra, 2009).

En relación al paratiroides, se ha observado, en algunos casos, un aumento de la hormona paratiroidea (PTH) en respuesta a valores bajos de calcio sérico; pero los cambios óseos que se producen con la edad no guardan relación con alteraciones en la PTH (Corujo Rodríguez & Pérez Hernández, 2009). En la corteza suprarrenal se produce un aumento de la fibrosis y pequeños nódulos, no existiendo cambios en el peso de la glándula. Las tasas

de secreción y excreción de cortisol y ACTH disminuyen un 30% en relación con el adulto joven. Del mismo modo se aprecia una disminución en la producción de andrógenos adrenales en ambos sexos y de los niveles de aldosterona en sangre y orina (Corujo Rodríguez & Pérez Hernández, 2009).

Los cambios funcionales se pueden resumir en los siguientes:

- Disminuye la capacidad de tolerar el estrés.
- Mayor tendencia a padecer diabetes mellitus tipo 2: Al disminuir la respuesta de los tejidos celulares frente a la insulina, el páncreas produce mayor cantidad de hormona hiperinsulinémica. El paso del tiempo hace que el páncreas agote sus reservas y es cuando aparecen los primeros síntomas de la enfermedad.
- Mayor problema para controlar la presión arterial.
- Cambios en el ritmo circadiano de la secreción de hormonas a partir de los 40 años.

1.3.3.7.- Sistema inmune

La inmunosenescencia, deterioro en la función inmunitaria asociado con el proceso de envejecimiento, es un proceso complejo que involucra múltiples cambios en las poblaciones linfocitarias. Estos cambios en el adulto mayor incrementan la incidencia y severidad de las enfermedades infecciosas y algunos cánceres. Conforme aumenta la edad, se ha observado una disminución en la capacidad de autorrenovación de las células madre; sin embargo, esto no se traduce en un cambio en los parámetros hematológicos basales (Geiger & Van Zant, 2002; Lansdrop, Dragowska, Thomas, Little & Madani, 1994).

El timo se transforma en un órgano vestigial, lo que repercute en el funcionamiento de los linfocitos T aunque su número sea el mismo. Los

cambios inmunológicos en el repertorio y desarrollo de los linfocitos B incluyen cambios en las especificidades de los anticuerpos, de antígenos extraños hacia autoantígenos, cambios en los isotipos de los anticuerpos (por ejemplo, de inmunoglobulina G a inmunoglobulina M) y cambios en las afinidades de los anticuerpos (de alta a baja afinidad) (LeMaout, Szabo & Weksler, 1997). A pesar de la presencia de estas modificaciones en la inmunidad humoral hacia antígenos exógenos, no se han encontrado alteraciones en la concentración sérica de las inmunoglobulinas (Weksler, 2000).

Las células citotóxicas naturales (NK) (*"natural killer"*, por sus siglas en inglés) representan una población de linfocitos que son el componente fundamental en la respuesta inmunitaria innata contra una gran variedad de microorganismos patogénicos y células tumorales (Pawelec, Solana, Remarque & Mariani, 1998). Diferentes autores han demostrado modificaciones en el número, fenotipo y función de las células NK en el adulto mayor. Así el porcentaje de células que expresan marcadores característicos de células NK se incrementa de manera importante con la edad cuando se compara con individuos jóvenes (Borrego *et al.*, 1999).

Referidos a la función, existe enlentecimiento de todo el proceso metabólico con la consabida pérdida de capacidad para combatir infecciones. Los adultos de edad avanzada tienen una protección menor contra estos microorganismos; especialmente contra virus. La función de los macrófagos y granulocitos se modifica conforme incrementa la edad (Ginaldi, Loreto, Corsi, Modesti & De Martinis, 2001). Así mismo, es un hecho demostrado el enlentecimiento en la curación de heridas y que la efectividad de algunas vacunas es menor.

1.3.3.8.- Sistema renal

El envejecimiento se asocia con cambios estructurales y funcionales renales, no siempre fácilmente distinguibles de los cambios producidos por otros factores. Los riñones sufren importantes cambios, los cuales no se hacen notorios dada la gran reserva funcional de estos órganos; sin embargo,

situaciones de estrés para la actividad excretora de este sistema, tales como patologías que afecten directamente al riñón, pueden provocar la aparición de insuficiencia renal. La masa renal disminuye de 260 g, a los 20 años, hasta menos de 200 g a los 80 años (desciende en el tamaño 2 cm de longitud entre los 50-80 años) (Otero González, 2011). La mayoría de los cambios suceden a nivel cortical: hay una pérdida progresiva del número de nefronas y glomérulos funcionales, y la superficie se torna rugosa. El flujo sanguíneo renal desciende, pasando de 1200 ml/min a 600 ml/min a los 80 años, por lo que disminuye el filtrado glomerular y la tasa de filtración glomerular decae en 8 ml/min cada 10 años (Fliser, Zeler, Nowack & Ritz, 1993). El tejido elástico se vuelve duro y la vejiga se torna menos elástica. El tono muscular vesical se reduce, aumenta el contenido de orina residual y la vejiga no se vacía completamente con la micción.

En cuanto a las vías urinarias, disminuyen también su elasticidad; estas se ven afectadas por una mayor tendencia a la producción de cálculos, la presencia de obstrucción prostática por crecimiento de la glándula en los hombres y los cambios producidos por la caída de los estrógenos en mujeres (Otero González, 2011). El aclaramiento de creatinina se mantiene estable hasta los 40 años, momento en que empieza a decrecer linealmente (Lindeman, Tobin & Shock, 1985).

Los cambios funcionales asociados pueden resumirse en los siguientes:

- Los niveles plasmáticos de aldosterona están más bajos, lo que contribuye a retener potasio y, junto a la disminución en la reabsorción de agua, se favorecen situaciones como la deshidratación.
- La reducción en la cantidad total de orina que se puede almacenar, cambios bioquímicos en la orina y la retención de mayor cantidad de orina después del vaciado vesical provocan un mayor número de infecciones del tracto urinario.

- Aumenta la poliuria, nicturia, polaquiuria y disuria.

1.3.3.9.- Sistema nervioso y órganos de los sentidos

El sistema nervioso se afecta de manera importante con el paso del tiempo. El peso cerebral disminuye con la edad y el flujo cerebral se reduce en un 20% produciendo alteraciones de los procesos de autorregulación del mismo. Así, existe una reducción del peso de un 11% entre los 45-85 años y del volumen, que se inicia en la sustancia gris y posteriormente afecta a la sustancia blanca (Fjell & Walhovd, 2010). La pérdida neuronal es moderada y, aunque descienden el número de dendritas y espinas dendríticas, esta disminución se suple con el aumento de uniones neuronales (Crespo & Fernández Viadero, 2012). La circunvolución temporal superior pierde la mitad de su masa neuronal, mientras que la inferior sólo un 10% (Masliah, Mallory, Hansen, DeTeresa & Terry, 1993). Las mayores pérdidas son de los grupos de neuronas largas como los haces piramidales, células de Purkinje y haces extrapiramidales. Por el contrario, en los grupos de núcleos del tronco, neuronas pontinas e hipotalámicas son más reducidas (Masliah *et al.*, 1993).

La mielina disminuye, al igual que la densidad de conexiones dendríticas, enlenteciendo al sistema. Se acumulan, tanto a nivel intra- como intercelular, sustancias como la lipofuscina, melanina, proteínas neurofibrilares y amiloides (Crespo & Fernández Viadero, 2012; Porta, 2002). Los neurotransmisores sufren cambios, sobre todo en el sistema colinérgico: descende del número de células colinérgicas y de la síntesis y liberación del neurotransmisor acetilcolina (Schliebs & Arendt, 2011). La transmisión sináptica se ve alterada por los cambios sufridos tanto en la neurona presináptica como en la postsináptica (Mrak, Griffin & Graham, 1997).

El flujo sanguíneo cerebral disminuye en torno al 20% como media, siendo mayor en la región prefrontal y en la sustancia gris que en la blanca. Se observa la presencia de microaneurismas en relación con los cambios ateromatosos generalizados (Salgado, Guillén & Ruipérez, 2002). La velocidad

de conducción se ralentiza con la edad, según los estudios electrofisiológicos (Gil Gregorio, 2000).

Como repercusiones en la función, estos cambios en los neurotransmisores y sus receptores no se traducen necesariamente en cambios intelectuales y conductuales, sino que es el conjunto de cambios lo que provoca dichas variaciones. Las funciones cognitivas sufren un declive, siendo en general la memoria la primera que se pierde, sobre todo la memoria a corto plazo o inmediata (Crespo & Fernández Viadero, 2012). La memoria a largo plazo se mantiene y el mayor recurre a ella de manera constante. Los reflejos osteotendinosos asimismo disminuyen en intensidad de respuesta.

Respecto a los órganos de los sentidos y por su conexión con el sistema nervioso debemos señalar, en relación con la audición, que en el oído externo se produce acumulación de cerumen y, a nivel de oído medio, existe adelgazamiento de la membrana timpánica y pérdida de su elasticidad así como disminución de la eficiencia en la conducción del sistema de huesecillos. Estos cambios provocan pérdida de audición por dicha alteración de la conducción que afecta principalmente a las tonalidades bajas (Willott, Hnath Chisolm & Lister, 2001).

En cuanto al órgano de la visión, la agudeza visual empieza a disminuir a los 50 años con un descenso más rápido a partir de los 60 años. El cristalino aumenta su tamaño y se vuelve más rígido, lo que conlleva una pérdida en la acomodación de la visión, se tolera mal el cambio a lugares oscuros y aumenta la intolerancia a luces destellantes (López Trigo, 2000). La pupila disminuye de tamaño y alrededor del iris comienza la degeneración corneal periférica con aumento del depósito de lípidos. Se reduce la capacidad para enfocar con nitidez objetos cercanos y se altera la percepción de algunos colores; sobre todo los azules y verdes (Homero, 2000). En la zona conjuntival se acumulan sustancias que pueden producir procesos irritativos (Tornero & Molina, 2006). Del mismo modo, suele ocurrir degeneración macular: la mácula es la parte central y más sensible de la retina, con lo que la visión central se pierde,

quedándose con la visión lateral o periférica, es decir muy poco campo de visión (López Trigo, 2000).

En lo que se refiere al sentido del olfato, en general, se ha mostrado cómo el envejecimiento fisiológico está relacionado con un declive en la identificación de olores, así como en la discriminación y agudeza olfatorias. Aunque las bases de estos déficits son sensoriales, en algunas pruebas se ven implicados factores cognitivos (López Trigo, 2000). Se conoce que aumenta el tamaño del apéndice de la nariz, aunque disminuye esta capacidad olfativa y descende el número de los receptores olfativos (Mackay-Sim, Johnston, Owen & Burne, 2006). Los mayores también ven reducida su capacidad de discriminar entre olores de distinta cualidad en comparación con los jóvenes.

El número de papilas gustativas disminuye, comenzando alrededor de los 40 a 50 años de edad en las mujeres y 50 a 60 años en los hombres. Cada papila gustativa que queda también comienza a atrofiarse y existe mayor dificultad para discernir sabores (Homero, 2000). La sensibilidad a las cuatro sensaciones gustativas no parece disminuir hasta después de los 60 años, si es que sucede. En caso de perderse, generalmente es primero a los sabores salado y dulce, y los sabores amargo y ácido permanecen un poco más de tiempo (López Trigo, 2000).

El sentido del tacto incluye la percepción de vibraciones, temperatura, dolor y la posición del cuerpo. El cerebro percibe el tipo y cantidad de sensación táctil e interpreta esta sensación como placentera, desagradable o neutral. Muchos estudios han señalado que con el envejecimiento se puede presentar una reducción o un cambio en estas sensaciones. Se sabe que aumentan los umbrales táctiles (Homero, 2000); lentamente hasta los 40 años y se acentúan mucho por encima de esta edad. Se ha demostrado un declive de la sensibilidad vibratoria a estímulos con frecuencias altas, mayor en miembros inferiores que en miembros superiores, y parece estar relacionado con la mayor pérdida de fibras nerviosas sensoriales de los nervios espinales más bajos. En referencia a las habilidades somatoestésicas complejas, al medir la distancia mínima detectable al estimular dos puntos en la piel, con el

envejecimiento los límites aumentan en todas las partes del cuerpo pero no con la misma extensión. Los cambios son más acusados en los dedos gordos de pies y los menos en palmas (López Trigo, 2000). La identificación de objetos a ciegas también se complica y hay cierta dificultad para reconocer las partes del cuerpo (Tornero & Molina, 2006).

1.4.- Los factores genéticos en el envejecimiento

No se conocen todavía todos los factores genéticos que condicionan la longevidad, pero sí se sabe que pueden favorecer la longitud de vida de cada persona de forma distinta. El motivo es que a pesar de que todos tenemos los mismos genes, cada gen puede presentar diversas variantes génicas (alelos, en terminología genética) que determinan distintas manifestaciones de ese gen; y cada uno de nosotros lleva en su genoma una combinación específica de estas variedades, que les confieren su individualidad (como el color del cabello, diferente grupo sanguíneo, etc.). Por tanto, cada uno de nosotros tiene, de entrada, unos condicionantes genéticos que se reflejan en la longitud de su vida (Gómez Rinesi, Saiach & Lecuna, 2000). El cuerpo que madura va incorporando poco a poco las señales que indican el tiempo vivido, y cómo se ha vivido. Unas señales que proceden de los propios mecanismos de funcionamiento biológico de nuestro cuerpo y del ambiente físico y emocional en el que se ha vivido (Ordovás, 2013).

1.4.1.- Los genes del envejecimiento

Debemos distinguir entre la genética de la longevidad y la genética del envejecimiento; ambas en íntima relación. La genética de la longevidad engloba los genes que influyen en la longevidad, entre los que se encuentran los genes que controlan la estabilidad del material genético, del DNA, cuya progresiva degeneración termina con la muerte celular. También hay que destacar los genes que controlan el acortamiento progresivo de los extremos de los cromosomas, los telómeros, cuya longitud va disminuyendo progresivamente cada vez que una célula del cuerpo se reproduce.

La genética del envejecimiento engloba todos los genes encargados de detoxificar el cuerpo, es decir, de eliminar las sustancias perjudiciales que, al acumularse, provocan la degeneración de las células y, con ella, los signos del envejecimiento. La mayoría de estas sustancias tóxicas son generadas por el propio cuerpo durante sus funciones celulares habituales como, por ejemplo, los radicales libres; de forma que las diversas variantes génicas que pueda poseer cada persona determinan la mayor o menor visibilidad de estos síntomas de envejecimiento.

El estudio del proceso genético del envejecimiento y de la longevidad son en la actualidad campos muy estudiados. A diferencia de los éxitos conseguidos en las enfermedades monogénicas, en las que se ha llegado al conocimiento del gen causal y de las mutaciones más frecuentes, las de origen multifactorial o poligénicas siguen siendo centro de numerosos estudios (Tamparillas, 2005). Estas enfermedades son las más frecuentes en la población, como por ejemplo la obesidad, la diabetes o la hipertensión; en las que existe una interrelación de los loci (posiciones fijas de los genes en un cromosoma) de etiología heterogénea y con participación importante de los factores ambientales.

En el envejecimiento los avances se centran en la discriminación de las enfermedades relacionadas con la edad (Hayflick, 2000), mientras que en la longevidad el componente genético queda demostrado por el estudio gemelar llevado a cabo en los países escandinavos (Ljungquist, Berg, Lanke, Mclearn & Pedersen, 1998) y por estudios clínicos familiares (Atzon, Schechter & Greiner, 2004).

1.4.2.- La respuesta de los genes frente al ambiente

El ambiente es responsable también de la funcionalidad de muchos de estos genes y es otro aspecto importante a señalar. La epigenética hace referencia, en un sentido amplio, al estudio de todos aquellos factores no genéticos que intervienen en la determinación del desarrollo de un organismo desde el óvulo fertilizado hasta su senescencia, pasando por la forma adulta; y

que igualmente interviene en la regulación heredable de la expresión génica sin cambio en la secuencia de nucleótidos. Se puede decir que la epigenética es el conjunto de procesos químicos que modifican la actividad del ADN pero sin alterar su secuencia. El término fue acuñado por Conrad Hal Waddington en 1942 para referirse al estudio de las interacciones entre genes y ambiente que se producen en los organismos (Berger, Kouzarides, Shiekhhattar & Shilatifard, 2009). Tras la finalización del Proyecto Genoma Humano en el 2003, los científicos se dieron cuenta de que hay mucho más en las bases moleculares del funcionamiento celular, el desarrollo, el envejecimiento y muchas enfermedades. La idea que se tenía hace pocos años de que los seres humanos y los demás organismos somos fundamentalmente lo que está escrito en nuestros genes desde su concepción, está cambiando a pasos agigantados, y la ciencia avanza para conseguir descifrar el lenguaje que codifican pequeñas modificaciones químicas capaces de regular la expresión de multitud de genes (Bedregal, Shand, Santos & Ventura-Juncá, 2010).

La epigenética reinterpreta conceptos conocidos y desvela nuevos mecanismos por los cuales la información contenida en el ADN de cada individuo es traducida. Concepto a concepto, se está descifrando un nuevo lenguaje del genoma e introduciendo la noción de que nuestras propias experiencias pueden marcar nuestro material genético, de una forma hasta ahora desconocida, y que estas marcas pueden ser transmitidas a generaciones futuras. Hasta hoy, se han podido discernir mecanismos epigenéticos en una gran variedad de procesos fisiológicos y patológicos que incluyen, por ejemplo, varios tipos de cáncer, patologías cardiovasculares, neurológicas, reproductivas e inmunes (Jirtle & Skinner, 2007).

Un ejemplo muy característico de la estrecha relación entre genética y ambiente lo tenemos en el estrés, el cual es una respuesta del organismo ante los diferentes cambios, internos o externos, y permite la adaptación del individuo por medio de una serie de modificaciones fisiológicas específicas. Así se liberan una serie de hormonas que preparan al organismo para esta respuesta, lo que incluye, entre otros cambios, un incremento del flujo

sanguíneo y de la oxigenación de los tejidos, y una mayor tensión muscular. Si el estrés es breve, no se produce ningún otro cambio celular apreciable; pero si es prolongado, estos cambios fisiológicos producen una inflamación de los tejidos implicados, lo que provoca una respuesta generalizada del sistema inmunitario y, a la larga, aceleran el envejecimiento celular. Sin embargo, el nivel de estrés de cada persona no depende solamente del ambiente, sino también de su constitución genética, que hace que cada persona perciba una misma situación de forma diferente.

1.4.3.- Polimorfismos genéticos hallados en el envejecimiento

La relación entre la herencia y patologías relacionadas con la edad tales como las enfermedades cardiovasculares, la diabetes, el ictus cerebral, las deficiencias oculares y auditivas, etc., es ya bien conocida. En general, estos procesos multifactoriales suponen que las generaciones de primer grado tienen un riesgo de padecerlos estimado de 2,6 veces mayor que el de la población general; con mayor incidencia en varones y en formas prematuras que se hayan manifestado en individuos de menos de 56 años (Stavijenic-Rukavina, 2002).

Del mismo modo, los factores ambientales de riesgo suponen un efecto adverso en personas con susceptibilidad genética, ya que se suman entre sí, al igual que con ciertos polimorfismos genéticos. El envejecimiento, el estrés oxidativo y la resistencia a la insulina están fuertemente relacionados debido a su asociación con el incremento de ese estrés oxidativo, principalmente por descenso de la actividad antioxidante y por aumento de factores pro-oxidantes, tales como las concentraciones de glucosa y de insulina. La progresiva resistencia a la insulina se debe a una compleja red de factores ambientales, antropométricos y neurohormonales (Tamparillas, 2005). En cambio, la longevidad extrema se asociaría a un grado bajo de estrés oxidativo y de resistencia a la insulina (Barbieri *et al.*, 2003).

El papel del ADN mitocondrial (mtADN) en la herencia de la longevidad ha sido considerado desde hace años (Abbot, Abbey, Boling & Murphy, 1987). Se sabe que existen numerosas mutaciones del mtADN por la falta de un mecanismo efectivo de reparación de su molécula y por la exposición continua a los radicales libres de oxígeno (Tamparillas, 2005). Estas mutaciones acumuladas con la edad se producen en diversos tejidos, tales como el cerebro y el músculo; y eventualmente desajustan la fosforilización oxidativa (OXPHOS), con lo que la energía llega a descender a niveles incompatibles con las funciones celulares normales. De la misma forma, se admite como principio básico que el sistema OXPHOS declina con la edad porque se asocia con una acumulación de reordenamientos del mtADN producidos por mutaciones con sustitución de bases (Gómez Rinesi *et al.*, 2000). Este concepto indicaría que el mtADN es en realidad un reloj del envejecimiento, ya que dichos reordenamientos se acumulan exponencialmente a partir de los 45 años de edad.

Sin embargo, han aparecido estudios que demuestran ciertas excepciones, como por ejemplo, un genotipo (mt5178A) que se halla asociado a la longevidad de los centenarios japoneses (Tanawa *et al.*, 2000), y se caracteriza porque retrasa la acumulación de mutaciones debidas a la edad en las células somáticas. Otros efectos beneficiosos de este genotipo es que confiere resistencia frente a las enfermedades relacionadas con la edad, suprimiendo la predisposición a la obesidad y a la aterosclerosis. Estos polimorfismos podrían producir ligeras diferencias en las proteínas codificadas y en la formación de radicales libres (Tamparillas, 2005). Asimismo, los diferentes tipos de mtADN entre las poblaciones de África y Euroasia y entre Asia del Sur y Siberia se relacionan con la latitud geográfica de dichas regiones e indican que su diversificación ha estado sometida a una selección climática (Mishmar *et al.*, 2003).

1.4.4.- Implicaciones genes nucleares y mitocondrias

Actualmente se considera que son principalmente tres las modificaciones ambientales que inducen el incremento de la expectativa de

vida: el descenso de la temperatura ambiental, la reducción de la actividad y la restricción en la dieta sin malnutrición. Se está investigando la base científica que explique los mecanismos fisiológicos comunes a dichas circunstancias. Algunos estudios se centran en la regulación de la temperatura corporal, esencial en los organismos endotermos (como la especie humana), para un correcto funcionamiento del metabolismo y para la termogénesis, que regula nuestra temperatura en relación con el medio. Esta termorregulación ocurre tanto en la exposición al frío como al calor, pero también en ciertas situaciones como el tipo de alimentación, el proceso de la digestión, el ejercicio físico, el hipo- e hipertiroidismo, el consumo de alcohol, las infecciones, etc.

La termogénesis radica en el tejido adiposo marrón (ADM) y en las proteínas mitocondriales desacoplantes (UCPs). El ADM es una clase de tejido adiposo abundante en el feto y en recién nacidos y tiene como única función la producción de calor por termogénesis, la cual se produce gracias a la UCP1, situada en la membrana interna de la mitocondria, que desacopla la oxidación de los ácidos grasos de la producción de ATP. También el ADM se considera un órgano endocrino que influye en la presión sanguínea y en la reserva de ciertos nutrientes (Smith, 1961). La participación de los genes UCPs en la dieta y en el envejecimiento ha sido ampliamente estudiada (Iritani, Sugimoto, Fukuda & Tomoe, 2002) y pone de manifiesto la importancia de un determinado tipo de alimentación y su posible influencia sobre la actividad de determinados genes. Del mismo modo, existen estudios sosteniendo que la termogénesis estimulada por UCP1 en el ADM es un componente importante del gasto energético que reduce el tejido adiposo bajo ciertas circunstancias y que, por el contrario, la deficiente función de ADM conduciría a la obesidad (Himms-Hagen, 1989).

1.4.5.- La modificación proteica y glicosilación de proteínas

El cambio más relevante en la función celular es la disminución de la síntesis proteica. El ADN sufre importantes daños debidos a la acción de agentes tanto endógenos como exógenos; y esto unido a la disminución en su

capacidad de reparación, podría explicar esos cambios en la síntesis proteica (Mosley, 1996).

Otra vía que ha sido implicada en la degeneración celular asociada al envejecimiento es la acumulación de productos altamente glicosilados. Este proceso depende principalmente de los niveles de glucosa presentes en la sangre. Se ha descrito glicosilación de muchas proteínas importantes como: hemoglobina, fibrinógeno, lipoproteínas y ferritina. De especial importancia es la glicosilación de proteínas como el colágeno, pues la formación de productos del colágeno altamente glicosilado lleva a una alteración de la matriz extracelular y de su interacción con las células. Algunas de las consecuencias de estas alteraciones incluyen retención de otras proteínas plasmáticas como LDL, engrosamiento de las membranas basales y disminución de la elasticidad de los vasos sanguíneos, piel y ligamentos. Por otra parte, estos productos altamente glicosilados se unen a receptores específicos de células del sistema inmune, lo que provoca la liberación de mediadores proinflamatorios y ROS, aumentando aún más el daño inducido por estos productos (Knapowski, Wieczorowska-Tobis & Witowski, 2002).

1.4.6.- Radicales libres/ ADN mitocondrial

Inicialmente se propuso que los cambios más importantes que se producían en el envejecimiento eran debidos a daños moleculares producidos por los radicales libres (Harman, 1981), que son átomos o moléculas que contienen un electrón desaparejado y altamente activos. El metabolismo aeróbico genera el radical superóxido que se metaboliza por las superóxido-dismutasas para formar peróxido de hidrógeno y oxígeno. El peróxido de hidrógeno puede continuar en su metabolismo para formar radicales hidroxilo, altamente reactivos. Estos radicales derivados del oxígeno pueden reaccionar con las macromoléculas en forma de auto-perpetuación y originar radicales libres fuera de las moléculas, que a su vez crean nuevos radicales libres en otras moléculas, amplificando la acción inicial de estos. Además contribuyen de forma importante a la acumulación somática de mutaciones del ADN mitocondrial (mtADN), lo que conduciría a la pérdida gradual de la capacidad

bioenergética y eventualmente al envejecimiento y a la muerte (Tamparillas, 2005).

1.5.- El envejecimiento patológico

1.5.1.- Las enfermedades crónicas degenerativas y sus factores de riesgo

Las enfermedades crónicas son aquellas patologías para las cuales aún no se conoce una solución definitiva y el éxito terapéutico consiste en tratamientos paliativos para mantener a la persona en un estado funcional, mediante el consumo constante de fármacos (Wagner, 2000). Estas son las causantes de la mayoría de muertes y de discapacidades, pues cerca del 46% de la población mundial tiene alguna enfermedad crónica y, aproximadamente, 60% de los 58 millones de muertes anuales son debidas a enfermedades crónicas (Bales, Fischer & Orenduff, 2004). En el año 2005, el 30% de la mortalidad mundial fue causada por enfermedades cardiovasculares, mientras que el cáncer representó casi 7 millones; y se calcula, para el año 2015, que las muertes por enfermedades crónicas aumenten un 17%.

En los países más desarrollados, las principales afecciones crónicas de los adultos mayores son las enfermedades osteomusculares, las deficiencias sensoriales y la incontinencia urinaria; asimismo, las más limitantes son la demencia y las enfermedades cerebrovasculares. En el caso de los países subdesarrollados, las enfermedades agudas y crónicas están exacerbadas por la pobreza persistente y la falta de servicios apropiados, presentándose a más temprana edad.

Según algunos estudios, las enfermedades crónicas más comunes son la hipertensión arterial, la diabetes mellitus, el cáncer, la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), la osteoartritis, la artritis reumatoide, las enfermedades cardiovasculares, la dislipidemia y las enfermedades cerebrovasculares (Menéndez *et al.*, 2005). La hipertensión arterial, una de las patologías más frecuentes en los adultos mayores, resulta además un factor de

riesgo para el desarrollo de otro tipo de enfermedades, como la coronaria, los accidentes cerebrovasculares, el infarto de miocardio y la enfermedad renal (Chobanian *et al.*, 2003). Por su parte, la diabetes mellitus, otra de las afecciones que más se presenta en esta etapa, puede traer complicaciones que causan enfermedades cardiovasculares, retinopatías y problemas renales. La diabetes mellitus y sus complicaciones asociadas, junto con la EPOC, son las enfermedades que originan más muertes en este grupo de población (Bales *et al.*, 2004). Las patologías cerebrovasculares, y los daños neurológicos que provocan, aparecen como la tercera causa de muerte en personas mayores (Klaassen, 2002).

Estudios de la OMS señalan que en el adulto, la diabetes mellitus, la hipertensión arterial, el sobrepeso y la obesidad elevan el riesgo de enfermedades cardiovasculares y de diversos tipos de cáncer. Estos factores contribuyen también a la aparición de afecciones no mortales, como artritis o pérdida de visión por retinopatía diabética, como ya señalamos. La obesidad, que antes sólo se consideraba un problema en los países de ingresos altos, está aumentando en los de ingresos bajos y medianos, sobre todo de las regiones de África y América. La prevalencia de la hipertensión arterial registra las mayores cifras en algunos países de ingresos bajos de África, mientras que en muchos países de ingresos altos ha descendido gracias a intervenciones de salud pública (Menéndez *et al.*, 2005).

Situándonos en nuestro país, en Extremadura se realizó un estudio con 960 personas mayores (Fernández, Díaz, Pérez & Rojas, 2002), el cual encontró que el número promedio de enfermedades crónicas entre las personas encuestadas fue de 2,5; destacando como más prevalentes la hipertensión arterial y la artrosis (43,1% y 41%, respectivamente). Otro trabajo sobre enfermedades crónicas, realizado en España con 217 mayores, encontró una media de 1,8; aumentando con la edad (de 1,3 en el grupo de 65-68 años a 2,2 en mayores de 68 años), y las patologías más frecuentes fueron: hipertensión arterial 40%, osteoarticulares 24%, cardiopatías 18,4%, catarata-glaucoma 16,5% y diabetes mellitus 14,3% (Arjona, Criado & Sánchez, 2002).

En general, se puede afirmar que a partir de los 65 años el 78% de la población tiene una enfermedad crónica y un 30% tiene dos o más (Cañás & Buschiazzi, 2000).

Existen determinantes para el desarrollo de enfermedades muy comunes en el transcurso de los años, y se pueden mencionar, como los más importantes (Wagner, 2000):

- El capital genético heredado y moldeado en el transcurso de la vida.
- Acumulación de riesgos relacionados con los estilos de vida y ocupaciones.
- La oportunidad de expresión de los periodos de latencia de las enfermedades.
- El contexto ecológico y las características socioeconómicas.
- El acceso y uso de los servicios de salud.

Puntos clave:

Según las estadísticas en salud, las enfermedades más frecuentes en el adulto mayor son:

- Hipertensión arterial.
- Diabetes mellitus.
- Enfermedades músculo-esqueléticas.
- Enfermedades respiratorias.
- Enfermedad de Parkinson.
- Enfermedad de Alzheimer.

1.5.2.- Mecanismo patogenésico común de las enfermedades crónicas degenerativas

Gracias a los estudios de la biología molecular y bioquímica celular se sabe en la actualidad que la raíz del mecanismo generador de las enfermedades crónicas degenerativas es común para todas. Este es debido a la acumulación de endotoxinas y exotoxinas en la matriz extracelular.

La matriz extracelular (MEC) es una red de material tridimensional que se encuentra alrededor de las células y engloba todos los órganos, tejidos y células del organismo, confiriéndoles propiedades estructurales. Es una integración fisiológica de nutrición, comunicación y soporte de los tejidos que conforman nuestro medio intercelular. Es también el medio donde se encuentra el líquido intersticial que desde los capilares arteriales recibe agua y otras sustancias para ser utilizados como nutrientes por las células (Álvaro, Noguera-Salvá & Fariñas, 2009). A su vez, es el medio donde se eliminan los desechos celulares, que son retirados por medio de los capilares venosos y linfáticos.

El sistema básico de Pischinger (SBP) es la unidad mínima funcional, formada por capilares-MEC-células, y una vía de tránsito con múltiples funciones para el mantenimiento de la homeostasis. En esta unidad se realizan las funciones básicas más elementales de la vida tales como el intercambio de agua, oxígeno, nutrientes, electrolitos, la regulación ácido-alcalina, así como todo lo referente a los sistemas de defensa del organismo (Álvaro *et al.*, 2009). Este sistema se conoce también como tejido conjuntivo o tejido conectivo.

La capacidad que las células tienen para convertir los cambios mecánicos en cambios químicos, neurológicos o genéticos que permiten la adaptación celular a su microambiente es lo que se conoce como mecanotransducción (Ingber, 2006). El sistema de tensegridad (contracción de *tensional integrity* o integridad tensional) lo integran en el ser humano el SBP, el sistema óseo, muscular, cartilaginoso, ligamentario y tendinoso que conforman el esqueleto; los cuales, sometidos a fuerzas isométricas, mantienen el equilibrio dinámico mecánico y energético del organismo. Este se complementa con las fuerzas de tensión y distensión hemodinámicas del sistema cardiovascular, y del aire en el sistema respiratorio (Ingber, 2003). Así, el organismo vivo está constituido por sistemas dentro de sistemas que repiten sus propiedades a diferentes escalas, desde el nivel del núcleo celular, al organismo como un todo indivisible.

El SBP filtra un promedio de 5 litros de sangre por minuto. Esta es una gran carga que va obstruyendo los filtros y mecanismos de depuración del

organismo. Cuando el SBP está saturado de toxina crea un medio letal para la sobrevivencia celular, siendo atacada por el estrés oxidativo, la acidosis, la hipoxia celular y el déficit de nutrientes. Ante esta situación la célula muere o lucha por sobrevivir. Estos medios tóxicos pueden llevar a las células a los siguientes procesos patogenésicos que, generalmente, no ocurren aislados (Hernández Ramos, 2012; Oschman, 2009):

- Muerte celular generando fibrosis, esclerosis y degeneraciones.
- Reacción inflamatoria, local o sistémica, procurando reparar los daños estructurales del estrés oxidativo y lesiones del tejido.
- Retención de líquidos, acumulando sodio en el interior celular; se pierden proteínas y se acumula agua para diluir las toxinas y obtener más nutrientes hidrosolubles.
- Tamponamiento de los ácidos y depósitos, para disminuir el exceso de acidez en la MEC y SBP, usando calcio que saca de depósitos orgánicos. Estos ácidos tamponados forman sales que se depositan en los tejidos lesionados, sobre todo en el endotelio de los vasos sanguíneos, articulaciones y tejido adiposo.
- Mutación, que es el proceso patogenésico de los tumores.

1.5.2.1.- Estrés oxidativo

Como ya señalamos, los radicales libres son átomos o moléculas que contienen oxígeno y presentan un electrón libre en su órbita externa. Destacan los radicales superóxido, peróxido de hidrogeno, hidroxilo y el óxido nítrico. Estos son generados continuamente por los componentes celulares que intervienen en los mecanismos de defensa del organismo (Fernández, Da Silva-Grigoletto & Túnez-Fiñana, 2009). El electrón libre en los radicales libres los hacen muy reactivos, otorgándoles una alta capacidad oxidativa, por lo cual de manera brusca reaccionan con cualquier partícula del organismo, donde

puedan atrapar un electrón para estabilizarse, teniendo gran afinidad por los lipopolisacáridos de las membranas celulares y del citoesqueleto. Allí ocasionan una reacción oxidativa en cadena que, de no existir suficientes sustancias antioxidantes que neutralicen a los radicales libres, se extiende generando daños del tejido y estimulación de la inflamación (Hernández Ramos, 2012). De este modo, si el estrés oxidativo se mantiene en el tiempo, poco a poco va destruyendo las células y componentes de la matriz extracelular, intoxicando y encharcando el SBP, generándose enfermedades crónicas, entre las que destacan: cáncer, diabetes mellitus, artritis reumatoide, osteoartritis, enfisema pulmonar, infecciones, arteriosclerosis, trombosis, enfermedades isquémicas cardiovasculares y demencia senil (Popolo, Autore, Pinto & Marzocco, 2013; Voigt, Rahnefeld, Kloetzel & Krüger, 2013).

1.5.2.2.- Acidificación tisular y equilibrio ácido-base

El organismo humano busca la homeostasis y, para ello, debe mantener varias constantes biológicas (pH sanguíneo, glicemia, temperatura...) en valores precisos; a falta de alguno, pueden aparecer numerosos problemas para la salud. El pH juega una función muy importante para la forma molecular de las proteínas así como de numerosas actividades enzimáticas. El valor óptimo del pH sanguíneo es de 7,42 (ligeramente básico). Sus variaciones son compatibles con la salud entre 7,36 y 7,42. Hay acidosis por debajo de 7,36 y alcalosis por encima de 7,42. (Hernández Ramos, 2012). El grado de acidez o alcalinidad se mide a través de una escala de pH, desde 0 (extremo ácido) a 14 (extremo alcalino), ubicándose en el centro (7) el valor neutro.

Para el mantenimiento del pH sanguíneo, el organismo pone en funcionamiento sistemas tampón muy potentes y eficaces, ya que deben hacer frente a numerosos elementos perturbadores, de los que la alimentación es el primero (Hernández Ramos, 2012). Los fenómenos digestivos (fermentación y putrefacción) y sus complementos metabólicos implican la formación de numerosos subproductos, algunos ácidos; estos últimos, reabsorbidos y reintroducidos en la circulación sanguínea, hacen bajar el pH a un valor que debe ser inmediatamente compensado (Adroque, Gennari, Galla & Madias,

2009). El principio de acción de los sistemas tampón se basa siempre en una misma característica: la posibilidad de cambiar un equilibrio químico de enlaces débiles en función del exceso o no de iones de hidrógeno. En este caso, el desplazamiento de dicho equilibrio permite “atrapar” el exceso de iones H^+ y mantener el pH (Ríos, Guerra-Hernández & Feriche, 2010).

1.5.2.3.- El agotamiento de reservas básicas naturales

Los seis sistemas tampón actualmente identificados intervienen según una jerarquía establecida en función de su propio pH y, por lo tanto, del grado de acidosis del medio, pero frente a un estado de acidificación no son solicitados sistemática y conjuntamente. Además de la intervención de estos sistemas tampón, el organismo debe igualmente eliminar todos los ácidos resultantes de su metabolismo y de la acción de los tampones. Los pulmones y los riñones son los encargados de esta evacuación.

Los pulmones aseguran más del 90% de la desacidificación del organismo, expulsando todos los ácidos “volátiles” provenientes, sobre todo, de la degradación de las proteínas vegetales; esencialmente ácidos orgánicos débiles tales como el ácido cítrico, oxálico y pirúvico, que serán transformados en ácido carbónico y después en gas carbónico, el cual se expulsará hacia el medio exterior por la respiración. Los riñones van a expulsar el resto de ácidos “no volátiles” provenientes, sobre todo, de la degradación de proteínas animales; la mayoría son los ácidos minerales fuertes, tales como el ácido fosfórico, sulfúrico o úrico. La diferencia entre estas dos vías de eliminación es que la primera, la pulmonar, es rápida y adaptable (por aumento de la amplitud respiratoria), mientras que la segunda, la renal, es lenta y poco adaptable (Hernández Ramos, 2012).

1.5.2.4.- “Ensuciamiento” de los tejidos

Cuando el organismo produce un exceso de ácidos, este aumento es desviado hacia el tejido mesenquimatoso y SBP en espera de su expulsión. En general, esta fase de “almacenamiento” se produce durante el día. A lo largo de

la noche el mesénquima restituye las moléculas ácidas para que sean eliminadas. Se observa que la sustancia coloidal, componente importante del mesénquima, no tiene las mismas características según su pH: en medio ácido, tiende a convertirse en gel, mientras que en estado normal está bajo la forma básica (Adroque *et al.*, 2009). Esta situación corresponde a un estado inestable de equilibrio físico-químico, siendo la forma básica la que corresponde a su naturaleza ideal y permite su funcionamiento óptimo. Por lo tanto, ante una sobrecarga en ácidos y al transgredir estos límites, la circulación del SBP no puede nutrir y no limpia las células. Produce trastornos de su funcionamiento y, en consecuencia, trastornos a nivel de los órganos bañados por estas sustancias (génesis de cualquier enfermedad). La sobrecarga ácida provoca (Hernández Ramos, 2012):

- anorexia celular
- sufrimiento celular
- autointoxicación celular
- malos intercambios tróficos
- senescencia exagerada de los tejidos
- irritación de los tejidos por el ácido.

Numerosas afecciones están relacionadas a un exceso de acidez por agotamiento del sistema tampón o por “ensuciamiento” de la sustancia coloidal.

1.5.2.5.- Desmineralización y pérdida de oligoelementos

Cuando se instala la acidosis metabólica se produce una ligera alcalosis sanguínea como resultado de un mayor número de sales básicas reclamadas por los sistemas tampón. Cuantas más sales de ácidos débiles contenga (como carbonato de calcio, magnesio o potasio resultantes de la acción de los sistemas tampón) más básica se volverá la sangre. Además, todos los cationes

con función básica, es decir, casi todos los oligoelementos, son igualmente captados por el exceso de ácido y, por lo tanto, eliminados a través de los riñones. Esto no supone únicamente una desmineralización ósea, sino también un agotamiento metabólico del organismo. Sus células no pueden asegurar plenamente todas las transformaciones enzimáticas que les son necesarias (Wiederseiner, Muser, Lutz, Hulter & Krapf, 2004). En efecto, en el momento en que el pH sanguíneo tiende a bajar, el fosfato de calcio del tejido óseo se solubiliza para neutralizarlo, pasando a la circulación sanguínea, donde puede captar los iones H^+ que están en exceso. Durante la acidosis crónica, se puede asistir a un verdadero agotamiento de esta reserva ósea y a una fuerte desmineralización, con aparición o predisposición a trastornos tales como caries dental, fracturas espontáneas, dolores articulares y hernia discal (Hernández Ramos, 2012).

Por tanto, para neutralizar el exceso de ácidos de los líquidos intracelulares y de la MEC se realiza un “saqueo” de la estructura orgánica, con el único objeto de restablecer el equilibrio ácido-básico para mantener el equilibrio dinámico funcional del organismo. También disminuye el sistema de defensa inmunológica, haciéndose menos resistente a virus, bacterias y hongos (Kraut & Madias, 2010). Esto nos lleva a concluir que la causa básica de la enfermedad se debe a un organismo debilitado, que para restablecer la pérdida de su equilibrio funcional o curar, genera enfermedad, y pierde su capacidad de defensa inmunológica, con lo que no puede neutralizar o evitar el crecimiento de gérmenes o células cancerígenas.

1.5.2.6.-Trastornos inflamatorios

Paralelamente, el “ensuciamiento” de la sustancia coloidal predispondrá a toda otra serie de perturbaciones tales como trastornos artríticos, reumatismos, calambres, inflamaciones y bajada de las defensas. Específicamente, en el tejido nervioso, la acidosis perturba su funcionamiento y produce irritabilidad, cansancio crónico, estado depresivo y estado de stress permanente (la acidosis estimula particularmente el sistema adrenérgico) (Hernández Ramos, 2012). Finalmente, situaciones patológicas como la

diabetes, las afecciones renales o el cáncer, agravan los estados de acidosis o, por lo menos, intervienen (Mitch, 2006). Algunas observaciones clínicas han demostrado que un medio alcalino entorpece el desarrollo de las células cancerosas, mientras que un entorno ácido lo favorece (Hernández Ramos, 2012). Por ello, la génesis de estos círculos viciosos tiende a reforzar una acidosis inicial, por lo que no se debe descuidar la posibilidad de un estado de acidosis, subyacente a numerosas situaciones patológicas.

Puntos clave:

- Louis-Claude Vincent, padre de la bioelectrónica, considera el pH, el potencial de oxido-reducción y la resistividad del medio sanguíneo, los tres factores básicos que permiten cuantificar y calificar el estado de salud de un organismo. Los valores de estos tres parámetros permiten situar a la persona dentro de la buena salud teórica e ideal: medio ligeramente básico, con tendencia reductora y de resistividad entorno a 200 ohms/m.
- Las derivaciones hacia cualquiera de las direcciones a partir de este punto central (alcalinidad, acidez, estado reducido, estado oxidado, demasiado débil o demasiada resistividad) significan la aparición de problemas más o menos graves y la predisposición a diversas patologías.
- Para un buen manejo de las enfermedades lo adecuado sería solucionar la causa básica o raíz del problema: alcalinizar el organismo para neutralizar la acidez y el estrés oxidativo, facilitando los mecanismos de homeostasis o curación del cuerpo.

1.6.- Influencia de los hábitos de vida

Nuestras costumbres alimentarias actuales están constituidas por comidas ricas en alimentos acidificantes, los factores de estrés son numerosos, el sedentarismo y la polución urbana impiden una buena oxigenación. El tabaco también es factor de acidosis y de mala oxigenación. Por ello es aconsejable la actividad física o deportiva regular, ya que va a favorecer la eliminación

pulmonar de los ácidos volátiles y, de manera más general, estimular todos los emuntorios.

1.6.1.- La alimentación

La causa esencial de la acidosis es alimentaria, por tanto, una corrección adaptada de las comidas cotidianas puede restablecer el equilibrio natural. Se deben disminuir los alimentos ácidos, aumentar la comida básica, y cenar ligeramente (Hernández Ramos, 2012).

El papel de la nutrición en la homeostasis ácido-base del organismo ha recibido una atención cada vez mayor durante los últimos años. Aunque los mecanismos homeostáticos y la capacidad renal para excretar ácidos en personas sanas pueden prevenir alteraciones del pH sanguíneo inducidas por la alimentación, los aumentos moderados en los niveles de hidrogeniones en sangre resultantes de una composición inadecuada de la dieta, pueden tener consecuencias a largo plazo para la génesis y progresión de ciertas patologías (Vormann & Remer, 2008).

Adicionalmente a los efectos catabólicos sobre la arquitectura y fortaleza del hueso, la acidosis induce trastornos en la función endocrina, tales como alteraciones en los niveles de hormona de crecimiento (GH), factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1), insulina, glucocorticoides, hormona tiroidea, hormona paratiroidea, y vitamina D (Mitch, 2006).

Los efectos de las proteínas en la dieta pueden ser de mayor importancia en la medida que envejecemos. La capacidad renal para generar amonio y excretar hidrogeniones disminuye con la edad, por lo cual una mayor acidez en la dieta produce niveles más bajos de pH sanguíneo en las personas mayores (Frassetto, Morris & Sebastian, 1996). De hecho, la revisión de la literatura revela que las personas mayores tienen niveles más bajos de pH y bicarbonato sanguíneo que los adultos jóvenes (Frassetto & Sebastian, 1996). Esta vulnerabilidad aumentada ante las sobrecargas acídicas de la dieta podría

significar que los mayores requieren mayor cantidad de amortiguadores ante la misma carga ácida.

Las proteínas de la dieta, según sea su tipo, difieren significativamente en cuanto a su carga ácida potencial y, por lo tanto, en su efecto generador de acidosis metabólica. Una dieta con un elevado contenido en proteínas de cenizas ácidas ocasiona una pérdida de calcio excesiva debido a su contenido acidogénico. La adición de amortiguadores externos a una dieta hiperproteica, bien en forma de sales químicas, o bien, en forma de frutas y hortalizas, reduce la excreción urinaria de ácidos y de calcio. Se puede lograr así detener la resorción ósea e incluso incrementar la fijación de hueso (López-Luzardo, 2009).

Las frutas y hortalizas constituyen la mayor fuente de amortiguadores en la dieta. Los efectos de añadir un amortiguador a una dieta alta en proteínas son los siguientes (López-Luzardo, 2009):

- disminución de la excreción urinaria neta de ácidos
- disminución de la calciuria
- aumento de la masa ósea total.

Algunos especialistas sugieren que unas curas regulares de complementos nutricionales específicos son necesarias. Esos complementos deben ser ricos en sales minerales básicas, unidas a un ácido débil (carbonatos o citratos de calcio, magnesio, potasio...) que provienen de productos naturales. Tienen que contener las vitaminas del grupo B necesarias para casi todos los procesos metabólicos; sobre todo B3, B5 y B6. Estas vitaminas son fuertemente consumidas, en particular dentro de la regulación y del buen funcionamiento de las células nerviosas y de la transmisión del impulso nervioso (síntesis de neurotransmisores). Además, la vitamina B3 regula la síntesis hormonal (insulina, tiroxina...), la vitamina B5 favorece la

inmunidad, y la vitamina B6 participa en la producción de energía y en la síntesis de anticuerpos (Hernández Ramos, 2012).

1.6.1.1.- Equilibrio ácido-base

Comprendiendo este conocimiento del enfoque holístico, para mantener la salud o el adecuado funcionamiento de la MEC, es importante ser consciente de los nutrientes que aportamos al organismo. Todas las comidas o bebidas que ingerimos, después de ser digeridas y metabolizadas por el cuerpo, pueden provocar una reacción ácida o alcalina. Los que generan residuos ácidos son los denominados “acidificantes” que tienden a llevar el pH sanguíneo por debajo de 7,40. Los “alcalinizantes” son los que neutralizan las reacciones ácidas (Remer, 2001). La figura 1.1. representa una escala de pH de los alimentos.

Resultan acidificantes, aquellos alimentos que poseen un alto contenido de azufre, fósforo y cloro. Entre estos destacan los alimentos de origen animal, como carnes, lácteos, huevos, embutidos; además de cereales refinados, leguminosas, azúcar blanca, bollerías, galletas, aguardiente, gaseosas, etc. Estos dejan un residuo ácido, generan radicales libres y poseen un alto índice glicémico. También es importante tener presente que debemos evitar los ácidos generados por el consumo de aditivos químicos de los alimentos (Hernández Ramos, 2012).

Cuando el cuerpo está acidificado, se altera la polaridad en la química sanguínea para la generación de ATP y el intercambio de energía, causando en la persona pérdida de su energía vital; lo que provoca astenia, irritabilidad nerviosa, dolor, debilitamiento orgánico y baja resistencia al estrés (Hernández Ramos, 2012). Se interfiere con la absorción de minerales como el calcio, favoreciendo la osteoporosis, los calambres, las lesiones musculares y osteotendinosas (Ríos *et al.*, 2010). El cuerpo genera colesterol y triglicéridos causando depósitos de grasa para proteger al cuerpo de los desechos ácidos. La sangre tiende a coagularse, con lo que se incrementa el riesgo de trombosis

y embolias arteriales asociadas al infarto, y venosas, asociadas a la tromboflebitis profunda y trombosis pulmonar (Manz, 2001).

Resultan alcalinizantes, aquellos alimentos que contienen calcio, magnesio, sodio y potasio. Entre los que destacan: frutas maduras, hortalizas, verduras, tubérculos. Son nutrientes que también aportan antioxidantes y productos con bajo índice glicémico. Básicamente todas las frutas y verduras resultan alcalinizantes, aunque presenten un pH ácido, como es el caso de las frutas cítricas, ya que una vez absorbidas dentro del organismo provocan una reacción alcalina (Van't Veer, Jansen, Klerk & Kok, 2000). También se conserva esta reacción alcalina cuando se cocina al vapor y se conserva su agua de cocción. Según los expertos, es muy importante que nuestra alimentación esté compuesta por un máximo del 25% de alimentos acidificantes y un 75 a 85% de elementos ricos en bases; donde predominen alimentos crudos (Hernández Ramos, 2012; Ordovás, 2013). Estas medidas deben ser iniciadas en la juventud, para mejorar la vitalidad y bienestar, previniendo así las enfermedades crónicas degenerativas.

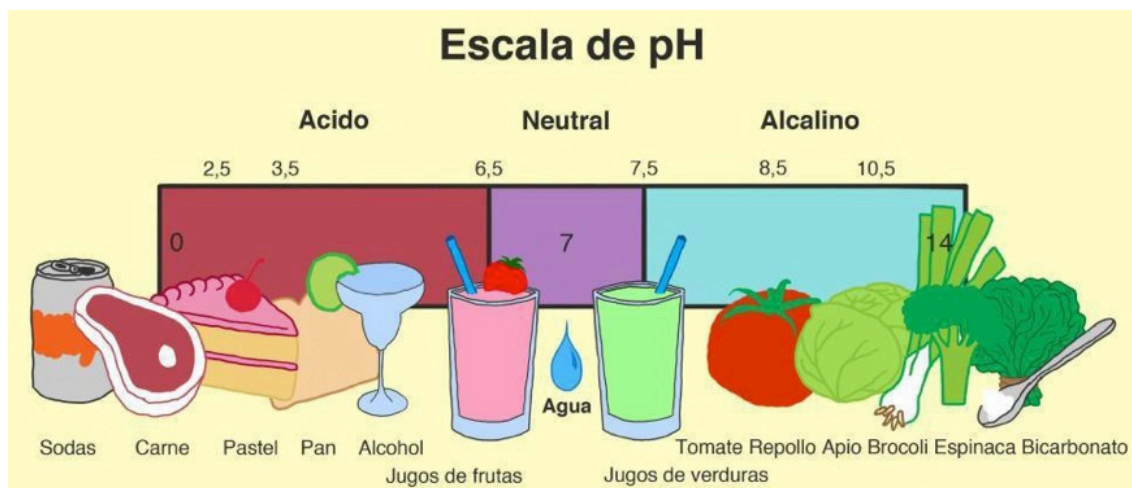


Figura 1.1. Escala de pH de los alimentos. (Disponible en: <http://www.w3.org/TR/xhtml1/DTD/xhtml1-strict.dtd>).

1.6.1.2.- Índice glicémico de los alimentos

El índice glicémico mide la capacidad de un glúcido en liberar una cierta cantidad de glucosa después de la digestión. Por ello, se puede decir que el

índice glicémico mide la biodisponibilidad de un glúcido, lo que corresponde a la tasa de absorción intestinal (Jenkins *et al.*, 2002). De este modo, los alimentos pueden ser de índice glicémico elevado, los cuales incrementan de manera excesiva los niveles en sangre de azúcar, insulina, pH ácido, radicales libres y triglicéridos. El triglicérido se deposita en el hígado, generando hígado graso o esteatosis hepática y, en el resto del cuerpo como tejido graso, por lo que aumenta el peso, favorece la obesidad y las enfermedades asociadas a la acidosis y estrés oxidativo. También existen los alimentos con índice glicémico bajo, que reducen el peso y favorecen la alcalinidad del organismo y el metabolismo celular. Los alimentos se clasifican según el índice glicémico en (Foster-Powell & Brand, 2002):

- Alto = IG >55
 - Moderado = IG 40 a 55
 - Bajo = IG <40
- IG: índice glicémico

Si el índice glicémico es alto, la tasa de absorción del glúcido genera una respuesta glicémica alta. Por el contrario, si es bajo, la tasa de absorción del glúcido genera una respuesta glicémica baja. Sin embargo, este índice no es fijo; puede variar en función de diversos parámetros como el origen botánico o la variedad de un cereal, la madurez de una fruta, los eventuales tratamientos térmicos, la hidratación, etc. (Jenkins *et al.*, 1981). Los alimentos con bajo índice glicémico son los macronutrientes más saludables y los que aportan mayor cantidad de vitaminas, oligoelementos, alcalinizantes y antioxidantes (Hernández Ramos, 2012).

El potencial glicemiante de un glúcido indica su capacidad de generar una secreción de insulina correspondiente. Los estudios han demostrado que para la prevención y manejo de la obesidad, la diabetes mellitus y las enfermedades coronarias es importante el uso de una dieta donde predominen alimentos con bajo índice glicémico (Reaven, 2000; Salmeron *et al.*, 1997) además de alimentos antioxidantes (Hernández Ramos, 2012).

Resulta de interés señalar que la homocisteína, un aminoácido que no se encuentra en los alimentos, se forma en nuestro organismo únicamente como un producto intermedio del ciclo metabólico de la metionina o ciclo de metilación. Cuatro vitaminas del grupo B participan como coenzimas o sustratos en este ciclo: riboflavina (B2), piridoxina (B6), folato (B9) y cobalamina (B12). Los niveles deficitarios de cualquiera de ellas condicionan un aumento de los niveles de homocisteína. Su mecanismo de acción sobre el endotelio vascular no está del todo esclarecido, pero se sugiere que la hiperhomocisteinemia facilita la formación de ateromas mediante el daño causado por acidosis, estrés oxidativo y/o alteraciones de proteínas (Chaves Brenes & Salazar Sánchez, 2001). Estos efectos se potencian con altos niveles de colesterol y triglicéridos en sangre y cuando la dieta presenta carencia de alimentos alcalinizantes y antioxidantes. Las principales fuentes de metionina son: carne, pescado, productos lácteos y huevos (Hernández Ramos, 2012).

1.6.1.3.- Influencia de la temperatura en el proceso de cocinado de los alimentos

Se ha demostrado que cuando se ingieren comidas o bebidas a temperaturas superiores a 42°C se lesiona el tejido de las mucosas orgánicas que están en contacto directo con las altas temperaturas. Situación similar sucede cuando las mucosas se exponen a temperaturas inferiores a 4°C o congelados. Cuando se consumen alimentos o bebidas con temperaturas inferiores a 37°C, el organismo invierte gran cantidad de energía para elevar la temperatura de cada mililitro de bebida o gramo de comida a los 37°C. Por esta razón, es una conducta muy saludable el evitar consumir alimentos muy fríos o muy calientes, siendo las temperaturas recomendadas entre los 20 y 39°C. Cuando se cocinan los alimentos a altas temperaturas o por mucho tiempo se destruye con el calor una gran cantidad de micronutrientes termolábiles o sensibles a la temperatura, los cuales en su mayoría son antioxidantes y esenciales para un adecuado funcionamiento del organismo, como son:

- Vitaminas termolábiles: D, E, C, B1, B4, B6, B8, B9, B12, B14 y B15.

- Ácidos grasos esenciales termolábiles: Linoleico y linolénico.
- Enzimas y compuestos con radicales sulfhídrico termolábiles.

A medida que se expone la materia orgánica a altas temperaturas, se somete a combustión y, por efecto de pirolisis (formación de alquitrán por altas temperaturas), se incrementa de manera proporcional la generación de sustancias químicas con gran efecto patogenésico como son los hidrocarburos aromáticos (Tareke, Rydberg, Karlsson, Eriksson & Törnqvist, 2002). Estos hidrocarburos estimulan a nivel sistémico procesos inflamatorios crónicos por estrés oxidativo y trastornos degenerativos que aceleran el envejecimiento.

Entre las sustancias dañinas que se consumen en las comidas cocinadas en altas temperaturas como el asado, a la plancha, parrilla y frituras, destacan hidrocarburos policíclicos que son los más potentes generadores de radicales libres y carcinógenos conocidos a nivel experimental (Tareke *et al.*, 2002). De este modo, mientras menos expuestos estén los productos de la dieta diaria al fuego (cocimiento) se conservan mejor los nutrientes esenciales vitalizantes. Por ello, los procedimientos más adecuados para cocinar los alimentos son: al vapor a menos de 110°C, estofado a baja temperatura, baño María y plancha “ligera” (Hernández Ramos, 2012).

Puntos clave:

Todo este conocimiento aporta las bases científicas para que se tome consciencia de la responsabilidad de la persona en su salud, pudiendo adoptar hábitos de vida saludables que le ayuden a evitar enfermedades y pueden influir en su genética. Respecto a la alimentación, es interesante prestar atención a qué y cómo se come y bebe. Siendo muy ecuánime para no caer en extremismos y sin dejarse manipular por la influencia de la propaganda o las modas.

1.6.2.- La hidratación

Aunque el agua se excluye a menudo de las listas de nutrientes, es un componente esencial para el mantenimiento de la vida que debe ser aportado por la dieta en cantidades muy superiores a las que se producen en el metabolismo. Forma parte en proporción variable de los distintos tejidos y ejerce unas funciones básicas. Está distribuida en todo el organismo, pero se encuentra fundamentalmente en el interior de las células (un 62%) y en la MEC. El líquido intersticial está compuesto por un 90% de agua. La ingesta líquida, además de agua, puede incluir frutas frescas, jugos naturales, infusiones de hierbas, sopas y aguas minerales naturales de mineralización débil (Hernández Ramos, 2012).

La evidencia señala que las bebidas con aporte energético incrementan el riesgo de obesidad. El gran consumo actual de bebidas azucaradas contribuye de manera notoria al exceso de ingestión calórica y es un factor importante en el desarrollo de obesidad (Vartanian, Schwartz & Brownell, 2007), diabetes tipo 2 (Schulze *et al.*, 2004), síndrome metabólico (Dhingra *et al.*, 2007) o enfermedad coronaria (Fung *et al.*, 2009). En cambio, el agua es más que un simple nutriente esencial para la vida. Ninguna otra sustancia participa en tantas funciones diversas como el agua. Cumple un papel fundamental en el mantenimiento de la homeostasis para que los procesos celulares sean óptimos. Entre las funciones vitales más importantes del agua destacan (Arbonés *et al.*, 2003):

- Es un medio para el transporte de los componentes de la sangre.
- Disuelve y traspa los nutrientes desde la sangre a las células.
- Proporciona un medio para que en él se realicen las reacciones intracelulares e intercelulares.

- Es el principal eliminador de toxinas al transferir los productos metabólicos a la sangre para su redistribución o eliminación por la orina, la espiración, las heces y el sudor.
- Absorbe el calor en los lugares donde se genera y lo disipa a lo largo de todo el organismo; o libera el calor, por medio de la evaporación en la superficie cutánea, para proteger las enzimas y proteínas.

De este modo el agua puede considerarse como un verdadero nutriente, especialmente en las personas mayores, en las que hay que prestar mucha atención a su estado de hidratación. Un hombre de 70-80 años tiene menos de un 60% y una mujer de la misma edad una cantidad inferior al 50%, siendo en algunas personas mayores la causa más importante de la reducción de peso en esta etapa de la vida. En ausencia de problemas serios, los requerimientos de líquidos en las personas mayores se calculan sobre la base de 30 ml/kg de peso corporal y día, es decir, al menos dos litros diarios o más gráficamente en la pirámide de alimentos modificada para personas mayores de 70 años, al menos 8 vasos de agua al día (Ruiz-López, Artacho & López Martínez, 2000; Steen, 2000).

Frecuentemente las aguas que se utilizan como bebida son las potables de abastecimiento público, en que el control sanitario oficial asegura una normal tolerancia; pero las normas higiénicas conceden un margen de variación en prácticamente todas sus características físicas y químicas, “y tales circunstancias, aparentemente pequeñas, de las aguas potables ordinarias pueden ser determinantes de algunos trastornos en personas particularmente sensibles” (Arbonés *et al.*, 2003). No todas las aguas son iguales en contenido en iones y minerales. Las aguas ricas en magnesio son una fuente alimentaria de este mineral que interesa considerar en las personas mayores. El contenido corporal de magnesio tiende a disminuir durante el proceso de envejecimiento y su déficit suele ser responsable de la sensación de fatiga, vértigo, aparición de calambres y ansiedad (Costello & Moser-Veillon, 1992). Además el magnesio del agua puede absorberse mejor que el presente en algunos alimentos.

En Japón es popular beber agua inmediatamente al levantarse por la mañana. Además, pruebas científicas han demostrado que es muy beneficioso para la salud. Para personas mayores y con enfermedades crónicas, el tratamiento del agua ha sido de mucho éxito dentro de la sociedad médica japonesa; con gran resultado en la mejoría de numerosas enfermedades.

1.6.3.- La respiración

La respiración adecuada por sí misma es vitalizante, limpia de ácidos, y neutraliza los radicales libres. El objetivo de la función respiratoria es el intercambio gaseoso que ocurre en el alvéolo pulmonar entre el aire inspirado y el contenido en la sangre venosa capilar. Para que esto se cumpla, el sistema respiratorio cuenta con una serie de mecanismos complejos que se inician en el centro respiratorio situado en el sistema nervioso central y terminan en los músculos de la respiración. El centro respiratorio es controlado por determinados factores como la presión de CO_2 , el pH y la presión de O_2 . Su objetivo es regular la ventilación alveolar (Gáldiz Iturri, 2000).

De la buena respiración depende una de las funciones más importantes de la nutrición orgánica para la obtención de energía. Si respiramos defectuosamente, la sangre recibe insuficiente cantidad de oxígeno, se altera la circulación, y los productos tóxicos del metabolismo no son eliminados en su totalidad; quedando como impurezas que afectan la salud, mediante el estrés oxidativo y la acidosis del organismo (García-Grau, Fusté & Bados, 2008).

El actual ritmo de vida, el estrés, las ropas inadecuadas, etc. colaboran a facilitar patrones de respiración caracterizados por un ritmo acelerado y una escasa intensidad, esto es, una respiración más superficial. Habitualmente, solo utilizamos una parte de nuestra capacidad pulmonar, en la que la intervención del diafragma es poco relevante. Las consecuencias de una respiración inadecuada son una menor oxigenación de los tejidos, mayor trabajo cardíaco y una mayor intoxicación general del organismo, lo que puede facilitar la aparición de ansiedad, depresión, fatiga física, etc. (De Pascalis, Anello & Venturini, 1986). Por el contrario, los patrones de respiración

caracterizados por tasas bajas de inspiración, volúmenes elevados de aire y respiraciones predominantemente abdominales incrementan el control parasimpático, con descensos importantes en la tasa cardiaca (Montgomery, 1994).

Durante la inspiración la caja torácica aumenta el volumen por el ensanchamiento en tres direcciones: vertical (retroceso del diafragma), anteroposterior (movimiento costal a consecuencia de la acción de los escalenos) y transversal (por la acción de los intercostales, pectorales y serrato mayor) (Gáldiz Iturri, 2000). Teniendo en cuenta la musculatura implicada y las zonas donde se concentra el aire inspirado se suele distinguir entre tres tipos de respiración (Labiano, 1996):

a) Respiración superior o pectoral, también llamada alta o clavicular. Esta es la respiración que utiliza la zona superior de los pulmones, siendo el patrón respiratorio más superficial, si bien es el más frecuente a la vez que el menos saludable. Las clavículas se elevan para abrir la parte superior de nuestros pulmones y se puede observar que los hombros también ascienden. Esta es la menos recomendable y la que desarrollamos ante una situación de demanda rápida de oxígeno, por lo tanto la oxigenación será insuficiente y genera mucha tensión en la zona de la cintura escapular (clavícula, hombros, cuello...).

b) Respiración media torácica o intercostal. Nuestra caja torácica se expande hacia los lados, hacia delante y hacia atrás, permitiendo la contracción y dilatación de la parte media de los pulmones. Para esto es necesario activar de manera consciente la musculatura intercostal.

c) Respiración inferior o abdominal, también llamada diafragmática. En este caso se produce gran movilidad de las costillas inferiores y de la parte superior del abdomen. El diafragma participa activamente, tratándose del tipo de respiración fisiológicamente más adecuado. Así la respiración abdominal es la más natural y saludable; procura mayor capacidad con el mínimo esfuerzo porque ventila la parte más baja y ancha de los pulmones. Al llenarse de aire

esta zona pulmonar, el diafragma se contrae y desciende empujando ligeramente la masa visceral. Cuando exhalamos, el diafragma vuelve a su posición de descanso, justo debajo de los pulmones. A medida que vamos realizando respiraciones profundas vamos relajando nuestros músculos interiores en particular y todo el cuerpo y la mente en general, liberándonos del estrés, la ansiedad, la tensión y el nerviosismo y entrando en un estado de relajación, serenidad y calma (Labiano, 1996). A los beneficios señalados, expertos agregan que mejora la mala digestión crónica y los ciclos de sueño y energía. Debemos señalar que al hablar de respiración diafragmática describimos cómo se realiza (con el diafragma) y cuando decimos respiración abdominal describimos uno de sus efectos (movimiento del abdomen).

El método de pasear caminando y conversando resulta muy aconsejable, ya que el hecho de caminar y hablar obliga a una ventilación profunda.

1.6.4.- Luz solar

La piel cumple el papel del tercer pulmón, por eso es muy importante estar el mayor tiempo posible en contacto directo con la atmósfera (McCollum, Burch & Roessler, 1969). La luz proveniente del sol es necesaria para la salud, proporcionando el calor y la energía que hace posible la vida vegetal y animal. En especial vitaliza al organismo humano activando la vitamina D al actuar sobre la piel. También facilita las defensas cutáneas e inmunológicas, limpiando de impurezas. Las horas más recomendables para los baños de sol en las regiones tropicales son: por la mañana, entre las 6 a.m. y 9 a.m.; por la tarde después de las 5 p.m. En este horario los rayos ultravioleta pasan paralelos a la tierra o llegan en menor intensidad, preferiblemente en el momento de nacer o ponerse el sol. Se considera muy saludable hacerlo caminando en la naturaleza.

1.6.5.- Manejo del estrés

Clásicamente el estrés se define como un estímulo puntual, agresivo o no, percibido como amenazante para la homeostasis. Selye (1955) lo denominó reacción de alarma. Así el estrés activa un conjunto de reacciones que implican respuestas conductuales y fisiológicas (neuronales, metabólicas y neuroendocrinas) que permiten al organismo responder al estresor de la manera más adaptada posible (Duval, González & Rabia, 2010). El estrés mantenido afecta al organismo profundamente en todas sus funciones vitales: circulación, digestión, alimentación, respiración, metabolismo, actividad y reposo. El ritmo circadiano es severamente trastocado porque los ciclos hormonales y funcionales de la cronobiología humana se transforman en tal grado que, partiendo de una especie de caos enzimático y celular, se llega a la completa alteración del sistema nervioso, luego del endocrino, de ahí al metabólico y, finalmente, a la quiebra de la homeostasis de todas las funciones orgánicas fisiológicas (MacEwen, 1998).

Canalizar los factores generadores de estrés y ansiedad, además de una actitud mental positiva, pueden corregir la vasoconstricción circulatoria ocasionada por una reactividad cardiovascular adrenérgica de los esfínteres de las arteriolas precapilares de la circulación sanguínea (Rozanski, Blumenthal & Kaplan, 1999). Así, la disminución del flujo sanguíneo por vasoconstricción reactiva ante el estrés y la ansiedad, genera en la MEC y el SBP de estos tejidos una relativa falta de oxígeno, déficit de aporte de nutrientes y alteración de los mecanismos de defensa antioxidante y desintoxicante. De este modo, en los tejidos y órganos es donde se manifiestan la mayoría de las enfermedades asociadas al estrés oxidativo (Hernández Ramos, 2012).

También se incrementa la vulnerabilidad de la persona, sometida a una inadecuada canalización del estrés y la ansiedad, a procesos inflamatorios debido a una profunda inhibición de la respuesta inflamatoria e inmunológica, por el efecto de disminución del sistema de defensa del cortisol endógeno, que debido a su interferencia en la producción de proteínas, ocasiona disminución de la producción de citoquinas y mediadores de la inflamación y del tráfico de

linfocitos (García de la Banda, Martínez-Abascal, Riesco & Pérez, 2004). Por otro lado, es bien conocido su efecto sobre la disminución de la regulación metabólica por parte de las hormonas tiroideas y de crecimiento, además de la inhibición de la función reproductora y el deterioro de la respuesta inmunológica de defensa. El efecto a largo plazo del estrés crónico causa desgaste y deterioro del cuerpo (Augusto & Martínez, 1998).

El sistema hipofiso-córticosuprarrenal actúa en la respuesta crónica o estado de vigilancia frente al estresante, bajo el predominio de la noradrenalina y el cortisol. Cuando estos mecanismos homeostáticos fracasan se manifiestan las enfermedades psicosomáticas o de adaptación (Duval *et al.*, 2010). Los últimos estudios de las neurociencias han corroborado que el estrés, el trauma, la desesperanza y la vulnerabilidad biológica aumentan el cortisol y, además de la hipotrofia o disminución del hipocampo, se inhibe la neurogénesis y se modifica la expresión genética de determinados tipos de factores de transcripción del RNA; cambios que tienen efectos bioquímicos y estructurales que actúan sobre la función de circuitos reguladores, especialmente del humor. Las consecuencias para la salud pueden incluir (MacEwen, 1998):

- Sistema digestivo: El dolor del estómago es una reacción común porque se vacía más despacio. También se acelera la actividad del colon, lo cual puede producir diarrea.
- Sistema endocrino: Existe riesgo de obesidad por aumento del apetito debido a crisis de ansiedad por comer, generalmente algo dulce, lo cual contribuye al aumento de peso y conlleva el riesgo de contraer diabetes o enfermedad cardiovascular, como ya señalamos.
- Sistema inmune: Debilitación del sistema inmune y, por tanto, mayor predisposición a infecciones.
- Sistema nervioso: Ansiedad, depresión, pérdida de sueño y falta de interés en actividades físicas. La memoria y la habilidad de decidir pueden verse afectadas negativamente.

- Sistema cardiovascular: Aumento de la presión sanguínea, las taquicardias y las grasas en la sangre (el colesterol y los triglicéridos). También se elevan los niveles de glucosa en la sangre, especialmente en las horas de la noche, y aumenta el apetito, lo cual contribuye al aumento de peso.

Una repetición frecuente o una reacción intensa del proceso, provoca:

- a) Agotamiento severo de reservas energéticas.
- b) Deterioro de tejidos vitales.
- c) Trastornos metabólicos severos.
- d) Depleción de las reservas de adrenalina de las células suprarrenales y del cerebro.

Las técnicas de relajación disminuyen una gran variedad de trastornos de ansiedad y estrés porque producen disminución de:

- a) El tono muscular.
- b) La frecuencia cardiaca.
- c) La presión arterial.
- d) La frecuencia respiratoria.

1.6.6.- El sueño

El sueño es un estado fisiológico de reposo periódico y reversible, que se caracteriza por una reducción de la conciencia, de la actividad motora y de la reactividad sensorial. Es un fenómeno importante del comportamiento que proporciona restablecimiento físico y emocional, ahorro de energía y consolidación de los recuerdos almacenados durante la vigilia (Tello, Varela,

Ortiz, Chàvez & Revoredo, 2009). No es una situación pasiva, sino un estado activo donde tienen lugar cambios de las funciones corporales y actividades mentales de enorme trascendencia para el equilibrio psíquico y físico de los individuos (Pavlidis & Winson, 1989). No dormir bien puede producir trastornos tales como dificultad de concentración y de memorización, disminución del rendimiento, fatiga y cambios de carácter. Existe una gran variabilidad interindividual en cuanto a la duración, momento y estructura interna del sueño: la mayoría de los adultos duermen entre 7 u 8 horas; los estudios epidemiológicos sugieren que los adultos con una duración habitual de sueño mayor de 9 o menor de 4 horas tienen una mayor tasa de mortalidad que los que duermen 7 u 8 horas por la noche.

Con el envejecimiento, los patrones del sueño sufren cambios significativos que conducen al deterioro de la organización circadiana. El tiempo total de sueño cambia poco, pero el sueño se interrumpe y se distribuye más ampliamente a lo largo del día (Tello *et al.*, 2009). Sin embargo dormir mal y despertarse cansado no forma parte del envejecimiento normal.

En las Guías de Atención Primaria de la Organización Panamericana de la Salud (OPS), se resalta que un sueño adecuado por las noches es una de las principales necesidades del adulto mayor para mantener una vida activa y saludable (Tello *et al.*, 2009). Se describe que hasta una de cada tres personas mayores de 60 años reportan insomnio y que una de cada dos toma algún medicamento para dormir. El insomnio es una sensación subjetiva de sueño insuficiente o no reparador a pesar de existir una oportunidad adecuada para dormir. Es el trastorno del sueño de mayor prevalencia y puede presentarse en cualquier persona, aunque se observa más frecuentemente en mujeres y adultos mayores.

La mayor parte de estos trastornos pueden tener relación con una pobre higiene del sueño, hábitos y prácticas de cada persona que facilitan el buen dormir y mantener una buena calidad del sueño en relación a factores ambientales (luz, ruido, temperatura, etc.) y factores relacionados con la salud (nutrición, práctica de ejercicio y consumo de determinadas sustancias) que

ejercen influencia sobre la calidad del sueño (Rodríguez, 2008). Aunque la higiene del sueño no se ha identificado como causa primaria de insomnio, sí que se sabe que, si esta es mala, puede ayudar a perpetuar o incrementar el problema. Sería interesante, pues, detectar y medir cuáles son las conductas erróneas en la higiene del sueño de las personas con el fin de poder corregirlas. Este factor poco estudiado, deriva en una educación sanitaria enfocada a informar sobre los cambios normales de sueño que aparecen como consecuencia del envejecimiento, así como promover medidas básicas de higiene del sueño destinadas a mejorar los aspectos de la vida diaria que pueden afectar al descanso nocturno (Royuela, 2000).

1.6.7.- Ejercicio físico

Los efectos fisiológicos del ejercicio físico regular fomentan la calidad de vida y el bienestar de cualquiera que lo practique de manera habitual. El aumento de ejercicio construye un tejido muscular sano y actúa como motor en el consumo de energía. Así, a medida que la masa muscular aumenta, el consumo de energía aumenta para ayudar a reducir los niveles de exceso de grasa corporal. Si la persona se vuelve más activa, la masa muscular y los niveles de grasa corporal pueden ir cambiando y haciendo al individuo más saludable y con un menor riesgo de padecer ciertas enfermedades.

Se ha comprobado que el ejercicio físico provoca una mejor calidad de vida, bienestar y disminuye significativamente el riesgo a enfermar y el envejecimiento en las personas mayores de 50 años. En efecto, se ha observado que disminuye o detiene significativamente la edad cronológica y el riesgo de enfermedades como la diabetes mellitus no insulino dependiente, la osteoporosis, la artritis, las enfermedades cardiovasculares y el cáncer. Así, la práctica constante y controlada de ejercicio es considerada una potente herramienta modificadora de los factores fisiológicos e histológicos que influyen en el desarrollo de patología crónica. Por tanto, nos encontramos ante un reconocido instrumento con capacidad rehabilitadora y preventiva. De las virtudes del hábito de realizar ejercicio los que más se benefician son las personas de mayor edad.

Dada su importancia, desarrollaremos este punto más ampliamente en el apartado 1.7.

Puntos clave:

- No hay un secreto único para lograr vivir más y mejor. La respuesta está en lograr, a través de una vida equilibrada, potenciar la máxima expresión de la herencia. Es recomendable conocer los propios factores de riesgo, hacerse cargo de ellos, y cuidarse; esto aumentaría la posibilidad de vivir más y mejor.
- En la práctica, lo que realmente importa es la edad funcional de la persona y no su edad cronológica. Es esta la que va a indicar su capacidad de independencia en las actividades de la vida diaria.

1.7.- El ejercicio físico en personas mayores

1.7.1.- Ejercicio físico y calidad de vida

Actualmente es cada vez mayor el convencimiento generalizado de la necesidad de ejercicio físico como elemento fundamental en los nuevos estilos de vida, de los hábitos saludables e incluso de la vida de relación. Los Santos (2002) afirmó que para definir el concepto de calidad de vida en los mayores deberían usarse cinco categorías generales:

- Bienestar físico, refiriéndose a la comodidad en términos materiales, de higiene, salud y seguridad.
- Relaciones interpersonales, con referencia a las relaciones familiares y el grado de integración social del sujeto.
- Desarrollo personal, que incluiría el desarrollo de todas las dimensiones del individuo: intelectual, autoexpresión, actividad lucrativa y autoconciencia.
- Actividades recreativas, necesarias para mantener la socialización y buscar una recreación pasiva y activa.
- Actividades espirituales.

Las necesidades propias de los mayores e incluso una gran mayoría de las capacidades necesarias para desarrollar dinámicas adaptativas eficaces están condicionadas por lo corporal. Por tanto, admitida la importancia de la dimensión psicomotriz en esta etapa, Carmen Fontecha (1996) propuso cuatro pilares sobre los que debería apoyarse cualquier programa de intervención en los mayores:

- Reconocerla como fenómeno social en ascenso.
- Considerarla como una etapa natural del proceso vital.
- Disminuir las distancias generacionales, eliminando tópicos y perjuicios.
- Asumir responsabilidades en cuanto a la capacitación profesional.

La intervención psicomotriz debe dar respuesta a las necesidades y motivaciones de las personas prevaleciendo, en su diseño, la vivencia corporal sobre el rendimiento. Habrá que adecuar los medios a las preferencias de los participantes facilitando la mayor ampliación de posibilidades y, de manera especial, la actualización y la máxima exploración de sus posibilidades (Los Santos, 2002). El envejecimiento saludable, al que el ejercicio físico puede contribuir de manera sustancial, es un reto que da sus propias recompensas a aquellos que están dispuestos a enfrentarse a él (OMS, 1998).

Dionigi (2007) realizó un estudio cualitativo con hombres y mujeres de entre 65 y 72 años de edad. En dicho estudio preguntaba a los mayores acerca de sus sensaciones tras un programa de ejercicio físico de 3 meses basado en el desarrollo de la fuerza a intensidad entre moderada y alta. Para todos ellos, el programa supuso una mejora significativa de su sentimiento de bienestar personal. La clave dada por los mayores estaba en el sentimiento de autoeficacia que habían percibido y en el incremento de sus relaciones sociales.

“Para conseguirlo, es importante que los profesionales que centren su actividad con personas mayores, en un campo tan complejo y que conlleva la interacción de múltiples factores para conseguir objetivos de mejora, mantenimiento y/o pérdida progresiva de determinadas capacidades, sean

conscientes de la repercusión que tiene la adecuada estimulación por medio del movimiento en sus diferentes manifestaciones en la persona” (Párraga, 2009). Por ello es determinante adentrarse en el conocimiento de los medios que pone a nuestro alcance el ejercicio para contribuir a la mejora integral de la calidad de vida en la franja de población de adultos mayores. Es necesario generar una conciencia que estimule y anime a su práctica “y fomente la adopción de un estilo de vida activo y ajustado a cada necesidad y realidad personal. Todo ello desde el necesario prisma de la excelencia en la adecuación de la actividad” (Párraga, 2009).

1.7.2.- Capacidad funcional y salud

Los trabajos de investigación sobre el envejecimiento se han centrado tradicionalmente en la salud, pero en los últimos tiempos el concepto de capacidad funcional está llamando cada vez más la atención. La capacidad funcional de las personas mayores es crucial con respecto a la forma en que pueden llevar a cabo las actividades de la vida diaria, lo que a su vez afecta a la calidad de vida. Del mismo modo, la salud y la capacidad funcional son de vital importancia para la calidad de vida social de las personas. El nivel de capacidad funcional determina la medida en que pueden manejarse con autonomía dentro de la comunidad, participar en distintos eventos, visitar a otras personas, utilizar los servicios que les ofrece la sociedad, y en general, enriquecer sus propias vidas y las de las personas más próximas a ellos.

Partes claves de la salud funcional son las actividades de la vida diaria (*activities of daily living*, ADL), las actividades instrumentales de la vida diaria (*instrumental activities of daily living*, IADL) y las variables psicológicas y sociales. Las primeras incluyen diversas acciones relacionadas con el cuidado personal como alimentarse, vestirse, la higiene personal y moverse, tanto dentro como fuera de la casa (Katz *et al.*, 1983); mientras que las IADL están relacionadas con el mantenimiento de la casa, hacer recados fuera de ella, utilizar transportes públicos, cocinar, etc. (Lawton & Brody, 1969).

La valoración de la capacidad funcional incluye una evaluación de la capacidad de la persona para llevar a cabo varias ADL. Realizar estas funciones es una parte integral para medir la salud funcional, y esta se ve deteriorada cuando aparece la sensación de fatiga. La autonomía e independencia, o capacidad de manejarse por uno mismo, ayudan a conservar una buena calidad de vida. Aunque la dependencia es una posibilidad en cualquier momento de la vida, y puede ser a corto o largo plazo parcial o total, todo converge en la conservación o mejora de la capacidad funcional, es decir, en que la persona contribuya materialmente a mejorar su propia calidad de vida.

Para un envejecimiento saludable, según la OMS (1998), el mejor objetivo es el de cuidar de uno mismo y de los demás, salvaguardando la capacidad funcional y la salud. “Está suficientemente probada la repercusión que tiene el ejercicio sobre la mejora de la calidad y longevidad de la vida en las personas (...). Hablamos de dos objetivos básicos a considerar en la intervención con adultos mayores y donde se centran los grandes paradigmas de investigación: hacer la vida más longeva en términos de cantidad y dotarla de la máxima calidad en términos de salud integral” (Párraga, 2009).

1.7.3.- Actividad física y ejercicio físico

Es preciso distinguir entre actividad física y ejercicio físico. La actividad física es cualquier movimiento del cuerpo producido por una contracción de la musculatura esquelética que aumenta el gasto energético. En cambio, el ejercicio físico es una subcategoría de la actividad física en la cual se realizan de una manera voluntaria, estructurada y repetitiva cierto tipo de movimientos corporales, con o sin la intención explícita de mejorar alguna característica del bienestar físico. Podemos hablar también del concepto de bienestar físico o fitness, que se refiere a una serie de características que contribuyen a la capacidad de poder realizar trabajo físico: capacidad cardiorrespiratoria, potencia muscular, equilibrio, flexibilidad, composición corporal, etc.

Bouchard y Sheppard, en 1994, identificaban seis áreas afectadas por el esfuerzo fisiológico: “la forma del cuerpo, la fuerza de los huesos, la fuerza muscular, la flexibilidad del esqueleto, la forma física del motor y la forma física del metabolismo”. Otras áreas que se benefician del ejercicio son la función cognitiva, la salud mental y la adaptación a la sociedad. Los mismos autores definen el ejercicio físico como una actividad regular que sigue un patrón específico y cuyo fin es el de lograr resultados deseables en cuanto al estado de forma, como un mejor nivel de salud general o de funcionamiento físico. Por su parte, Fontane (1990) describió la actividad física como un continuo del comportamiento físico, que incluye ADL, IADL, actividad y ejercicio en general, ejercicio para lograr una buena forma física y entrenamiento físico.

Los beneficios del ejercicio físico incluyen una mejoría de la capacidad funcional, de la salud y de la calidad de vida. Aunque si es demasiado intenso puede causar lesiones o enfermedades. Siendo este razonable, produciría mayores beneficios que efectos adversos. Así mismo, numerosas investigaciones indican que el ejercicio físico mejora la resistencia, el equilibrio, la movilidad articular, la flexibilidad, la agilidad, la velocidad al caminar y la coordinación física general. Además tiene efectos favorables sobre el metabolismo, la regulación de la presión sanguínea y la prevención de un aumento excesivo de peso.

Los cambios antropométricos relacionados con la edad, señalados con anterioridad, son evidentes y se asocian al grado de movilidad articular y de fuerza muscular, a la disminución del equilibrio, al cambio en el patrón de la marcha y la reducción de la capacidad de desplazarse de una superficie a otra. Esto podría traer como consecuencia una movilidad reducida en el mayor y disminuir su capacidad funcional.

La OMS (1998) señaló que normalmente los adultos tienen más fuerza que la necesaria para llevar a cabo las actividades básicas diarias y depende de que las personas reconozcan sus propias limitaciones funcionales. Así sugieren que la cantidad de movilidad reducida en la población total, incluidos los mayores, es muy posible que sea sistemáticamente subestimada. Jiménez,

en el 2007, nos aportó una serie de datos que ponen de manifiesto que el nivel de ejercicio diario de los mayores es hoy en día insuficiente (de 987 mayores encuestados, el 91,4% no practicaba deportes, ni siquiera ligeros). Cualquier forma de ejercicio físico es apropiada para cualquier persona a cualquier edad, siempre que no sea excesiva en términos de carga de tensión general o local. La edad no constituye en sí misma un obstáculo para el ejercicio físico. El asunto más importante a tratar es la forma en que puede incorporarse al estilo de vida de las personas mayores (OMS, 1998).

Según Heikkinen *et al.* (1998), la duración de la existencia de una persona está directamente relacionada con la actividad física que realiza y la forma en que la lleva a cabo. La movilidad garantiza la independencia personal y favorece el contacto con otras personas. Es importante señalar que los beneficios asociados a la práctica de ejercicio físico tienen poco o nulo efecto si este no se realiza de forma regular. El desafío para los profesionales del ejercicio que trabajan con personas mayores es diseñar programas que proporcionen un estímulo adecuado para el desarrollo de los diferentes componentes de la condición física relacionada con la salud en esta población (resistencia, fuerza, flexibilidad y equilibrio) y que puedan ser incluidos como una actividad cotidiana de estas personas (Méndez Villanueva & Fernández Fernández, 2005).

Diversos estudios han demostrado que las personas mayores tienen capacidad de adaptarse tanto al entrenamiento de fuerza como al de resistencia. El entrenamiento de resistencia o aeróbico puede ayudar a mantener o mejorar la función cardiovascular. El entrenamiento de fuerza ayuda a compensar las pérdidas de masa muscular y fuerza asociadas al proceso de envejecimiento, mejorando así la capacidad funcional de las personas mayores. Por tanto, los programas de ejercicio físico para mayores deben incluir ejercicio aeróbico, fuerza, equilibrio y flexibilidad (*American College of Sports Medicine*, 2004). Estos han de ser programados en función de las necesidades y gustos del individuo, con el objeto de optimizar el disfrute y aumentar la adherencia al programa de ejercicio. La figura 1.2. presenta un

diagrama conceptual de los contenidos básicos a desarrollar en personas mayores.



Figura 1.2. Interacción de contenidos que contribuyen al incremento de las capacidades físicas en los mayores (Párraga, 2009).

1.7.4.- Principales efectos del ejercicio físico en personas mayores

1.7.4.1.- Beneficios en el sistema músculo-esquelético

El ejercicio físico produce beneficios a diferentes niveles; por un lado, ayuda a preservar la masa ósea, y por otro, el entrenamiento de fuerza y resistencia mejora la densidad mineral ósea. Si se combina con ejercicios de coordinación, propiocepción y equilibrio se reduce el riesgo de caídas y fracturas en las personas mayores. Schapira (1988) consideró que el ejercicio físico a intensidad moderada, aún en personas con osteoporosis, puede reducir el riesgo de fracturas. En similares términos se expresaron Bosković *et al.* (2013), defensores de que la osteoporosis es más fácil de prevenir que de curar mediante hábitos de vida saludables, incluyendo un ejercicio físico

adecuado. El programa óptimo para mayores incluye actividades que incrementen fuerza, flexibilidad, equilibrio y coordinación, que indirecta, pero efectivamente, reduzcan la incidencia de fracturas osteoporóticas y disminuyan la posibilidad de caídas. Según Ortiz Cervera (1996), un programa de fuerza adecuado en edades puberales aumenta la densidad de masa ósea, y en las personas mayores se obtiene un aumento de mineralización del hueso cuando mejora la fuerza de los músculos.

“La prescripción de ejercicio físico ha ido generalmente asociada a recomendar ejercicios aeróbicos y desechando u obviando los de fuerza” (Párraga, 2009). Del mismo modo, el ejercicio de fuerza puede invertir o detener los efectos negativos asociados a la sarcopenia que se produce en el proceso de envejecimiento. La sarcopenia se asocia con una pérdida funcional y discapacidad y, como consecuencia, a una mala calidad de vida y finalmente a una mayor mortalidad. El mecanismo por el que aparecen estas consecuencias sigue un orden lógico en el que la disminución de la masa muscular se asocia a una disminución de fuerza muscular que, a su vez, disminuye el rendimiento físico, dificultando la realización de actividades habituales de la vida diaria (Cruz-Jentoft *et al.*, 2011). De este modo dicha afección se ha correlacionado con un peor rendimiento físico y las personas afectas parecen tener entre 2 y 5 veces más probabilidades de tener discapacidad que aquellas sin sarcopenia (Visser *et al.*, 2002). También se ha asociado a una menor fuerza muscular y resistencia (Rosenberg, 1997).

La relación entre masa y fuerza muscular es aproximadamente lineal. Sin embargo, la relación entre masa muscular y rendimiento físico, medido con un test como la velocidad de la marcha, es curvilínea; por ello el punto de corte depende del tipo de actividad que valoremos. Esto es importante para comprender que el incremento de masa muscular puede no tener un impacto en la mejora del rendimiento en personas sanas y, sin embargo, un pequeño incremento puede tener un gran impacto en personas frágiles (Rolland *et al.*, 2008). La potencia muscular alcanza un pico máximo entre la segunda y la tercera décadas de la vida, manteniéndose hasta los 45-50 años, comenzando

entonces a disminuir (Aniansson, Sperling, Rundgren & Lehnberg, 1983; Lindle *et al.*, 1997). La velocidad de esta reducción depende de muchos factores, pero uno de los fundamentales es, sin duda, el ejercicio físico. Está demostrado que la sarcopenia empeora con el desuso del músculo y que la inactividad produce una mayor y más rápida pérdida de masa muscular.

Por otro lado, el descenso de la masa muscular que acontece a lo largo del proceso de envejecimiento no es un fenómeno aislado, sino que está fuertemente ligado a un paralelo aumento de la masa grasa (Gallagher *et al.*, 2000). Debido a esta actuación sinérgica del tejido graso y muscular, aparece un nuevo concepto de vital importancia desde el punto de vista de la salud y su relación con el grado de dependencia que tendrán las personas mayores: la obesidad sarcopénica. Baumgartner la define como la presencia simultánea de una masa muscular esquelética dos desviaciones estándar por debajo de la media para población joven ($<7,26 \text{ kg/m}^2$ en hombres y $<5,45 \text{ kg/m}^2$ en mujeres) y un porcentaje de grasa corporal mayor que la mediana ($>27\%$ en hombres y $>38\%$ en mujeres) (Baumgartner, 2000). Sipilä y Suominen (1996) obtuvieron, tras un diseño experimental realizado con mujeres de 76 a 78 años, que intensos entrenamientos de fuerza pueden inducir a la hipertrofia del músculo esquelético en mujeres mayores y reducir también la cantidad relativa de grasa intramuscular. Sipilä, Multanen, Kallinen, Era y Suominen (1996), comparando atletas femeninas mayores con personas mayores del mismo sexo pero sedentarias, observaron que el primer grupo poseía mayor masa muscular y menos envoltura grasa en la musculatura del muslo. Ambos estudios consideraron que los efectos del entrenamiento aeróbico, por sí solo, son insignificantes respecto a mejoras en la obesidad sarcopénica.

Está ampliamente demostrado que los ejercicios de fuerza producen un incremento de la masa y potencia muscular, algo más pequeño en términos absolutos en mayores que en jóvenes, pero similar en términos relativos. Revisiones sobre los programas de fortalecimiento muscular en mayores han demostrado un incremento en la potencia muscular entre moderado y grande, tanto en los que viven en la comunidad como en institucionalizados. Estos

ejercicios mejoran además otros aspectos como el equilibrio, la capacidad aeróbica, la flexibilidad y otras limitaciones funcionales, como la velocidad de marcha, la capacidad de levantarse de una silla o la capacidad de subir escaleras, por lo que contribuyen a mantener la independencia funcional (Fiatarone *et al.*, 1990; Hagerman *et al.*, 2000).

Los niveles de fuerza, por sí solos, pueden predecir de forma independiente la capacidad funcional en la vejez (Buchner & De Lateur, 1991), por tanto, el desarrollo de esta cualidad debe estar presente en la mayoría de los programas de ejercicio para mayores. Su entrenamiento debe dirigirse a los grupos musculares que son importantes en las actividades cotidianas. Las repeticiones deben realizarse de forma controlada y en todo el rango de movimiento. La condición física, la edad, el estado de salud, los grupos musculares entrenados, el nivel de supervisión del entrenamiento y la velocidad de la progresión, es lo que determina la cantidad de fuerza que se gana con este tipo de ejercicio (Ávila-Funes & García-Mayo, 2004). Frontera, Meredith, O'Reilly, Knuttgen y Evans (1988), en un estudio realizado a sujetos sedentarios de 60 a 72 años, en la musculatura flexora y extensora de la rodilla, tras un periodo de entrenamiento de 12 semanas, comprobaron una mejora en la fuerza acompañada de hipertrofia muscular, produciéndose un incremento de los tipos de fibras I y II.

La intensidad debe ser progresiva y el peso levantado debe incrementarse a medida que la fuerza aumenta. La intensidad se prescribe generalmente en función del porcentaje de peso máximo que puede ser levantado una sola vez (1 RM= una repetición máxima). Así, el ejercicio de fuerza se tipifica en ejercicio de baja intensidad [EFBI (<40% de 1 RM)], moderada intensidad [EFMI (40-60% de 1 RM)] y alta intensidad [EFAI (>60% de 1 RM)]. El objetivo es determinar el peso necesario para completar una serie de 8 a 15 repeticiones y que lleve al grupo muscular a la fatiga (en este punto no podríamos realizar otra repetición extra). Este entrenamiento es importante en los adultos mayores y tiene grandes efectos anabólicos. El EFAI es el que ha demostrado mejorar y conservar la fuerza y el tamaño muscular. Su eficacia

y seguridad ha sido documentada por múltiples estudios en adultos mayores sanos y en individuos frágiles; en contraposición, el uso de EFBI da resultados modestos e incluso ninguno (Ávila-Funes & García-Mayo, 2004). La eficacia del uso de esta intensidad, que corresponde a un 60-80% de 1 RM, para inducir el desarrollo de masa muscular y aumento de la fuerza, se ha verificado en numerosos estudios bien controlados (Cruz-Jentoft *et al.*, 2011; Feigenbaum & Pollock, 1997; Fleck & Kraemer, 1997; McDonagh & Davies, 1984).

El mecanismo por el cual el EFAI mejora la fuerza y el tamaño del músculo no está bien entendido, pero aumenta la síntesis de ARN y, por lo tanto, de proteínas (incrementa el recambio de las proteínas miofibrilares), además de adaptaciones neuronales (Ávila-Funes & García-Mayo, 2004). Se sabe que los efectos del EFAI son un aumento en la fuerza de 107-227%, aumento en el área muscular en un 11%, aumento de las fibras tipo I y II (34 y 28%, respectivamente), disminución de la grasa corporal, incremento de la densidad ósea, mejoría en la utilización de glucosa y discreta mejoría en el consumo de oxígeno (Ávila-Funes & García-Mayo, 2004). Respecto a la frecuencia, si se combina con el entrenamiento de resistencia, puede ser de 2 o 3 días a la semana (Mazzeo & Tanaka, 2001), o incluso un día (Izquierdo *et al.*, 2004). Es importante observar el rango de movimiento articular y una correcta postura corporal. En cuanto al volumen de entrenamiento de fuerza existe un gran debate. Lo más común es la utilización de series múltiples, es decir, de 2 a 4 series de 8-15 RM por ejercicio y/o grupo muscular (*American College of Sports Medicine*, 2010; *American College of Sports Medicine position stand*, 2009). Sin embargo, hay estudios que han encontrado similares ganancias de fuerza con una sola serie de 8-15 RM por ejercicio (Feigenbaum & Pollock, 1997).

Fiatarone *et al.* (1990) recomiendan una serie de directrices o pautas a la hora de realizar ejercicios y sesiones de fuerza en personas mayores:

- Poner especial atención en los grupos musculares más importantes (extensores de rodillas, extensores de caderas, flexores de codos, etc.).

- Realizar movimientos dinámicos, con preferencia sobre los estáticos.
- Ejecutar los movimientos lentamente, efectuando todo el recorrido articular, sin ayudarse de otras partes del cuerpo al final del movimiento.
- Empezar la sesión de calentamiento con pequeños estiramientos de dificultad progresiva.
- La resistencia utilizada puede ser mediante discos, sacos de arena, elásticos o cualquier utensilio doméstico que pueda ser una resistencia a vencer, pero no excesiva, para evitar lesiones.
- Exhalar en el levantamiento e inhalar durante el descenso del movimiento de cualquier resistencia empleada. Mantener la respiración durante el levantamiento puede provocar una elevada tensión arterial en estas personas.
- Realizar de dos a tres series por grupo muscular.

Mediante los ejercicios de estiramiento y flexibilidad, el músculo consigue elasticidad y movilidad y, esto a su vez, permite un máximo recorrido de las articulaciones en las tareas motrices, así como una mayor soltura en la ejecución de las mismas. La flexibilidad disminuye con la edad y se acentúa por las deformidades óseas, la debilidad muscular, el acortamiento de los tendones y la menor elasticidad tisular frecuentes en los mayores. Esta disminución de la elasticidad se asocia a un aumento de la incapacidad física. La flexibilidad aumenta el rango de movimiento asociado a una articulación. Pueden incluirse en el calentamiento y la vuelta a la calma de las sesiones de resistencia o fuerza, o hacerse en sesiones específicas para tal fin; mínimo, 2 veces por semana (*American College of Sports Medicine*, 2004). Este tipo de ejercicios deben ser estáticos y dinámicos, tanto de las articulaciones de extremidades superiores (hombro, cuello) como inferiores (cadera, rodilla, tobillo). En los estiramientos dinámicos, los músculos se mueven en todo el rango de movimiento de la articulación, por ejemplo un giro de brazos. En los

estiramientos estáticos, el músculo que cruza la articulación se alarga o estira, manteniendo esta posición entre 10 y 30 segundos.

El equilibrio mide la capacidad de mantener el control del cuerpo sobre su superficie de apoyo evitando la caída. El entrenamiento de esta condición física es fundamental para minimizar el riesgo de caídas en los mayores. Existen dos tipos de equilibrio: el estático y el dinámico. El primero mide la capacidad de mantener el control del cuerpo cuando no hay movimiento, esto es, la postura. El segundo es la capacidad de moverse sin perder la estabilidad o sin caerse (Méndez Villanueva & Fernández Fernández, 2005). El equilibrio estático se puede mejorar mediante la reducción de la base de apoyo. Su progresión podría ir desde ejercicios con los pies separados (máxima superficie de apoyo y estabilidad) a pies juntos, apoyo unipodal, con ojos cerrados, en bases inestables, etc. El equilibrio dinámico podría mejorarse mediante la inclusión de ejercicios que reduzcan la superficie de apoyo mientras se camina. Por ejemplo, caminar manteniendo una línea recta o utilizando la técnica talón-punta, bajar escaleras lentamente, caminar sobre las puntas y los talones, etc.

Los ejercicios de equilibrio han demostrado eficacia en adultos mayores sanos y en aquellos con alteraciones de la movilidad. “En personas con bajos niveles de estabilidad es conveniente el trabajo de equilibrio con frecuencia semanal como prevención de caídas. Especialmente útil resulta el trabajo propioceptivo (...). Debe realizarse al menos dos días a la semana con un mínimo de 10 minutos por sesión” (Párraga, 2009). Una revisión sobre los ejercicios para la mejora del equilibrio en personas mayores concluyó que existe una evidencia débil sobre el mejor tipo de actividad, pero que los programas más eficaces tuvieron lugar durante al menos 3 meses, con 3 sesiones semanales de ejercicio dinámico en bipedestación (Howe, Rochester, Neil, Skelton & Ballinger, 2011). Por su parte, ensayos clínicos controlados aleatorizados sobre intervenciones para la prevención de caídas, señalan que el Tai Chi es el programa más beneficioso (Gillespie *et al.*, 2012), seguido de un programa de fortalecimiento muscular y equilibrio prescrito individualmente por un profesional de salud cualificado (Gillespie *et al.*, 2009).

1.7.4.2.- Beneficios en el sistema cardiovascular

La práctica de ejercicio físico de forma regular en las personas mayores favorece y garantiza una correcta función miocárdica. En los estudios donde se evalúan los efectos del ejercicio aeróbico regular en los seres humanos, se observan constantemente datos que confirman sus efectos beneficiosos. Dentro de estos efectos fisiológicos destacan (Brandao *et al.*, 1993; Nadal-Ginard & Mahdavi, 1989):

- Mejora la función del corazón y el tono de los vasos sanguíneos.
- Reduce la frecuencia cardiaca.
- Incrementa el gasto cardiaco, el volumen latido y la vasodilatación arteriolar.
- Aumenta la eficiencia del corazón y los vasos sanguíneos.
- Disminuye la viscosidad de la sangre y aumenta la hemoglobina.
- Mejora la microcirculación sanguínea, linfática e intercelular.
- Disminuye el riesgo de arritmias cardiacas.
- Aumenta el aporte de nutrientes y de oxígeno a las células, mejorando su metabolismo.
- Incrementa la desintoxicación y la limpieza del organismo por aumento de la circulación y mejora de la microcirculación.

Así, un bajo nivel de capacidad de resistencia aeróbica aumenta el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y la mortalidad en personas mayores (Blazer, 1982). En cambio, el ejercicio físico de tipo aeróbico incrementa el diámetro del ventrículo izquierdo, lo cual asegura un mayor volumen de sangre expulsado del corazón con cada latido (aumento del

volumen sistólico de eyección). Esta adaptación, unida a su efecto bradicárdico, permite que el miocardio tenga un menor requerimiento energético para la realización de una misma tarea.

Por otro lado, el aumento del flujo sanguíneo coronario se traduce en una mejora de la irrigación miocárdica (Laughlin, 1994). Además es interesante señalar que el ejercicio físico tiene efectos beneficiosos sobre los factores que intervienen indirectamente en el desarrollo de situaciones de riesgo coronario como pueden ser la obesidad, la hipertensión, o la concentración de lípidos plasmáticos.

La hipertensión arterial sistémica es un factor influyente en el desarrollo secundario de patología isquémica y tiene dos formas de influencia en este sentido. Por un lado, la hipertensión arterial provoca un aumento del grosor de la pared miocárdica. La pared muscular del ventrículo izquierdo aumenta su área de sección transversa sin que paralelamente se genere un aumento del diámetro de su cavidad, como sucede en una adaptación cardiaca al ejercicio aeróbico de media y alta intensidad. El aumento de la sección transversa muscular no proporcional al aumento del diámetro de la cavidad ventricular, convierte al músculo cardiaco en un tejido más propenso a la isquemia, ya que aumenta el área a ser irrigada y el gasto metabólico local, sin existir ningún beneficio funcional debido a esta adaptación. Por otro lado, el aumento de la tensión arterial puede ser motivo de un constante deterioro de las paredes internas de las arterias; en sí mismo es un factor generador de aterosclerosis. El ejercicio aeróbico a intensidad media tiene un reconocido efecto normotensor y regulador de la tensión arterial a largo plazo. La disminución de la tensión arterial reduce la probabilidad de desarrollar estas dos situaciones descritas y con ello puede servir de prevención ante la cardiopatía isquémica.

Asimismo un entrenamiento de tipo aeróbico puede aumentar la actividad fibrinolítica. Esta adaptación tiene efectos beneficiosos sobre la prevención del infarto de miocardio y del accidente cerebrovascular (Malovichko *et al.*, 2009; Sary *et al.*, 1992). De este modo, las recomendaciones para la prescripción de ejercicio físico incluyen el trabajo

aeróbico continuado de intensidad media, ya que genera beneficios sobre los diferentes parámetros que influyen en el desarrollo de estas patologías. Se debe aumentar progresivamente la intensidad y duración del ejercicio para generar un mayor efecto sobre los niveles plasmáticos de lipoproteínas y aumentar también su efecto normotensor (Kubilius *et al.*, 2012; Lira *et al.*, 2010).

El entrenamiento de tipo interválico parece ser otra manera aconsejable de realizar ejercicio y se considera una alternativa efectiva al trabajo de tipo aeróbico continuado (Tasoulis *et al.*, 2010). El motivo de que este trabajo sea más adecuado para la población de mayores es porque provoca menos síntomas de disnea y discomfort en los miembros inferiores. Los ejercicios que se pueden encuadrar dentro de este son aquellos que solicitan el movimiento continuo de grandes grupos musculares y son mantenidos, al menos, durante 10 minutos. Algunos ejemplos de ejercicios aeróbicos constantes, los cuales muestran también grandes beneficios, son: caminar (al aire libre o en tapiz rodante), ciclismo o actividades acuáticas (natación o gimnasia acuática). Otras actividades más intensas como correr o aeróbic quedarían reservadas para los individuos con mejor nivel de condición física (Méndez Villanueva & Fernández Fernández, 2005).

Para conseguir efectos significativos y duraderos en la salud, el ejercicio debe realizarse de forma regular; esto es, todos o casi todos los días de la semana, si es de baja o moderada intensidad. Si el objetivo es el de realizar ejercicios de mayor intensidad (mayor que el 70% de la frecuencia cardiaca) la periodicidad debería reducirse a 3 o 5 días semanales, intercalados con días de recuperación, lo que minimizaría el riesgo potencial de padecer lesiones músculo-esqueléticas o daños cardiacos (Mazzeo & Tanaka, 2001).

La intensidad ha de ser moderada, es decir, un porcentaje de la frecuencia cardiaca máxima entre el 55 y el 70% y un porcentaje de la frecuencia cardiaca de reserva entre el 40 y el 60%. Debido a que la obtención de la frecuencia cardiaca máxima real en personas mayores no es recomendable, esta se podría estimar de forma indirecta mediante una fórmula

obtenida por Tanaka: $208 - (0,7 \times \text{edad})$. La escala de percepción subjetiva del esfuerzo de Borg permite también monitorizar la intensidad del ejercicio de forma sencilla. A modo de ejemplo, un valor del esfuerzo percibido de 12-13, que equivaldría a “algo duro”, correspondería a una intensidad de ejercicio moderada (Mazzeo & Tanaka, 2001; Tanaka, Monahan & Seals, 2001). La duración no debe ser inferior de 30 minutos en un mayor con buen estado de salud. En personas con bajo nivel de condición física podrían obtenerse beneficios similares si se realizan bloques de ejercicio de menor duración (por ejemplo, 3 bloques de 10 minutos repartidos a lo largo del día) (Méndez Villanueva & Fernández Fernández, 2005).

El acondicionamiento físico mejora la capacidad aeróbica en el individuo. Esta mejoría se atribuye a un aumento en el gasto cardiaco y el VO_2 máx. El VO_2 máx es el índice utilizado para medir el trabajo físico en el organismo y alcanza su máximo valor entre los 20-30 años de edad, disminuyendo después en un 9% por década en personas sin entrenamiento, y solo un 5% en atletas o personas que realizan programas de ejercicio. Esta declinación es más pronunciada en personas sedentarias que en aquellas que practican ejercicio de forma regular (McClaran, Babcock & Pegelow, 1995), debido a que el ejercicio altera el curso, pero no previene, de la declinación en la función cardiovascular asociada con la edad. Los factores que se han asociado con la reducción del VO_2 máx son la disminución de la frecuencia cardiaca máxima, del volumen máximo de eyección, de la masa muscular, del volumen sanguíneo circulatorio y de la función pulmonar. La disminución de la masa muscular magra, en mayor proporción, y en menor medida la del gasto cardiaco, son los principales determinantes para la declinación de este indicador durante el envejecimiento (Ocampo & Gutiérrez, 2005).

Un bajo consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) se asocia con una menor capacidad de llevar a cabo acciones de la vida cotidiana, incluyendo el subir escaleras o caminar a paso ligero. En hombres y mujeres mayores, y con un buen estado de salud, el VO_2 máx puede aumentar entre un 10-30% cuando se sigue un programa de entrenamiento aeróbico con una intensidad entre el

40-65% del VO_2 máx, con 3 o más sesiones semanales y una duración entre 30 y 45 minutos (Bloesch *et al.*, 1988). El aumento de la capacidad aeróbica en hombres mayores que realizan ejercicio físico de alto rendimiento, se debe a adaptaciones mediadas por mecanismos periféricos y cardíacos; en las mujeres este se produce únicamente por un aumento en el VO_2 máx. El aumento del gasto cardíaco, como resultado del acondicionamiento físico en adultos, se debe a una mejoría en la contractilidad del ventrículo izquierdo y del llenado diastólico temprano, lo que incrementa el volumen sistólico y el volumen de fin de diástole (Schulman, Fleg & Goldberg, 1996).

Respecto al trabajo de la fuerza muscular se considera que el trabajo de la fuerza resistencia mejora la sensación de fatigabilidad muscular en la medida que se compagine con entrenamiento cardiovascular de tipo aeróbico. El trabajo de tipo fuerza resistencia, con poco peso y un número alto de repeticiones, junto con un trabajo cardiovascular de tipo aeróbico, desarrolla un aumento del flujo sanguíneo muscular, influye en la redistribución del porcentaje de fibras musculares lentas (Tasoulis *et al.*, 2010) y favorece la biogénesis mitocondrial (Balakrishnan *et al.*, 2010; Izawa *et al.*, 2007; Tarnopolsky, 2009). La mejora de este parámetro provoca una mejora indirecta del VO_2 máx. Se deben buscar ejercicios globales y poliarticulares, evitando los ejercicios de fuerza isométrica prolongada. El entrenamiento de fuerza ha de ser cuidadosamente programado y sistematizado para no provocar sobrecargas cardíacas ni aumento de la tensión arterial. Lo más adecuado sería el entrenamiento de la fuerza resistencia a niveles submáximos (González Ravé & Vaquero Abellán, 2000).

1.7.4.3.- Beneficios en el sistema respiratorio

Los cambios fisiológicos en el sistema respiratorio del mayor se traducen en la aparición precoz de fatiga muscular respiratoria con el ejercicio: aumenta la cantidad de aire que pasa por las vías pero disminuye el aire alveolar por cierre precoz de algunas regiones bronquiales y atrapamiento de aire en zonas distales. Se reduce en un 50% la capacidad respiratoria máxima, lo que disminuye la respuesta a la hipercapnia (aumento de la presión parcial de

dióxido de carbono, medida en sangre arterial, por encima de 46 mmHg) y a la hipoxemia (disminución de la presión parcial de oxígeno en sangre arterial por debajo de 80 mmHg). También la capacidad de difusión del monóxido de carbono disminuye a partir de los 40 años y se conoce que los mayores son más vulnerables a la reducción de los niveles de oxígeno, existiendo aumento de la resistencia al flujo en las vías aéreas estrechas (Enright, 2003).

El trabajo de resistencia aeróbica tiende a minimizar este tipo de déficits respiratorios, ya que una de las mejoras que se consiguen fundamentalmente es en la capacidad de intercambio de oxígeno, favoreciendo la perfusión del oxígeno a la célula, y mayor captación en el reclutamiento de la capacidad respiratoria de reserva (inspiratoria y espiratoria). Este tipo de entrenamiento reduce la acidosis láctica generada con el ejercicio y también se manifiestan mejoras en el VO_2 máx, ventilación máxima y frecuencia respiratoria, para un mismo nivel de esfuerzo (Coppola *et al.*, 1999; Guzun *et al.*, 2012; Hsieh *et al.*, 2007). Del mismo modo, el entrenamiento interválico ha sido una alternativa propuesta en los últimos años al trabajo aeróbico continuado, dado que es la manera más efectiva de trabajar a intensidades superiores sin que el limitante de la práctica sea la fatiga muscular asociada.

El trabajo de fuerza añadido al entrenamiento aeróbico está asociado a un aumento significativo de la masa y fuerza muscular (Bernard *et al.*, 1999) y demuestra ser una óptima estrategia de entrenamiento (Ortega *et al.*, 2002). Se propone un acondicionamiento general y por otro lado un entrenamiento específico de los músculos ventilatorios. Para conseguir el acondicionamiento general debemos buscar la tonificación general de los diferentes músculos, haciendo hincapié en los de las extremidades inferiores. Por otro lado, existen algunos limitantes del ejercicio como lo es la presencia de disnea, la cual lleva de manera indirecta a desacondicionamiento físico. Se ha observado cómo los requerimientos de energía de los miembros superiores son mayores que los de los miembros inferiores, y por lo tanto, al ser utilizados, refieren mayor disnea al realizar actividades de la vida cotidiana.

Además, las actividades que involucran los miembros superiores son peor toleradas en adultos con enfermedad pulmonar, debido a que algunos de los músculos utilizados son también músculos accesorios de la respiración y, por ello, el ejercicio de miembros superiores genera mayor incoordinación de los movimientos respiratorios y mayor disnea. En la mayoría de las personas los miembros superiores están pobremente entrenados debido a que no soportan peso durante la deambulación y por esta razón, incluso las personas sanas, solo pueden realizar ejercicios de muy bajo nivel con los miembros superiores sin tener que recurrir a fuentes anaerobias de energía. Otro hecho importante a tener en cuenta es que la tolerancia al ejercicio con los miembros superiores es mucho menor si los brazos no se encuentran apoyados o si estos se encuentran elevados por encima de la cabeza. Las bandas elásticas son un método eficaz que ha demostrado mejoría en la resistencia de los miembros superiores (Celli, 1994).

1.7.4.4.- Beneficios metabólicos

Los efectos sobre el metabolismo podrían resumirse en los siguientes (Ryan, 2000):

- Mejora el aporte de nutrientes y oxígeno a las células del organismo y facilita una mejor desintoxicación de desechos celulares metabólicos y toxinas.
- Incrementa la respuesta celular a la insulina y mejora el metabolismo de carbohidratos y lípidos.
- Incrementa la lipólisis y eliminación de la grasa.
- Mejora el metabolismo del calcio, fósforo, magnesio, hierro y vitamina D; lo que fomenta el metabolismo osteomuscular y la remineralización ósea.
- Mejora el sistema de defensa inmunológico y tisular.

- Disminuye la generación de radicales libres y aumenta su eliminación.
- Mejora la estructura y el funcionamiento de los músculos, tendones, ligamentos y articulaciones.
- Incrementa los mecanismos de reparación y regeneración celular.
- Disminuye los procesos degenerativos y de envejecimiento celular.

Al aumentar la masa magra, metabólicamente más activa que la masa grasa, el ejercicio físico provoca un incremento del gasto energético basal, mejora la hipertensión y disminuye el sobrepeso; a su vez, eleva el HDL-colesterol y disminuye los niveles de LDL-colesterol y triglicéridos. Diversos estudios manifiestan que el ejercicio tiene efectos sobre la tolerancia a los hidratos de carbono; la grasa corporal está íntimamente relacionada con la resistencia a la insulina y con la hiperinsulinemia, por eso las personas con obesidad que hacen ejercicio físico aumentan la sensibilidad a la insulina, así como la captación y utilización de glucosa por parte de las células del organismo. Este efecto beneficioso dura mientras se realiza el ejercicio. Durante el mismo, en un sujeto no diabético, se produce una disminución de la insulina y un aumento de glucagón, lo que permite la liberación hepática de glucosa (Riebe *et al.*, 2005). Modificaciones en el porcentaje de grasa abdominal a través de ejercicio aeróbico pueden retrasar la resistencia a la insulina provocada por el envejecimiento (Ryan, 2000). La resistencia a la insulina observada en personas mayores puede ser modificada mediante ejercicio físico, que incrementaría la sensibilidad a la insulina y mejoraría el metabolismo glucémico y con ello la prevención de la diabetes tipo II (Ryan, 2000; Samsa *et al.*, 2007). Del mismo modo, la práctica de unos 30 minutos de ejercicio físico diario a moderada intensidad, llevado a cabo incluso sin cambios en la dieta, se ha demostrado eficaz en el control y mejora del síndrome metabólico (Aparicio, Carbonell & Delgado, 2010).

En diabéticos se disminuyen los niveles de glucemia, durante y después del ejercicio; descienden los requerimientos posteriores de insulina, mejora el

perfil lipídico, disminuyen los triglicéridos, el LDL colesterol y se incrementa el HDL colesterol. En los adultos mayores, el entrenamiento de ejercicios de resistencia aeróbica se asocia con menores niveles de insulina en el plasma, estimulada por la glucosa y por el ayuno, así como con la mejoría en la tolerancia a la glucosa y la sensibilidad a la insulina. Los adultos mayores no obtienen las mismas mejoras en los niveles de insulina y en la sensibilidad a la insulina mediante el ejercicio agudo como los adultos jóvenes. Sin embargo, un número de días consecutivos del mismo ejercicio mejora los niveles de insulina. Las mejoras en el metabolismo de la glucosa y de la insulina son evidentes en los adultos mayores antes de que ocurran cambios en el peso del cuerpo o en la composición corporal (Márquez Arabia, Ramón Suárez & Márquez Tróchez, 2012). La capacidad de hombres y mujeres mayores de controlar sus niveles de glucosa en sangre a través del ejercicio ha sido altamente demostrada en estudios científicos. El ejercicio de tipo aeróbico se presenta como la terapia más eficaz para reducir el riesgo de padecer diabetes tipo II y mejorar la capacidad funcional del mayor (Marquess, 2008). El entrenamiento de fuerza también se ha mostrado eficaz a la hora de incrementar los requerimientos energéticos y la disponibilidad de insulina (Hakkinen *et al.*, 2008).

En las mujeres posmenopáusicas se ha observado cómo el ejercicio produce una disminución en el ritmo de pérdida de masa ósea, porque favorece la entrada de calcio en el hueso y el efecto mecánico de la tracción de los músculos sirve de estímulo para su formación (Bosković *et al.*, 2013). Como en muchas otras patologías, el tipo de ejercicio físico más beneficioso es el de resistencia aeróbica a intensidad moderada y desarrollado durante periodos prolongados de tiempo. A esto, hemos de sumar que el trabajo de fuerza realizado con gran número de repeticiones mejora la sensibilidad a la insulina y es probablemente efectivo en la prevención de la diabetes tipo II.

Con el ejercicio se liberan serotonina, histamina, acetilcolina, angiotensina y bradiquinina; que actúan sobre el sistema cardiovascular, evidenciando una disminución en las causas de morbilidad por enfermedad cardiovascular en el adulto mayor. También se observa reducción

de la colesterolemia total, disminución de la triglicemia, regulación del peso corporal, un alto mejoramiento en la función articular, la densidad ósea, la sensibilidad a la insulina y del metabolismo de la glucosa, la capacidad cardiorrespiratoria y aumento de la autoestima debido a que la persona se ve y se siente cada día mejor. Sobre el hipotálamo regula la liberación de corticoides, vasopresina y hormona antidiurética (Riebe *et al.*, 2005).

1.7.4.5.- Fortalecimiento del sistema inmune

El envejecimiento está asociado con una desregulación del sistema inmune conocida como inmunosenescencia. Esta conlleva una serie de alteraciones celulares y moleculares que provocan una inadecuada adaptación inmune, incrementándose la incidencia de infecciones y el riesgo de desórdenes inmunitarios tales como autoinmunidad, cáncer o enfermedades inflamatorias (Senchina & Kohut, 2007). En los últimos años, la práctica de ejercicio físico por parte del mayor se presenta como una estrategia fácil y eficaz para combatir la inmunosenescencia. A largo plazo, el ejercicio regular y moderado está asociado con numerosos beneficios que incluyen la disminución del riesgo de contraer infecciones, el incremento del efecto de las vacunas y la mejora en aspectos, tanto físicos como psicosociales, relacionados con la vida cotidiana que ayudan a reforzar el sistema inmune (mejora de la funcionalidad física, descenso de los niveles de ansiedad, mejora de la autoestima, etc.) (Senchina & Kohut, 2007). Sin embargo, los mecanismos por los cuales el ejercicio fortalece el sistema inmune están aún por descifrar. Actualmente, solo partiendo de la evidencia, el incremento de programas de ejercicio físico orientados a esta población reforzaría su sistema inmune y con ello la esperanza y calidad de vida del mayor (Aparicio *et al.*, 2010; Senchina & Kohut, 2007). Sabemos que el ejercicio, en forma aguda, produce incremento de las células de defensa del organismo (glóbulos blancos o leucocitos) por el aumento en el número de neutrófilos, monocitos y linfocitos; además se incrementan las NK y los linfocitos B y T, responsables también de dichas defensas (Hoffman-Goetz & Pedersen, 1994; Hsieh, Hsu & Lin, 1999). El ejercicio aeróbico ha mostrado buenos resultados, por sí solo o combinado con el entrenamiento de fuerza. En cambio, el ejercicio de fuerza con una

intensidad del 50% de 1RM no mostró evidencias de inmunosupresión (Neves *et al.*, 2009).

1.7.4.6.- Adaptaciones del sistema nervioso

Diversos autores describen efectos beneficiosos del ejercicio físico sobre el sistema nervioso central y periférico (Brisswalter, Collardeau & René, 2002; Colcome & Kramer, 2003):

- Reduce los niveles sanguíneos de adrenalina y noradrenalina, mejorando la respuesta de los receptores.
- Incrementa el tono parasimpático, disminuyendo el tono simpático, tanto a nivel cardiovascular como sistémico.
- Incrementa el aporte de nutrientes y oxígeno al sistema nervioso.
- Mejora notablemente la capacidad mental y respuesta cerebral.
- Disminuye los índices de ansiedad, distrés, depresión, fatiga, por mejorar el vigor y las funciones mentales.

Se afirma que el ejercicio estimula al cerebro de dos formas principales: 1) Mantiene un aporte adecuado de nutrientes interviniendo en la homeostasis de la glucosa y del oxígeno y en los procesos de vascularización cerebral, y 2) optimiza la eficacia funcional de las neuronas interviniendo en procesos de excitabilidad neuronal y de plasticidad sináptica (Barrios Herrero & López Ferradaz, 2011). El ejercicio físico activa amplias zonas cerebrales; combina acciones musculares y reacciones fisiológicas como son el aumento del flujo sanguíneo, la extracción de glucosa, la respiración y el ritmo cardíaco. A nivel vestibular, ayuda al control del sistema sensorial y propioceptivo para generar equilibrio y ubicación en el espacio.

El ejercicio físico incrementa y conserva la función cognitiva del mayor (Blain, Vuillemin, Blain, & Jeandel, 2000; Brisswalter *et al.*, 2002;

Lautenschlager *et al.*, 2008). Desde principios del siglo XX la función cognitiva ha sido estudiada con resultados contradictorios y sin conseguir acuerdos acerca del tipo e intensidad de ejercicio recomendados (Brisswalter *et al.*, 2002). Actualmente quedan claros algunos aspectos: a) se ha detectado un descenso en el nivel de atención tras el cese de la práctica deportiva, b) se ha observado un incremento en la capacidad de decisión tras un test incremental como consecuencia de la segregación de adrenalina, c) los factores nutricionales tienen un papel importante (correcta ingestión de líquidos y carbohidratos), pero no determinante.

En la revisión de Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman y Vanhees (2008), realizada con aquellos estudios desarrollados en mayores de 55 años donde se valorasen los efectos de programas de ejercicio físico aeróbico sobre parámetros cardiovasculares y cognitivos, se concluyó que siempre que se produjeran mejoras de en torno al 14% del VO_2 máx, se producían mejoras paralelas en la capacidad cognitiva. Los principales efectos sobre la función cognitiva se encontraron en la función motora y en la atención ante estímulos sonoros. Dichos autores concluyeron que mayor número de estudios son necesarios para determinar qué componentes del entrenamiento aeróbico están relacionados con la función cognitiva y cuál es el tipo de ejercicio más apropiado para su mejora.

A pesar de que ha sido el más estudiado, el ejercicio aeróbico no es el único que puede ocasionar mejoras cognitivas en el mayor, el trabajo de fuerza también podría prevenir el deterioro cognitivo a través de mecanismos implicados en dicho entrenamiento, como pueden ser el incremento de la sensibilidad a la insulina, el factor de crecimiento 1 o la homocisteína (Liu-Ambrose & Donaldsonm, 2009). Por este motivo, para estos mismos autores, se debería incidir tanto con ejercicio aeróbico como de fuerza, debido a que el de fuerza participa notablemente favoreciendo una mayor funcionalidad física, con sus consecuentes beneficios psíquicos (Liu-Ambrose & Donaldsonm, 2009). En los últimos años se han realizado estudios buscando determinar si el ejercicio físico pudiera prevenir el riesgo de Alzheimer. En el estudio de

Lautenschlager *et al.* (2008), 6 meses de programa de ejercicio físico mejoró los resultados obtenidos en la escala de valoración de la función cognitiva y Alzheimer (ADAS-Cog). Además estas mejoras se mantuvieron durante 18 meses de periodo de seguimiento. Programas adecuados de ejercicio físico orientados a la mejora de la función cognitiva serían una de las más acertadas prescripciones en la prevención de la degeneración cognitiva de poblaciones adultas y mayores de riesgo (Williamson *et al.*, 2009).

Se observa también una reducción del estado de ansiedad, ya que el ejercicio continuo eleva los niveles de beta endorfina, lo que tiene como consecuencia un estado de bienestar que explica la "adicción al ejercicio". Mejora la autoestima, incrementa la confianza y estabilidad emocional, mejora la independencia y el autocontrol. Muestra aumentos de la noradrenalina y serotonina, lo que genera aumento del estado emocional, disminuyendo estados depresivos, favorece un sueño relajante y mejora estados de insomnio. El flujo de sangre al cerebro aumenta significativamente, con lo que las células cerebrales se encuentran mejor oxigenadas y alimentadas y esto contribuye a que estén más sanas. Los beneficios del ejercicio físico sobre la ansiedad, depresión e irritabilidad son especialmente elevados en aquellas personas que parten de niveles elevados de ansiedad y depresión. El tipo de ejercicio que ocasiona mayores mejoras son aquellos basados en actividades aeróbicas cíclicas (carrera, natación, ciclismo o caminar) de moderada a baja intensidad (Guszkowska, 2004).

Los cambios en los estados de ansiedad, depresión e irritabilidad tras el ejercicio son explicados frecuentemente por las hipótesis de la segregación de endorfinas y monoaminas. Sin embargo, la práctica de ejercicio también incrementa la temperatura corporal y la circulación de la sangre al cerebro, que afectaría positivamente sobre la respuesta fisiológica al estrés por parte del eje hipotálamo-pituitaria-adrenal. Este último fenómeno podría estar también relacionado con otros mecanismos psicológicos tales como la autoeficacia, menor distracción y mejora de la función cognitiva (Guszkowska, 2004).

1.8.- El entrenamiento vibratorio

1.8.1.- Las vibraciones y su influencia en el organismo

Las investigaciones sobre los efectos de las vibraciones en el ser humano tienen ya una larga tradición. Desde la perspectiva tradicional de la medicina del trabajo, fueron consideradas muy perjudiciales; en cambio, la perspectiva actual del campo de la actividad física y el deporte, así como la rehabilitación, las califican de muy beneficiosas. La explicación a estas grandes divergencias podría residir en los diferentes parámetros de vibración empleados (Tous & Moras, 2004). Las vibraciones pueden causar molestias, interferencias con las actividades y problemas de salud; aunque también pueden causar mejoras en ciertos entrenamientos (Griffin, 1997); y provocar efectos positivos, como el alivio del dolor crónico (Lundeberg, 1984; Roy, Hollins & Maixner, 2003).

Nuestro cuerpo está expuesto a vibraciones en muchas actividades del día a día. Fuentes de vibración se encuentran en medios de transporte como coches (Chen *et al.*, 2003), motos, trenes, helicópteros (De Oliveira, Simpson & Nadal, 2001), aviones, embarcaciones, etc.; o de trabajo: tractores, camiones (Kumar, 2004) y multitud de tipos de maquinaria y herramientas (Cederlund, Nordenskiöld & Lundborg, 2001; Randall, Matthews & Stiles, 1997). En la actividad física y el deporte pueden encontrarse ejemplos tales como patinaje, surf, ski, equitación, vela, mountain-bike. Todo material conocido por el hombre tiene una frecuencia natural a la que vibra (Warman, Humphries & Purton, 2002) y los tejidos biológicos, como el músculo, vibran del mismo modo a frecuencias específicas, tanto en reposo como en activación (Barry & Cole, 1988).

Desde hace unos años se han introducido una serie de dispositivos capaces de provocar un estímulo mecánico mediante movimientos oscilatorios sinusoidales. Este estímulo se transmite por todo el cuerpo consiguiendo aumentar la carga gravitatoria a la que es sometido el sistema neuromuscular. Aparecieron así lo que se conoce como vibraciones de cuerpo completo o

Whole Body Vibration (WBV) que deben distinguirse de las vibraciones aplicadas localmente. Las primeras ocurren cuando todo el cuerpo es sometido a movimiento, por tanto su efecto no es localizado, y las segundas ocurren cuando es una parte determinada del cuerpo la sometida a movimiento (por ejemplo, aplicación directa al bíceps braquial) (Cardinale & Pope, 2003; De Oliveira *et al.*, 2001).

La forma más habitual de aplicar vibraciones con el objeto de mejorar el rendimiento físico es mediante plataformas, que consiguen un efecto global en todo el cuerpo, aunque también se han aplicado de manera localizada empleando mancuernas (Bosco, Cardinale & Tsarpela, 1999) o cables (Issurin, Liebermann & Tenenbaum, 1994; Issurin & Tenenbaum, 1999; Lieberman & Issurin, 1997). Además de la localización o no de las vibraciones, también se ha de tener muy en cuenta su frecuencia, amplitud, dirección y duración; ya que el cuerpo humano ha demostrado responder de manera altamente específica a la variación de estos parámetros (Cardinale & Pope, 2003).

WBV, al ser una vibración global, activa un mayor número de músculos. Los músculos más cercanos a la plataforma son activados en mayor medida que los situados más lejos. Si el estímulo mecánico se aplica en los pies del sujeto, las oscilaciones producidas se transmiten por todo el cuerpo, siendo amortiguadas en cada articulación. Los sistemas viscoelásticos que se encuentran en cada articulación provocan una atenuación de la señal mecánica conforme nos alejamos del foco generador (plataforma) de tal manera que la parte más alejada (la cabeza) recibe una señal especialmente débil, ya que esta ha sido atenuada primero en los tobillos y a continuación en rodillas, caderas y columna.

El movimiento oscilatorio produce aceleración en la dirección vertical del orden de 70 m/s^2 (7,24 veces la aceleración de la gravedad) a nivel del apoyo, utilizando una frecuencia de 30 Hz y una amplitud de 4 mm. (La aceleración quedará más atenuada si los segmentos inferiores se hallan en semiflexión). En este caso, con cada oscilación se produce un estiramiento a nivel de los

músculos y tendones implicados. Estos se comportan como un sistema formado por un resorte y un amortiguador.

La atenuación del nivel de vibración en la parte superior del cuerpo disminuye el riesgo de que algún órgano pueda entrar en resonancia. Un concepto físico que conviene aclarar es la frecuencia a la cual un cuerpo entra en resonancia. Se dice que un cuerpo resuena cuando vibra al recibir impulsos de frecuencia igual a la suya o múltiplo de ella (Tous & Moras, 2004). En el momento en el que todo el cuerpo humano entra en resonancia se produce el máximo desplazamiento entre los órganos y la estructura esquelética, siendo esta una frecuencia de vibración a evitar para minimizar el impacto que sufren los tejidos implicados. Esta frecuencia parece ser independiente del peso corporal y la estatura (Randall *et al.*, 1997), aunque podría estar influenciada por la tensión muscular, presentando la mayoría de sujetos una mayor frecuencia cuando están tensos (Fairley & Griffin, 1989). Randall *et al.* (1997) encontraron un rango de frecuencias resonantes en todo el cuerpo entre 9 y 16 Hz (promedio de 12,3 Hz). Sin embargo, otros autores defienden una frecuencia principal de 5 Hz y una secundaria de 8 Hz (Kitazaki & Griffin, 1998) así como una respuesta no lineal (Mansfield & Griffin, 2000). Por otro lado, algunos efectos provocados por las vibraciones pueden alcanzar su máximo a una frecuencia algo superior a la de resonancia. Por esta razón, se recomienda emplear frecuencias superiores a los 20 Hz en los dispositivos habitualmente empleados para el entrenamiento de la fuerza (Yue & Mester, 2004).

Las plataformas vibratorias se diferencian entre sí en función del movimiento que realizan. Los tipos principales son:

- Plataformas verticales (figura 1.3.). El movimiento de la plataforma vibratoria vertical se produce en dos sentidos, hacia arriba y hacia abajo. Son vibraciones sin eje central. Su uso es completamente seguro si se usa por tiempos limitados, ya que envían resonancia al cuerpo. Están más difundidas porque permiten llevar a cabo ejercicios más complejos y son más fáciles de utilizar. Según los proveedores, si se usan por encima de los 30 Hz (por períodos máximos de 10 minutos, 3 veces a la

semana), generan contracción y relajación en los distintos grupos musculares, aumentan el metabolismo y la circulación sanguínea; contribuyendo a la mejora de la salud y del estado físico del usuario.



Figura 1.3. Modelo de plataforma vibratoria vertical. (Tomado de <http://plataformavibratoria.org.es/tipos-plataformas-vibratorias>).

- Plataformas oscilantes (figura 1.4.). La plataforma vibratoria oscilante, también llamada basculante, realiza dos tipos de movimientos de manera simultánea, uno de ellos es de arriba abajo y el otro de izquierda a derecha. La placa oscila a través de un eje central fijo. Reproduce un movimiento similar al que se produce al caminar. La frecuencia a la que se ha de utilizar es siempre inferior a 25 Hz; aunque algunos autores han demostrado la ausencia de contraindicaciones incluso por debajo de los 40 Hz, ya que el movimiento alterno no produce resonancia en el cuerpo. Algunos estudios afirman que este tipo de plataformas genera un tren de vibraciones que son un fuerte estímulo para la actividad osteoblástica.



Figura 1.4. Modelo de plataforma vibratoria oscilante. (Tomado de <http://plataformavibratoria.org.es/tipos-plataformas-vibratorias>).

- Plataformas multidireccionales (o triplanares) (figura 1.5.). Este tipo de plataformas se mueven en todas direcciones al mismo tiempo, es decir, de izquierda a derecha, de arriba abajo y también de atrás hacia delante. No existe punto de apoyo y trabajan con una frecuencia que varía entre los 30 Hz y los 45 Hz. Los movimientos que realizan son cortos y penetrantes. Se especula que aumentan la producción de colágeno, eliminan las células adiposas y reducen la celulitis. Por sus características pueden ser útiles para mejorar el equilibrio.



Figura 1.5. Modelo de plataforma vibratoria multidireccional. (Tomado de <http://plataformavibratoria.org.es/tipos-plataformas-vibratorias>).

Las expectativas que el sistema generó se basaron en la facilidad de uso y la rapidez de resultados. Si a ello le añadimos que el tiempo necesario para efectuar una sesión de entrenamiento puede ser de 10 minutos, efectuado 3 días/semana, no resulta nada extraño que el sistema se introdujese en ámbitos tan variados como el entrenamiento deportivo, la medicina espacial, la fisioterapia, el fitness en empresas, la medicina preventiva, etc.

Actualmente existen en el mercado muy diversos dispositivos. Algunos incluyen dos plataformas oscilatorias independientes. Los equipos permiten trabajar cualquier parte del cuerpo, precisando en ocasiones la ayuda de arneses en el tratamiento de pacientes con lesiones medulares o trastornos graves del equilibrio, con apoyos uni o bipodal, con o sin carga según se quiera mejorar o no la capacidad aeróbica (Alguacil, Gómez Conches, Fraile & Morales, 2009).

La posición conocida como “doble tarea” se utiliza en pacientes con déficit cognitivo. Esta consiste en que la persona debe ejecutar una tarea con las manos, al mismo tiempo que permanece sobre la plataforma en bipedestación. De este modo se asocian los recursos cognitivos entre sí, fomentándose con ello los reflejos automáticos.

1.8.2.- Historia

Los efectos curativos de la vibración se conocen desde el siglo XIX (Issurin *et al.*, 1994), aunque los primeros estudios realizados por investigadores rusos datan de la década de los años 60. Su aplicación en el ámbito deportivo se debe a Nazarov en 1978 (Nazarov & Spivak, 1985; Weber, 1997), a través de diversos dispositivos para su aplicación general y local, utilizándolos en el deporte de alta competición (Juegos Olímpicos de Moscú 1980), ballet clásico y terapia física; comprobando que un periodo de tratamiento de pocos minutos superaba los resultados del entrenamiento habitual.

Alrededor de la segunda mitad de los años 80, comenzó a aumentar el número de estudios interesados en conocer a los efectos de la vibración sobre el organismo humano y, a la luz de los primeros hallazgos, se concluyó que se producía una mejora en la flexibilidad. Más tarde, la investigación sobre dichos efectos y su aplicación en el entrenamiento, estuvo a cargo del científico israelí Issurin (Issurin & Tenenbaum, 1999); pero, a finales de la década de los 90, el profesor Bosco redescubrió el principio del entrenamiento con vibración y sus efectos sobre el cuerpo humano (Bosco *et al.*, 1998). Este investigador expuso que cada individuo responde a una frecuencia de vibración determinada, con la que el resultado del entrenamiento es máximo, desarrollando un sistema de estímulo mecánico neurológico (Sistema NEMES-BOSCO).

Realizados muchos estudios experimentales sobre el efecto del entrenamiento vibratorio sobre la performance neuromuscular (Bosco *et al.*, 1998; Cardinale & Lim, 2003; García-Manso, Vázquez, Hernández & Tous, 2002; Issurin & Tenenbaum, 1999; Torniven *et al.*, 2002), su aplicación se amplió hacia otras áreas más directamente ligadas a la salud. Se presentó como un posible método eficaz en la prevención de afecciones a nivel óseo, endocrino, cardiovascular, o en la reducción del dolor lumbar crónico (Rittweger, Just, Kautzsch, Reeg & Felsenberg, 2002); con discrepancias respecto a los mecanismos por los que se producían tales beneficios.

Posteriormente la tendencia se encaminó a evaluar la composición corporal (redistribución de grasa) y la calidad de vida de quienes realizan WBV (Bruyere, Wuidart, Palma & Reginster, 2004). Se pretendió indagar si existe beneficio más generalizado, como puede ser “el bienestar del día a día”. El aumento de la expectativa de vida experimentado en años recientes ha conllevado unas preocupaciones inherentes como son las caídas y las posibles fracturas óseas por osteoporosis, problemas cardiovasculares (varices, infartos), dolores articulares o desórdenes metabólicos (obesidad, diabetes). De este modo, los estudios sobre los efectos de WBV se han dirigido hacia el colectivo de personas mayores, para intentar disminuir y tratar tales problemas.

1.8.3.- Base fisiológica: el reflejo miotático

Los husos neuromusculares, fibras musculares modificadas que se disponen en paralelo en el interior del músculo, detectan de manera inconsciente el grado de elongación del músculo y lo mantienen constante mediante una contracción muscular refleja, cuando ese músculo es elongado externamente. Como consecuencia de la detección de vibraciones por parte de los husos neuromusculares se provoca un aumento de la ratio de descarga de estas estructuras (Nishihira *et al.*, 2002). Esto produce un aumento de los potenciales motores evocados en los músculos sometidos a vibración (Kossev, Siggelkow, Kapels, Dengler & Rollnik, 2001; Kossev, Siggelkow, Schubert, Wohlfarth & Dengler, 1999), lo que supone una activación de los circuitos medulares, en los que se basa el reflejo miotático (Rittweger, Mutschelknauss & Felsenberg, 2003), lo que provoca mayor sincronización de unidades motoras a través de motoneuronas alfa (Cardinale & Bosco, 2003).

Así, el músculo sometido a vibración se contrae de manera activa. Cuando el individuo entra en contacto con la plataforma vibratoria, la vibración, como estímulo mecánico que es, se transmite a lo largo del cuerpo, activando una serie de receptores cutáneos y sensoriales musculares, principalmente husos musculares y órganos tendinosos de Golgi, desencadenando un reflejo tónico vibratorio (RTV) (Seidel, 1988), responsable en última instancia de la contracción y relajación muscular (Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003). En la figura 1.6. puede observarse el arco reflejo que explica la aparición del RTV. Fundamentalmente son las terminaciones primarias de los husos musculares, por su alta sensibilidad a los cambios de longitud, las que inician la contracción refleja. Desde los husos musculares el impulso es transmitido mediante las fibras la aferentes hacia la médula espinal donde realizan sinapsis con las alfa-motoneuronas. Estas transmiten la señal de vuelta, vía eferente, a las mismas fibras musculares extrafusales, lo que provoca su contracción (Johnston, Bishop & Coffey, 1970). Dichos efectos se han vuelto a comprobar con técnicas modernas de microneurografía capaces de registrar la activación de las terminaciones primarias de los husos musculares (Ribot-Ciscar, Rossi-Durand & Roll, 1998). Mediante estas técnicas se demuestra que las

vibraciones estimulan predominantemente las fibras la aferentes y, en menor grado, las Ib aferentes de Golgi y las secundarias aferentes (II) (Roll, Vedel & Ribot, 1989).

Además, el RTV no solo parece estar mediado por las vías mono y polisinápticas de las fibras Ia, sino también por las vías de los receptores cutáneos (Abbruzzese, Hagbarth, Homma & Wallin, 1978; Romaiguere, Vedel, Azulay & Pagni, 1991). Por otro lado, se ha podido comprobar con técnicas de descomposición electromiográfica que las unidades motoras adicionales que se reclutan, al aplicar vibración a un músculo, proceden del mismo “pool” que las que se activan al realizar un esfuerzo voluntario. Esto implica que se respeta el orden normal de reclutamiento de unidades motoras (Mao, McGill & Dorfman, 1990).

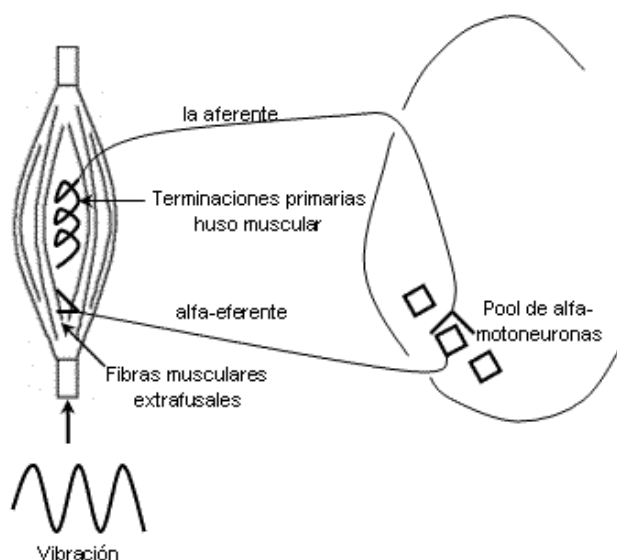


Figura 1.6. Arco reflejo solicitado en la aparición del reflejo tónico vibratorio (Johnston *et al.*, 1970).

También se estimulan motoneuronas gamma, que mantienen elongada la parte central de los husos; ello mejora la eficiencia del sistema neuromuscular una vez que el estímulo ha cesado (Cardinale & Bosco, 2003). La excitabilidad de las motoneuronas que inervan los músculos antagonistas queda deprimida vía inhibición recíproca (De Gail, Lance & Neilson, 1966). Esto quiere decir que, si se somete a vibración al gastrocnemio, se producirá una

inhibición recíproca de las motoneuronas del tibial anterior y viceversa. Sin embargo, en estudios más recientes se encuentra que la vibración produce una mayor coactivación agonista-antagonista, tanto durante su aplicación (Berschin & Sommer, 2004), como después de la misma (Gabriel, Basford & An, 2002), lo que podría tener un efecto positivo en la estabilización activa de la articulación (Berschin & Sommer, 2004).

Los reflejos monosinápticos del músculo sometido a vibración quedan suprimidos durante su aplicación (De Gail *et al.*, 1966; Marsden, Meadows & Hodgson, 1969). Por ejemplo, al someter al músculo gastrocnemio a vibración desaparece el reflejo del tendón de Aquiles al ser golpeado o el reflejo H (reflejo de Hoffmann o equivalente eléctrico del reflejo miotático) como respuesta a la estimulación eléctrica del nervio poplíteo. Sin embargo, ambos reflejos reaparecen una vez terminada la aplicación de vibración (Arcangel, Johnston & Bishop, 1971). No obstante, varios autores encuentran que el reflejo H queda alterado durante varios minutos.

Nishihira *et al.* (2002) investigaron la evolución del reflejo H y la respuesta M (indicativa de la activación del total de neuronas motoras) antes y después de mantener una contracción isométrica sobre una plataforma Galileo (movimiento horizontal) durante 3 series de 3 minutos. La relación H/M se emplea como un índice de eficacia de la transmisión entre las fibras Ia y Ia-alfa motoneuronas. Encontraron un aumento de la relación H/M después de la vibración. Los autores sugieren como explicación que las fibras Ia aferentes se excitan como consecuencia del estímulo vibratorio y que este hecho, unido a la contracción isométrica voluntaria, aumenta la excitación del “pool” de alfa-motoneuronas (Nishihira *et al.*, 2002).

Rittweger *et al.* (2003) encontraron un mantenimiento o incluso aumento de la amplitud del reflejo de estiramiento patelar como consecuencia de haber realizado sentadillas hasta la extenuación sobre una plataforma vibratoria (26 Hz; 12 mm) con una sobrecarga extra en las caderas del 40% del peso corporal. Sin embargo, cuando se realizó el mismo ejercicio sin vibración añadida, el reflejo disminuyó después de la realización de un ejercicio exigente.

Los autores sugieren que la causa de que el reflejo de estiramiento presente este comportamiento, como consecuencia de la estimulación vibratoria, podría residir en que esta aumenta la excitabilidad central motora, particularmente en las unidades motoras más rápidas (Rittweger *et al.*, 2003).

El efecto de la estimulación vibratoria, por tanto, no se limitaría a estructuras medulares (nivel reflejo): el aumento de los potenciales motores y de la frecuencia de señal EMG, tras una exposición prolongada, sugieren un estado de notable excitabilidad de la corteza motora (y provocaría un mayor reclutamiento de fibras tipo II) (Romaiguere, Vedel & Pagni, 1993). La consecuencia sería un estado de mayor eficiencia neuromuscular que permite mayor rendimiento en los movimientos voluntarios (Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2000).

1.8.4.- Parámetros físicos del estímulo vibratorio

Existen numerosas variables o parámetros que pueden afectar a los movimientos oscilatorios sobre el cuerpo humano, aunque pueden ser divididas en dos grandes categorías: variables extrínsecas (que ocurren fuera del cuerpo humano) y variables intrínsecas (aquellas que ocurren dentro del cuerpo o entre diferentes personas).

Variables extrínsecas

- Magnitud: La magnitud de una vibración suele expresarse, por razones prácticas, en unidades de aceleración (m/s^2), utilizándose para ello acelerómetros. En los aparatos que se emplean para la mejora del rendimiento físico no se ofrece información sobre este parámetro, pero puede obtenerse a partir de la frecuencia y el desplazamiento (Griffin, 1997).
- Frecuencia: Es el número de ciclos de movimiento sinusoidal realizado en un segundo, expresado mediante la unidad hertzio (Hz). El rango de frecuencias de vibración empleadas en los estudios de entrenamiento

oscila entre 23 y 44 Hz. Frecuencias de 30, 40, 50 Hz han sido efectivas para aumentar la señal EMG (Cardinale & Lim, 2003). Las frecuencias bajas (<20 Hz) se utilizan para mejorar la propiocepción, la flexibilidad y conseguir la relajación muscular. Un estudio de Cardinale y Lim (2003) con mujeres sedentarias, midiendo la flexibilidad con el test “Seat-and-Reach”, investigaron con frecuencias de 20 y 40 Hz (amplitud 4 mm). Las mujeres que utilizaron 20 Hz mejoraron la flexibilidad; en cambio, el grupo de 40 Hz incluso la disminuyeron.

- Amplitud: Es el desplazamiento que se realiza en cada ciclo de movimiento sinusoidal expresado, por lo general, en milímetros (mm). El rango de amplitud empleado en los estudios se sitúa entre 2 y 10 mm, aunque el valor que hemos encontrado más habitual en los estudios revisados es de 4 mm. Resulta importante, puesto que su modificación puede influir en los resultados que se obtengan. Torvinen *et al.* (2002) practicaron con una amplitud de 1 mm sin ningún rendimiento neuromuscular; en cambio, a 4 mm comprobaron un aumento de la máxima contracción voluntaria isométrica y un aumento de la altura del salto con contramovimiento. El aumento de la amplitud vibratoria (2,5- 7,5 mm), con el resto de parámetros constantes, produjo un aumento del consumo de O₂ cuanto más se elevaba dicho parámetro (Rittweger *et al.*, 2002). Diversos estudios parecen indicar que amplitudes de 4 a 6 mm garantizan la activación muscular.
- Dirección: Las tres principales direcciones de la vibraciones aparecen en los ejes antero-posterior (x), lateral (y) y vertical (z) (Griffin, 1997). Como ya señalamos, en el mercado existen plataformas vibratorias donde predomina la dirección vertical y otras donde existe además un marcado componente lateral. Con las primeras se han obtenido muy buenos resultados cuando el objetivo es la potenciación muscular y, a su vez, menor riesgo de lesiones. Las basculantes por su parte y, en especial, si el ritmo de las vibraciones varía estocásticamente, están ofreciendo resultados satisfactorios en la mejora de la propiocepción, al provocar sucesivas y múltiples situaciones

de inestabilidad que fomentan el proceso de aprendizaje motor (Haas, Turbanski, Kaiser & Schmidtbleicher, 2004).

- Duración: Algunas respuestas del cuerpo humano dependen de la duración de la vibración a la que es expuesto. La normativa ISO 2631 establece los límites de tiempo de exposición basándose en los valores de la dosis de vibración (Cardinale & Pope, 2003). En los estudios orientados a la mejora del rendimiento, la exposición total se encuentra entre 4 minutos hasta un máximo de 20 minutos. Series excesivamente cortas, de 6-7 segundos, no mejoran la potencia muscular (Issurin & Tenenbaum, 1999); en cambio, series vibratorias de un minuto aumentan la potencia muscular (Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2000). Si se prolonga en exceso el estímulo, 5-6 minutos o más, se obtiene lo contrario: disminuye el rendimiento neuromuscular (Bongiovanni, Hagbarth & Stjernberg, 1990; Jackson & Turner, 2003; Kouzaki, Shinohara & Fukunaga, 2000; Rittweger *et al.*, 2003).
- Dos estudios longitudinales de similares características obtuvieron resultados contrarios debido al tiempo de estimulación (en volumen total de cada sesión). Delecluse *et al.* (2003) registraron mejoras en el rendimiento, empleando sesiones que aumentaban su duración, desde 3 minutos al comienzo, hasta 20 minutos en las sesiones finales. De Ruiten, Van der Linden, Van der Zijden, Hollander y Haan (2003) no obtuvieron ninguna mejora al progresar sus sesiones desde 5 a 8 minutos. Torvinen *et al.* (2002), a pesar de emplear un programa de 4 meses, apenas registraron mejoras en el rendimiento neuromuscular, pudiendo ser porque cada sesión tenía un volumen total de 4 minutos. Se recomienda aumentar sesión tras sesión el tiempo de estimulación vibratoria, hasta llegar a exposiciones ininterrumpidas (series) de 1-1,5 minutos y un volumen total de 20-25 min/sesión.
- Protocolo de ejercicio: El tipo de ejercicio que el sujeto realiza mientras recibe la vibración puede influir también. Los ejercicios dinámicos parecen ser los más adecuados para provocar mejoras en la fuerza y potencia

musculares (Luo, McNamara & Moran, 2005). Se suelen emplear movimientos de: squat, squat profundo, squat con una pierna, extensiones de tobillo y apoyos sobre los talones. Algunos protocolos han añadido sobrecarga externa (Issurin *et al.*, 1994; Ronnestad, 2004) hallando ganancias crónicas más altas en parámetros neuromusculares dinámicos, como el test de una repetición máxima (1 RM) y en el test de salto con contramovimiento (*Counter Movement Jump* o CMJ); además, en períodos de aplicación relativamente cortos (entre 3-5 semanas). El ángulo de flexión adoptado por las articulaciones (principalmente la rodilla), al realizar los ejercicios, también debe ser tenido en cuenta. Este factor provocará una alta especificidad en los resultados, de modo similar al que ocurre en el entrenamiento isométrico. Esta teoría está apoyada en la relación directamente proporcional entre la eficacia de WBV y el grado de estiramiento del músculo (Cardinale & Bosco, 2003).

Variables intrínsecas

- Intrasujeto: Postura corporal, posición y orientación del cuerpo (sentado, de pie, recostado, etc...).
- Intersujeto: Tamaño y peso corporal, respuesta biodinámica corporal, edad, sexo, experiencia, expectativas, actitud, personalidad y nivel de forma física.

Respecto al nivel de entrenamiento debemos señalar que existen autores lo cuales opinan que la vibración sería más eficaz cuanto más entrenados estuvieran los sujetos (Issurin & Tenenbaum, 1999); puede ser que por aumento de la sensibilidad de los receptores musculares y del sistema nervioso central, de individuos entrenados, hacia la estimulación adicional. En cambio, en estudios con adultos mayores, otros autores sugieren que las mejoras podrían ser mayores en personas sedentarias e individuos frágiles (Lam, Lau, Chung & Pang, 2012).

En resumen, los parámetros que más desarrollan la potencia muscular, la fuerza máxima isométrica y concéntrica, y la fuerza explosiva, podrían ser:

- Series de hasta 1,5 minutos.
- $Fr = 25-45$ Hz.
- Amplitudes de 4-6 mm.
- Ejercicios dinámicos variados.
- Con sobrecarga (cuando se tiene un nivel considerable).

1.8.5.- Efectos del entrenamiento vibratorio

Durante el estímulo vibratorio

Son los efectos que se producen mientras los músculos están siendo sometidos a la vibración.

- Aumento de los potenciales motores en el músculo estimulado.
- Coactivación agonista-antagonista, tanto durante su aplicación (Berschin & Sommer, 2004), como después de la misma (Gabriel *et al.*, 2002).
- Aumento de la actividad EMG (Bosco *et al.*, 1999; Cardinale & Lim, 2003; Delecluse *et al.*, 2003; Kihlberg *et al.*, 1995).
- Aumento de la máxima contracción voluntaria isométrica (Curry & Clelland, 1981) y concéntrica (Lieberman & Issurin, 1997).
- Aumento de la potencia muscular (Issurin & Tenenbaum, 1999).
- Adaptaciones agudas del sistema cardiorrespiratorio: 3 minutos en pie sobre una plataforma vibratoria aumenta el consumo de O_2 considerablemente; hasta un nivel comparable al necesario para caminar a velocidad moderada.

a) Efectos a corto plazo

Son los efectos que tienen lugar inmediatamente después de la aplicación de WBV.

- Aumento de la potencia muscular (Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2000)
- Disminución de la actividad EMG; lo que indica alto estado de eficiencia neuromuscular (Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2000).
- Aumento de la máxima contracción voluntaria concéntrica (Bosco *et al.*, 1999) e isométrica (Torvinen *et al.*, 2002).
- Aumento de la altura del CMJ (Bosco *et al.*, 2000; Torvinen *et al.*, 2002).
- Aumento del equilibrio estático (Torvinen *et al.*, 2002).
- Adaptaciones endocrinas: aumentan las concentraciones plasmáticas de la hormona de crecimiento y la testosterona, y disminuye el cortisol. Otros estudios apreciaron una disminución de la glucemia y un aumento en la concentración de noradrenalina.

Respecto al tipo de fatiga provocada (por aplicación extenuante de WBV) se ha observado:

- Disminución de la altura del salto (Rittweger, Beller & Felsenberg, 2000).
- Disminución de la capacidad de máxima contracción voluntaria (Bongiovanni *et al.*, 1990; Jackson & Turner, 2003; Kouzaki *et al.*, 2000; Rittweger *et al.*, 2000).
- Disminución del pico de fuerza isométrica ante cargas submáximas (Rittweger *et al.*, 2003).

- Disminución del tiempo que se puede mantener una contracción submáxima (Rittweger *et al.*, 2003; Samuelson, Jorfeldt & Ahlborg, 1989).
- Disminución de la fuerza por unidad de tiempo (Jackson & Turner, 2003).

Se trata, por tanto, de una fatiga muscular por un estado de notable activación neurológica. Su origen aún no está del todo esclarecido. La actividad EMG tras series de un minuto disminuye, pero se alcanza un alto rendimiento neuromuscular, por tanto el origen puede ser periférico (Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2000). Si se aplica hasta la fatiga, en series de hasta 5-6 minutos, aumenta la EMG, pero disminuye el rendimiento muscular; lo que sugiere alta excitabilidad cortical (Rittweger *et al.*, 2000). Estos resultados sugieren que el tiempo de aplicación podría determinar qué tipo de estructuras neurológicas se ven afectadas. Por los trabajos realizados, parece ser de origen multifactorial. Hay disminución de la capacidad voluntaria de activación muscular tras WBV (origen a nivel cortical), y también disminuye la capacidad total del músculo de generar fuerza mediante estimulación eléctrica (sitúa el origen a nivel periférico) (De Ruiter *et al.*, 2003).

b) Efectos a largo plazo

Surgen tras un programa estructurado de entrenamiento vibratorio y, según la duración del mismo, pueden ser diferentes, por lo que debe ser un factor a tener en cuenta al analizar los resultados.

Bosco *et al.* (1998), durante 10 días de WBV, encontraron mejoras en el test de saltos repetidos de 5 segundos, pero no en el test CMJ. Argumentaron que en este tipo de salto la fase de elongamiento de los músculos no es lo suficientemente rápida como para activar el reflejo miotático, cosa que sí ocurre en el test de saltos repetidos. Se sugirió una posible elevación del umbral de descarga de los órganos tendinosos de Golgi; lo que permitiría que el complejo

músculo-tendón pudiera soportar mayores tensiones y, por tanto, un mayor número de unidades motrices fueran reclutadas durante la fase excéntrica.

Cochrane, Legg y Hooker (2004) realizaron el mismo protocolo que Bosco y confirmaron que no hay mejora en el test CMJ, extendiéndola al salto desde parado y a diferentes tests de velocidad y agilidad. “Quizá las capacidades de velocidad y, sobre todo, agilidad, no sean las más susceptibles de ser mejoradas” (Cochrane *et al.*, 2004). Además, la agilidad es una cualidad física compleja que incluye numerosos factores como la coordinación, la fuerza explosiva, o la velocidad.

El grupo EFFECTS, durante 4 semanas de WBV, tampoco encontró mejora en el test CMJ; pero sí en la potencia máxima en press de banca, en el test de una repetición máxima de sentadilla, y en la capacidad de equilibrio estático (*Flamingo balance test*), reduciéndose el número de desequilibrios cometidos en un minuto de apoyo monopodal (García-Artero, Ortega Porcel, Ruiz & Carreño Gálvez, 2006).

De Ruiter *et al.* (2003), con un protocolo de similares características que el anterior, pero de 2 semanas, no encontraron mejoras en la máxima contracción voluntaria isométrica ni en la fuerza por unidad de tiempo. Estos autores concluyeron que el poco tiempo de estimulación (5 series de 1 minuto) pudo ser la causa, o la corta duración del programa de entrenamiento.

Delecluse en 2005, tras 5 semanas de WBV, no comprobó un aumento adicional en el rendimiento de la velocidad (Delecluse, Roelants, Diels, Koninckx & Verschueren, 2005). El mismo autor con investigadores belgas, tras 12 semanas, encontraron mejoras en la máxima contracción voluntaria isométrica y en la fuerza isocinética concéntrica en los extensores de rodilla; pero de forma similar a otro grupo experimental que entrenó la fuerza convencionalmente. Sí hubo diferencias significativas en el CMJ para el grupo de WBV (Delecluse, Roelants & Verschueren, 2003).

Según Torvinen *et al.* (2002), “ampliar la duración de los programas de entrenamiento vibratorio no siempre asegura resultados positivos”. En su estudio, tras 2 meses de WBV, aumentó la máxima contracción voluntaria isométrica (no 4 meses después) y se apreciaron mejoras en la altura del CMJ (las cuales disminuyeron a los 4 meses, de 10,2% de ganancia a 8,5%). No hubo cambios en la capacidad de equilibrio estático ni en la velocidad-agilidad. Concluyeron que las adaptaciones producidas por WBV son similares a las ocurridas durante las primeras semanas de un programa de entrenamiento de fuerza: adaptaciones de tipo neuromuscular.

En cuanto a las adaptaciones endocrinas, parece haber alguna posibilidad de cambio en la composición corporal, pero de nuevo los resultados son contradictorios (Bosco *et al.*, 2000; Di Loreto *et al.*, 2004; McCall, Grindeland, Roy & Edgerton, 2000). Roelants y sus colaboradores (2004), en su estudio de 24 semanas, comprobaron un aumento de la masa libre de grasa, en mujeres jóvenes no entrenadas, y aumento de la máxima contracción isométrica e isocinética concéntrica (Roelants, Delecluse, Goris & Verschueren, 2004).

1.8.5.1.- Efectos de WBV sobre el sistema neuromuscular

Han sido numerosas las investigaciones basadas en los efectos sobre la fuerza y la activación neural medida por EMG. Bosco *et al.*, en 1998, apreciaron cambios significativos en la potencia de salto y en los saltos reactivos continuos en 5 segundos. Un año más tarde realizaron dos estudios midiendo el efecto de una sola sesión, efecto agudo, de WBV. Postularon que el efecto vibratorio es también inmediato, pues existen aumentos del índice de eficacia neural, aunque no hubo cambios en EMG. Issurin y Tenenbaum (1999) estudiaron también estos efectos agudos y vieron mejoras significativas.

Rittweger *et al.* (2000), comparando dos poblaciones de hombres y mujeres, también se percataron de un aumento en el índice de eficiencia neural tras WBV; pero en su estudio disminuyeron parámetros como la fuerza máxima voluntaria en extensión de pierna, la altura de salto, o la frecuencia media de

EMG durante la contracción voluntaria máxima. Según Komi, Viitasalo, Raurama y Vihko (1978) es un efecto similar al que se refleja al final de un programa de larga duración de entrenamiento de fuerza y potencia. Ocurre igual que en atletas entrenados con carga submáxima, en un rango del 70-80% de 1 RM: la respuesta máxima de EMG disminuyó al principio del entrenamiento (Häkkinen & Komi, 1985). Por tanto, es posible que la vibración provoque una adaptación biológica que tiene conexión con un efecto de potenciación neural similar al producido por el entrenamiento de fuerza y potencia. Posteriormente Rittweger *et al.* (2003), tras un estudio comparativo de ejercicio extremo de sentadillas, con y sin vibraciones, concluyeron: “la vibración asociada al ejercicio crea una alteración tal en el patrón de reclutamiento de fibras que, por lo menos aparentemente, mejora la excitabilidad neuromuscular”.

Cuando la vibración es aplicada mediante plataformas o mancuernas los resultados son bastante parecidos. Bosco *et al.* (1999) encontraron, en boxeadores de élite, un aumento del 200% entre los niveles de la señal EMGrms (media cuadrática de EMG) del bíceps braquial en reposo con respecto a la puesta en funcionamiento de una mancuerna de 2,6 kg vibrando. En el tren inferior también se ha encontrado un claro aumento de la señal EMGrms de la musculatura de la pierna al emplear plataformas vibratorias con respecto a la misma posición sin vibración (Berschin & Sommer, 2004; Cardinale & Lim, 2003; Delecluse *et al.*, 2003; Verschueren *et al.*, 2004). Además, parecen existir frecuencias de vibración que producen una mayor señal EMGrms que otras. Así, se ha descrito que frecuencias de 30 Hz son más estimulantes que las de 40 Hz y estas a su vez que las de 50 Hz (Cardinale & Lim, 2003). Dichos datos fueron corroborados por Tous y Moras (2004), donde además se encontraron frecuencias de vibración óptimas para cada músculo y persona. El comportamiento de la evolución entre la señal EMG y la frecuencia de vibración suele ser similar a las curvas de potencia: sube hasta alcanzar un pico para después bajar (Tous & Moras, 2004) (figura 1.7.). La tabla 1.2. expone los estudios que han registrado el efecto de la aplicación de vibraciones en la señal EMG.

Tabla 1.2. Estudios que han registrado el efecto de la aplicación de vibraciones en la señal EMG con respecto a niveles basales (Bosco *et al.* 1999) o respecto a la misma posición sin aplicar vibración. Los estudios de Delecluse *et al.* (2003) y Verschueren *et al.* (2004) presentan datos de caso único. (Tomada de Tous & Moras, 2004).

Fuente	Músculo	Frecuencia (Hz)	Ampl. (mm)	Efecto EMG
Bosco <i>et al.</i> (1999)	Bíceps braquial	30	6	+200 % RMS
Warman <i>et al.</i> (2002)	Recto femoral	50	¿	Isom. +30,1% Isok. +43% Din. +107 % RMS
Delecluse <i>et al.</i> (2003)	Recto femoral	35	5	+35% RMS
Cardinale y Lim (2003)	Vasto lateral	30	10 (pico a pico)	+34% RMS
Verschueren <i>et al.</i> (2004)	Cuadriceps	35	¿	+17,2 % RMS
	Gastrocnemio	35	¿	+170% RMS

RMS: root mean square (media cuadrática).

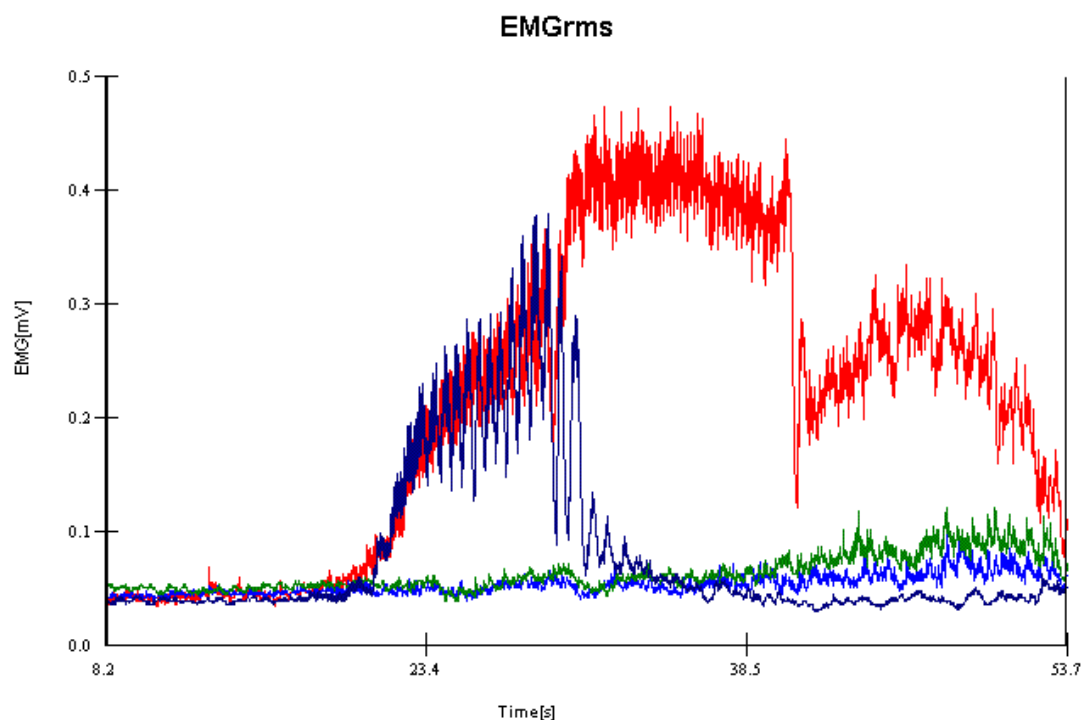


Figura 1.7. Evolución de la señal EMG como consecuencia del aumento progresivo (1Hz/seg) de la frecuencia de vibración*.

* La actividad EMG comienza a subir de manera significativa a los 20 Hz. Puede observarse cómo en el vasto interno (en rojo) se alcanza la máxima actividad entre 30 y 35 Hz. Sin embargo, el gemelo interno (en azul) alcanza su máximo a frecuencias inferiores (25-30 Hz). (Tomada de Tous & Moras, 2004).

Warman *et al.* (2002) emplearon una estimulación vibratoria diferente que consistía en un pistón accionado por un motor que se unía al muslo mediante unas tiras de velcro para transmitir la vibración. Se comparó la

actividad EMG durante la realización de acciones isométricas, isocinéticas o dinámicas encontrándose una mayor activación para las acciones dinámicas. Los autores sugirieron que la aplicación de vibraciones debería realizarse de manera concurrente a una acción muscular dinámica.

Volviendo al estudio de Bosco *et al.* (1999), los investigadores sometieron a estos boxeadores de élite ($n=12$) a 5 series de 60 segundos (un minuto de descanso) de vibraciones con una mancuerna a una frecuencia de 30 Hz y una amplitud de 6 mm. Según los autores, este entrenamiento es similar a un mes de entrenamiento realizando 50 repeticiones, 3 sesiones por semana, con una carga del 5% del peso corporal. Como consecuencia de esta única sesión de entrenamiento, se encontró un aumento de la potencia de los flexores del codo sometidos a vibración, además de un aumento de la señal EMGrms durante el tratamiento. Cabe señalar que en este estudio se empleó como control la extremidad contraria. Además, falta por saber si el aumento de la potencia registrado se mantuvo en días posteriores, ya que pudo deberse a un mayor calentamiento y circulación en la zona y no a una adaptación neural (Tous & Moras, 2004).

El mismo grupo de Bosco realizó un estudio semejante con jugadoras de voleibol que realizaron 10 series de 60 segundos con 1 minuto de descanso (en plataforma de vibración horizontal, a 26 Hz y 10 mm, manteniendo una flexión de rodillas de 100°), empleando también una extremidad como control, de forma que una única pierna estaba sometida a vibración. Tras la sesión, se encontró un aumento de la fuerza, velocidad y potencia medias en el ejercicio de prensa de piernas con 70, 90, 110 y 130 kg en la pierna experimental (Bosco *et al.*, 1999). Según los autores, este entrenamiento de 10 minutos, equivale a un estímulo de entrenamiento consistente en realizar 150 repeticiones en el ejercicio de prensa de piernas, o de media sentadilla con una carga de 3 veces el peso corporal, dos veces por semana durante 5 semanas. Sin embargo, los autores no revelaron los datos de cómo obtuvieron esta equivalencia.

Similares protocolos de trabajo fueron empleados en un posterior estudio (10 series de 60 segundos, con un minuto de descanso entre cada serie, y 6 minutos de descanso después de las 5 primeras series) a jóvenes deportistas de equipo. En esta ocasión se empleó una plataforma de vibración vertical con una frecuencia de 26 Hz y una amplitud de 4 mm. Se consiguió un aumento en el test CMJ y en la potencia aplicada en la prensa de piernas con una carga equivalente al 70% de 1RM. Por otro lado, se redujo la amplitud de la señal EMGrms, lo que según los autores, indica una mejora en la eficiencia neuromuscular, al requerirse una menor actividad muscular para aplicar incluso una mayor potencia mecánica (Bosco *et al.*, 2001).

Lieberman e Issurin (1997) comprobaron el efecto de levantar una carga del 60%, 70%, 90% y 100% de 1RM realizando una flexión de codo, con o sin la aplicación de una vibración (44 Hz y 0,6-3 mm). Para ello estudiaron a 41 deportistas de diferentes niveles de competición, encontrando un aumento de 1RM y una disminución de la percepción subjetiva del esfuerzo, cuando se realizó el ejercicio con vibraciones. Además, en el grupo de mayor nivel (8 deportistas olímpicos) los efectos fueron superiores. Dos años más tarde, Issurin y Tenenbaum (1999), con igual metodología, reportaron resultados similares, encontrando mejoras en la potencia máxima de un 10,4% (en deportistas de élite) y un 7,9% (en amateur), al levantar una carga de un 65-70% de 1RM con vibración añadida, respecto al mismo ejercicio sin vibración.

La influencia de la carga gravitacional sobre la performance muscular es de gran importancia. El efecto de la gravedad sobre el organismo en las rutinas diarias es suficiente para mantener las capacidades funcionales de los músculos; de este modo, si se induce un descenso de la gravedad (microgravedad), disminuye la masa y la fuerza muscular; en cambio, si se aumenta (hipergravedad), aumenta la masa y la fuerza muscular. Este efecto se ha usado comúnmente para mejorar la fuerza y la potencia muscular (Bosco *et al.*, 1984). Se ha comprobado que este tipo de ejercicio produce respuestas adaptativas específicas en los músculos esqueléticos, ya que estos son un tejido especializado que modifica su capacidad funcional global en respuesta a

estímulos diversos (Da Silva & Peña, 2004). Las respuestas adaptativas conllevan cambios neurales (son los primeros que se producen habiendo ya un aumento de fuerza) y morfológicos (Sale, 1988).

La situación de hipergravedad producida por las vibraciones se debe al aumento de las aceleraciones (Bosco *et al.*, 1998; Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2001; Issurin *et al.*, 1994; Issurin & Tenenbaum, 1999; Torvinen *et al.*, 2002). La acción mecánica de la vibración produce cambios rápidos en la longitud del complejo músculo-tendón, y la excitación producida durante la misma está ligada a la activación refleja. Aunque las terminaciones primarias del huso muscular son las más sensibles a la vibración, esta es percibida también por la piel, las articulaciones y las terminaciones secundarias (Ribot-Ciscar *et al.*, 1998). Según Naito *et al.* (2000), la vibración es capaz de activar el área motora suplementaria, entre otras áreas cerebrales. Esta es activada también en la fase temprana del inicio de los movimientos (Cunnington, Windischberger, Deecke & Moser, 2002).

El estímulo vibratorio influye sobre el estado excitatorio de las estructuras periféricas y centrales, lo cual facilitaría los movimientos voluntarios subsiguientes. Torvinen *et al.* (2002) observaron que las mejoras en la capacidad de salto vertical y en la fuerza desaparecían después de 60 minutos; así, parece ser que los efectos agudos observados tras exposición a la vibración tienen una vida corta; por tanto, resulta importante prever su duración. Rittweger *et al.* (2000) sostienen que una vibración de larga duración reduce la capacidad de generar fuerza. Tal efecto podría deberse a una sensibilidad reducida de los husos musculares. Es posible que los niveles aumentados de fuerza tras vibración se deban tanto a la mejora del reflejo de estiramiento, como al estado de excitación del área somatosensorial (Cardinale & Bosco, 2003).

En cuanto a sus efectos en la flexibilidad, las primeras observaciones sobre la aplicación de vibraciones mecánicas a todo el cuerpo como método de entrenamiento se encaminaron en esta dirección. Como ya indicamos, fue Nazarov quien observó que el ejercicio de estiramiento junto con vibraciones

producía una mejora en la flexibilidad mayor que el ejercicio de estiramiento por sí solo (Nazarov & Spivak, 1985). A raíz de esta observación se hipotetizaron 2 mecanismos posibles para aumentar la flexibilidad (Issurin *et al.*, 1994):

- Cambio en el umbral de dolor.
- Estimulación de los órganos tendinosos de Golgi (inhibición de contracción).

Algunos investigadores como Magnusson postularon que el primer mecanismo es el más probable, debido a que se produce un cambio en la percepción del estiramiento del músculo (Magnusson, Aagaard, Larsson & Kjaer, 2000; Magnusson, Aagaard, Simonsen & Bojsen-Moller, 1998). Parece que los cambios en los detectores de longitud (husos musculares) influirían en la percepción del movimiento.

Por otro lado, el entrenamiento vibratorio mejora la potencia muscular, pero es posible que no aumente la velocidad. Cochrane *et al.* (2004) estudiaron la velocidad para *sprint* de 5, 10 y 20 metros en atletas, tras 9 días de WBV, siguiendo el protocolo de Bosco de 1998. No hubo cambios significativos en esta cualidad. Da Silva *et al.* (2006), midieron los tiempos de carrera en 10 y 20 metros en jugadores de fútbol universitario, tras un entrenamiento vibratorio, y no hubo diferencias estadísticas entre el grupo control y el experimental. Los investigadores justificaron sus resultados por el alto volumen empleado (10 series), la poca recuperación entre cada serie (30 segundos), y el tiempo entre el término de la exposición y el retest. Comentaron que los jugadores estaban cansados y hubo fatiga muscular. Además, los ejercicios que realizaron en la plataforma carecieron de especificidad de posicionamiento para el *sprint*. Por el contrario, un estudio de Roelants, Delecluse y Verschueren (2004) evaluó la velocidad de movimiento en mujeres mayores (además de la fuerza en la extensión de rodilla) y concluyeron que WBV es un método de entrenamiento sustitutivo tan eficiente como el convencional para mejorar estos dos parámetros. Habría que señalar que el único test realizado para medir la

velocidad fue el test CMJ, por tanto, se necesitarían más pruebas para demostrar la mejora en esta cualidad.

1.8.5.2.- Efectos de WBV sobre el sistema cardiorrespiratorio

El sistema cardiovascular también se ve influenciado por el efecto del trabajo sobre las plataformas vibratorias. Los primeros estudios se centraron en trabajadores sometidos a vibración, los cuales presentaban síntomas vasoespásticos en los dedos de la mano: “dedo blanco producido por vibración” o *Vibration-induced White Finger* (VWF). Evaluaron la mano sometida a vibración y los efectos en la mano contralateral, modificando parámetros, con diferentes frecuencias, aceleraciones y tiempos de exposición. Luego experimentaron sobre la piel de modo semejante. La magnitud aumentada de vibración tendió a acrecentar la disminución del flujo sanguíneo del dedo en las dos manos y en la temperatura de la piel (Luo, Sakakibara, Zhu, Kondo & Toyoshima, 2000). Se postuló que el fenómeno subyacente es la actividad del sistema nervioso simpático que al ser activado produce vasoconstricción. Bovenzi y Griffin (1997) y Luo *et al.* (2000) señalaron que la exposición prolongada a vibración de alta intensidad puede producir factores adversos, como una mayor respuesta simpática frente al frío; tal y como se ha observado en pacientes con VWF. Del mismo modo, Lundström y Burstöm (1984) comprobaron el efecto negativo sobre la fuerza muscular y el flujo sanguíneo que tienen las vibraciones a altas frecuencias (80-100 Hz), pero no hay consenso sobre estos resultados.

Nakamura *et al.* (1996) obtuvieron efectos opuestos sobre el flujo sanguíneo digital. Aunque disminuía inicialmente, posiblemente por el agarre a la máquina vibratoria, aumentó gradualmente con la vibración. Además, se mostraron niveles menores de endotelina (potente vasoconstrictor) tras la vibración. Emplearon un vibrador en la mano con unos parámetros de 120 Hz y 50 m/s^2 en el eje x. También Zhang, Ericson y Styf (2003) encontraron un aumento de un 20% en el flujo sanguíneo del músculo tibial anterior como consecuencia de la aplicación de vibraciones al pie (aceleración= $16\text{-}46 \text{ m/s}^2$). Como aplicación práctica, este aumento del flujo sanguíneo tras ser sometido a

vibraciones, podría facilitar la eliminación del lactato después de realizar un esfuerzo intenso. Sin embargo, a nuestro conocimiento, no se han publicado trabajos sobre ello.

Kerschman-Schindl *et al.* (2001) estudiaron el volumen sanguíneo muscular en gastrocnemios y cuádriceps femoral, el cual se incrementó después del ejercicio, aumentando también la velocidad media de flujo de la arteria poplítea. Los parámetros empleados fueron 26 Hz, 3 mm y 9 minutos de vibración en sentido horizontal, lejos de las altas frecuencias (superiores a 80 Hz) soportadas durante largos periodos a las que se ven sometidas los trabajadores, lo cual explica la diferencia en los resultados encontrados. Podemos señalar al respecto que, si bien se han realizado numerosos estudios de vibraciones a bajas frecuencias y su efecto sobre la fuerza muscular (Bosco *et al.*, 1998; Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2000; Cardinale & Lim, 2003; Delecluse *et al.*, 2003; Torvinen *et al.*, 2002), existen pocos estudios sobre su efecto en el flujo sanguíneo a baja frecuencia.

Considerando el consumo de O₂, Rittweger, Schiessl y Felsenberg (2001) encontraron aumentos del mismo y comprobaron que es más controlable con WBV que con sentadilla tradicional (Fr= 26 Hz, amplitud= 6 mm). Determinaron que el nivel de metabolismo energético con este tipo de entrenamiento puede compararse al de un paseo moderado, como ya señalamos. Un año después, este mismo autor principal utilizó diferentes parámetros de frecuencia, amplitud y carga externa; observando que el consumo de O₂ aumenta proporcionalmente con la frecuencia (18, 26 y 34 Hz), con la amplitud (2,5; 5 y 7,5 mm) y con carga externa (en cintura y en hombros; 40% del peso corporal). Indicó así que WBV mejora de manera substancial la potencia metabólica y, por ende, la actividad muscular. La colocación de una sobrecarga en la cadera provocó un aumento del VO₂ que fue aún mayor cuando la carga se situó en los hombros, concluyendo que la potencia metabólica puede ser controlada paramétricamente mediante la frecuencia y amplitud de vibración así como con la colocación de sobrecargas externas (Rittweger *et al.*, 2002).

En cuanto a los efectos agudos que provoca este método, Rittweger *et al.* (2000) encontraron, después de la aplicación de vibraciones con una frecuencia de 26 Hz y una amplitud de 10,5 mm, con una sobrecarga en la cintura del 40% del peso corporal en hombres y 35% en mujeres, los cambios expuestos en la tabla 1.3. El ejercicio de los 40 sujetos participantes consistió en que, después de mantenerse de pie durante 30 segundos, realizaban sentadillas flexionando las rodillas en ciclos de 6 segundos (3 segundos de subida y 3 de bajada), lo más suavemente posible.

Tabla 1.3. Cambios provocados en diferentes parámetros como consecuencia de la realización de flexo-extensiones de rodilla hasta la fatiga (con sobrecarga del 40% del peso corporal) sobre una plataforma vibratoria (Rittweger *et al.*, 2000).

Parámetro	Línea de base	Fatiga	Recup (15 min)
Tiempo (s)	0	325 (125)	
Lactato (mM/l)	1,69 (0,5)	3,5 (1,6)	
FC (b/m)	98 (17)	128 (22)	95 (19)
Presión sistólica (mmHg)	114(11)	132 (16)	109 (11)
Presión diastólica (mmHg)	68 (8)	52 (14)	69 (7)
VO ₂ (ml/kg/min)	7,3 (1,5)	21,3 (4,0)	
Cociente respiratorio	0,82 (0,05)	0,90 (0,08)	

Por otro lado, en sujetos trasplantados de corazón (n= 14) se registraron los cambios expuestos en la tabla 1.4. El ejercicio realizado sobre la plataforma vibratoria (26 Hz; 3 mm) demostró ser un método adecuado y seguro para la rehabilitación y mejora funcional de este tipo de sujetos (Crevenna *et al.*, 2003).

Tabla 1.4. Cambios provocados en diferentes parámetros en sujetos trasplantados de corazón como consecuencia de la realización de flexo-extensiones de rodilla hasta la fatiga sobre una plataforma vibratoria (Crevenna *et al.*, 2003).

Parámetro	Línea de base	Fatiga	Recup (3 min)	Recup (5 min)
Tiempo (s)	0	248		
Lactato (mM/l)	1,2 (0,3)*	2,0 (1,5)*	2,3 (0,8)*	2,1 (0,7)*
FC (b/m)	98 (10)	121 (20)*	107 (15)	104 (14)
Presión sistólica (mmHg)	136 (17)	158 (23)*	139 (15)	139 (15)
Presión diastólica (mmHg)	90 (13)	93 (16)	93 (13)	91 (13)

En el estudio de Rittweger *et al.* (2000), se registró la aparición de edemas y eritemas en la zona de la pantorrilla, sobre todo después de la primera sesión, y particularmente en las mujeres. Sin embargo, Crevenna *et al.*

(2003) no observaron estos efectos, probablemente por la diferente amplitud de vibración empleada así como por la ausencia de sobrecarga externa añadida. No obstante, la percepción subjetiva del esfuerzo medida con la escala de Borg fue igual a 18 en ambos estudios. También Russo *et al.* (2003) corroboraron la aparición de eritemas en mujeres posmenopáusicas aunque siempre de manera transitoria, moderada y no perturbadora.

Podemos decir, en vista de los estudios revisados, que existe una mejora de la circulación sanguínea debido a un proceso de vasodilatación capilar, si las vibraciones son de baja intensidad y las exposiciones son cortas, lo que favorece el metabolismo celular. La circulación venosa se beneficia, además, del efecto de bombeo que las vibraciones a través de la contracción muscular inducen. Así mismo, las investigaciones llevadas a cabo por Oki, Ishitake, Ohkubo y Matoba (1989) con animales sometidos a vibraciones describieron un menor desarrollo de arterioesclerosis, tanto a frecuencias de 30 como de 60 Hz, durante 12 semanas; apreciándose menor depósito de material en las paredes de los vasos en las frecuencias altas. Estos resultados pueden aumentar las expectativas en humanos, ante la posibilidad de prevenir dicha enfermedad de gran prevalencia en adultos mayores.

Los mecanismos que se postulan responsables de los cambios en el sistema cardiovascular pueden resumirse en los siguientes:

- El ensanchamiento observado en los vasos pequeños que reduce la resistencia periférica. Con lo cual puede aumentar la velocidad de flujo de la arteria poplítea (Kersch-Schindl *et al.*, 2001).
- El tixotropismo también puede influir: es posible que la vibración reduzca la viscosidad sanguínea y esto puede permitir el aumento de la velocidad media.
- La relación encontrada entre endotelina y flujo sanguíneo puede explicar el fenómeno de la vasodilatación; pues se encuentra disminuida y es un potente vasoconstrictor (Nakamura *et al.*, 1996).

- Cuando aumenta el consumo de O₂, en condiciones normales, aumenta la potencia metabólica relacionada con la vibración (Rittweger *et al.*, 2001).

1.8.5.3.- Efectos de WBV sobre la masa ósea y el tejido cartilaginoso

La arquitectura esquelética está determinada tanto por factores genéticos como por una historia de modelamiento y remodelamiento, a su vez influida por sobrecargas mecánicas. Sabemos que la pérdida más acentuada la sufren las mujeres en período posmenopáusico (pérdida de un 5-8% al año). Asimismo se sabe que el tejido óseo más afectado es el trabecular.

Sobre los beneficios de la actividad física en este tejido se han postulado diferentes mecanismos. Aloia y Cohn (1978) dieron 3 posibles explicaciones:

- Una influencia nerviosa directa.
- Cambios vasculares y del flujo sanguíneo asociados al ejercicio.
- La tensión mecánica y muscular como resultado del esfuerzo para mantener el peso.

Parece que el tejido óseo se ve influido por los esfuerzos de compresión en su eje longitudinal, normalmente producido por el efecto gravitatorio y la tensión muscular; pero también como resultado de fuerzas de impacto longitudinales que a su vez provocan vibración en el hueso, como es el caso de la marcha y la carrera.

Las explicaciones ofrecidas por los estudios de vibración se centran más sobre los factores intrínsecos del propio hueso y su ambiente. Una de ellas sugiere que la carga induce un flujo de líquido a través de los espacios extracelulares, el cual aumenta al utilizar frecuencias altas (Weinbaum, Cowin & Zeng, 1994). El flujo causa un “estrés de cizallamiento” sobre la membrana

celular que, se sabe, estimula células en cultivo. Podría ser que también estimulase células *in vivo*. Se han propuesto también diferentes mecanismos para la conversión de fuerzas de líquido extracelular en respuestas celulares (mecanorreceptores de membrana, proteínas de adhesión locales, señales citoesqueléticas).

Desde el punto de vista biológico, las señales mecánicas osteogénicas que forman y previenen la pérdida de hueso, pueden también influir sobre moléculas que participan en la formación y reabsorción ósea. Rubin, Turner, Bain, Mallinckrodt y McLeod (2001) mostraron una relación inversa entre la citoquina (osteoclastogénesis) y la tasa de formación ósea. Anteriormente Rubin *et al.* (1994) iniciaron tales investigaciones con modelos animales, observando la sensibilidad del tejido óseo al estímulo vibratorio. Más tarde comprobaron que una vibración de baja amplitud y alta frecuencia puede mejorar la formación de hueso trabecular. En 2001 y 2002, su equipo continuó investigando con otros animales, encontrando mejoras en la calidad del hueso trabecular en la porción proximal del fémur (5,4%), trocánter menor (34,2%) y un aumento global de la densidad trabecular:

- 45% nº de malla trabecular
- 32,2% volumen de hueso trabecular
- 36% reducción en espacios de malla

Ninguno de los parámetros corticales presentó cambios significativos y se postuló que el efecto anabólico producido por la vibración es sumamente específico del tejido óseo trabecular (Rubin, Sommerfeldt, Judex & Qin, 2001; Rubin, Xu & Judex, 2001; Rubin *et al.*, 2002).

También este autor evaluó la capacidad de la vibración para neutralizar la osteoporosis inducida por la falta de actividad. En 28 días había neutralizado por completo los efectos negativos de la falta de actividad (10 minutos/día, 5 días/semana). Flieger, Karachalios, Khaldi, Raptou y Lyritis (1998),

previamente, experimentaron el uso de WBV en la prevención de la pérdida de masa ósea en ratas ovariectomizadas, no apreciándose efecto en las ratas que no lo estaban.

Ya en humanos, Verschueren *et al.* (2004) trabajaron con 25 mujeres posmenopáusicas de 58-74 años, durante 6 meses con WBV, empleando frecuencias de 35-40 Hz; consiguiendo aumentar la densidad ósea de la cadera, sin percibir aumentos en la densidad total ni de la región lumbar. Los marcadores séricos de remodelamiento óseo tampoco fueron diferentes. Rubin *et al.* (2004) estudiaron durante un año a mujeres posmenopáusicas que realizaron 2 entrenamientos diarios de 10 minutos con WBV (separados por 10 horas), todos los días durante ese año. La densidad mineral ósea aumentó en la cabeza del fémur (2,17%) y en la columna lumbar (1,5%). Observaron también que estos cambios eran más beneficiosos en las mujeres cuyo peso corporal era más bajo.

En nuestro país, Raimundo realizó su tesis doctoral con mujeres posmenopáusicas, evaluando diversos parámetros durante 8 meses; entre ellos, la densidad ósea tras WBV; encontrando disminución en la pérdida de masa ósea en el cuello del fémur. Concluyó que habría que disminuir la flexión de rodilla para que afectase a la región lumbar (esta era de 120°). Lo significativo de sus hallazgos fue la comprobación de la efectividad del entrenamiento vibratorio en dos factores determinantes para las caídas: el equilibrio y la densidad de masa ósea. Por su parte, Gusi junto con Raimundo sometieron a mujeres de similares características a 6 minutos de WBV, 3 días a la semana durante el mismo período de tiempo, en un estudio aleatorio controlado, y concluyeron que la vibración es más efectiva que la marcha para disminuir el riesgo de fractura de cadera (Gusi, Raimundo & Leal, 2006; Raimundo, Gusi & Tomas-Carus, 2009).

Esta puede ser una de las aplicaciones más prometedoras de este método: prevención y rehabilitación de la osteoporosis. Más recientemente se han publicado los mismos efectos en niños discapacitados (Ward *et al.*, 2003). Parece que estas poblaciones tienen mayor capacidad de beneficiarse que

población joven y sana como la empleada por Torvinen *et al.* (2003), los cuales no encontraron ninguna adaptación ósea después de 8 meses de entrenamiento. La frecuencia y amplitud de vibración debe tener gran importancia en la proliferación de osteoblastos en cultivo, habiéndose encontrado que estos son más sensibles a vibraciones de baja amplitud y frecuencia amplia (de 0 a 50 Hz) (Tanaka *et al.*, 2003). Esta respuesta osteogénica a la carga mecánica parece ser aumentada si se emplea el fenómeno de resonancia estocástica. Para conseguir este efecto se debe añadir ejercicio dinámico a la aplicación de vibraciones (Tanaka, Alam & Turner, 2003). Los dos estudios señalados fueron realizados con cultivos o con ratas. En humanos, el grupo de Rubin promovió el uso de vibraciones en torno a los 30 Hz, con una amplitud muy pequeña que resulta en una aceleración de solo 0,3 g. En cambio, en el trabajo de Verschueren *et al.* (2004), se emplearon frecuencias similares (35-40 Hz) pero amplitudes entre 1,7 y 2,5 mm, para resultar en aceleraciones muy superiores de 2,28-5,09 g. Ambos estudios obtuvieron mejoras significativas, como ya hemos señalado, por lo que se hace necesario realizar más estudios para conocer la posible especificidad de la respuesta osteogénica a la amplitud y frecuencia de vibración.

Otro modelo de investigación es el empleado por Rittweger y Felsenberg (2004) para prevenir la pérdida de masa ósea en sujetos que permanecieron encamados durante 8 semanas. El grupo de entrenamiento recibió vibraciones mecánicas en posición supina (19-23 Hz), a razón de 4 series de 1 minuto, 2 veces al día, 6 días a la semana. Después del entrenamiento la pérdida de masa ósea no fue significativa pero sí diferente a la pérdida obtenida en el grupo control (Rittweger & Felsenberg, 2004).

Torvinen *et al.* (2003) señalaron que el entrenamiento vibratorio carece de propiedades osteogénicas, en vista de los resultados de su estudio, pero hay que tener en cuenta que su muestra de sujetos era joven. En cambio, el equipo de Rubin realizó sus estudios con ovejas envejecidas y apuntó que “donde aparecen los primeros cambios esqueléticos es en casos en los que algún componente de la fisiología normal de la señal reguladora esté

disminuido” (Rubin *et al.*, 2002); por ejemplo, cuando hay falta de actividad muscular por inmovilizaciones o causas neurológicas. Esta teoría viene apoyada por estudios posteriores (Rubin *et al.*, 2004; Verschueren *et al.*, 2004) en los que se observó mejora de la masa ósea en mujeres posmenopáusicas o, al menos, disminución de su pérdida.

Es posible que el tipo de carga también pueda influir en los resultados. Rubin *et al.* (2001; 2002) obtuvieron resultados positivos en animales con muy baja magnitud (0,3 g) y alta frecuencia (30 Hz), considerando la posibilidad de que el efecto anabólico sobre el hueso trabecular lo constituyan este tipo de estímulos mecánicos (Rubin & McLeod, 1994). Torvinen *et al.* (2003) utilizaron alta magnitud y una exposición multidireccional. A su vez, quisieron analizar la performance física, así que los sujetos realizaban ejercicios como cambiar el peso de una pierna a otra, dar pequeños saltos, mantenerse en una posición relajada; consiguiendo estimular tanto el hueso como el músculo. Tras sus resultados carentes de mejoras, cabría la posibilidad de que las posiciones disminuyan la capacidad de transmisión de las ondas vibratorias a través del sistema esquelético. Según autores, el mantenimiento de media sentadilla sobre la plataforma a 30 Hz, disminuye la transmisión de la onda vibratoria a valores inferiores a 1/5 parte de lo que sería en bipedestación (Rubin *et al.*, 1994). La transmisión viene afectada también por la frecuencia empleada. De este modo, frecuencias que se acercan a 40 Hz disminuyen la capacidad de esta transmisión; en cambio, las frecuencias ideales tendrían un valor límite de 35 Hz. Por otro lado, Torvinen *et al.* (2003) realizaron un entrenamiento vibratorio de 4 minutos por sesión, no resultando estímulo suficiente. Los estudios en que se ha encontrado mejora en la masa ósea tenían una duración de 20-30 minutos.

Probablemente los cambios óseos precisen de más tiempo en ocurrir y ser observados. Verschueren *et al.* (2004) no consiguieron cambios en la osteocalcina y el telopéptido-C, al igual que Torvinen (2003); pero sí hubo aumentos en la densidad de masa ósea en la cadera, no apreciándose en la región lumbar ni en el total corporal. Postularon que el efecto sobre el tejido

óseo debe ser de tipo local y que el efecto osteogénico de la vibración no está mediado por las contracciones musculares reflejas: la ganancia muscular no está estadísticamente relacionada con los aumentos de fuerza generados por WBV.

La razón por la que altas frecuencias pueden ser el estímulo más adecuado no se sabe aún. Según Rubin *et al.* (2002), tal respuesta del hueso puede no resultar de su deformación, sino de los derivados de la señal de alta frecuencia como el “estrés de cizallamiento” causado por el flujo de fluido. ¿Porqué unas frecuencias pueden producir el cambio y otras no?: puede que por la resonancia estocástica (Da Silva *et al.*, 2006). Dicha resonancia estocástica puede aumentar la mecanosensibilidad de diferentes mecanorreceptores como son los husos musculares (Cordo *et al.*, 1996). En conclusión, aún queda por definir el protocolo de WBV que puede resultar más osteogénico.

Respecto a los efectos sobre el tejido cartilaginoso, sabemos que el cartílago necesita recibir cargas mecánicas externas para asegurar su nutrición. El tejido cartilaginoso, al contrario que otros tejidos conectivos, no posee vasos sanguíneos o terminaciones nerviosas propias. Por esta razón, la regeneración del mismo ante una lesión es sumamente dificultosa requiriendo de una neovascularización e inervación de la zona. Para evitar degradarse, este tejido necesita recibir cargas dinámicas mecánicas externas (Liu *et al.*, 2001). A nuestro conocimiento no se han publicado estudios que hayan comprobado la posible adaptación del tejido cartilaginoso ante un estímulo vibratorio como el que puede provocarse con WBV. Sin embargo, se han realizado estudios con cultivos de condrocitos articulares de conejo cuyos resultados son muy prometedores. De este modo, Liu *et al.* (2001) encontraron que una vibración de 300 Hz y 1,4 g provocaba un aumento considerable de la síntesis de ADN en dichos condrocitos así como un aumento en la síntesis de proteoglicanos. Sin embargo, frecuencias de 200 Hz y 400 Hz provocaban un efecto contrario. Esta es una de las líneas de trabajo donde más se debería

investigar para comprobar si en sujetos con osteoartritis se producen mejoras significativas como consecuencia de la aplicación de estímulos vibratorios.

1.8.5.4.- Efectos de WBV sobre el sistema endocrino

Se ha observado que tras la realización de ejercicios de fuerza de corta duración se producen respuestas hormonales rápidas en hombres y mujeres (Kraemer *et al.*, 1992), estudiándose sus efectos según la intensidad y duración del entrenamiento. Parece ser que WBV también produce cambios significativos sobre el perfil hormonal que pueden ser importantes para la mejora crónica de la función neuromuscular.

Ariizumi y Okada (1983) analizaron el contenido de serotonina en el cerebro y de corticosterona en sangre de ratas, tras la exposición a vibraciones. Reflejaron aumento de ambas, la primera posiblemente por su función de mantenimiento de la homeostasis, y la segunda por su papel a nivel del hipotálamo (sobre la función hipofiso-adrenocortical). Bosco *et al.* (2000) publicaron un estudio sobre las respuestas agudas de WBV en las concentraciones plasmáticas hormonales y la performance neuromuscular. Encontraron aumentos de testosterona y hormona de crecimiento (GH), disminución del cortisol, al mismo tiempo que incrementos en la efectividad neuromuscular. Esto apunta a que los dos fenómenos pueden tener mecanismos subyacentes comunes. La disminución del cortisol puede ser por estimulación del feedback nervioso procedente de los músculos esqueléticos, esencial para las respuestas de la corticotrofina y la beta-endorfina. Los autores expusieron la posibilidad de que las estructuras serotoninérgicas del hipotálamo posean un papel inhibitorio sobre los centros neurosecretores hipotalámicos.

En otro estudio de Bosco *et al.* (2000) comprobaron una supresión parcial en los sistemas pituitario-adrenocortical y pituitario-testicular, reflejado en la disminución de las concentraciones de cortisol y testosterona en sangre después de una sesión de WBV; resultados semejantes a los que se producen con un entrenamiento de fuerza convencional. Argumentaron que un nivel

adecuado de testosterona puede compensar el efecto de la fatiga, asegurando una eficacia neuromuscular en fibras rápidas. Esto estaría de acuerdo con el descenso hormonal y neuromuscular observado. Sin embargo, es la disminución de la concentración de cortisol la que más dudas plantea, haciéndose necesaria la realización de más estudios sobre la respuesta hormonal a la aplicación de vibraciones. Por otro lado, los estudios realizados se centran en la población joven o en atletas. Un estudio con personas mayores apreció un incremento agudo de los niveles de IGF-1 y cortisol, resultando contradictorio con los niveles de cortisol disminuidos que otros estudios señalan (Cardinale, Soiza, Leiper, Gibson & Primrose, 2008).

McCall, Grindeland, Roy y Edgerton (2000) fueron los primeros en encontrar en humanos que la activación de las vías aferentes de los husos musculares, como consecuencia de la vibración, modulaba las concentraciones plasmáticas de hormona de crecimiento bioensayable (BGH). Esta hormona es sintetizada por la glándula pituitaria, constituyendo un factor de crecimiento que estimula la formación ósea. Aunque comparte con la GH un origen pituitario y su efecto sobre el crecimiento óseo, la regulación de la BGH parece ser diferente a la de la GH (Gosselink *et al.*, 2004). En el estudio de McCall *et al.* (2000) se aplicó directamente al tibial anterior un estímulo vibratorio (100 Hz y 1,5 mm de amplitud) de una duración de 10 minutos. Inmediatamente después del estímulo se registró un aumento del 94% en la concentración plasmática de BGH en el tibial anterior y un descenso de un 22% en el sóleo. Esto podría indicar que existe una regulación diferenciada en la liberación de BGH en estos dos músculos, con predominio de fibra lenta, que podría estar relacionada con su antagónica función flexora o extensora. Los autores concluyeron en la evidencia indirecta de un eje músculoaferente-pituitario que modula la liberación de BGH de manera específica al músculo sometido a vibración. Estos hallazgos tienen aplicaciones útiles, ya que se ha observado cómo en microgravedad o en encamamiento queda alterada la liberación de BGH inducida por el ejercicio (McCall *et al.*, 1997; McCall *et al.*, 1999).

Un ensayo controlado sobre el efecto de 25 minutos de estímulo vibratorio (30 Hz; 4 mm) en el sistema endocrino de 10 varones sanos, encontraron una ligera reducción de la glucosa plasmática y un aumento de las concentraciones plasmáticas de norepinefrina; pero no se registraron cambios en las concentraciones circulantes de otras hormonas. Ello indicaría que se aumenta la utilización de glucosa por parte de la musculatura activa (Di Loreto *et al.*, 2004). Goto y Takamatsu (2005) también apreciaron aumentos de norepinefrina en su estudio (26 Hz/ 2.5 mm), esta vez con plataforma oscilante.

Los mecanismos que se postulan responsables de los cambios hormonales con WBV pueden resumirse en los siguientes:

- Las adaptaciones neuromusculares podrían estar relacionadas o influidas por factores hormonales. Se sabe que las respuestas a los cambios ambientales externos conllevan factores neurales y hormonales (Fitts, Riley & Widrick, 2001), e incluso en las respuestas a variaciones gravitacionales se producen alteraciones hormonales.
- Estudios con astronautas mostraron que la microgravedad lleva a disminuir los niveles de andrógenos y GH (McCall *et al.*, 1999). Estos cambios se deben a la gran perturbación sobre la homeostasis corporal que conlleva esta situación, debido a la falta de tensión física en el sistema musculoesquelético. También a la pérdida de presión hidrostática y a la alteración del sistema motor sensorial (Cardinale & Bosco, 2003).
- Por otra parte, el aumento de la carga gravitacional del ejercicio de fuerza aumenta los niveles de hormonas androgénicas y GH. El alto estrés muscular requiere incrementar el nivel de activación neural y representa, por tanto, una demanda aumentada con respecto a situaciones homeostáticas; estimulando respuestas fisiológicas rápidas (Cardinale & Bosco, 2003).

- Al realizar un entrenamiento de fuerza se produce una rápida activación endocrina que se transmite a centros autonómicos y neurosecretorios hipotalámicos. La influencia de retroalimentación de los propioceptores del músculo estimula aún más tales respuestas.
- Las características mecánicas de la vibración podrían proporcionar un estímulo adecuado para la secreción hormonal. Se ha comprobado que WBV también aumenta los niveles de testosterona y GH, además de producir efectos sobre la retroalimentación sensorial (Bosco *et al.*, 2000).
- Algunas investigaciones subrayan la interacción entre propioceptores y respuestas hormonales, observada en los niveles de GH, tras identificar la activación de músculos específicos con WBV (McCall *et al.*, 2000).
- Los aumentos de testosterona observados tras la vibración pueden estar relacionados con los incrementos de fuerza y potencia. La posible influencia de este andrógeno sobre el mecanismo de manejo del calcio en el músculo esquelético podría facilitar la activación muscular (Da Silva, Vaamonde & Padullés, 2006).

1.8.5.5.- Efectos de WBV sobre los sistemas sensorial, propioceptivo y de control postural

Los mecanorreceptores situados en la piel tienen la capacidad de discriminar sensaciones. Todos son sensibles a la aplicación de un estímulo vibratorio en mayor o menor medida. Por ejemplo, la palma de la mano posee 4 tipos de receptores cutáneos, unos de adaptación rápida (FAI y FAII) y otros de adaptación lenta (SAI y SAII). Se ha comprobado que los FAI son más sensibles a vibraciones entre 30 y 40 Hz, y los FAII entre 60 y 100 Hz. Los SAI y SAII responden de forma similar, pero con frecuencias inferiores a los 15 Hz (Toma & Nakajima, 1995). Así mismo, la exposición prolongada a vibraciones puede alterar estos receptores, disminuyendo el rendimiento de los procesos perceptivos y sensoriomotores (Ribot-Ciscar, Roll, Tardy-Gervet & Harday, 1996).

Las vibraciones, por otro lado, parecen tener capacidad para estimular la propiocepción y provocar efectos duraderos sobre la postura en adultos sanos (Priplata, Niemi, Harry, Lipsitz & Collins, 2003; Wierzbicka, Gilhodes & Roll, 1998). Además, se ha encontrado una mejora del control postural y propioceptivo con WBV en personas que habían padecido infarto, tras la realización de 4 repeticiones de 45 segundos de exposición, con un minuto de pausa (30 Hz; 3 mm) (Van Nes, Geurts, Hendricks & Duysens, 2004). En cambio, Trans *et al.* (2009) midieron la fuerza muscular y la propiocepción de mujeres con osteoartritis de rodilla. El grupo de WBV mejoró la fuerza muscular más que los otros, pero el grupo sometido a ejercicios de equilibrio mejoró esta cualidad significativamente respecto al de vibraciones. Los autores manifestaron que WBV es un método saludable y disminuye el tiempo de fisioterapia en las mujeres que padecen osteoartritis.

Investigadores de la Universidad de Nueva York, han descrito la posibilidad de inducir, por medio de vibraciones, el reflejo de permanecer en bipedestación en personas con lesión medular (Gianutsos, Ahn, Richter, Heath-Gyorok & Grynbaum, 2001; Gianutsos *et al.*, 2001; Gianutsos *et al.*, 2004). De este modo, las vibraciones pueden resultar un método prometedor en la rehabilitación de pacientes con alteraciones motrices de origen medular.

En efecto, es sobre el sistema neurológico donde se dirigen mayoritariamente las últimas investigaciones (Haas, Hochsprung, Turbanski, Brand & Schmidbleicher, 2004), habiéndose observado una “sensibilización” del sistema nervioso tras WBV; provocando una mejora de las señales sensoriales, con un aumento del potencial de activación voluntario (Van Nes *et al.*, 2004). El empleo de plataformas vibratorias puede mejorar el mecanismo de la marcha, con aumento del equilibrio (Torvinen *et al.*, 2002), al igual que la coordinación y propiocepción (Bruyere *et al.*, 2005). En personas afectas de síndrome parkinsoniano, se ha descrito una reducción de su sintomatología; en concreto, de la espasticidad, la rigidez, el temblor y la bradicinesia (Arias, Chouza, Vivas & Cudeiro, 2009; Chouza, Arias, Viñas & Cudeiro, 2011;

Ebersbach, Edler, Kaufhold & Wissel, 2008; Haas, Turbanski, Kessler & Schmidtleicher, 2006).

En las investigaciones iniciales sobre la enfermedad de Parkinson un programa constó de 5 series de 60 segundos a frecuencias theta (Haas & Schmidtleicher, 2002; Jordan, Norris, Smith & Herzog, 2005). El resultado fue una modificación de la actividad cerebral de estas personas, no solo por el incremento en la concentración de dopamina y serotonina, sino que también provocó una mayor actividad talámica. Se registró un aumento en los potenciales motores evocados, lo que corrobora que WBV actúa sobre la excitabilidad de la corteza motora (Haas *et al.*, 2004; Kossev, Siggelkow, Kapels, Dengler & Rollnik, 2001). Los efectos pueden observarse a los 10-60 minutos tras la primera aplicación, con una duración de los mismos entre 2 y 48 horas, notando una mejoría de sus síntomas cerca del 80% de los pacientes (Haas & Schmidtleicher, 2002; Haas & Schmidtleicher, 2003).

Otros investigadores, tras entrenamiento vibratorio en personas con parálisis cerebral, indicaron una mejora en la fuerza, en la función motora manual, así como una disminución de la espasticidad (Aalborg, Andersson & Julin, 2006). De este modo, la estimulación de los mecanorreceptores propioceptivos puede que induzca a la reorganización espinal y cortical, lo que supondría una mejora del control propioceptivo postural en sujetos con antecedentes de accidente cerebrovascular (Van Nes *et al.*, 2004); en concreto, se han corroborado efectos positivos en pacientes con hemiplejía (Nagino *et al.*, 2013). También contribuiría, como ya señalamos, a una mejora del equilibrio, con un menor riesgo de caídas en las personas mayores (Bruyere *et al.*, 2005).

La aplicación de vibraciones mecánicas provoca sucesivas y múltiples situaciones de inestabilidad que fomentan el proceso de aprendizaje motor. Esto conlleva la adaptación de los esquemas de reflejos neuromusculares que derivan en un control más eficiente de los procesos de vibración. Además, en jóvenes desentrenados, se ha comprobado que Tai Chi Chuan combinado con entrenamiento vibratorio puede mejorar de manera más eficiente el control del

equilibrio y la fuerza muscular de las extremidades inferiores porque no hay ninguna interacción cruzada entre estos dos tipos de métodos de entrenamiento (Chung, Lin, Liu, Chuang & Shiang, 2013). Los efectos fisiológicos de WBV, expuestos con anterioridad, evidencian su eficacia en el entrenamiento deportivo. De igual modo, parecen resultar efectivas como aplicación terapéutica.

El tratamiento de fisioterapia de las lesiones del ligamento cruzado anterior tiene como objetivo la mejora de la fuerza del aparato extensor, pero también de la propiocepción, ya que la lesión del ligamento implica la pérdida de numerosos mecanorreceptores. Con el empleo de las vibraciones se consiguen ambos fines en un breve plazo de tiempo. Haas, Turbanski y Schmidtbleicher (2004) indicaron su aplicación, transcurridas entre 6 y 10 semanas de la cirugía, siempre que no exista dolor o derrame. Recomendaron comenzar con el miembro inferior sano apoyado en una superficie que no oscile, soportando la mayor parte del peso corporal, y el miembro lesionado sobre la plataforma. Los resultados positivos consideran que se obtienen a las 2 semanas de tratamiento, con un protocolo de 5 sesiones a la semana de un minuto de duración cada sesión, y empleando frecuencias de 30 Hz (Salvarani *et al.*, 2003).

1.8.5.6.- Efectos de WBV sobre la composición corporal

Vissers *et al.* (2010) investigaron los efectos de WBV en el peso, composición corporal y factores de riesgo metabólico en adultos con sobrepeso y obesos. Tras 6 meses de intervención, los grupos de dieta con restricción calórica, dieta con fitness y dieta con entrenamiento vibratorio disminuyeron su peso respecto a un grupo control que no cambió su estilo de vida. En un seguimiento posterior de otros 6 meses, encontraron que el grupo de dieta con fitness mantuvo la pérdida de peso, pero solo el grupo de dieta con WBV disminuyó el tejido adiposo visceral después de 6 y 12 meses, comparado con los otros grupos. El protocolo de vibraciones verticales fue progresivo en frecuencia (30, 35 y 40 Hz), amplitud (*low-high*), tiempo de las sesiones (de 11,9 a 14,2 minutos), número de ejercicios (entre 10 y 22, estáticos y

dinámicos) y tiempo de cada ejercicio (30, 45 y 60 segundos, con igual periodo de descanso). En base a estos resultados llegaron a la conclusión de que tanto el ejercicio aeróbico como el entrenamiento WBV, además de una dieta hipocalórica, pueden ayudar a lograr a medio y largo plazo la pérdida de peso del 5-10%. Cuando se combina con una dieta hipocalórica, WBV parece tener el potencial para reducir la circunferencia de la cintura y la grasa visceral en mayor medida que el ejercicio aeróbico. Sin embargo, el ejercicio aeróbico parece tener un efecto más fuerte sobre el HDL colesterol, triglicéridos y la capacidad aeróbica. Por lo tanto, estos datos preliminares sugieren que una combinación de ambos ejercicios pueden ser potencialmente incluidos en programas de pérdida de peso en el futuro.

Previos estudios en ratas mostraron que WBV reduce la acumulación de grasa (Maddalozzo, Iwaniec, Turner, Rosen & Widrick, 2008). Curiosamente, Rubin *et al.* (2007) informaron que la adipogénesis es inhibida en ratones por una breve exposición diaria a baja magnitud de vibraciones. Aunque no hubo diferencias significativas en la grasa visceral y la circunferencia de la cintura, los autores reconocieron el hecho de que la reducción de grasa abdominal puede ser modificada por el fenotipo de obesidad en respuesta a la pérdida de peso, según lo informado por Okura, Nakata, Lee, Ohkawara y Tanaka (2005).

Por su parte, Roelants, Delecluse, Goris y Verschueren (2004) encontraron que WBV induce un pequeño aumento de la masa libre de grasa, pero no dedujo el peso, la grasa corporal total o subcutánea en mujeres desentrenadas. Dichos autores quisieron apreciar el efecto de las vibraciones sobre la composición corporal en comparación con un entrenamiento de fuerza. Tras 24 meses no hubo cambios significativos en el porcentaje de grasa ni en el sumatorio de pliegues en ningún grupo; sin embargo, la masa libre de grasa aumentó un 2,2% en el grupo WBV. En contraste, es posible que añadiendo WBV a una dieta pueda ayudar a reducir el peso, el porcentaje de grasa, y la grasa visceral en particular. El mecanismo subyacente por el cual WBV puede tener un efecto sobre la grasa visceral sigue siendo poco claro. Sin embargo, hay algunos posibles factores contribuyentes. La exposición aguda a WBV

activa el sistema nervioso simpático central (Ando & Noguchi, 2003). Una de las funciones clave de la innervación de este en el tejido adiposo blanco es para activar la lipólisis. Existe una asociación entre una baja actividad del sistema nervioso simpático y una baja oxidación de los lípidos, factor de riesgo para el aumento de peso en los seres humanos (Snitker, MacDonald, Ravussin & Astrup, 2000). Cuando se trata de explicar los efectos de WBV, cabe señalar que puede provocar respuestas secundarias a través de la interacción entre los diferentes sistemas: el esquelético, muscular, endocrino, sistemas nervioso y vascular (Prisby, Lafage-Proust, Malaval, Belli & Vico, 2008).

El estudio reciente de Costa Amaral *et al.* (2014) concluyó que 3 meses de WBV no produce cambios en la composición corporal de mujeres mayores. Tal vez porque no incluyeron dieta, ejercicio aeróbico adicional, o no fue suficiente estímulo el protocolo que emplearon (30-40 Hz, 2mm, 3 series de 30-45 segundos en squat, 3 sesiones semanales). Similar protocolo emplearon Yoo *et al.* (2009) en 112 estudiantes, con iguales resultados, e incluso incrementó el peso y la masa grasa el sexo femenino. En cambio, Wilms *et al.* (2012), si bien no encontraron diferencias en el peso, obtuvieron disminución de la circunferencia de cintura y de la masa grasa de 14 mujeres adultas con obesidad.

En mujeres posmenopáusicas, un estudio informó de pérdida de peso y disminución del perímetro de cintura e índice de masa corporal entre sus participantes (Song, Kim, Lee & Joo, 2011). Otros restantes trabajos comprobaron disminución de grasa, en general, y de la grasa abdominal en particular, al igual que un aumento de la masa magra (Fjeldstad, Palmer, Bembem & Bembem, 2009; Von Stengel, Kemmler, Engelke & Kalender, 2012). El primero indicó que solo la combinación de entrenamiento de resistencia y WBV fue efectivo para la disminución del porcentaje de grasa corporal (Fjeldstad *et al.*, 2009).

Una revisión posterior concluye que es necesario profundizar sobre esta línea de investigación. No obstante, WBV parece ser un método seguro y posiblemente tendría beneficios, principalmente sobre la masa muscular, lo que

podría promover la pérdida de peso si se combina con un plan nutricional y un programa de ejercicio tradicional (Cristi-Montero, Cuevas & Collado, 2013). En efecto, otro estudio demostró que el índice de masa corporal y la grasa del tronco descendió paralelamente a un aumento de la fuerza muscular de mujeres obesas en tan solo 10 semanas de intervención (40-60 Hz, 2-5 mm, 2 sesiones/semana) (Milanese *et al.*, 2013). Cambios sustanciales en la tasa metabólica, del mismo modo, han sido reportados (Friesenbichler, Nigg & Dunn, 2013) con incremento del gasto energético durante el entrenamiento vibratorio (Cochrane *et al.*, 2008; Da Silva *et al.*, 2007; Garatachea *et al.*, 2007; Rittweger, Beller & Felsenberg, 2000; Wilms *et al.*, 2012).

1.8.6.- Efectos de WBV en los adultos

1.8.6.1.- Efectos de WBV en adultos sanos

Tras la revisión de los estudios realizados con WBV, recordemos que a corto plazo (9-10 días de entrenamiento) existen trabajos que han encontrado mejoras significativas en la potencia y el salto vertical (Bosco *et al.*, 1998) y otros que no han encontrado significación estadística en las mejoras de salto o ninguna mejora en diferentes tests de velocidad y agilidad (Cochrane *et al.*, 2004).

Torvinen *et al.* (2002) estudiaron los efectos de 4 meses de entrenamiento con un protocolo de 4 series de 60 segundos, alternando distintos movimientos. La frecuencia de estimulación osciló entre 25 y 40 Hz y la amplitud de 2 mm. Después del periodo de entrenamiento se registró un aumento del 8,5% en el salto con contramovimiento y de un 3,5% en la fuerza isométrica. Sin embargo, no se constató una mejora del equilibrio postural, lo cual podría estar condicionado por la amplitud de vibración empleada y el escaso tiempo de estimulación por sesión.

El primer estudio que comparó WBV con un entrenamiento de fuerza clásico es el realizado por Delecluse *et al.* (2003). El programa incluyó los parámetros de vibración que observamos en la tabla 1.5.

Tabla 1.5. Parámetros del programa de WBV al comienzo y al final del mismo (Delecluse *et al.*, 2003).

Parámetros	Inicio	Final
<i>Volumen</i>		
Duración total de la vibración en una sesión (min)	3	20
Series por ejercicio	1	3
Ejercicios diferentes para extensores de piernas	2	6
Mayor duración de la vibración sin descanso (s)	30	60
<i>Intensidad</i>		
Intervalo de descanso entre ejercicios (s)	60	5
Amplitud de la vibración (mm)	2,5	5
Frecuencia de la vibración (Hz)	35	40

Después de 12 semanas de entrenamiento, la fuerza del tren inferior aumentó en igual medida que el programa de entrenamiento clásico (10-20 RM), y sólo en el grupo que entrenó con vibraciones aumentó el CMJ en un 7,6%. En este estudio se empleó además como novedad un grupo placebo que era sometido a una vibración ineficaz (realizaban ejercicios sobre la plataforma sin ponerla en funcionamiento); el cual no obtuvo mejoras de ningún tipo.

Rønnestad (2004) comparó los efectos de la realización de sentadillas sobre una plataforma vibratoria (40 Hz; 4 mm) con respecto a la realización de sentadillas convencionales. Ambos grupos entrenaron empleando el mismo porcentaje de 1RM. Después de cinco semanas de entrenamiento, con las características expuestas en la tabla 1.6., se encontraron mejoras significativas en el CMJ solo en el grupo sometido a vibración. Por otro lado, ambos grupos obtuvieron mejoras significativas en el test de 1RM. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre las mejoras de rendimiento de cada grupo, aunque sí una tendencia a la significación estadística.

Tabla 1.6. Parámetros de entrenamiento para los grupos de intervención con y sin vibración (Rønnestad, 2004).

Semana	Tanda 1	Tanda 2	Tanda 3
1	3x10	3x10	4x10
2	4x10	4x8	
3	4x8	3x8	4x8
4	3x8	4x6	
5	4x6	3x6	4x6

1.8.6.2.- Efectos de WBV en adultos lesionados

Los casos clínicos de Tous y Moras (2004) nos aportan datos sobre la recuperación de lesiones en adultos. Una estudiante operada de rodilla que había seguido un tratamiento de fisioterapia clásico sin obtener resultados positivos, logró mejorar su fuerza y potencia además de reducir su déficit unilateral, después de 12 sesiones de entrenamiento con WBV (30-35 Hz; 4 mm; progresión de series de 30 a 60 segundos con 3 minutos de descanso entre series) y de 5 a 10 minutos totales de exposición. Los autores señalaron que, pese a tratarse de un estudio de caso único, podrían extraerse datos interesantes de cara a la aplicación de las vibraciones en el campo de la recuperación postoperatoria. “El tiempo de recuperación de una lesión, después de realizar un periodo de entrenamiento mediante este método, parece disminuir de manera dramática” (Tous & Moras, 2004). En este caso, la recuperación del déficit de fuerza unilateral fue completa, pasándose de un 91% a un 3%, y la paciente pudo volver a realizar su profesión habitual (profesora de aeróbic) sin molestias en la rodilla operada.

Otro caso clínico de los mismos autores fue un entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas en un jugador profesional de baloncesto que padecía fuerte dolor en la articulación de la rodilla que le impedía su rendimiento máximo a causa de una condropatía rotuliana. Los resultados fueron altamente satisfactorios, tanto objetiva como subjetivamente (Tous & Moras, 2004), después de 12 sesiones de entrenamiento (4 semanas) empleando un volumen de 10 minutos de trabajo sobre la plataforma con 3 minutos de descanso entre series.

1.8.6.3.- Efectos de WBV en adultos entrenados

Issurin *et al.* (1994) trabajaron con vibraciones aplicadas mediante un sistema especial de cables unidos a una polea con cargas. Los parámetros empleados fueron 44 Hz y 3 mm con una frecuencia de 3 sesiones semanales y una duración por sesión de 20-23 minutos. Después de 3 semanas de entrenamiento, se encontró una mejora de 1 RM en tracción en banco sentado

de un 49% en el grupo sometido a vibraciones, de un 16% en el grupo que realizaba entrenamiento convencional y ningún cambio en el grupo control. También hubo ganancias en la flexibilidad, de un 43,6% en el grupo con vibraciones, frente a un 19,2 % en el grupo de entrenamiento convencional y un 5,8 en el grupo control.

Becerra y Becker (2001) también emplearon cables transmisores de vibración en nadadores entrenados, encontrando mejoras en los tiempos empleados para nadar diferentes distancias. Aunque los resultados no fueron estadísticamente significativos, lo interesante de este estudio se debe a que es el único que ha comprobado la influencia de la estimulación vibratoria en la mejora del rendimiento en un deporte. El mismo año, Bosco *et al.* (2001) utilizaron WBV en el entrenamiento de futbolistas profesionales durante un mes; 5 sesiones semanales con 5 series de 60 segundos y otros 60 segundos de pausa (30 Hz; 5 mm). Se encontró un aumento significativo en el CMJ y en el test "Seat-and-Reach" (12 cm de mejora).

En el mismo año, Tous y Moras realizaron una experiencia novedosa al combinar la preparación para los campeonatos internacionales de voley-playa femenino con un entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas. La duración fue de 24 días, con un protocolo de 10 series de 1 minuto con 3 minutos de recuperación; una frecuencia de estimulación de 30 Hz y una amplitud de 4 mm. Después de 11 sesiones de entrenamiento se produjeron mejoras en la potencia media desarrollada para todas las cargas, solo estadísticamente significativas para la carga mayor (90 kg). El resultado más importante que refieren los investigadores fue la no aparición de lesiones durante este periodo intenso de preparación para una competición internacional (Tous & Moras, 2004). Sin embargo, se encontraron con un gran problema a la hora de investigar los efectos de la aplicación de vibraciones, ya que no pudieron diferenciar dichos efectos de los del resto de entrenamientos. Como relevante, se pudo extraer que es posible combinar un periodo de entrenamiento intenso con la aplicación de WBV, sin que por ello se vea disminuida la potencia ni aumente el índice de lesiones (Tous & Moras, 2004).

Más tarde, Berschin, Schmiedeberg y Sommer (2003) compararon un programa de entrenamiento mediante WBV con un programa de entrenamiento de fuerza clásico en jugadores de rugby profesionales. Los parámetros fueron 20 Hz; 3 mm; 5 series de 3 minutos con 2-3 de reposo, y sobrecarga sobre la espalda creciente cada semana hasta llegar al 70% de 1RM. El grupo sometido a vibraciones mejoró más en todas las pruebas empleadas que el grupo convencional. Además, el interés de este estudio reside en que fue el primero en incluir un test de agilidad en las pruebas de valoración funcional, mediante cambios de dirección. Los jugadores también refirieron una mayor capacidad de aceleración, movilidad lateral y estabilidad en sus gestos.

Cronin, McLaren y Bressel (2004) investigaron con bailarines profesionales el efecto de 10 días de entrenamiento con WBV. Esta vez, los parámetros empleados fueron 26 Hz y 5,2 mm; con un programa progresivo de 5 ejercicios con duración de entre 90 y 120 segundos y 40 segundos de pausa. Los mayores efectos se produjeron en la mejora del ciclo de estiramiento-acortamiento rápido, medido mediante el test “Drop Jump”, y en el coeficiente de reactividad (altura de salto/ tiempo de contacto).

1.8.7.- Percepción subjetiva del estímulo vibratorio en plataforma

Al ser una forma novedosa de estimulación, es interesante conocer las sensaciones que experimentan los sujetos. El grupo EFFECTS (García-Artero *et al.*, 2006) encuestó a su grupo de experimentación el cual lo calificó de “sensación de cosquilleo en los músculos más cercanos a la plataforma, que se atenúa progresivamente en zonas más alejadas a la misma”. Respecto a la fatiga percibida, la consideraron “muy localizada e intensa, aunque de pronta recuperación”. Series de un minuto de WBV fueron medidas mediante escala de Borg, con resultados en RPE (*rating of perceived exertion*) de 13 para brazos y 10,5 en piernas. Delecluse *et al.* (2003) matizaron en su investigación que fueron “sesiones divertidas y fatigantes, en ningún caso como trabajo duro”. Cuando se produjo una adaptación progresiva a las cargas de entrenamiento, Cochrane *et al.* (2004) puntualizaron: “la primera sesión causó

un nivel de incomodidad significativamente mayor que el resto". Por su parte, el grupo EFFECTS vio disminuir RPE un 25% al progresar, dentro de un programa de 4 semanas.

1.8.8.- Entrenamiento vibratorio asociado a entrenamiento convencional

La combinación de ambas formas de entrenamiento puede ser la estrategia ideal para el desarrollo de la fuerza y la potencia muscular, si bien, muchos estudios utilizan la vibración como método exclusivo de entrenamiento. Issurin *et al.* (1994), realizando curl de bíceps y WBV, observaron mejoras del 49,8% en el test de una repetición máxima; y Ronnestad (2004), mediante sentadillas y WBV, confirmó mejoras del 32,4% en el mismo test.

García-Manso, Vázquez, Hernández y Tous (2002) compararon el efecto del entrenamiento con tirante musculador y el mismo con WBV, considerando ambos eficientes en el incremento de la fuerza; pero combinados, la mejora era superior, ya que provoca engrosamiento del tendón rotuliano. Por su parte, Zinkovsky, Zoubova, Schmidt y Van Zwieter (1998) compararon vibroestimulación, electroestimulación y ambos métodos juntos: "electrovibroestimulación". Indicaron que podría ser un método efectivo para su uso en rehabilitación, ya que encontraron mejoras en la flexibilidad, en la fuerza de contracción muscular excéntrica y concéntrica, en la movilidad articular; disminuyendo las zonas de insuficiencia muscular (activa y pasiva).

1.8.9.- Contraindicaciones

La aplicación prolongada de altas frecuencias de vibración ha demostrado ser nociva en ciertas circunstancias. En estudios epidemiológicos se ha descrito la aparición de los primeros síntomas del síndrome por vibración después de una exposición de 2-8 horas diarias a herramientas de mano vibradoras (Miyashita, Shiomi, Itoh, Kasamatsu & Iwata, 1983). También Bovenzi, Zadini, Franzinelli y Borgogni (1991) comprobaron que los trabajadores que empleaban la sierra mecánica tenían una menor fuerza de

presión en la mano que los que no la utilizaban. En estudios con animales, Necking, Lundstrom, Lundborg, Thornell y Friden (1996) aplicaron vibraciones a ratas con una frecuencia de 80 Hz durante 5 horas diarias y 5 días consecutivos, encontrando como respuesta una degeneración fibrilar en distintos músculos. Por otro lado, la aplicación prolongada de bajas frecuencias ha demostrado guardar relación con el dolor lumbar (Bovenzi & Hulshof, 1999; Lings & Leboeuf-Yde, 2000). Sin embargo, un trabajo posterior del grupo de Rittweger encontró, disminución del dolor en una muestra de 50 sujetos de $51,7 \pm 5,8$ años y un historial médico de dolor lumbar crónico de $13,1 \pm 10,0$ años. Los sujetos participantes realizaron 18 sesiones de entrenamiento durante 12 semanas, de forma que durante las primeras 6 semanas se realizaban 2 sesiones y durante las segundas solo una sesión semanal. La amplitud de la vibración tuvo un máximo de 6 mm y la frecuencia se estableció en 18 Hz. La duración del ejercicio fue incrementándose hasta alcanzar un máximo de 7 minutos. A partir de la 10ª sesión se añadió una sobrecarga en los hombros de hasta un 30% del peso corporal. Después del periodo de entrenamiento se encontró una reducción de la percepción de dolor similar a la de otro grupo que entrenó con máquinas MedX, aunque con un aumento del momento flexor lumbar menor que el de este último grupo. De esta manera se concluyó que la aplicación controlada de vibraciones mecánicas puede ser la cura y no la causa del dolor lumbar crónico (Rittweger *et al.*, 2002).

La mayoría de los trabajos recogidos en la literatura científica no refieren efectos secundarios con el empleo de las plataformas. No obstante, han sido descritos episodios transitorios de gonalgia en personas mayores con gonartrosis (Russo *et al.*, 2003); o enrojecimiento banal, no doloroso, en miembros inferiores (Rittweger *et al.*, 2000; Russo *et al.*, 2003). Con frecuencias de aplicación bajas (<10 Hz) se ha observado enlentecimiento de la motilidad gástrica (Ishitake *et al.*, 1998; Ishitake, Miyazaki, Ando & Matoba, 1999; Kjellberg & Wikstrom, 1987; Miyazaki, 2000), así como cefaleas por mala posición (Mester, Kleinöder & Yue, 2006). Resulta fundamental, para minorizar estos efectos secundarios, adquirir la posición correcta sobre la plataforma, en función del objetivo buscado, ya que la transmisión de las vibraciones depende

de la posición y de la frecuencia empleada. Recordemos que todo material, incluidos los tejidos biológicos, posee una frecuencia natural a la que vibra. Si un cuerpo, al recibir los impulsos, vibra a una frecuencia igual a la suya, se dice que está en resonancia (Kjellberg & Wikstrom, 1987; Mester *et al.*, 2006). En esta frecuencia de resonancia, la transmisibilidad de la vibración en el organismo es máxima, ocurriendo el máximo desplazamiento de las estructuras corporales, pudiendo este hecho provocar los efectos negativos ya descritos en el uso de las plataformas. La resonancia parece disminuir con las frecuencias altas o el peso corporal, mientras que aumenta con la debilidad muscular. La tabla 20 enumera las contraindicaciones para el entrenamiento vibratorio, así como la tabla 21 reconoce sus efectos terapéuticos.

Tabla 1.7. Contraindicaciones de WBV (elaboración propia).

- Pseudoartrosis
- Hernia discal
- Espondilolisis
- Valvulopatías
- Injertos metálicos y osteosíntesis
- Marcapasos o alteraciones del ritmo cardíaco
- Riesgo de trombosis
- Intervenciones quirúrgicas recientes
- Enfermedad inflamatoria reumática
- Embarazo
- Enfermedad maligna
- Epilepsia
- Infección en la zona de tratamiento
- Lesiones oculares

Tabla 1.8. Aplicaciones terapéuticas de WBV (adaptada de Alguacil *et al.*, 2009).

Patología	Patología	Otras
neuroológica	musculoesquelética	
Ataxia	Atrofia muscular	Burnout
ACV	Lumbalgia mecánica	Celulitis
Parkinson	Condromalacia rotuliana	Linfedema
Esclerosis múltiple	Osteoporosis	IVP
TCE	Lesión LCA	

ACV: accidente cerebrovascular; TCE: traumatismo craneoencefálico; LCA: ligamento cruzado anterior; IVP: insuficiencia venosa periférica

1.8.10.- WBV y calidad de vida

Bruyere *et al.* (2004) estudiaron el efecto del entrenamiento vibratorio sobre la calidad de vida de personas mayores institucionalizadas con 9 subescalas del cuestionario SF-36, y encontraron diferencias favorables en 7 de ellas. A pesar de que la vibración industrial se considera un riesgo para la salud, Rittweger *et al.* (2002) compararon el entrenamiento con vibraciones con el convencional de fuerza y demostraron que WBV produce una reducción en el dolor lumbar crónico; siendo semejante al entrenamiento de fuerza específico para los músculos de dicha región. Esto implica mejora en la calidad de vida de los participantes tras la reducción del dolor limitante. En el 2005, Iwamoto realizó otro estudio centrado en mujeres posmenopáusicas con osteoporosis y dolor lumbar crónico, mostrando una “probable relajación de la musculatura lumbar con WBV, útil en la reducción del dolor lumbar crónico” (Iwamoto, Takeda, Sato & Uzawa, 2005).

Un estudio comprobó los efectos beneficiosos de WBV en la realización de las actividades de la vida diaria usando el test de Barthel (Van Nes *et al.*, 2006). Los sujetos del estudio fueron incluidos por encontrarse en la fase postaguda de un accidente cerebrovascular, con una edad media de 60 años. El nivel de independencia para estas actividades es considerado un indicador de la calidad de vida de las personas.

El síndrome de Burnout es un padecimiento que consiste en la presencia de una respuesta prolongada de estrés en el organismo ante los factores estresantes emocionales e interpersonales que se presentan en el trabajo, que incluye fatiga crónica, ineficacia y negación de lo ocurrido. Este síndrome se vería beneficiado por el incremento de serotonina que produce WBV, mejorando la calidad de vida de las personas que lo padecen.

1.9.- El entrenamiento vibratorio en personas mayores

Tras el auge de sus comienzos con jóvenes deportistas y adultos sanos, la tendencia de las investigaciones sobre WBV se dirigió hacia el colectivo de personas mayores, dada la importancia que este sector está teniendo en la población.

1.9.1.- Repercusiones de WBV en el sistema neuromuscular

Runge, Rehfeld y Resnicek (2000) enfocaron sus investigaciones en adultos mayores, encontrando un aumento significativo promedio de un 18% en el test de levantarse de la silla (5-Chair Stands), indicador de la potencia del tren inferior, después de 2 meses de entrenamiento (3 días por semana; 3 series de 2 minutos), en un grupo mixto de personas mayores (edad media: 67 años). Russo *et al.* (2003) investigaron el efecto de 6 meses de entrenamiento, por medio de WBV, en 14 mujeres posmenopáusicas con respecto a 15 mujeres de similares características incluidas en un grupo control. El grupo de entrenamiento realizó 2 sesiones semanales que incluían 3 series de 2 minutos de trabajo con 1 minuto de recuperación (28 Hz; amplitud variable). Después de la intervención, el grupo que realizó el entrenamiento mejoró un 5% su potencia respecto al grupo control, que incluso lo disminuyó con respecto a sus niveles iniciales. Sin embargo, la fuerza muscular no se vio afectada, pudiera ser porque el método administrado para evaluarla fuerza empleó el salto vertical sobre una plataforma de fuerzas.

En contraste con este estudio, Bogaerts *et al.* (2007) sí apreciaron mejoras en la fuerza muscular realizando un entrenamiento con WBV durante un año. El protocolo consistió en 30-40 Hz de frecuencia, 2,5-5 mm de amplitud y 1-3 series por ejercicio; ejecutando 8 posiciones estáticas diferentes. La masa muscular de los participantes también se vio beneficiada. Del mismo modo, Roelants *et al.* (2004), tras 6 meses de entrenamiento vibratorio, 3 veces por semana, reportaron mejoras en la fuerza muscular y velocidad de movimiento de los extensores de la rodilla, así como en la capacidad de salto de mujeres

posmenopáusicas (58-74 años de edad). No obstante, similares mejoras fueron reportadas por el grupo que realizó un entrenamiento de fuerza convencional, y en ambos grupos se produjeron fundamentalmente en las primeras 12 semanas. La tabla 1.9. resume los parámetros empleados en el estudio y los resultados en el test CMJ.

Tabla 1.9. Parámetros del programa de vibraciones al comienzo y al final del mismo (Roelants *et al.*, 2004).

Parámetros	Inicio	Semana 12	Semana 24
<i>Volumen</i>			
Duración total de la vibración en una sesión (min)	3	20	30
Series por ejercicio	1	3	3
Ejercicios diferentes para extensores de piernas	2	6	9
Mayor duración de la vibración sin descanso (s)	30	60	60
<i>Intensidad</i>			
Intervalo de descanso entre ejercicios (s)	60	5	5
Amplitud de la vibración (mm)	2,5	5	5
Frecuencia de la vibración (Hz)	35	40	40
Resultados salto	Inicio	Semana 12	Semana 24
<i>Salto (CMJ)</i>			
Grupo control	-	ns	ns
Grupo WBV	-	+16%*	ns
Grupo Entrenamiento Fuerza Clásico	-	+12,1%*	ns

Iwamoto *et al.* (2004) evaluaron la eficacia de un programa de WBV en la deambulación de 25 mujeres mayores. El entrenamiento incluía una sesión semanal de 4 minutos a 20 Hz de frecuencia y 0,7-4,2 mm de amplitud; complementado con ejercicios diarios de equilibrio estático y de fuerza, consistentes en “flamingos” y 10 sentadillas (sin peso adicional). Después de 3 meses, se observaron mejoras significativas en las pruebas de longitud del paso, máximo momento extensor de la rodilla y máximo tiempo mantenido sobre una pierna. Por su parte, Furness y Maschette (2009) dividieron a una muestra de 73 adultos mayores en 4 grupos con 0, 1, 2 y 3 sesiones de vibración a la semana, encontrando un aumento del rendimiento neuromuscular medido con las pruebas 5-Chair Stands, Timed Up-and-Go y el test de Tinetti; aunque la mejora más beneficiosa la obtuvo el grupo de 3 sesiones semanales.

Por el contrario, la revisión de 6 ensayos clínicos en pacientes con enfermedad de Parkinson reportó que una sola sesión de WBV causó una

mejora significativa de la marcha en comparación con ejercicios en bipedestación y, sin embargo, una mayor duración no mostró mejores resultados (Sitjà-Rabert *et al.*, 2012). Otra reciente revisión en pacientes de estas características sugiere que el entrenamiento vibratorio muestra beneficios para la movilidad de estas personas, pero no cuando se compara con otra intervención activa o placebo (Sharififar, Coronado, Romero, Azari & Thigpen, 2014). Kawanabe *et al.* (2007) midieron la fuerza muscular y la habilidad para caminar tras 2 meses de WBV (Fr= 12-20 Hz, 4 minutos de estimulación, 1 vez/semana). No se apreciaron efectos solo con la vibración, pero sí al complementarse con el ejercicio de caminar; matizando en sus resultados que fue bien tolerada por las personas mayores.

Del mismo modo, Rees, Murphy y Watsford (2007) también limitaron su estudio a 2 meses, 3 veces/semana, encontrando mejoras en la musculatura y la movilidad de los sujetos; no obstante, el grupo que ejecutó ejercicios de fuerza sin vibración tuvo similares resultados. Los mismos investigadores, al año siguiente, realizaron modificaciones en su protocolo, el cual consistió en 26 Hz de frecuencia y 5-8 mm de amplitud; parámetros que fueron progresivamente incrementándose, al igual que las 6 series de 45-80 s, con otros 45-80 s de reposo. La única diferencia entre los grupos experimentales (WBV y entrenamiento de fuerza clásico) la obtuvieron en la fuerza de flexión plantar, que fue mayor en el grupo con entrenamiento vibratorio (Rees, Murphy & Watsford, 2008).

Raimundo, Gusi y Tomas-Carus (2009), al igual que Kawanabe *et al.* (2007), concluyeron sus investigaciones resaltando que sería beneficioso complementar el entrenamiento vibratorio con el ejercicio de caminar. Los primeros trabajaron con mujeres posmenopáusicas (edad media 66,2 años) y sus hallazgos mostraron que WBV previene la disminución de la fuerza en miembros inferiores. La intervención tuvo como parámetros: 12,6 Hz de frecuencia, 3 mm de amplitud, 3 veces/semana y 6 series de 1 minuto, con 1 minuto de reposo; durante 8 meses (Raimundo, Gusi & Tomas-Carus, 2009). El protocolo del segundo fue de 12-20 Hz, con una duración de 4 minutos, una

vez a la semana, durante 2 meses; y sus participantes tenían de edad media 72,0 años. Ambos estudios señalaron que WBV debe usarse para evitar la pérdida de fuerza muscular y movilidad asociados a la sarcopenia inducida por la edad.

La debilidad muscular y la incapacidad de que los músculos del tren inferior produzcan una fuerza rápida, son factores de riesgo que llevan a caídas, fracturas de cadera, inmovilizaciones prolongadas, etc. El entrenamiento con plataformas vibratorias demuestra ser un método de entrenamiento de la fuerza seguro, adecuado y eficaz para la población de mayor edad. Como ya sabemos, la fuerza y la potencia muscular influyen enormemente en las actividades de la vida diaria (Van Nes *et al.*, 2006).

Un ensayo clínico se planteó como objetivo examinar los efectos de la postura en bipedestación durante el entrenamiento vibratorio sobre la función muscular y su morfología. Los 19 mayores que formaron la muestra fueron divididos en 3 grupos; unos adoptaron la postura en flexión de rodillas, otros en extensión y el grupo control se mantuvo en flexión sin vibraciones. Después de 3 meses (3 veces/semana), la velocidad de contracción de la parte superior del cuerpo mejoró significativamente después de WBV con flexión de rodillas y la fuerza del tren inferior mejoró con ambas posturas, respecto al grupo control. Así, la hipótesis de la adaptación diferencial de la postura solo se observó para la velocidad de miembros superiores (Mikhael, Orr, Amsen, Greene & Singh, 2010).

Recientemente en nuestro país, el grupo de investigación GENUD quiso comprobar si un programa de entrenamiento vibratorio de corta duración tiene algún efecto sobre la masa magra, medida con DXA, en personas mayores. Tras 11 semanas de WBV, los autores señalaron que este periodo no es suficiente para producir cambios significativos. La muestra estuvo formada por 49 mayores no institucionalizados (20 hombres y 29 mujeres) los cuales fueron divididos en dos grupos. 24 personas se sometieron a vibraciones verticales, 3 veces por semana, con una frecuencia de 40 Hz y una amplitud de 2 mm. Estos sujetos realizaron 10 repeticiones de 45 segundos en posición de squat y

60 segundos de descanso entre cada repetición. Frente a este grupo, el control no realizó ningún entrenamiento. Los autores comunicaron que no hubo efectos adversos ni problemas de salud en los participantes de ambos grupos (Gómez Cabello, González Agüero, Ara, Casajús & Vicente Rodríguez, 2013).

Previamente otros investigadores habían testado el impacto de WBV por sí solo (es decir, no combinado con otros tipos de ejercicio) en la masa muscular. Ambos obtuvieron similares incrementos de dicha masa muscular, unos trabajando con mujeres mayores durante 10 semanas (Machado, García López, González Gallego & Garatachea, 2010), y otros con hombres mayores durante un año (Bogaerts *et al.*, 2007). Los diferentes resultados podrían ser por la variedad en cuanto a protocolos empleados, la duración de los mismos y las características de la muestra. Así, los estudios que encontraron hipertrofia significativa escogieron a personas mayores institucionalizadas, las cuales estarían más debilitadas. Diversos estudios indican que las mejoras se producen especialmente en aquellos más frágiles y en desentrenados (Gómez Cabello *et al.*, 2013; Lam *et al.*, 2012).

Sean los resultados significativos o no, lo que todos señalan es que este tipo de ejercicio podría ser efectivo en el tratamiento y la prevención de la sarcopenia. Por otro lado, investigadores que dirigieron su atención hacia la población de mayores institucionalizados, si bien los parámetros que preveían poder mejorar (el equilibrio y la movilidad) no variaron, aumentó la flexibilidad de miembros inferiores de manera significativa. El protocolo empleado durante 6 semanas fue: 30-50 Hz de frecuencia, 2-5 mm de amplitud, 5-6 minutos por sesión con 6 ejercicios estáticos, 3 veces por semana (Bautmans *et al.*, 2005). De este modo, tras la revisión de estudios, parece existir de fuerte a moderada evidencia de que un programa de WBV de larga duración puede tener efectos positivos en la performance muscular de personas desentrenadas y en mujeres mayores, pero no hay clara evidencia de los efectos con estímulos de corta duración (Rehn, Lidström J., Skoglund & Lindström B., 2007).

Sitjà-Rabert *et al.* (2012) supusieron que WBV debe mejorar la fuerza y la potencia muscular de este colectivo cuando se compara con un grupo

control; en cambio, los resultados no difieren de los que produce el ejercicio convencional. De igual modo, Kennis *et al.* (2013) llegaron a las mismas conclusiones, aportando que WBV puede ser un entrenamiento específico para las fibras rápidas. Estos autores evaluaron los efectos de un año de entrenamiento vibratorio en el volumen y calidad muscular, fuerza isométrica y concéntrica, y en la potencia de adultos mayores. Un grupo realizó ejercicios aeróbicos (caminar, correr o cicloergómetro) y de fuerza, y otro grupo entrenamiento vibratorio progresivo, con ejercicios estáticos y dinámicos de piernas sobre la plataforma; ambos 3 veces por semana. Lo interesante de este estudio es su seguimiento después de la intervención, ya que un año después, el grupo de WBV disminuyó la potencia, pero se mantuvo significativamente más alta que en sus valores de inicio del entrenamiento, respecto al grupo de ejercicio y a un control.

Existe poco acuerdo sobre los parámetros que optimizan el rendimiento con WBV, existiendo diferencias en los protocolos de intervención. Merriman, Braehler y Jackson (2011) quisieron precisar la influencia de la edad, el sexo, los hertzios y la duración del efecto en varios indicadores de la función física en adultos mayores residentes en la comunidad. Los participantes fueron expuestos a 2 minutos de vibración por sesión, con 2 Hz y 26 Hz. Se registraron las medidas de resultado a los 2, 20 y 40 minutos después de la vibración. Los test “Timed Up-and-Go” (TUG) y “Chair-Sit and Reach” mejoraron tras WBV para ambos sexos, pero fueron significativamente diferentes para los sujetos del estudio entre las frecuencias señaladas. No fue estadísticamente significativa la relación entre TUG y la edad; sí, en cambio, entre TUG y el género. El rendimiento mejoró en hombres más siguiente al tratamiento de 26 Hz, mientras que el rendimiento de las mujeres mejoró más después del tratamiento con 2 Hz. Además, hubo una tendencia general hacia los hombres en mejoras en comparación con las mujeres, independientemente de la condición de tratamiento.

Respecto al test “Chair-Sit and Reach”, aunque ambos géneros mejoraron con ambos tratamientos, los hombres tendieron a responder más

favorablemente con frecuencias de 26 Hz en relación con la intervención a 2 Hz; mientras que las mujeres mostraron respuestas muy similares a ambos tratamientos. El resultado del test CMJ, en varones, observó una tendencia de 2 Hz al aumento y disminución de la altura a 26 Hz, siguiente a la exposición de WBV. Los autores manifestaron que en la mayoría de estudios con WBV y adultos mayores predomina el sexo femenino en la muestra o este se realiza exclusivamente con féminas. Este sesgo de género puede ser debido al creciente estudio con mujeres posmenopáusicas así como el mayor porcentaje de mujeres que llegan a edades avanzadas. Solo unos pocos estudios han incluido en su mayoría a hombres mayores (Bogaerts *et al.*, 2007; Furness & Maschette, 2009; Van Nes *et al.*, 2006).

Ya que los hombres y mujeres de cualquier edad pueden responder de forma diferente a WBV, esta apreciación se ha mantenido en gran parte inexplorada. Torvinen *et al.* (2002) no encontraron diferencias de género sobre el rendimiento muscular en un pequeño grupo de sujetos adultos jóvenes, dividido en igualdad entre hombres y mujeres. Sin embargo, este estudio proporciona evidencia de que WBV puede tener diferencias por el sexo. Se necesitan más estudios con adultos mayores, hombres y mujeres, para determinar si esta observación es válida, así como los parámetros de mayor efectividad para cada sexo en la mejora de la fuerza muscular, potencia y realización óptima e independiente de sus actividades de la vida diaria, disminuyendo la consabida sarcopenia asociada al envejecimiento.

1.9.2.- Equilibrio, riesgo de caídas y control postural tras WBV

Bogaerts *et al.* (2011) estudiaron los cambios en el equilibrio, la performance funcional y el riesgo de caídas, siguiendo un entrenamiento con WBV y suplementos de vitamina D, en mujeres mayores institucionalizadas, durante 6 meses (Bogaerts *et al.*, 2011). 103 mujeres fueron asignadas a vibración o ningún entrenamiento, recibiendo dosis variables de vitamina D (dosis convencional o dosis alta). El equilibrio fue evaluado con un posturógrafo computerizado y el riesgo de caídas fue determinado con el *Physiological*

Profile Assessment (evaluación de perfil fisiológico). No hubo beneficios con WBV en el riesgo de caídas (reducción del 18%, no significativa) ni en el control postural, aunque la fuerza máxima isométrica a la extensión de rodilla mejoró únicamente en este grupo. Los autores comprobaron que mayores dosis de suplementos de vitamina D no son más eficientes en la mejora de la funcionalidad de las personas mayores.

Si bien, efectos positivos de WBV fueron reportados por varios estudios en el equilibrio de adultos mayores institucionalizados (Bogaerts *et al.*, 2007; Bruyere *et al.*, 2005; Rees, Murphy & Watsford, 2009; Verschueren *et al.*, 2004), ensayos focalizados en el entrenamiento de la fuerza no mostraron ningún efecto en dicho equilibrio (Buchner *et al.*, 1997; Wolfson *et al.*, 1996). Diversas investigaciones han comprobado que WBV se asocia a incrementos de la fuerza muscular en miembros inferiores, lo cual es esencial para la estabilidad postural. Al ser un fuerte estímulo que activa los husos neuromusculares, debería también mejorar la propiocepción (Bogaerts *et al.*, 2007). Los estudios de Bogaerts *et al.* (2007), Cheung *et al.* (2007) y Rees *et al.* (2009) realizaron similares protocolos, pero con diferencias en la duración del entrenamiento (12 meses, 3 meses y 2 meses, respectivamente). Todos ellos consiguieron beneficios en sus investigaciones.

Bogaerts trabajó durante un año con varones mayores combinando ejercicios estáticos y dinámicos sobre la plataforma vibratoria; al igual que Rees, durante 2 meses, con ambos sexos. El primer autor (30-40 Hz, 2,5-5 mm; 3 sesiones/semana) aumentó el tiempo de ejercicio (30-60 s) y disminuyó el de reposo (60-15 s) progresivamente cada semana; y el segundo incluyó el ejercicio de caminar además de diferentes frecuencias y amplitudes (26 Hz; 5-8 mm). Cheung utilizó la vibración oscilante en posición estática con los siguientes parámetros: 20 Hz, 1-3 mm, 3 min/día, 3 días/semana, 3 meses; solo que sus resultados fueron de mantenimiento del equilibrio (no mejora) y disminución del riesgo de caídas.

También Miyamoto *et al.* (2003) encontraron una mejora del equilibrio después de 6 meses de entrenamiento en una muestra de 20 sujetos de una

media de 72,6 años de edad, por lo que sugieren su aplicación como prevención de las caídas. Se ha de tener en cuenta que más del 90% de fracturas de cadera se produce como consecuencia de caídas (Runge *et al.*, 2000). Además, el 80% de sujetos mayores de 80 años sufren al menos una caída al año (Armstrong & Wallace, 1994). Von Stengel, Kemmler, Engelke & Kalender (2011) compararon la incidencia de caídas en tres grupos: WBV + ejercicio grupal, ejercicio grupal y grupo control. Comparado con el grupo control, el grupo de entrenamiento vibratorio con ejercicio grupal mostró una disminución significativa del número de caídas. Este fue un estudio novedoso, ya que utilizó el número actual de caídas como medida de resultado. Así, parece que WBV tiene beneficios en la reducción de caídas cuando se asocia con un programa de ejercicio, pero sus efectos por sí solo se mantienen inciertos.

Bautmans, Van Hees, Lemper y Mets (2005) dirigieron sus estudios hacia la población mayor institucionalizada. Tras un protocolo de 6 semanas de WBV, midieron el equilibrio, la movilidad y la performance muscular; pero solo encontraron mejoras en la flexibilidad del tren inferior. Concluyeron que el entrenamiento vibratorio puede mejorar el equilibrio y la movilidad de las personas mayores, aunque no fue el resultado de su estudio. Un reciente meta-análisis reveló que WBV tiene un efecto significativo en la puntuación del test de Tinetti total, en el test de Tinetti de equilibrio y en TUG; pero los resultados sobre el equilibrio, la movilidad y el riesgo de caídas no fueron concluyentes. Los autores manifestaron que el entrenamiento vibratorio puede ser eficaz en la capacidad de equilibrio y movilidad en adultos mayores; particularmente en los más frágiles (Lam, Lau, Chung & Pang, 2012). Otra revisión apoya estos resultados añadiendo que se necesitan estudios adicionales para determinar los parámetros más seguros y efectivos en personas mayores (Merriman & Jackson, 2009). Un estudio multicéntrico, en fase de desarrollo en España, será pionero en la prevención de caídas de este colectivo y podría resolver la incógnita de si WBV mejora el equilibrio corporal y la movilidad de la marcha en personas mayores frágiles que viven en residencias (Sitjà-Rabert *et al.*, 2011).

El ensayo clínico de Bogaerts en adultos mayores institucionalizados investigó los efectos de un programa de WBV en el control postural durante un año. El grupo de fitness realizó ejercicios siguiendo la guía de la *American College of Sports Medicine* para la prescripción de ejercicio en personas mayores en cuanto a intensidad del programa. Los parámetros del grupo de entrenamiento vibratorio fueron 35-40 Hz de frecuencia, amplitud 2,5-5 mm y 7 diferentes posiciones sobre la plataforma. Los tiempos de ejercicio fueron aumentándose de 30 segundos hasta un minuto, y disminuyendo los de descanso (de un minuto a 15 segundos). También se variaron las series de ejercicios. El equilibrio se midió con posturografía computerizada al inicio y después de 6 y 12 meses. Los grupos activos redujeron la frecuencia de caídas, pero en diferentes aspectos cada grupo. Los instrumentos de medición que utilizaron consistieron en el test de organización sensorial (mide la efectividad en hacer uso de la información visual, vestibular y propioceptiva para mantener el equilibrio), el test de control motor (mide la habilidad para coordinar las respuestas de movimiento automático a traslaciones inesperadas de una plataforma y su latencia), y el test de adaptación (analiza la adaptación del sistema motor a una plataforma de rotaciones la cual no produce desplazamiento del centro de masas en el sujeto) (Bogaerts, Verschueren, Delecluse, Claessens & Boonen, 2007).

Existen diferencias en los parámetros de entrenamiento vibratorio que miden el control postural. Se ha investigado tanto con plataformas verticales como oscilantes. En la mayoría de estudios con vibraciones verticales utilizaron frecuencias entre 12 y 40 Hz. La frecuencia media más común fue de aproximadamente 30 Hz. Una sesión de entrenamiento, por lo general, consistía en 3 a 10 series de 30 a 60 segundos de WBV, con un descanso de 30 a 60 segundos entre ejercicios. Beck y Norling (2010) describieron una sola sesión de 15 minutos sin descanso. Para las intervenciones a largo plazo, los autores prescribieron 3 sesiones por semana; excepto Verschueren *et al.* (2004), que utilizaron un número variable de sesiones. La duración media de WBV fue entre 6-52 semanas y en diversos estudios los participantes tuvieron que realizar variados ejercicios dinámicos durante WBV (Bautmans, Van Hees,

Lemper & Mets, 2005; Beck & Norling, 2010; Bogaerts, Delecluse, Boonen, Claessens, Milisen & Verschueren, 2011; Bogaerts, Verschueren, Delecluse, Claessens & Boonen, 2007; Carlucci, Mazza & Cappozzo, 2010; Johnson *et al.*, 2010; Verschueren, Swinnen, Desloovere & Duysens, 2003).

Los parámetros de tratamiento para el entrenamiento con vibraciones oscilantes revelaron frecuencias que oscilan entre 5 y 26 Hz. Una sesión de entrenamiento, por lo general, consistía en 3 a 10 series de 30 a 60 segundos con 60 segundos de descanso entre cada ejercicio. Cheung *et al.* (2007) no describieron la sesión de vibración en detalle (tiempo de intervención/ reposo). Bruyere *et al.* (2005) utilizaron 90 segundos; en cambio, Rees, Murphy y Watsford (2007) utilizaron de 45 hasta 80 segundos de tiempo de descanso. La frecuencia de entrenamiento fue de 3 sesiones por semana para la intervención a largo plazo. Furness y Maschette (2009) describieron tres grupos diferentes de 1, 2 o 3 veces por semana. La duración de toda la intervención varió entre 6 y 32 semanas. Comparado con los estudios de vibraciones verticales, las posiciones de partida de los sujetos en los dispositivos de vibración también fue variada. En la mayor parte de los estudios los participantes estaban en posición vertical con las rodillas ligeramente flexionadas. Algunos estudios prescribieron ejercicios dinámicos durante WBV (Rees, Murphy & Watsford, 2007; Rees, Murphy & Watsford, 2009).

Los resultados difieren, en las vibraciones verticales, tanto para el equilibrio estático como para mantener el equilibrio dinámico. Un ensayo clínico informó que no hubo mejoría en el equilibrio estático y dinámico después de WBV. En este estudio los sujetos se mantuvieron de pie en la placa de vibración. Por el contrario, algunos ensayos observaron mejora del equilibrio estático después de WBV combinado con ejercicios dinámicos simultáneos (Bogaerts *et al.*, 2011; Verschueren *et al.*, 2004). Otros describieron una mejora en el equilibrio dinámico después de esta combinación de vibración con el ejercicio (Bautmans, Van Hees, Lemper & Mets, 2005; Bogaerts *et al.*, 2011; Bogaerts, Verschueren, Delecluse, Claessens & Boonen, 2007); e incluso del equilibrio funcional (Bautmans, Van Hees, Lemper & Mets, 2005).

De los estudios que aplicaron vibraciones oscilantes, algunos reportaron mejoras en el equilibrio estático de los participantes (Cheung *et al.*, 2007; Gusi, Raimundo & Leal, 2006). Estas mejoras se lograron sin realizar ejercicios dinámicos adicionales. Otros demostraron mejoras en el equilibrio dinámico después de una combinación de WBV con ejercicios adicionales en la plataforma de vibración (Rees, Murphy & Watsford, 2007; Rees, Murphy & Watsford, 2009). Bruyere *et al.* (2005) y Furness y Maschette (2009) mostraron incremento en el equilibrio funcional después de WBV sin ejercicios adicionales. Sin embargo, un estudio no encontró mejoras en el equilibrio estático ni dinámico después de WBV (Beck & Norling, 2010).

A raíz de los resultados de un meta-análisis comparando ambos tipos de vibración, se postuló que una intervención de vibraciones oscilantes puede mejorar el equilibrio dinámico en los sujetos de edad avanzada (Rogan, Hilfiker, Herren, Radlinger & De Bruin, 2011). Este hallazgo se informó, a pesar de la variación en el diseño de protocolos de los estudios incluidos; y los autores concluyeron que puede ser un precursor viable a las formas más tradicionales de la práctica de ejercicio con el objetivo de mejorar el equilibrio y la función entre los adultos mayores sedentarios y frágiles. Sin embargo, las vibraciones verticales revelaron efectos pequeños para el equilibrio estático y dinámico. Los resultados de la experimentación con WBV en participantes de edad avanzada deben llevarse a cabo con precaución hasta que se hayan realizado más estudios clínicos relevantes.

Durante el entrenamiento con WBV que combina ejercicios activos, teóricamente, dos estímulos diferentes para el sistema neuromuscular pueden identificarse y deben ser responsables de los efectos observados. Por un lado, la contracción muscular refleja inducida durante la vibración y, por otro, los ejercicios de peso corporal. Esto hace que sea difícil atribuir los efectos observados con WBV en aquellos estudios que utilizan un enfoque de formación combinada. Sin embargo, el meta-análisis publicado de Steib, Schoene y Pfeifer (2010) mostró que las formas más tradicionales de entrenamiento de resistencia no tienen efectos sobre el control postural; y el

realizado por Rogan *et al.* (2011), donde separaron los estudios con WBV y ejercicio de los ensayos con WBV sin ejercicio, mostraron que la modalidad oscilante sin ejercicio indica tener una influencia positiva en el equilibrio dinámico, a raíz de la magnitud de los tamaños del efecto.

La frecuencia, amplitud, el número de sesiones de entrenamiento por semana, ya sea aplicado con vibraciones verticales u oscilantes, y su respectivo efecto sobre los resultados en el control postural revelan resultados variables. Bajas frecuencias del 10 al 26 Hz mostraron mayor efectividad que las frecuencias entre 30 a 40 Hz. La mayoría de las aplicaciones con frecuencias de entre 10 a 30 Hz eran realizadas en los dispositivos de vibración oscilante. Las amplitudes variaron de 0,5 mm a 8 mm en ambos tipos de vibración. Si bien algunos autores consideran que dichas amplitudes no parecen tener un papel importante (Rogan *et al.*, 2011), entre otros existen discrepancias.

El tiempo óptimo con vibraciones oscilantes para mantener el equilibrio estático y dinámico parece ser de 3 sesiones de vibración de 60 segundos con 60 segundos de descanso entre cada ejercicio y una frecuencia de 3 veces por semana. Para las vibraciones verticales no está claro qué protocolo debe ser utilizado con el fin de alcanzar resultados óptimos, ya que los diferentes estudios utilizan diferentes parámetros de entrenamiento. Así, no se sabe si sesiones más cortas (3 series de 15 segundos) son más efectivas que sesiones más largas (15 series de 60 segundos). Además, se desconoce si los parámetros de carga de 0,3 g (baja intensidad con vibraciones verticales) son comparables con el efecto a los parámetros de carga de 0,45 g de 0,8 g (con vibraciones oscilantes) que parecen no tener ningún efecto sobre el equilibrio. Sin embargo, en varios estudios con oscilación de la vibración, el parámetro de carga comenzó con baja intensidad y se aumentó a alta durante el curso del entrenamiento, lo que añade una forma de progresión a valorar (Furness & Maschette, 2009; Furness, Maschette, Lorenzen, Naughton & Williams, 2010).

1.9.3.- Mejoras en el sistema cardiovascular y respiratorio con WBV

De los estudios sobre la influencia en el sistema cardiovascular en estas edades con WBV, el trabajo de Bogaerts *et al.* (2009), tras su ensayo clínico de un año de duración, encontraron que el entrenamiento vibratorio aumentó la capacidad de VO_2 tanto como un entrenamiento de fitness y parece ser eficiente para mejorar este sistema; pero falta unificación de protocolos que nos indiquen el modo eficaz de actuación. Cochrane *et al.* (2008) compararon los efectos agudos fisiológicos del ejercicio vibratorio en personas jóvenes y adultos mayores, encontrando un aumento en ambos grupos de VO_2 máx, con carga adicional durante el estímulo vibratorio (20 y 40% del peso corporal). Sin embargo, dichos autores no consideraron WBV suficiente estímulo para aumentar el fitness cardiovascular. Un reciente estudio encontró que 3 meses de WBV tuvieron un efecto positivo sobre la rigidez arterial en adultos de mediana edad y edad avanzada, no comprobando cambios en la presión arterial ni en la frecuencia cardíaca de ambos grupos (30 Hz; 3,2 g). La posición adquirida en la plataforma pudo ser la responsable de este hallazgo, la cual fue en extensión completa de rodillas (Lai *et al.*, 2014).

Avelar *et al.* (2011) midieron el consumo de oxígeno y la frecuencia cardíaca durante ejercicios de squats repetidos, con o sin WBV, en personas mayores. El objetivo de su estudio fue investigar si la vibración en cuclillas aumentaría la demanda cardiovascular a los límites de ejercicio óptimos necesarios para la prescripción de entrenamiento cardiovascular. Se evaluaron en 18 personas de edad avanzada, 15 mujeres y 3 hombres, con una edad media de 72 ± 6 años. El protocolo consistió en 8 series de 40 segundos, con 40 segundos de descanso entre las series de sentadillas, con o sin vibración, a una frecuencia de 40 Hz y amplitud de 4 mm, separados por al menos un día. La asociación de WBV con ejercicios en squat resultó en un aumento adicional de alrededor del 20% en el consumo de oxígeno y del 7,5% en el de frecuencia cardíaca, registrados durante el ejercicio. Pero con estos resultados no se alcanzaron los niveles mínimos de intensidad para la prescripción de ejercicio físico con el objetivo específico de mejorar la capacidad cardiorrespiratoria. Por

lo tanto, un protocolo tal como el usado en este estudio no cumple el umbral para la prescripción del entrenamiento cardiovascular.

Un estudio con 17 adultos mayores residentes en la comunidad con EPOC (media de edad: 69 años) fueron reclutados para participar en 2 sesiones, una con WBV y otra con WBV simulada. Cada sesión consistió en 5 series de un minuto intercaladas con un minuto de descanso. Para la sesión de WBV, la frecuencia fue de 25 Hz y 2 mm de amplitud; y para la sesión simulada fue de 25 Hz y 0 mm. Cada sesión aumentó del ritmo cardíaco, aunque no hubo diferencias entre WBV y la vibración falsa. Tampoco hubo diferencias significativas entre ambas en la frecuencia cardíaca y la saturación de oxígeno. Los resultados mostraron que una sesión de WBV no provoca disnea en las personas con EPOC, a diferencia de otros ejercicios convencionales (Furness, Joseph, Welsh, Naughton & Lorenzen, 2013). Sin embargo, el protocolo prescrito debe ser apropiado y las respuestas pueden variar dependiendo de la desensibilización. Los resultados de este ensayo apoyan el uso de WBV como un modo de actividad física libre de disnea para las personas con EPOC (Furness, Bate, Welsh, Naughton & Lorenzen, 2012).

Es alentador saber que WBV es seguro y válido, y no afecta negativamente a personas con EPOC estable (Gloeckl *et al.*, 2012), personas con fibrosis quística (Rietschel, Van Koningsbruggen, Fricke, Semler & Schoenau, 2008) o receptores de trasplantes de corazón (Crevenna *et al.*, 2003). A pesar de ello su eficacia no ha sido establecida para la mejora o el mantenimiento de la tolerancia al ejercicio y desempeño funcional de los miembros inferiores de personas con EPOC. Además, se desconoce si un largo plazo de intervención con WBV provocará exacerbaciones de la enfermedad pulmonar, o será bien tolerado por las personas con problemas respiratorios.

Pleguezuelos *et al.* (2013) quisieron determinar si el entrenamiento por vibraciones mejora los parámetros de capacidad funcional en pacientes con EPOC severo (media de edad: 69,8 años). La muestra fue distribuida aleatoriamente en dos grupos. El primero siguió un programa de entrenamiento con WBV; y al grupo control se le dio recomendaciones generales acerca de la

actividad física y el estilo de vida (dieta mediterránea y un mínimo de 30 minutos de ejercicio de caminar todos los días a intensidad moderada). El protocolo fue diseñado para realizar ejercicio estático de los miembros inferiores en una plataforma de vibración vertical. Los pacientes trabajaban en una posición de squat, con flexión de 30° en la cadera y 55° en la rodilla. Se realizaron 6 series, y cada serie constaba de 4 repeticiones de 30 s, con una frecuencia de 35 Hz y 2 mm de amplitud; 60 s de descanso entre cada serie; 3 sesiones por semana durante 6 semanas. La intensidad del ejercicio físico era controlada por los pacientes utilizando la escala de Borg modificada (de 0 a 10). Se utilizó esta escala durante el ejercicio para cuantificar la intensidad de disnea que cada paciente estaba sufriendo, en la que 0 representaba “ninguna falta de aliento” y 10 indicaba “tanta falta de aliento que la actividad tenía que ser detenida”. El entrenamiento fue supervisado continuamente por un fisioterapeuta que estaba a cargo de la corrección de la posición en la plataforma, el seguimiento de la saturación de oxígeno y la frecuencia cardiaca, así como de las posibles complicaciones.

Los pacientes del grupo de entrenamiento vibratorio mostraron un aumento significativo en la capacidad de ejercicio medida por la prueba de 6 minutos caminando. Observaron que WBV aumenta la frecuencia cardiaca y disminuye la saturación de oxígeno, sugiriendo posibles ajustes en el sistema cardiovascular. Así, el entrenamiento con vibración proporciona mejoras significativas en la capacidad funcional en los pacientes con EPOC grave.

Gloeckl *et al.* (2012) quisieron seguir investigando en nuevas y complementarias modalidades de ejercicio basadas en la evidencia en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC). Hasta la fecha, los entrenamientos de resistencia y de fuerza se establecían como los adecuados para personas con esta afección. La suplementación de WBV durante la rehabilitación pulmonar, especularon, podría ser un nuevo enfoque en pacientes con EPOC. Ochenta y dos pacientes (65 ± 9 años) fueron asignados al azar a uno de dos grupos de intervención: 3×3 min de ejercicios en cuclillas dinámicas bilaterales sobre una plataforma de vibración lateral

alterna a 24-26 Hz, tres veces por semana; y un grupo control con el mismo ejercicio sin vibración. La mejora en la distancia de caminar 6 minutos fue significativamente mayor en el grupo de WBV en comparación con el grupo control (con una diferencia entre los grupos de 27 m). El tiempo requerido para una prueba de bipedestación también disminuyó más marcadamente en el grupo de entrenamiento vibratorio. Los autores concluyeron que WBV parece ser una nueva modalidad de ejercicio prometedora para los pacientes con EPOC y puede aumentar los efectos de un programa de rehabilitación multidisciplinario.

Cochrane (2011) realizó una revisión de los beneficios potenciales del ejercicio vibratorio. Su objetivo fue examinar los efectos fisiológicos del ejercicio de vibración, incluyendo los índices cardiovasculares, para dilucidar su posible uso en las personas con salud comprometida. Sus opiniones acerca de WBV fueron que proporciona un estímulo suficiente para mejorar los índices cardiovasculares, aunque no puede aumentar la frecuencia cardíaca en la misma medida que el ejercicio aeróbico convencional. Pero cuando este último no es posible, por ejemplo, en personas con trastornos cardiovasculares, WBV podría ser implementado en una fase temprana, ya que proporcionaría una inducción segura de una ligera elevación de los índices de la función cardiovascular, a la vez que adiciona beneficios neuronales y miogénicos. Este autor argumentó que es una modalidad segura para aumentar las respuestas fisiológicas en las personas mayores. Sin embargo, más investigación debe centrarse en la relación entre la dosis óptima de frecuencia, amplitud y duración en esta población.

1.9.4.- Cambios que provoca WBV en el sistema hormonal

Existe información muy limitada sobre los efectos de WBV en el sistema hormonal de las personas mayores y, en concreto, de los diferentes parámetros de vibración en las hormonas anabólicas. En un estudio con adultos se compararon los efectos agudos de diferentes amplitudes de WBV sobre la testosterona sérica y el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) con una sola sesión de exposición, no encontrando variaciones notables de dichas

hormonas (Cardinale, Leiper, Erskine, Milroy & Bell, 2006). Si bien Cardinale *et al.* (2008) no encontraron alteración de la hormona de crecimiento (GH), investigando también con adultos jóvenes, sí se comprobó en otro estudio que WBV estimula la secreción de GH, con ningún efecto aditivo cuando se combina con contracciones isométricas voluntarias (Sartorio *et al.*, 2011).

Como ya señalamos, el ambiente hormonal se altera con la edad, la disminución de hormonas anabólicas y los factores de crecimiento; lo que contribuye a la aparición del fenotipo sarcopénico y la consiguiente pérdida de independencia funcional y calidad de vida (Bain, 2010; Orr & Fiatarone, 2004; Perrini *et al.*, 2010). Una hormona cuya secreción aumenta con la edad es el cortisol, la cual desempeña una función catabólica bien conocida, por lo que podría tener un hipotético efecto sobre el desarrollo de la sarcopenia (Masanes, Navarro, Sacanella & López, 2010). Los estudios de Haddad y Adams (2006) mostraron la existencia de una disminución local y sistémica del IGF-1 relacionada con el envejecimiento, lo que podría ser responsable, al menos en parte, del deterioro de la estructura y función del músculo esquelético originado por el paso de los años (Cruz-Jentoft *et al.*, 2010). Cardinale *et al.* (2008) comprobaron que una sesión de 5 minutos en squat profundo a 30 Hz de frecuencia, provoca un incremento agudo de IGF-1 y cortisol, en personas mayores. Estos hallazgos pueden corroborar que WBV disminuye la sarcopenia, pero no queda claro el aumento de cortisol encontrado y sus efectos sobre la musculatura esquelética de esta población.

La testosterona se considera el principal promotor del crecimiento muscular con el consiguiente aumento de la fuerza muscular en respuesta al entrenamiento de resistencia en los hombres. La respuesta de la testosterona para el ejercicio de resistencia está determinada en gran medida por elementos reguladores superiores, incluyendo los dominios variables de los programas de ejercicio agudo, sexo y edad. El envejecimiento resulta en una respuesta de la testosterona reducida para el ejercicio de resistencia en los hombres. En las mujeres, la concentración de testosterona circulante también disminuye

gradualmente hasta la menopausia, después de lo cual se encontró una reducción drástica (Vingren *et al.*, 2010).

Kraemer *et al.* (1999) examinaron las adaptaciones del sistema endocrino a un entrenamiento de resistencia intenso en hombres jóvenes y mayores. El grupo más joven mostró mayores niveles de testosterona libre y de IGF-I que los hombres de mayor edad, inducidos por el entrenamiento, en reposo y con ejercicio. El grupo de más edad demostró un aumento significativo en la testosterona total, en respuesta al ejercicio de estrés, junto con una disminución significativa en el cortisol en reposo. Estos datos indican que los hombres mayores responden con un perfil hormonal diferente al de los jóvenes y apoyaría los resultados encontrados en los estudios con WBV en adultos mayores.

Cardinale, Soiza, Leiper, Gibson y Primrose (2010) analizaron los efectos agudos de una sola sesión de ejercicio con WBV sobre las hormonas anabolizantes en individuos de edad avanzada. Los participantes fueron 20 personas, 9 hombres y 11 mujeres, con una edad media de 70 años (rango 66-85 años). Las intervenciones consistieron en un ejercicio isométrico en squat en una plataforma sin vibración (grupo control) o las mismas condiciones con vibración a una frecuencia de 30 Hz. Los niveles de cortisol en plasma, testosterona, GH e IGF-1 se midieron antes, inmediatamente después, y 1 y 2 horas tras las intervenciones. No se identificaron diferencias significativas en los niveles de testosterona y GH, pero los autores demostraron que WBV puede ser realizado por personas mayores sin signos aparentes de estrés y/o fatiga. Además, el entrenamiento vibratorio produjo un aumento agudo de los niveles circulantes de IGF-1 y cortisol mayor que el observado siguiendo el mismo protocolo de ejercicio realizado sin vibración.

Prisby, Lafage-Proust, Malaval, Belli y Vico (2008) informaron que hay una escasez de datos en la literatura con respecto a la modulación fisiológica de WBV en los diferentes sistemas, órganos y tejidos. La modulación inducida por vibraciones de las hormonas sistémicas puede proporcionar un mecanismo por el cual se potencia el tejido esquelético.

1.9.5.- Cambios en la densidad mineral ósea de WBV

Algunos estudios realizados no mostraron cambios en las características óseas, siguiendo una intervención de 6 meses (Russo *et al.*, 2003) y 12 meses (Iwamoto, Takeda, Sato & Uzawa, 2005; Rubin *et al.*, 2004), todos ellos en mujeres posmenopáusicas. Russo *et al.* (2003) trabajaron con vibraciones oscilantes (12-28 Hz; 0,1-10 g), dos veces por semana, con 3 series de 2 minutos cada sesión, un total de 6 meses. No hubo cambios en la densidad del hueso cortical, pero tendió a ser menor el declive en el grupo de WBV que en el control. Iwamoto *et al.* (2005) realizaron su estudio con 50 mujeres con osteoporosis y dolor lumbar crónico. También utilizaron vibraciones oscilantes, con 20 Hz de frecuencia en posición estática, una vez por semana, 4 minutos por sesión, durante 12 meses. Al otro grupo, que no realizó ejercicio, se le suministró 5 mg/d de alendronato (fármaco que se usa para tratar y prevenir la osteoporosis y actúa previniendo la degradación de los huesos y aumentando su densidad). No hubo cambios en la densidad ósea lumbar ni en los marcadores de orina o sangre entre los grupos. Tampoco obtuvieron cambios significativos en la densidad mineral ósea Rubin *et al.* (2004), los cuales intervinieron con 56 mujeres de similares características. La vibración, en este caso vertical, se basó en 30 Hz y 0,2 g; con 2 series de 10 minutos al día, durante 12 meses. Estos investigadores sugirieron que la adherencia y el peso corporal deben influir en la respuesta a la intervención con WBV.

Por otro lado, un pequeño grupo de estudios ha sugerido que WBV debe representar una efectiva intervención no farmacológica para prevenir un declive en la densidad mineral ósea o para incrementarla o mantenerla en poblaciones con osteopenia u osteoporosis. Verschueren *et al.* (2004) intervinieron sobre una muestra de 70 mujeres, donde el grupo de WBV realizó ejercicios estáticos y dinámicos sobre la plataforma de vibración, mientras que otro grupo ejecutó ejercicios de press dinámicos y de extensión de piernas, sin vibración. Las vibraciones verticales tuvieron los siguientes parámetros: 35-40 Hz; 1,7-2,5 mm (2,28-5,09 g), en incremento progresivo, 3 veces por semana durante 6 meses, y un máximo de 30 minutos por sesión. WBV aumentó la densidad mineral ósea en la cadera (0,93%), con beneficios netos de 1,5%, comparado con un

grupo control. Del mismo modo, Gusi, Raimundo y Leal (2006) indicaron que el entrenamiento vibratorio debe inhibir el declive en la cadera consecuente de la menopausia. Estos autores, tras 8 meses de intervención, consiguieron un aumento de la densidad ósea de la cabeza del fémur (4,3%) en el grupo de WBV, comparado con un grupo que caminó durante sesiones de 55 minutos, 3 veces por semana. La vibración, en este caso oscilante, tuvo como parámetros 12,6 Hz; media de 3,3 g (lateral) y 0,7 g (vertical), con incremento progresivo; y 6 series de 60 segundos, con un minuto de reposo. No hubo cambios en la densidad ósea de la columna lumbar.

Corrie *et al.* (2007) investigaron con 33 personas mayores (media de edad: 80 años) con ambos tipos de WBV, pero no especificaron los parámetros de vibración empleados. El entrenamiento fue realizado 3 veces por semana durante 12 semanas, con 6 series de 60 segundos por sesión e incremento progresivo. El procolágeno tipo 1 N-propéptido, marcador de formación de hueso, aumentó con las vibraciones verticales un 15,2%, pero el grupo de vibraciones oscilantes lo aumentó un 20,2%.

Slatkovska, Alibhai, Beyene y Cheung (2008) concluyeron que WBV atenúa el declive de la densidad ósea en la cadera. Este efecto es similar al de la actividad física, como reportó el estudio de Yamazaki, Ichimura, Iwamoto, Takeda y Toyama (2004), demostrando que el ejercicio moderado o caminar atenúa esta pérdida, manteniendo los niveles óseos en mujeres posmenopáusicas. Un ensayo clínico posterior encontró mejoras en la densidad mineral ósea de la columna lumbar en mujeres posmenopáusicas, como hallazgo novedoso, con vibraciones oscilantes a altas frecuencias (30 Hz) y altas magnitudes (3,2 g) y en posición "natural" durante la sesión, ausente de flexión de rodillas (Lai *et al.*, 2013). La exposición constó tan solo de 5 minutos (3 veces por semana, 6 meses) y ninguna participante experimentó efectos adversos. Los resultados mostraron un aumento significativo en el grupo de intervención frente a un grupo control que incluso disminuyó dicha densidad ósea (Lai *et al.*, 2013). Por el contrario, una revisión sistemática y meta-análisis comparando diferentes poblaciones encontró que,

en mujeres posmenopáusicas, WBV produjo un aumento significativo de la densidad ósea de la cadera, pero no en la columna vertebral ni en el hueso trabecular de la tibia. Este incremento fue pequeño, pero significativo respecto al grupo control (Slatkovska, Alibhai, Beyene & Cheung, 2010).

Con el fin de conocer los programas más eficaces para prevenir la pérdida ósea en las mujeres posmenopáusicas con baja masa ósea, un estudio examinó el efecto de un programa de ejercicios de resistencia de 9 meses, bien con WBV adicional, o bien con entrenamiento del equilibrio. 68 mujeres con osteopenia fueron asignadas al azar a cualquiera de los grupos y realizaron dos sesiones de entrenamiento por semana. Las mediciones se hicieron por medio de Tomografía Computarizada Cuantitativa periférica (pQCT) en la tibia, el peroné, el radio y el cúbito; al inicio del estudio y al final del período de intervención, en la epífisis y la diáfisis. Los aumentos significativos en la densidad ósea fueron vistos en diversos sitios de medición después del entrenamiento. No se observaron diferencias significativas en la respuesta de los dos grupos en la parte inferior de la pierna. Este resultado proporcionó evidencia de que un programa de ejercicio de resistencia, dos veces por semana, ya sea con el entrenamiento del equilibrio o la vibración adicional, podría aumentar la densidad ósea en la parte distal de la tibia en mujeres con baja masa ósea (Stolzenberg *et al.*, 2013).

Por tanto, los ejercicios de fuerza, resistencia y caminar se han considerado un estímulo para mejorar y mantener la masa ósea en el proceso de envejecimiento. Programas de ejercicio con multicomponentes de fuerza, ejercicio aeróbico, entrenamiento de alto impacto o con sobrecarga deben ayudar a incrementar o, al menos, prevenir la pérdida ósea relacionada con la edad, especialmente en mujeres posmenopáusicas (Gómez-Cabello, Ara, González-Agüero, Casajús & Vicente-Rodríguez, 2012). De la misma forma, estudios novedosos de WBV consideran que es beneficioso para la prevención de fracturas y osteoporosis, ya que este tipo de ejercicio es potencialmente saludable y debe ser considerado como una alternativa de bajo impacto para combatir el deterioro óseo.

1.9.6.- Cambios en la composición corporal con WBV

Investigaciones con adultos mayores han intentado comprobar si un entrenamiento vibratorio de corta duración produce efectos sobre la masa magra de este colectivo. 49 personas mayores no institucionalizadas participaron en un estudio y fueron distribuidos al azar en el grupo de entrenamiento o el grupo control. Un total de 24 personas entrenaron sobre una plataforma vibratoria, 3 veces por semana, durante 11 semanas. Cada sesión incluyó 10 repeticiones de 45 segundos, con un periodo de descanso de 60 segundos entre cada repetición. Durante el entrenamiento los participantes adoptaron una posición en squat (160°) en una plataforma de vibración vertical. La frecuencia fue de 40 Hz y la amplitud de 2 mm. Mediante absorciometría fotónica dual de rayos X (DXA) se evaluó la masa magra del cuerpo completo, brazos y piernas. WBV no produjo ningún cambio sobre la misma en ninguna de las regiones (Gómez-Cabello, González-Agüero, Ara, Casajús & Vicente-Rodríguez, 2013).

Aunque los efectos de intervenciones de WBV a largo y corto plazo en la masa ósea han sido bien reportados en esta población (Gómez-Cabello, Ara, González-Agüero, Casajús & Vicente-Rodríguez, 2012; Sitja-Rabert *et al.*, 2012) se sabe menos sobre el impacto de esta intervención específica en la masa magra. De hecho, a nuestro conocimiento, dos estudios probaron el impacto de WBV solamente (no en combinación con otros tipos de ejercicio) (Bogaerts *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2010) en la masa muscular medida por tomografía computarizada. El primero de ellos mostró una hipertrofia muscular significativa después de 10 semanas en mujeres mayores y el segundo mostró incrementos similares en la masa muscular de hombres mayores, después de un año de WBV. Una de las posibles explicaciones para las diferencias encontradas entre los estudios mencionados podrían ser las características basales de los participantes; esto es, la capacidad funcional, autonomía y nivel de dependencia. Otra posible explicación podría ser, los diferentes dispositivos utilizados para evaluar la masa magra, o también por las características de la intervención, tales como las diferencias en la intensidad y los ejercicios realizados durante la vibración. Teniendo en cuenta los resultados

encontrados, este tipo de ejercicio podría ser eficaz para el tratamiento y prevención de la sarcopenia en personas mayores.

Costa Amaral *et al.* (2014) evaluaron los efectos de un programa de 12 semanas de WBV sobre la composición corporal en mujeres mayores. 18 mujeres físicamente independientes fueron aleatorizadas en 2 grupos: un control sin entrenamiento y otro con WBV. El programa de las sesiones (20 minutos, 3 veces por semana, durante 12 semanas) tuvo como parámetros 30-40 Hz de frecuencia y 2-4 mm de amplitud. Cada sesión de entrenamiento incluyó 3 series de ejercicio en squat isométrico de 45 s. Se evaluaron medidas antropométricas, sin cambios entre los grupos en el peso corporal ni en el índice de masa corporal. Sin embargo, la grasa corporal presentó una tendencia a la variación después del período de entrenamiento vibratorio. Los resultados sugirieron que WBV no cambia la composición corporal en las mujeres mayores, pudiera ser porque se necesita mayor tiempo de intervención para activar el metabolismo en estas edades.

1.9.7.- Tendencias actuales de WBV en personas mayores

Actualmente las investigaciones sobre los posibles beneficios del entrenamiento vibratorio enfocan su interés en diversas direcciones. Una revisión focalizó su atención en las enfermedades crónicas y WBV (Chanou, Gerodimos, Karatrantou & Jamurtas, 2012). Los objetivos del estudio fueron revisar la literatura actual sobre los efectos de la vibración como un método de entrenamiento en el rendimiento y su capacidad para ayudar en la rehabilitación de las enfermedades crónicas (neurológicas, músculo-esqueléticas o metabólicas). En vista de sus conclusiones, el entrenamiento a largo plazo con WBV parece mejorar la resistencia en pacientes neurológicos, mientras que el equilibrio y la movilidad pueden mejorar en pacientes que sufren de enfermedades musculoesqueléticas o metabólicas. Aunque WBV no resultó ser más eficaz en comparación con otros métodos de entrenamiento, puede ser utilizado, en algunos casos, como un método menos fatigante y requiere menos tiempo de ejercicio para mejorar las capacidades físicas, en lugar de otras intervenciones más exigentes.

La evidencia demuestra que el ejercicio físico y el bienestar psicológico están estrechamente vinculados entre sí, en especial en las mujeres mayores. Sin embargo, la investigación de cómo las diferentes formas de ejercicio pueden influir en la salud mental en dichas mujeres está poco desarrollada. Un ensayo controlado aleatorio se encuentra en proceso evaluando la eficacia de dos programas de ejercicios diferentes (WBV y ejercicio con componentes múltiples) para mejorar el bienestar psicológico en mujeres mayores. Los resultados se evaluarán en tres momentos (es decir, pre-postratamiento y seguimiento) en aspectos tales como el bienestar psicológico, la actitud proactiva, la calidad de vida y la felicidad. (Compare *et al.*, 2014). Este estudio resulta de este modo muy novedoso en cuanto a su visión del entrenamiento vibratorio desde otros aspectos relacionados con la salud y la calidad de vida.

Otro campo de actuación que se presenta con expectativas prometedoras es la posible estimulación del suelo pélvico con WBV. Lauper, Kuhn, Gerber, Luginbühl y Radlinger (2009) fueron pioneros en su estudio, comparando dos tipos de vibración diferente, vibración sinusoidal y vibraciones de resonancia estocástica, utilizando diversas intensidades. Seis crecientes intensidades de vibración se investigaron mediante EMG del suelo pélvico y se compararon con la actividad durante el reposo y la contracción voluntaria máxima. Los dos sistemas de WBV fueron capaces de activar los músculos del suelo pélvico, dependiendo en gran medida de la intensidad de la vibración. La resonancia estocástica logró una activación significativamente mayor que la contracción voluntaria máxima, especialmente en las mujeres y con el uso de una frecuencia de 6-12 Hz. Así, el ejercicio con vibraciones, puede producir la activación de los músculos del piso pélvico, mayor en los sujetos con los músculos del suelo pélvico debilitado, y logra una mayor activación del suelo pélvico que la máxima contracción voluntaria únicamente.

Por su parte, Von der Heide, Emons, Hilgers y Viereck (en prensa) investigaron con la modalidad de vibración oscilante. Argumentando que este movimiento produce oscilaciones mecánicas con una longitud de ciclo

promedio de alrededor de 40 mseg, que es el tiempo necesario para inducir un reflejo de estiramiento monosináptico natural en el músculo, a través de su respectivo huso muscular, durante un movimiento ascendente y descendente. El sistema neuromuscular reacciona a esta estimulación por una cadena de contracciones musculares rápidas que pueden resultar de la aplicación de WBV. Tanto la vibración, de una manera reactiva, como la terapia física, de una manera activa, pueden ser formas de tratamiento con el objetivo del fortalecimiento de los músculos implicados en el cierre de la uretra. 29 mujeres mayores fueron examinadas clínica y urodinámicamente (incluyendo ultrasonido perineal y pelvímetro), y asignadas a 3 grupos de tratamiento. Un grupo se sometió a terapia física combinada y WBV durante todo el período de tratamiento. Un segundo grupo comenzó con la terapia física y cambió a la vibración después de 12 semanas. El tercer grupo comenzó con entrenamiento vibratorio y luego cambió a la terapia física. El entrenamiento semanal estuvo compuesto por 2 sesiones de terapia física, de 30 minutos de duración, y otras 2 sesiones de WBV de 4 minutos. La intervención fue de 24 semanas, completada con un periodo de seguimiento de 12 semanas. Los tres grupos mostraron una mejora considerable de la fuerza media del suelo pélvico determinada pelvimétricamente (8 mV, 7 mV y 6 mV, respectivamente). Estos resultados fueron confirmados por palpación y ecografía. Al final del estudio, el grado promedio de incontinencia urinaria de esfuerzo disminuyó (desde 1,8 hasta 0,2 en el primer grupo; 1,7 a 0,2 en el grupo 2; y 1,8 a 0,3, en el grupo 3). Dichos resultados también se reflejaron por una mejora subjetiva de quejas en todas las pacientes. Por tanto, la estimulación del músculo por el entrenamiento vibratorio puede mejorar los parámetros subjetivos y objetivos de la incontinencia urinaria de esfuerzo. En este estudio, la combinación de WBV y terapia física resultó ser muy eficaz y podría representar una opción terapéutica para personas mayores con incontinencia urinaria.

Puntos clave:

Conocidos ya los efectos que WBV produce en los diferentes sistemas corporales, los beneficios en las personas mayores podrían ser, entre otros:

- Tratamiento y prevención de la osteoporosis
- Aumento de la densidad mineral ósea
- Tratamiento de la artrosis
- Aumento de los niveles de fuerza y potencia muscular sin apenas esfuerzo y riesgo lesivo
- Mejora de la circulación sanguínea y linfática
- Mejora del equilibrio
- Mejora de la calidad de vida en los mayores.

1.10.- Pertinencia del estudio clínico

Uno de los comportamientos y hábitos saludables que más ayudan a la prevención de la morbilidad en los mayores es el ejercicio físico, el cual presenta beneficios para la salud científicamente contrastados (Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman & Vanhees, 2008; Instituto de Mayores y Servicios Sociales IMSERSO, 2006; Taylor, Dodd, Shields & Bruder, 2007). En 1995, los Centros para el Control y Prevención de Enfermedades junto con el Colegio Americano de Medicina Deportiva (CAMD), publicaron una recomendación preventiva en la que todo adulto debería acumular 30 minutos o más de actividad física en intensidad moderada, preferiblemente todos los días de la semana (Pate *et al.*, 1995). Posterior a este estudio, el CAMD y la Asociación Americana del Corazón presentaron una actualización donde consideraron oportuno mencionar la recomendación de actividad física para personas mayores. El problema reside en tratar de aunar estas sugerencias para el nuevo grupo, siendo tan numeroso y donde coexisten patologías crónicas, niveles de baja condición física y/o limitaciones funcionales (IMSERSO, 2006; Nelson *et al.*, 2007). El poder llegar a niveles más altos de condición física en la población de mayores es alentador con las recientes investigaciones, pero se encuentra en fase de expansión (*Centers for the Disease Control and Prevention*, 2004).

Las personas mayores, además de ser un porcentaje de población cada vez más numeroso, demandan, como los jóvenes, realizar actividades novedosas; no “de mayores”. El entrenamiento vibratorio presenta efectos avalados científicamente sobre múltiples funciones corporales (Burke, Hagbarth, Löfstedt & Wallin, 1976; Cardinale & Bosco, 2003; Cardinale & Wakeling, 2005; Kiiski, Heinonen, Järvinen, Kannus & Sievänen, 2008). Esta modalidad de ejercicio físico puede considerarse una terapia eficaz para el tratamiento de las enfermedades crónicas que presenta el adulto mayor (Machado, García-López, González-Gallego & Garatachea, 2010; Mata *et al.*, 2013; Prisby, Lafage-Proust, Malaval, Belli & Vico, 2008). La activación muscular que produce el entrenamiento vibratorio permite desarrollar óptimos niveles de fuerza y potencia muscular. Su transmisión a tejidos blandos ocasiona modificaciones cardiorrespiratorias, al igual que en otros sistemas orgánicos como el circulatorio o endocrino. Diversos tejidos que requieren de impactos mecánicos para regular su metabolismo, como es el caso del óseo y del cartilaginoso, han demostrado adaptarse positivamente a la estimulación vibratoria. La vibración transmitida al cuerpo entero presenta efectos cardiovasculares aumentando el riego sanguíneo en los músculos y reduciendo la acidificación (Burke, Hagbarth, Löfstedt & Wallin, 1976; Judex, Donahue & Rubin, 2002; Melloni *et al.*, 2007).

También mejora el riego sanguíneo en las extremidades mediante un efecto neurógeno de vasodilatación (Kavounoudias, Roll & Roll, 1999; Kiiski, Heinonen, Järvinen, Kannus & Sievänen, 2008; Lackner, 1984; Lebedev & Poliakov, 1991; Melloni *et al.*, 2007; Sojka, Sjölander, Johansson & Djupsjöbacka, 1991), fomenta el drenaje linfático (Melloni *et al.*, 2007; Sojka *et al.*, 1991), influye en la producción de hormonas (Ariizumi & Okada, 1985; Burke *et al.*, 1976b; Burke & Rymer, 1976; Cardinale & Bosco, 2003; Cardinale & Wakeling, 2005; Cunningham, Windischberger, Deecke & Moser, 2002; Judex, Gupta & Rubin, 2009; McCall, Grindeland, Roy & Edgerton, 2000), fomenta el metabolismo (Lebedev & Poliakov, 1991; Naito *et al.*, 2000), mejora el equilibrio corporal en personas mayores (Hollins & Roy, 1996; Priplata, Niemi, Harry, Lipsitz & Collins, 2003; Priplata *et al.*, 2006; Roll, Vedel & Ribot, 1989) y

reduce el uso excesivo de analgésicos (Melloni *et al.*, 2007; Rubin, Judex & Qin, 2006). Se especula que permite dormir mejor, estimula el tránsito intestinal, tiene un efecto aliviador en las formas menos severas del síndrome de fatiga crónica, fibromialgia y espasmodia, ayuda a la regulación de las funciones espásticas del esfínter y aumenta la sensación de relajación (Melloni *et al.*, 2007). Sus potenciales beneficios ponen a las plataformas vibratorias en instrumentos adecuados para personas mayores.

El cuerpo humano es una estructura biomecánica y fisiológica muy compleja, constituida de tejidos que están en gran parte determinados por factores genéticos. La gran mayoría de las personas experimenta una reacción sensorio-motriz clara durante un estímulo de vibración sinusoidal. La regulación molecular, fisiológica y genética de esta mecanosensibilidad a un determinado estímulo de vibración es muy compleja y depende en gran medida de la amplitud, frecuencia y duración de la estimulación (Kavounoudias *et al.*, 1999). Tras lo expuesto anteriormente, parece claro que la terapéutica con las plataformas vibratorias abre un extenso campo de posibilidades por su, a priori, fácil manejo y breve duración, lo que aventura una mayor adhesión a los programas establecidos, y como método cómodo de potenciación muscular. El hecho de su muy reciente introducción en la práctica clínica, puede justificar el aún limitado número de trabajos en el campo de la rehabilitación. Por tanto, son necesarias nuevas líneas de investigación que confirmen o refuten los resultados alentadores obtenidos hasta ahora.

Capítulo 2: Objetivos e hipótesis de la investigación

2.- Objetivos e hipótesis de la investigación

2.1.- Objetivos generales

- Comprobar si existe incremento de las capacidades físicas de las participantes después de implementar un programa de entrenamiento vibratorio adicional a un programa de ejercicio físico terapéutico.
- Verificar la incidencia del entrenamiento vibratorio en diferentes indicadores de salud de las participantes del estudio.

2.2.- Objetivos específicos

- Examinar si se producen diferencias en la capacidad de fuerza tras la intervención adicional con entrenamiento vibratorio.
- Analizar si hay diferencias en el equilibrio monopodal con visión después del entrenamiento con vibraciones de cuerpo completo.
- Estudiar si existen diferencias en la flexibilidad de miembros inferiores en las participantes del estudio.
- Verificar si hay mejoras en la agilidad de las participantes en el estudio.
- Analizar la variación en la composición corporal tras la realización de un programa de entrenamiento con y sin vibraciones.
- Constatar si se producen modificaciones en los valores de presión arterial en las mujeres mayores que participan en un programa de ejercicio terapéutico implementado o no con vibraciones.
- Comprobar si, tras la intervención, existen diferencias en el perímetro del tobillo, asociadas a un aumento de la circulación de retorno sanguínea y linfática.

- Valorar la incidencia de la intervención en diferentes variables de salud que afectan a la calidad de vida: dolor, calidad del sueño e incontinencia urinaria.
- Comprobar la eficacia de un protocolo de entrenamiento vibratorio, realizado con ejercicios dinámicos, en mujeres mayores.
- Analizar la efectividad de un programa de ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio.
- Comparar los resultados de un programa de ejercicio físico terapéutico frente al realizado con la inclusión al mismo de un protocolo específico de ejercicios sobre plataformas vibratorias.

2.3.- Hipótesis

En consonancia con los objetivos que pretendemos alcanzar, planteamos con carácter enunciativo la siguiente hipótesis:

“El ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio, realizado dos veces por semana durante 12 semanas, producirá un impacto clínico de mejora en los procesos de envejecimiento relacionados con diferentes indicadores de salud y de capacidades físicas, en mujeres mayores independientes de entre 65 y 80 años”.

Capítulo 3: Metodología de la Investigación

3.- Metodología de la investigación

3.1.- Población objeto del estudio

3.1.1.- Participantes

Nuestra muestra estuvo constituida por 52 mujeres adultas sanas con edades comprendidas entre 65 y 80 años, residentes en la ciudad de Jaén y usuarias de centros de participación activa de Jaén capital. Si bien no tenían experiencia en estudios de investigación, carecían de limitaciones para la práctica de ejercicio físico y participaban en programas que implican actividad física regular.

A todas las candidatas se les informó pormenorizadamente de las características y desarrollo del estudio, indicándoles las condiciones de participación, siendo requisito indispensable la voluntariedad y disposición personal para su inclusión en cualquiera de los grupos de investigación.

La edad media de las participantes fue de 70,31 años y la desviación típica de 5,04.

a.- Criterios de inclusión

- Ser mujer.
- Edades comprendidas entre 65 y 80 años cumplidos.
- Independencia en las actividades de la vida diaria.
- Asistencia al programa de ejercicio físico terapéutico del centro.
- Participación voluntaria, comprometiéndose a cumplir el protocolo establecido durante la realización del trabajo; aceptando las normas establecidas en cuanto a organización y metodología.
- En el caso del grupo experimental, con implemento de entrenamiento vibratorio, completar todas las sesiones de WBV durante el desarrollo de la investigación.

b.- Criterios de exclusión

- Personas con enfermedad incapacitante para la realización de cualquier tipo de actividad física.
- No tener autorización médica para participar en el programa.
- No firmar el consentimiento informado.
- Faltar a una sesión del ejercicio físico programado.
- No cumplir las normas organizativas y metodológicas explicadas y aceptadas voluntariamente.

3.1.2.- Colaboradores

a) El diseño del protocolo de intervención contó con dos fisioterapeutas y un profesor de Educación Física. Se realizó una primera reunión para la exposición de los objetivos del estudio y dos reuniones posteriores para definir y coordinar el protocolo del programa de entrenamiento implementado de WBV a seguir en el desarrollo de la investigación.

b) La evaluación clínica de los sujetos experimentales la realizó un fisioterapeuta experto en fisioterapia deportiva y en entrenamiento vibratorio. Debido a la gran variabilidad del estado de salud y físico de los adultos mayores, es imprescindible llevar a cabo un reconocimiento antes de iniciar un programa de actividad física y de entrenamiento vibratorio, de manera que se puedan valorar las posibles patologías que han tenido y/o tienen, así como para determinar factores de riesgo que contraindiquen la implementación de vibraciones de cuerpo completo. Para ello, se llevó a cabo una revisión individual consistente en un análisis de diferentes parámetros físicos (presión arterial, estatura, peso) y una entrevista para elaborar la historia clínica de cada participante.

c) La evaluación del pretest y del posttest la llevaron a cabo tres fisioterapeutas con experiencia suficiente en la aplicación de test físicos y previamente formados en el protocolo de medición.

d) Desarrollo de las sesiones de entrenamiento: Las intervenciones de ejercicio físico terapéutico, común a los dos grupos, estuvieron dirigidas por el mismo profesor de Educación Física en ambos centros, para evitar diferencias en la programación de las sesiones y el sesgo de variaciones en el tratamiento aplicado a ambos grupos. El entrenamiento vibratorio fue supervisado por dos fisioterapeutas en una sala próxima a la que se realizaba la práctica del programa de ejercicio. Estos fueron formados con anterioridad en conocimientos sobre WBV: sus efectos, indicaciones, contraindicaciones, utilización de las máquinas vibratorias, parámetros empleados en el estudio, así como los ejercicios diseñados, con especial incidencia en la determinación de la postura que debían adoptar en la ejecución práctica de cada ejercicio.

3.2.- Diseño de la investigación. Tipo de estudio

Nuestro trabajo de investigación puede ser incluido en distintas clasificaciones, siguiendo los criterios de Argimón y Jiménez (2004) y De Juez (2001). En relación a su finalidad es experimental, puesto que pretende establecer relación causa-efecto (Rebagliato, Ruiz & Arranz, 1996). Según su secuencia temporal es de carácter longitudinal, ya que los datos de cada participante fueron medidos antes y después de la intervención para comprobar la efectividad clínica del protocolo. El método es inductivo, puesto que trata de estimar las características de la población a través de una parte del mismo (muestra), tratando de inferir conclusiones que comprueben nuestra hipótesis mediante variaciones concomitantes. En relación al control de las variables, los factores de estudio han sido asignados por la investigadora. Por tanto, se trata de un estudio experimental, longitudinal e inductivo en el que se plantea una hipótesis probabilística.

La intervención longitudinal con medidas pre-posttest fue implementada en dos grupos: un grupo experimental y un grupo control. El grupo control realizó un programa de ejercicio físico terapéutico y fue medido en el pretest y el posttest, al igual que el grupo experimental, que además realizó ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio. El efecto beneficioso de las dos estrategias, y la combinación de alguna de ellas en

algún protocolo concreto son conocidas en la literatura. Así, se tomó la opción de un diseño con complementación para mejorar el tamaño del efecto clínico desde el punto de partida, suplementando el programa de ejercicio con una modalidad de entrenamiento con suficientes inferencias fisiológicas como es WBV.

La intervención tuvo una temporización de 12 semanas, con 2 sesiones semanales de 60 y 80 minutos, para los grupos control y experimental respectivamente. En ambos casos se estableció una rutina de trabajo. Los grupos experimental y control llevaron a cabo 22 sesiones prácticas.

Durante la entrevista clínica se incentivó el papel activo de las participantes en el programa, así como su adherencia y cumplimiento del mismo.

3.2.1.- Variables de la investigación. Definición y justificación

3.2.1.1.- Variables independientes

Programa de entrenamiento vibratorio mediante el empleo de plataformas de vibraciones de cuerpo completo

El protocolo de entrenamiento vibratorio fue diseñado específicamente para este estudio, constando de dos sesiones semanales con un día de descanso entre las mismas. La intervención tuvo un total de 22 sesiones, con 20 minutos de duración cada sesión, incluyendo calentamiento y vuelta a la calma. Los parámetros empleados fueron los siguientes:

- Tipo de vibración: sincrónica/sinusoidal vertical (de cuerpo completo).
- Frecuencia de vibración: 30 Hz.
- Desplazamiento de la vibración pico-a-pico: 5 mm.
- Amplitud: 2,5 mm.
- Estructura de la sesión: 5 ejercicios dinámicos, de 1 minuto de duración cada uno, seguidos de 30 segundos de reposo entre cada ejercicio.

Las participantes se sujetaban al barandal de la plataforma, como medida de seguridad, y eran supervisadas en todo momento por un fisioterapeuta.

Las figuras 3.1., 3.2., 3.3., 3.4., 3.5., 3.6. y 3.7. muestran los diferentes ejercicios que las usuarias realizaron, su posicionamiento correcto y ejecución, en el orden establecido.



Figura 3.1. Posición inicial con ligera flexión de rodillas.



Figura 3.2. Ejercicio de squat con aumento de la flexión de rodillas y caderas.



Figuras 3.3. y 3.4. Partiendo de la posición inicial, elevación de rodillas al frente de manera alternativa.



Figura 3.5. Extensión de cadera y descenso de la pierna derecha al suelo.



Figura 3.6. Extensión de cadera y descenso de la pierna izquierda al suelo.



Figura 3.7. Partiendo de la posición inicial, desplazamiento del peso del cuerpo lateralmente a izquierda y derecha.

Programa de ejercicio físico terapéutico

El programa de ejercicio físico terapéutico es realizado de forma grupal y consta de dos sesiones semanales, de 60 minutos de duración cada sesión; con una estructura común de objetivos para la mejora de las capacidades físicas basada en la guía del *American College of Sports Medicine* (2009). El diseño del programa responde a una adecuada progresión de la intensidad, dedicando la primera parte a tareas organizativas, informativas e incremento paulatino de la intensidad, manteniendo esa intensidad durante la parte principal y disminuyéndola progresivamente en la vuelta a la calma. La estructura de cada sesión consta de las siguientes partes:

- Calentamiento (5 minutos):
 - Ejercicios de desplazamiento (2 minutos).
 - Caminar por la sala.
 - Introducir movilidad coordinada de brazos.
 - Elevación de rodillas durante el desplazamiento.
 - Ejercicios estáticos de movilidad y estiramientos (3 minutos).

- Movilización articular de miembros inferiores: tobillos, rodillas y caderas.
- Movilidad articular de miembros superiores: cintura escapular, codos y muñecas.
- Estiramientos de cuádriceps con apoyo en la compañera.
- Estiramiento de isquiotibiales, adelantando la pierna y descendiendo levemente el tronco.
- Ejercicio aeróbico (25 minutos): Danza aeróbica movilizando grandes grupos musculares, favoreciendo la resistencia cardiovascular por medio de la música y el disfrute de ritmos dinámicos.
- Ejercicio de fuerza (10 minutos): Movimientos musculares analíticos contra una resistencia mediante el uso de mancuernas o bandas elásticas.
- Ejercicio de flexibilidad (10 minutos): Estiramientos de los principales músculos utilizados durante la sesión. La posición de estiramiento se mantiene durante 15-20 segundos, adoptándola con suavidad y volviendo a la posición inicial de igual forma.
- Vuelta a la calma (5 minutos): Ejercicios de relajación, consistentes en respiraciones abdomino-diafragmáticas, en sedestación.

3.2.1.2. Variables de carácter general o de contexto

- Edad.
- Estado civil.
- Profesión.
- Número de hijos/as.
- Antecedentes personales: Registro de la información sobre enfermedades y traumatismos que la participante ha tenido a lo largo de su vida. Se indican aquellas patologías más importantes, duración y cómo han evolucionado.

- Intervenciones quirúrgicas: Registro de operaciones a las que se ha sometido la participante que sean de relevancia para el estudio y supongan una limitación funcional para la práctica de ejercicio.

- Medicación actual: Registro de los fármacos que la participante toma habitualmente, su finalidad y frecuencia de administración.

Justificación

Antes de recoger una medición concreta del dolor es de vital importancia el conocimiento de los antecedentes personales de cada persona, ya sean médicos o relacionados con cirugías previas. Se debe tener en cuenta cualquier dato clínico previo, incluyendo su historia laboral, aunque, aparentemente, no presente relación directa con su situación actual.

3.2.1.3.- Variables dependientes

Datos antropométricos

- Estatura: Es la distancia desde el vértex a la planta de los pies. Se mide con el sujeto en bipedestación, desprovisto de calzado, la cabeza erguida y con los talones juntos; cuidando que el mentón se ubique recogido, de manera que el borde inferior de la cavidad orbitaria se encuentre en línea horizontal con la parte superior del trago de la oreja (plano de Frankfort). Su lectura se realiza en centímetros.
- Peso: Masa corporal total representada en kilogramos, medida en posición bípeda sin movimiento alguno, sin calzado y sin más objetos que una camiseta y pantalones deportivos.
- Índice de masa corporal (IMC): Es una medida de asociación entre el peso y la estatura de un individuo. También se conoce como “índice de Quetelet”. Se calcula según la expresión matemática: $IMC = \text{peso} / \text{estatura}^2$, donde el peso se expresa en kilogramos y el cuadrado de la estatura en metros cuadrados, siendo la unidad de medida del IMC: kg/m^2 . El valor obtenido no es constante, sino que varía con la edad y el sexo. También

depende de otros factores, como las proporciones de tejidos muscular y adiposo. En el caso de los adultos se ha utilizado como uno de los recursos para evaluar su estado nutricional, de acuerdo con los valores propuestos por la Organización Mundial de la Salud. Puede calcularse con impedancia bioeléctrica o por medio de tablas de referencia, disponibles en numerosos manuales. La representación de la figura 3.8. ofrece un gráfico del índice de masa corporal con sus rangos de medición.

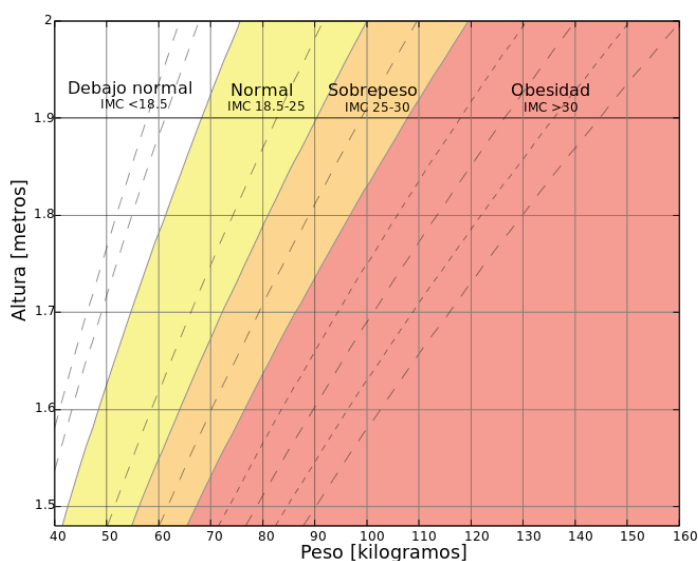


Figura 3.8. Gráfico de índice de masa corporal (IMC) (Monterrey Gutiérrez & Porrata Maury, 2001).

Justificación

El IMC ha tenido gran incidencia en el ámbito de la salud pública. Algunos estudios muestran que los sujetos con altos valores de IMC o, en algunos casos, con muy bajos valores, tienen más probabilidades de ser incapacitados cuando lleguen a la vejez que las personas con valores normales (Galanos *et al.*, 1994; Harris *et al.*, 1989; Losonczy *et al.*, 1995). Altos valores de IMC también están asociados con numerosos problemas de salud incluyendo la hipertensión, enfermedades coronarias y diabetes tipo 2 (U.S. Department of Health and Human Services, 1996); y todo ello está relacionado con consecuencias negativas para la movilidad funcional (García Pedraja & Noda Rodríguez, 2012).

- Masa grasa: Porcentaje de peso corporal constituido por tejido adiposo. Los valores considerados normales se encuentran entre el 20% y 30% del peso corporal. La grasa, que a efectos prácticos se considera metabólicamente inactiva, tiene un importante papel de reserva y en el metabolismo hormonal, entre otras funciones. Se diferencia, por su localización, en grasa subcutánea (debajo de la piel) y grasa interna o visceral. Según sus funciones en el organismo, puede también dividirse en grasa esencial y de almacenamiento.

- Masa libre de grasa (o masa magra): Compartimento metabólicamente activo que está integrado por todos los componentes funcionales del organismo implicados en los procesos metabólicamente activos. Su contenido es muy heterogéneo e incluye huesos, músculos, agua extracelular, tejido nervioso y todas las demás células que no son adipocitos o células grasas. Supone el 75% del peso corporal. La masa muscular o músculo esquelético (40% del peso total) es el componente más importante de la masa magra y es reflejo del estado nutricional de la proteína. La masa ósea constituye un 14 % del peso total y el 18% de la masa libre de grasa.

Justificación

La Sociedad Española de Nutrición (2003) considera el papel de la composición corporal en la supervivencia desde dos vertientes. Por un lado, existe evidencia de la relación entre obesidad y enfermedad cardiovascular; principales causas de mortalidad en los países industrializados. Por otro lado, la pérdida de masa magra, tanto del tejido muscular como del tejido óseo, conlleva otra serie de riesgos para la salud. La grasa visceral se dice que es más probable que cause enfermedades relacionadas con el estilo de vida que el tejido adiposo subcutáneo. En consecuencia, el conocimiento y la comprobación periódica de los riesgos de acumulación de grasa sirven como una guía importante en la prevención de enfermedades relacionadas con el estilo de vida.

Datos relacionados con el estado de salud

Presión arterial

La presión arterial es la presión que ejerce la sangre contra la pared de las arterias, imprescindible para que esta circule por los vasos sanguíneos y aporte el oxígeno y los nutrientes a todos los órganos del cuerpo. Tiene dos componentes: la presión arterial sistólica, que corresponde al valor máximo de la tensión arterial en sístole (cuando el corazón se contrae) y la presión arterial diastólica, que corresponde al valor mínimo de la tensión arterial cuando el corazón está en diástole o entre latidos cardíacos. Suele tomarse como unidad de medida los milímetros de mercurio (mmHg). Para definir a un mayor como hipertenso se utilizan los mismos criterios señalados para los adultos de 18 años o más, según la clasificación del quinto reporte del Comité Nacional Conjunto Norteamericano (JNC, 1993).

Justificación

La medida de la presión arterial es probablemente la exploración clínica más repetida y más importante y, a pesar de su aparente sencillez, es una de las que se realiza de forma menos fiable y con un escaso cumplimiento de las recomendaciones. La técnica de referencia era la medida en consulta por un médico mediante esfigmomanómetro de mercurio ocluyendo la arteria braquial con un manguito y auscultando los ruidos de Korotkoff. Sin embargo, actualmente se utilizan esfigmomanómetros aneroides de gran precisión. La hipertensión arterial constituye un factor de riesgo, el más importante en las personas mayores, para la prevalencia de accidentes cerebrovasculares y cardiovasculares (Macias, 1990).

Perímetro del tobillo

El perímetro es el contorno de una superficie o de una figura y la medida de dicho contorno. En el tobillo, esta medición nos informa de la existencia de edema y de la eficacia del tratamiento de intervención sobre el mismo. Existen numerosos métodos de evaluación del edema: la evaluación clínica de la profundidad del mismo, cuestionario del paciente, la circunferencia o perímetro del tobillo, la figura en forma de ocho, probador de edema, probador de edema modificado, volumen indirecto de la pierna y volumetría por desplazamiento de agua (Brodovicz *et al.*, 2009). También existen diversos métodos relativamente sofisticados para la medición del volumen de una extremidad como la volumetría optoelectrónica, el infrarrojo, el sistema computerizado de medición del volumen del edema (CLEMS), la impedancia, el diseño computerizado (CAD/CAM) y la tomografía computerizada (Torres-Lacomba *et al.*, 2009). El método más práctico es a partir de medidas circunferenciales (Armer & Stewart, 2005; Boland & Adams, 1996; Cheville *et al.*, 2003) y su medición se realiza en centímetros por medio de una cinta métrica.

Justificación

El fisioterapeuta, en el desarrollo de su profesión, mide con frecuencia el volumen de las extremidades tanto en el ámbito de la patología de la circulación de retorno (linfedema, fleboedema, etc.) como en la del aparato locomotor (edemas postraumáticos, edemas posquirúrgicos, etc.) (Ferrandez & Serin, 2006; Ferrandez & Theys, 2002; Ferrandez & Torres, 2008; Torres, 2006; Torres & Cerezo, 2009). Independientemente de la causa que genere esta afección, ciertas medidas sencillas pueden mejorar el problema. La promoción de la salud debe ir encaminada a la enseñanza del problema y de la relevancia de la actividad física como medio de prevención y manejo.

Datos asociados a las pruebas de medición de la condición física

a) Fuerza máxima isométrica de prensión manual: Es la mayor cantidad de tensión que puede generar el músculo en una contracción voluntaria; en la

contracción isométrica no se lleva a cabo ningún movimiento, el músculo se tensa pero no realiza ningún trabajo físico, ya que el producto de fuerza por distancia es cero (Martínez, De Paz & Cuadrado, 2002). Esta prueba consiste en medir la fuerza máxima de prensión de cada mano mediante un dinamómetro digital de prensión manual. Se encuentra dentro de la batería de evaluación de la condición física en ancianos ECFA (Camiña *et al.*, 2000).

Justificación

James (1999) diseñó un estudio para valorar el potencial de este test como indicador de fuerza general del tren superior. También resultó ser útil para detectar la disminución de fuerza esperada en relación con la edad (Rikli & Jones, 1999). La capacidad de discriminación del test, demostrada por Miotto y colaboradores (1999), demostró cómo los individuos más activos puntuaban más alto que los sedentarios. La fuerza de los miembros superiores capacita para la realización óptima de actividades instrumentales de la vida diaria.

b) Test de fuerza para las extremidades inferiores (“Chair Stand Test”):

Es el número de veces que un sujeto es capaz de sentarse y levantarse de una silla durante 30 segundos, con los brazos en cruz y colocados sobre el pecho (figura 3.9.). Dicha prueba está incluida dentro del Senior Fitness Test (Rikli & Jones, 2001).



Figura 3.9. Chair Stand Test.

Justificación

Muchos estudios muestran que este test correlaciona bien con indicadores de interés como la velocidad al caminar, la capacidad de subir escaleras o el equilibrio (Bohannon, 1995; Csuka & McCarty, 1985). También se ha encontrado que es efectivo el rendimiento en este test para detectar los declives normales relacionados con la edad (Csuka & McCarty, 1985), para discriminar entre las personas mayores que sufren caídas y los que no las sufren (McRae *et al.*, 1992); además de detectar los efectos de un programa de ejercicio físico para personas mayores (McMurdo & Renni, 1993). Otros estudios indican que sus resultados están asociados al riesgo de sufrir caídas (Alexandre *et al.*, 1991; Tinetti *et al.*, 1988).

c) Test de flexibilidad de las extremidades inferiores (“Chair-Sit and Reach Test”): Esta prueba estima la extensibilidad de la musculatura isquiosural. Transcurre con el sujeto sentado en el borde de una silla, el cual estira la pierna, y las manos intentan alcanzar los dedos del pie posicionado en flexión de tobillo de 90 grados (figura 3.10.). Se mide la distancia entre la punta de los dedos de la mano y la punta del pie (positiva si los dedos de la mano sobrepasan los dedos del pie o negativa si los dedos de la mano no alcanzan a tocar los dedos del pie). La máxima distancia alcanzada durante el test será aquella que el participante sea capaz de alcanzar y mantener, durante al

menos 2 segundos. Previamente a la realización del test, el participante realizará pruebas con ambas piernas, eligiendo para la realización del test aquella con la que alcance mayor distancia.



Figura 3.10. Chair-Sit and Reach Test.

Justificación

La flexibilidad es un componente de la condición física que ha sido ampliamente relacionada con la salud (Bouchard & Sheppard, 1994). Su falta en los músculos isquiosurales condiciona una disminución de la movilidad de la pelvis que lleva invariablemente al cambio biomecánico en la distribución de presiones en la columna vertebral (Da Silva Díaz & Gómez-Conesa, 2008). Por ello, ha sido asociada con desviaciones posturales, limitaciones de la marcha, aumento del riesgo de caídas y susceptibilidad a lesiones musculoesqueléticas (Erkula, Demirkan, Kilic & Kiter, 2002). Este test es el más utilizado para la valoración de la flexibilidad de los miembros inferiores y forma parte de numerosas baterías, incluida la de YMCA (Golding *et al.*, 1989), la Fitnessgram (Cooper Institute for Aerobics Research, 1999), la AAHPERD para personas mayores de 60 años (Osness *et al.*, 1996), el Senior Fitness Test (Rikli & Jones, 1999) y la batería ECFA (Camiña *et al.*, 2000), también para este colectivo. Dicho test se correlaciona con otras medidas estables de flexibilidad variando de 0,61 a 0,89 (Jackson & Baker, 1986; Jackson & Langford, 1989; Patterson *et al.*, 1996).

d) Test de agilidad (“Foot Up-and-Go Test”): La agilidad se define como la facilidad para ejecutar algo de forma rápida. En el deporte, es una habilidad que integra la capacidad de acelerar, decelerar, estabilizar la posición y acelerar de nuevo. Este test es una prueba del Senior Fitness Test en la cual, partiendo de sentado, mide el tiempo que un sujeto tarda en levantarse, caminar hasta un cono situado a 2,44 m, girar y volver a sentarse (figura 3.11.). Se instruye a los participantes a permanecer sentados, en el medio de una silla estándar, con la espalda recta y las manos sobre los muslos. Una pierna ligeramente adelantada sobre la otra. A la señal de “ya” el participante se levanta de la silla, camina lo más rápido posible hacia el cono, lo rodea por cualquiera de sus lados y vuelve a sentarse de nuevo en la silla. El resultado final será el tiempo necesario, desde la señal de inicio hasta el momento en que el participante vuelva a estar sentado en la silla.



Figura 3.11. Foot Up-and-Go Test.

Justificación

El objetivo de esta prueba es valorar la agilidad y el equilibrio dinámico. Rikli y Jones (2001) proponen para la población de personas mayores una distancia de 8 pies (2,44 metros). Dicho test es una versión modificada de otro protocolo anteriormente publicado, que se realiza sobre una distancia de 3 metros (*3-meter “timed up-and-go”*) (Podsiadlo & Richardson, 1991). Aunque no hay ninguna medida relativa al criterio para comparar el rendimiento del test,

se ha comprobado que está significativamente relacionado con la *Berg Balance Scale* ($r=0,81$), con la velocidad de la marcha ($r=0,61$) y con el Índice de Barthel ($r=0,78$) (Podsiadlo & Richardson, 1991). Otros estudios de Tinetti y colaboradores (1986) y Podsiadlo y Richardson (1991), indican que puede discriminar entre varios niveles funcionales en las personas mayores, y también es sensible a los cambios resultantes de un incremento en el nivel de actividad física.

e) Test de equilibrio estático monopodal con visión: El equilibrio estático se puede definir como la capacidad de mantener el cuerpo erguido o en cualquier posición estática, frente a la acción de la gravedad. Con el desarrollo de esta prueba se evalúa el equilibrio estático general del sujeto. Consiste en colocarse en bipedestación con las manos en las caderas y permanecer apoyado sobre la planta de un pie. El otro pie permanecerá apoyado sobre el tobillo del pie sobre el que se sustenta (figura 3.12.). El evaluador realiza una demostración previa. Antes de efectuar el test, se deja tiempo de prueba y se efectúan dos intentos con cada pie. Se mide el tiempo transcurrido desde que el participante levanta voluntariamente el pie del suelo hasta el momento en el que apoya de nuevo el pie en el suelo. Se tiene en cuenta el mejor intento de los cuatro. Tiempo máximo: 60 segundos. Forma parte de la batería ECFA (Camiña *et al.*, 2000).



Figura 3.12. Test de equilibrio estático monopodal con visión.

Justificación

El equilibrio estático tiene como objetivo mantener la verticalidad del cuerpo en situaciones estáticas, y su valoración nos permite conocer el riesgo de caídas que una persona puede presentar. La forma de medición que proponen Camiña y sus colaboradores (2000), para evaluar el equilibrio en personas mayores, es con el sujeto en apoyo monopodal y con los ojos abiertos. Fue escogida de la batería ECFA porque evalúa la capacidad de equilibrio de forma segura y objetiva.

Variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios)

Dolor

El dolor es una experiencia sensorial y emocional subjetiva, generalmente desagradable, que pueden experimentar todos aquellos seres vivos que disponen de un sistema nervioso central. está asociada a una lesión tisular o expresada como si esta existiera. puede clasificarse, según el tiempo de evolución, en dolor crónico (es el dolor que dura más de tres meses) y dolor agudo (es el dolor que dura poco tiempo, generalmente menos de dos semanas). las escalas de dolor se utilizan para controlarlo y conseguir una comunicación más rápida entre los pacientes y sus proveedores de atención de salud. a lo largo de la historia, se han diseñado múltiples escalas (jaywant & pai, 2004): la escala visual analógica, la escala verbal numérica, la escala de calificación verbal, el test de latinnen, el cuestionario mcgill, escalas de variables conductuales, escalas de variables fisiológicas, o escalas de variables psicológicas (lópez cano, 2002; serrano-atero *et al.*, 2002). las herramientas de evaluación del dolor, escalas y cuestionarios, juegan un papel fundamental en este proceso y tanto la historia como tales herramientas deberían reflejar cuáles son las necesidades de cada persona.

Justificación

La medición del nivel de intensidad del dolor es un predictor significativo de la complejidad de su manejo y del tiempo necesario para obtener un control estable de este. Siendo la intensidad del dolor, probablemente, la experiencia clínica más relevante, independientemente de la propia enfermedad, por lo que debería ajustarse a una metodología estándar de evaluación (Hjermstad *et al.*, 2011). Tal vez, el criterio más importante de validez para una medida de dolor sea su capacidad para detectar cambios con el tratamiento o en procedimientos que sabemos que los producen (Ferreira-Valente, Pais-Ribeiro & Jensen, 2011). Por lo tanto, una evaluación válida y confiable del dolor es esencial tanto para los estudios clínicos como para su gestión.

Calidad de vida relacionada con la salud

La calidad de vida relacionada con la salud es el nivel de bienestar derivado de la evaluación que la persona realiza de diversos dominios de su vida, considerando el impacto que en estos tiene su estado de salud. Es un indicador comprensivo en la evaluación del estado de salud. Los cuestionarios de salud constituyen una de las técnicas más utilizadas para evaluar la calidad de vida y salud de los individuos. Los instrumentos más utilizados en la actualidad son el SF-36 y el SF-12.

Justificación

El conocimiento del estilo de vida y su medición es una prioridad para los sanitarios que atienden a pacientes con diversas patologías. Para el clínico, uno de los múltiples objetivos al evaluar la calidad de vida es establecer el bienestar subjetivo de los pacientes, su capacidad de realizar actividades sociales y su capacidad funcional (Cisneros, 2007). La enfermedad y las intervenciones de los profesionales de la salud influyen tanto sobre la cantidad como sobre la calidad de vida del paciente. La cantidad de vida es expresada en esperanza de vida en años, pero la calidad requiere otro tipo de indicadores (Soto & Fialde, 2004). Una aproximación válida para su medición se basa en el

uso de cuestionarios, que ayudan a cuantificar en forma efectiva problemas de salud.

Calidad del sueño

La calidad del sueño es el nivel de bienestar derivado de la evaluación que la persona realiza de las características de su sueño. Se relaciona con la salud debido a que los trastornos del sueño pueden suponer un importante riesgo de problemas somáticos y psicológicos. La relación entre la edad y el deterioro de la calidad del sueño ha sido analizada en diversos estudios, encontrándose en el trabajo de Foley *et al.* (1995), que solo el 20% de los adultos mayores está satisfecho con la calidad de su sueño. Por esta razón el Instituto de Gerontología, en el 2008, priorizó explorar este aspecto que puede resultar el pilar preventivo básico de toda evaluación de personas con trastornos del sueño (Mastin, Bryson & Corwyn, 2006; Varela, 2008).

Justificación

Los trastornos del sueño en el adulto mayor se caracterizan por tener una frecuencia alta y significativa afectación en la calidad de vida. La mayor parte de estos trastornos pueden tener relación con una pobre higiene del sueño, hábitos y prácticas de cada persona en relación a factores ambientales (luz, ruido, temperatura, etc.) y factores relacionados con la salud (nutrición, práctica de ejercicio y consumo de determinadas sustancias) que ejercen influencia sobre la calidad del sueño (Alcorta & Ayala, 2003). Autores señalan que el insomnio se relaciona con una peor percepción por parte de los mayores del propio estado de salud (Lindgren, Svärdsudd & Tibblin, 1994). Sería interesante detectar y medir cuáles son las conductas erróneas en la higiene del sueño de las personas mayores, con el fin de poder corregirlas.

Incontinencia urinaria

La incontinencia urinaria es una condición mediante la cual se origina la pérdida involuntaria de orina a través de la uretra, objetivamente demostrable,

ocasionando problemas sociales e higiénicos para el individuo. (Abrams *et al.*, 2002; *International Continence Society*, 1977). Actualmente para su medición existen numerosos cuestionarios. Los cuestionarios autocumplimentados son instrumentos útiles para detectar la incontinencia y para diseñar la estrategia de intervención en la población afectada por esta disfunción (Abrams, Khoury & Wein, 1999).

Justificación

La incontinencia urinaria es un problema de salud con un gran impacto en la calidad vida, que afecta a las mujeres mayores. Muchas mujeres no consultan al médico por vergüenza o porque creen que es un problema propio de la edad y sin tratamiento eficaz. Cualquier estrategia que pretenda mejorar la atención a este problema de salud ha de plantear en primer lugar aumentar su detección (Espuña, Rebollo & Puig, 2004). Una vez detectados los síntomas de incontinencia urinaria, en algunos casos es posible que estos sean reversibles cambiando algunos hábitos (Espuña, 2003).

Calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria

La calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria es el nivel de molestias y limitaciones derivadas de la evaluación que la persona realiza sobre las características de su incontinencia. La calidad de vida se mide de forma cuantitativa con los tests psicométricos o cuestionarios. Existen diversos cuestionarios de calidad de vida específicos para pacientes con incontinencia urinaria, que evalúan los diversos aspectos de la vida de la persona (social, laboral, sexual). Entre los más utilizados y validados al español se encuentran el *Internacional Consultation Incontinence Questionnaire* (ICIQ-SF) y el *King's Health Questionnaire*.

Justificación

La *International Continence Society* (ICS) recomienda la inclusión de medidas de calidad de vida como complemento a medidas de los síntomas

urinarios en todos los estudios que evalúen tratamientos para la incontinencia urinaria. Las intervenciones sobre esta afección deben, no solo proporcionar eficacia clínica, sino también mejorar la calidad de vida. Es importante considerar el impacto que tiene en las personas, interfiriendo en aspectos del funcionamiento físico, social y sexual, así como en el sueño, trabajo y relaciones personales.

3.3.- Equipamiento

3.3.1.- Material empleado en el programa de intervención

El material utilizado para el desarrollo de las sesiones prácticas, expuesto a continuación, se divide en función del tipo de entrenamiento aplicado.

- Ejercicio físico terapéutico:
 - 2 salas de ejercicio.
 - Gomas de resistencia progresiva Thera-band®, de distintas resistencias.
 - Balones.
 - Aros.
 - 6 colchonetas con unas dimensiones de 2 m (largo) x 1 m (ancho) x 0,5 m (alto).
 - Mancuernas de 1 kg.
 - Cilindros de flotación.
 - 2 aparatos de música.

- Entrenamiento vibratorio:

- 3 máquinas vibratorias DKN XG 3.0 (figura 3.13).

Este tipo de plataformas vibratorias producen un estímulo mecánico caracterizado por un movimiento vertical. Su consola (figura 3.14.) permite seleccionar los parámetros de vibración fácilmente. La frecuencia oscila entre 20-50 Hz y sus dimensiones (largo x ancho x alto) son 420 x 850 x 1400 mm.



Figura 3.13. Modelo de máquina vibratoria DKN XG 3.0.



Figura 3.14. Consola de la máquina vibratoria DKN- XG3.

3.3.2.- Material empleado en la recolección de datos

3.3.2.1.- Estatura

Para la medición de la estatura empleamos un estadiómetro portátil modelo seca 213 (figura 3.15.), cuyo rango de medición en centímetros es de 20-205 cm, con divisiones de 1 mm. La escala en el lateral del estadiómetro permite consultar dicha medida durante la prueba, lo cual asegura la precisión de los resultados. Sus dimensiones (A x A x P) son de 337 x 2165 x 590 mm, y es útil para la medición móvil.



Figura 3.15. Estadiómetro portátil seca 213.

3.3.2.2.- Peso y composición corporal

Para medir el peso y la composición corporal se utilizó el analizador de composición corporal Tanita SC 330 S portable (*Tanita Corporation, Japan*) (figura 3.16.). El sistema de medición es bipolar basado en la impedancia bioeléctrica. Los analizadores de composición corporal Tanita están de acuerdo

con la Directiva Europea de Dispositivos Médicos (MDD) y con la Directiva Europea NAWI (Instrumentos De Pesaje De Funcionamiento No Automático). Su medición se realizó mediante la fórmula específica para personas mayores de 60 años propuesta por Deurenberg *et al.* (1996). La validez y fiabilidad de la bioimpedancia en personas mayores ha sido ampliamente establecida (Deurenberg, Andreoli & De Lorenzo, 1996; Deurenberg, Tagliabue & Schouten, 1995; Deurenberg *et al.*, 1993; Steijaert *et al.*, 1997; Visser, Deurenberg & Van Staveren, 1995). Como material fungible se utilizaron gasas y alcohol, para la limpieza de la superficie de contacto.



Figura 3.16. Analizador de composición corporal Tanita SC 330 S.

3.3.2.3.- Presión arterial

La medición de la presión arterial se hizo mediante un esfigmomanómetro aneroide portátil y un fonendoscopio, modelo Corysan (figura 3.17.). Ambos aparatos cumplen con las normas europeas UNE-1060-1 esfigmomanómetros no invasivos, parte 1: requisitos generales, la norma UNE-1060-2 esfigmomanómetros no invasivos, parte 2: requisitos suplementarios

aplicables a los esfigmomanómetros mecánicos; y con la Acreditación de ENAC N° 96/LC210/00 para la calibración de esfigmomanómetros (medidores de presión arterial) dentro del área de Fluidos-Presión.



Figura 3.17. Esfigmomanómetro aneroide portátil y fonendoscopio Corysan.

3.3.2.4.- Perímetro del tobillo

La medición del perímetro del tobillo utilizó como instrumental una sola cinta métrica flexible, de 3 m y 1 mm de precisión, en todas las mediciones. La posición del miembro inferior fue medida con un goniómetro de Palanca Smith and Nephew® Rolyan Inc. La camilla empleada fue el modelo Accua 1040, cuya longitud es de 190 cm, anchura de 65 cm y altura regulable de 75 a 85 cm. La medida del perímetro del tobillo es una de las más empleadas en la práctica clínica fisioterapéutica, al tratarse de un método sencillo y económico que permite tomar medidas en el mismo para observar cómo acontecen los cambios de volumen.

En el estudio de Brodovicz *et al.* (2009) comprobaron la validez y fiabilidad de dichos métodos y encontraron que la volumetría por desplazamiento de agua y la circunferencia del tobillo tenían más alta fiabilidad inter-examinador (coeficiente de correlación intraclase 0,93 y 0,96 derecha;

0,97 y 0,97 a la izquierda) que el resto de métodos. Concluyeron que a pesar de que la volumetría y la circunferencia del tobillo mostraron una excelente fiabilidad, sin embargo, el desplazamiento del agua es una medida de tiempo y puede plantear problemas de aplicación en los entornos de ensayos clínicos. Figueres (2011) coincidió en los resultados al encontrar un coeficiente de correlación entre ambos métodos de $r = 0,749$ y un $ICC = 0,981$. Este investigador considera que los dos son altamente fiables y válidos, pero la volumetría es más laboriosa y lenta.

3.3.2.5.- Fuerza máxima isométrica de prensión manual

Para esta medida de rendimiento se utilizó un dinamómetro manual marca Takei, modelo Grip-D T.K.K. 5401 (figura 3.18.).



Figura 3.18. Dinamómetro T.K.K. 5401 GRIP – D.

3.3.2.6.- Test de fuerza para las extremidades inferiores, test de flexibilidad de las extremidades inferiores, test de agilidad y test de equilibrio estático monopodal con visión

Estas pruebas requirieron de un material común compuesto por:

- Cronómetro ADIDAS ADH 6123.

- Cinta métrica metálica inextensible de 5 m y 1 mm de precisión.
- Cinta métrica flexible de 3 m y 1 mm de precisión.
- Sillas de tamaño normalizado (43-44 cm de altura).
- Cono de señalización (28 cm).
- Cinta adhesiva.

3.3.2.7.- Cuestionarios de medición de otras variables de interés

Los cuestionarios realizados para las variables de dolor, calidad de vida relacionada con la salud, calidad del sueño, incontinencia urinaria y calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria fueron los siguientes:

- Escala Verbal Numérica (EVN) o *Numerical Rating Scale* (NRS) para la medición del dolor (Downie, Leatham & Rhind, 1979) (anexo 1). IMMPACT (*Initiative on Methods, Measurement and Pain Assessment in Clinical Trials*) recomienda el uso de esta escala en ensayos clínicos (Gewandter *et al.*, 2014). EVN tiene 11 categorías, que van desde el 0 al 10 en orden creciente de intensidad de dolor (DeLoach, Higgins, Caplan & Stiff, 1998). Al igual que la escala visual analógica, ambas formas han demostrado ser equivalentes, no habiendo diferencias estadísticamente significativas entre ellas (DeLoach *et al.*, 1998). Su ventaja es que es sencilla de rellenar y sus resultados son fáciles de almacenar. La utilización de palabras clave, así como unas instrucciones previas, sirven para que las personas conceptualicen su dolor en términos numéricos. Con este tipo de escala el dolor se considera un concepto unidimensional simple y se mide según su intensidad. Es útil como instrumento de medida para valorar la respuesta a la intervención seleccionada (Wall & Melzack, 1999). Es interesante observar cómo, mediante el control del histórico de puntuaciones de intensidad del dolor, se reduce el error y mejora la exactitud de las mediciones a posteriori. La literatura muestra

que proporciona suficiente poder discriminativo para describir la intensidad del dolor en personas con dolor crónico (Pagé Gabrielle *et al.*, 2012). EVN es práctica y más fácil de entender para la mayoría de la gente y no es necesario tener una gran visibilidad, destreza, ni utilizar papel y lápiz (Ferreira-Valente *et al.*, 2011; Breivik *et al.*, 2008).

- Cuestionario de Salud General de forma corta con 12 preguntas “*Short Form 12 Items Survey*” (SF-12) para medir la calidad de vida relacionada con la salud; cuyo nombre original es *Medical Outcomes Survey Short-Form General Health Survey* (SF-12), de los autores Ware, Kosinski & Keller (1996) (anexo 2). Este cuestionario está adaptado de la versión extensa SF-36 (Ware & Sherbourne, 1992) y su adaptación española fue realizada por Alonso, Prieto & Antó (1995). El SF-12 ha demostrado ser confiable y validado en la clínica (Salyers *et al.*, 2000), y requiere menos tiempo su aplicación, lo cual resulta importante para evitar el efecto fatiga. Para confeccionar el SF-12 se utilizaron métodos de regresión lineal múltiple con el fin de seleccionar aquellos ítems que mejor reprodujesen las medidas sumario física y mental del SF-36. De esta forma se obtuvieron 10 de los ítems. Los dos ítems restantes se escogieron para que todas las escalas del SF-36 estuvieran bien representadas en la versión reducida (Ware, Kosinski & Keller, 1996). Para cada dimensión se recodifican los ítems y se suman, transformándose posteriormente esta puntuación directa en una escala que va de 0 (el peor estado de salud) a 100 (el mejor estado de salud) y proporciona un perfil del estado de salud basado en la puntuación alcanzada en cada una de las ocho dimensiones analizadas. Estas ocho dimensiones se agrupan en dos factores (salud física y salud mental). Es sensible al cambio terapéutico y el tiempo de administración es de 5 minutos. Los 12 ítems se puntúan siguiendo varias modalidades de respuesta. Algunos ítems tienen cinco opciones de respuesta acerca de un aspecto de salud, que va de “excelente” a “mala”. Otros ítems ofrecen tres opciones de respuesta acerca de las limitaciones que causa a la persona su estado de salud en la vida diaria. Estos aspectos se valoran como “muy limitantes” a “nada limitantes”. Otros

Ítems hacen referencia a las repercusiones de salud en algún aspecto de su vida, contestando con un *sí* o un *no*. Otros ítems valoran las sensaciones físicas y emocionales de la persona en las últimas cuatro semanas, a través de diversas opciones de respuesta (2 en 6 y 7; 5 en 8 y 12; 6 en 9, 10 y 11). La puntuación total se adquiere sumando los valores de las frases marcadas para el sujeto.

Vilagut *et al.* (2008) informaron que los componentes sumarios físico y mental calculados con pesos españoles son fiables y válidos. Las normas de referencia para dichos sumarios facilitan la interpretación de los resultados de calidad de vida evaluada con los cuestionarios de forma corta en estudios realizados en España.

- Índice de Calidad del Sueño de Pittsburg (ICSP), (*Pittsburg Sleep Quality Index*, PSQI) (Buysse, Reynolds, Monk, Berman & Kupfer, 1989) para evaluar la calidad del dormir (anexo 3). Es un cuestionario autoaplicable que proporciona una calificación global de la calidad del sueño a través de la evaluación de siete componentes hipotéticos. El PSQI ha logrado amplia aceptación en el área clínica y de investigación y se ha traducido a varios idiomas. Desde 1997 se encuentra disponible una traducción al español, el ICSP, cuestionario que consta de 24 preguntas; sin embargo, solamente las respuestas para las primeras 19 se emplean para obtener la puntuación global (Buysse *et al.*, 1989). El cuestionario investiga los horarios para dormir y sus eventos asociados como las dificultades para empezar a dormir, despertares, pesadillas, ronquido, alteraciones respiratorias, su calidad, ingesta de medicamentos para dormir y existencia de somnolencia diurna. Los 19 reactivos se agrupan en siete componentes que se califican con una escala de 0 a 3. La suma de los componentes da lugar a una calificación global, donde una mayor puntuación indica una menor calidad en el dormir. En el estudio original de Buysse y colaboradores, el PSQI mostró un coeficiente de homogeneidad interna elevada (alfa de Cronbach: 0,83) y coeficientes de correlación moderados a altos entre los componentes y la calificación global (*r* de Pearson: 0,46 a 0,85). Los

autores informaron que una puntuación >5 distingue a los sujetos con un mal dormir de aquellos que duermen bien, con una elevada sensibilidad y especificidad (89,6 y 86,5%, respectivamente).

Este instrumento se ha validado en castellano con población española (Royuela & Macías, 1997). El estudio de confiabilidad y análisis factorial de su versión en español (Jiménez, Monteverde, Nenclares, Esquivel & De la Vega, 2008) resultó ser un instrumento sencillo y accesible tanto en términos de llenado como de obtención de la puntuación, confiable para la medición de la calidad del sueño, tanto en el campo clínico como en el de investigación. El coeficiente de consistencia interna de 0,78 y los coeficientes de correlación significativos entre los reactivos y la suma total muestran, además, que su versión en español posee una confiabilidad aceptable. Tanto en el reporte original como en uno posterior, se obtuvieron coeficientes de confiabilidad ligeramente más elevados (0,83 y 0,80) (Buysse *et al.*, 1989; Carpenter & Andrykowski, 1998). Con las versiones en castellano se han obtenido coeficientes de 0,81 en población española (Jiménez *et al.*, 2008).

- Cuestionario de Autoevaluación del Control de la Vejiga (CACV, versión española del *Bladder Control Self-Assessment Questionnaire*), para la medición de los síntomas de incontinencia urinaria (anexo 4). Dicho cuestionario es sencillo de utilizar; es conciso y comprensible, con fácil interpretación de puntuaciones. Consta de 8 ítems, y se requieren menos de 5 minutos para cumplimentarlo (Espuña, 2006). Valora tanto la presencia o no de incontinencia como la medida en que le molesta a la persona esa situación, es decir, puntúa síntomas y molestias (Espuña, Puig & Rebollo, 2006). Espuña, Puig y Rebollo (2006) realizaron la validación de la versión en español del cuestionario CACV y lo definieron como “un nuevo instrumento para detectar pacientes con disfunción del tracto urinario inferior”. Muestra adecuadas factibilidad, validez y fiabilidad para ser empleado en la práctica clínica. Los datos sobre consistencia interna de las dos escalas del cuestionario, medida a través del coeficiente alfa de

Cronbach, fueron satisfactorios ($\alpha > 0,7$). El cálculo de la curva COR facilitó determinar un punto de corte para la puntuación en ambas escalas que permitiese utilizar el cuestionario para aquello para lo que fue diseñado. El punto de corte propuesto (6 puntos) tiene un valor balanceado de sensibilidad (S) y 1-especificidad (1-E) que permite recomendar su uso en la detección de pacientes con vejiga hiperactiva: escala “síntomas” S=84,8% y 1-E=60,3%; escala “molestias” S=81,8% y 1-E=73%.

- *International Consultation on Incontinence Questionnaire- Short Form* (ICIQ-SF), para medir la repercusión que esta afección tiene en la calidad de vida de la mujer, en su forma corta (anexo 5). El comité de expertos del ICS creó el *International Consultation on Incontinence Questionnaire* (ICIQ), cuestionario modular que incorpora todos los aspectos de la incontinencia, y además desarrolló una versión muy corta de dicho cuestionario, *ICIQ Short Form* (ICIQ-SF), con el objetivo de que pudiera utilizarse tanto en los estudios de investigación como en la práctica clínica (Donavan, 2002). El ICIQ-SF es un cuestionario que está orientado a la detección de la incontinencia urinaria en cualquier ámbito asistencial. Su versión final, que se ha traducido y adaptado culturalmente en diversos países, consta de 3 ítems («frecuencia», «cantidad» y «afectación»), más un grupo de 8 preguntas, que no forman parte de la puntuación del cuestionario y tienen únicamente una finalidad descriptiva y orientadora sobre el tipo de incontinencia urinaria. La puntuación total, resultado de la suma de los 3 primeros ítems, va de 0 a 21 puntos. Estos 3 ítems han demostrado tener una elevada consistencia interna en la versión original del cuestionario (α de Cronbach = 0,917) (Altman, 1991). Permite categorizar el grado de incontinencia urinaria en leve, moderada, grave y muy grave; mide la frecuencia de la pérdida de orina y es muy utilizado por su sencillez y por su buena capacidad de investigar tanto la presencia o no del problema, como la intensidad y la interferencia con la vida habitual del paciente. Se considera diagnóstico de incontinencia urinaria cualquier puntuación superior a cero (Avery *et al.*, 2004; Espuña & Puig, 2004).

España y colaboradores (2004) estudiaron las propiedades psicométricas de la versión española del cuestionario, para poder recomendar su uso en la práctica clínica habitual, concluyendo que estas demuestran ser satisfactorias y permiten diagnosticar la incontinencia urinaria, dada su sensibilidad, especificidad y los valores predictivos positivo y negativo respecto al diagnóstico clínico (España, Rebollo & Puig, 2004).

3.4.- Procedimiento

3.4.1.- Procedimiento de reclutamiento y selección de la muestra

Tras obtener la autorización previa de la Consejería de Salud y Bienestar Social de la Junta de Andalucía (enero 2013) (anexo 6) y de los directores de ambos centros, se realizó una primera sesión informativa en dichos centros de participación activa Jaén II Maristas y Jaén Catedral. En esta reunión se presentaron los investigadores y se dio a conocer las características del programa de intervención, solicitando una participación voluntaria. A las asistentes se les aportaron dos documentos: uno con información más detallada del proceso de medición (anexo 7) y otro con el consentimiento informado (anexo 8). Seguidamente se estableció la fecha de la medición inicial y del comienzo, días y horas, del programa de intervención (consensuado con las participantes para evitar ausencias), así como algunas normas básicas de estricto cumplimiento referentes a equipamiento deportivo (ropa y calzado deportivo), botella de agua para hidratarse, puntualidad en la asistencia a las sesiones, posible exclusión del estudio por falta de asistencia, etc. De las 80 voluntarias iniciales, 24 no superaron los criterios de inclusión. La muestra final fue constituida por 56 mujeres; el estudio fue completado por 52. La figura 3.19. presenta la estrategia de reclutamiento y el plan experimental (donde ET es el grupo de ejercicio terapéutico y EV es el entrenamiento vibratorio, adicional o no, según cada grupo de intervención).

Se definieron los grupos experimental y control siguiendo un criterio de preferencia personal por la práctica o no del entrenamiento vibratorio. Ambos grupos se conformaron con un equilibrio en cuanto a número de sujetos, resultando homogéneos, por lo que se respetó dicha preferencia. Tras la asignación, se efectuaron las intervenciones diseñadas, así como sus respectivas evaluaciones antes y después del tratamiento. Se realizó un seguimiento personal de cada participante incluida en dicha investigación.

Para familiarizarse con el uso de las plataformas vibratorias, así como la ejecución correcta de los ejercicios a realizar sobre las mismas, el grupo experimental llevó a cabo un programa de adaptación inicial de una semana de duración con dos sesiones semanales, de 20 minutos cada sesión. Este programa tuvo lugar en el centro de participación activa Jaén II Maristas donde fueron ubicados los aparatos, con las 26 participantes que cumplían las condiciones iniciales de inclusión. Divididos en dos grupos de 13, ambos practicaron en días alternos con WBV (lunes y miércoles, un grupo; martes y jueves, otro grupo), al igual que lo harían en la fase de entrenamiento posterior. Tras esta adaptación a la metodología y al aparataje, permanecieron en la investigación las 26 mujeres.

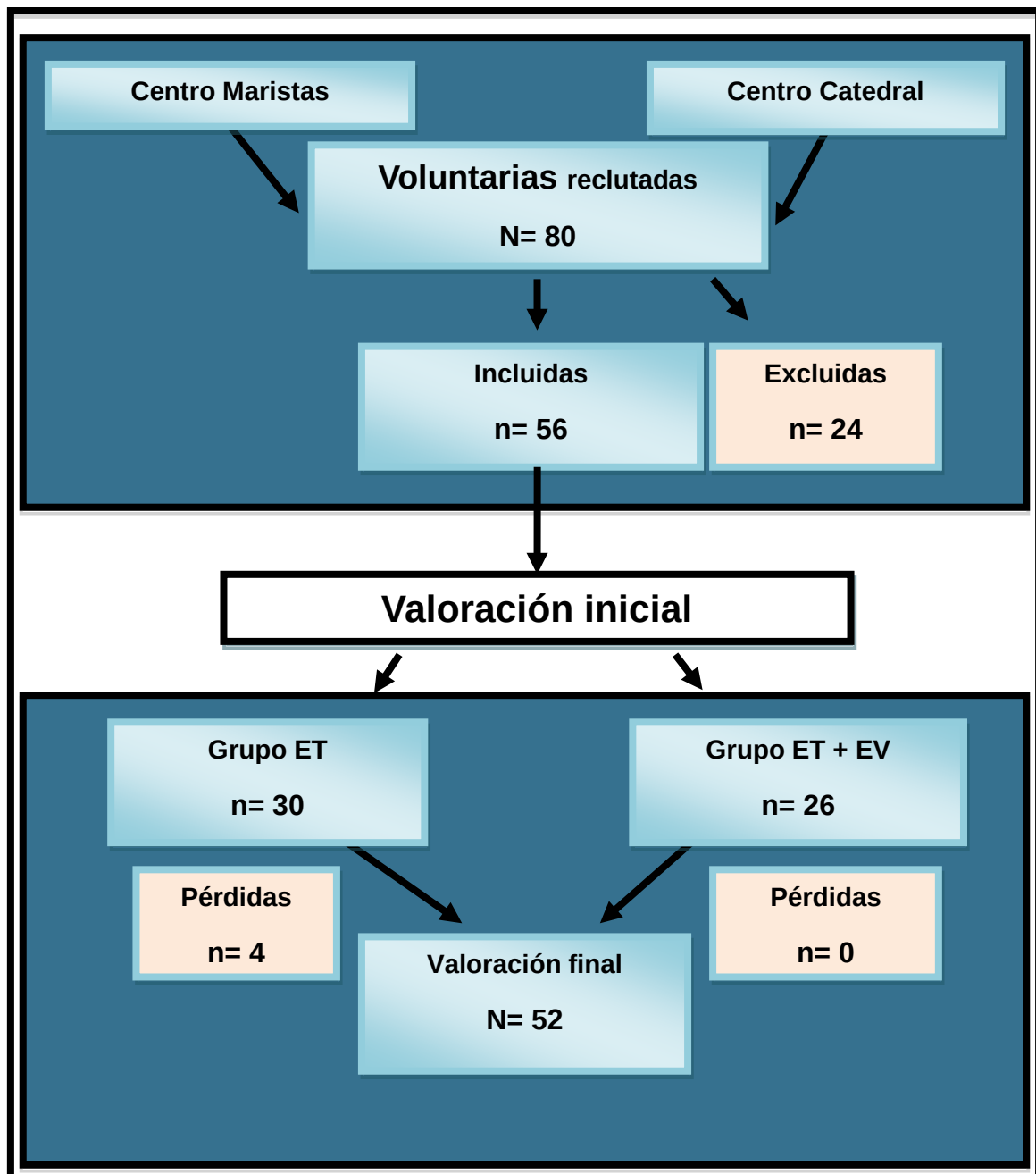


Figura 3.19. Algoritmo del plan experimental y de reclutamiento.

3.4.2.- Aspectos éticos

Tal y como se indicó en la Memoria Técnica del Proyecto, el estudio se ha llevado a cabo de acuerdo a las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki (64ª Asamblea General, Fortaleza, Brasil, octubre 2013), las Normas de Buena Práctica Clínica y cumpliendo la legislación y la

normativa española legal vigente que regula la investigación clínica en humanos (Real Decreto 223/2004 sobre regulación de ensayos clínicos) y la Ley Orgánica 15/1999 (13-12) y concordantes, de Protección de Datos de Carácter Personal.

El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de la Investigación de Jaén, recibiendo el dictamen favorable de dicho Comité (Acta 2/2013) (anexo 9), así como del Comité de Bioética de la Universidad de Jaén (anexo 10).

Se tomaron toda clase de precauciones para resguardar la intimidad de la persona que participó en la investigación y la confidencialidad de su información personal. Todas las candidatas fueron informadas del derecho de participar o no en la investigación y de retirar su consentimiento en cualquier momento. Después de comprobar que cada persona había comprendido la información, se solicitó por escrito, el consentimiento informado y voluntario de la persona. Todas las participantes firmaron el consentimiento de participación voluntaria en el estudio.

Posteriormente al estudio, todas las personas que formaron parte de la investigación tuvieron la opción de ser informadas sobre los resultados generales del estudio y se les aportó un sobre cerrado con los resultados de sus mediciones personales.

3.4.3.- Procedimiento de evaluación inicial (pretest)

3.4.3.1.- Organización general de la evaluación inicial

La evaluación se desarrolló en las salas de ejercicio de ambos centros de participación ciudadana, a lo largo de una sesión en cada centro, los días 5 y 6 de marzo del 2013. La muestra se dividió aleatoriamente en cuatro grupos, distribuyéndose en las estaciones donde se aplicaban los test (tabla 3.1.). Las participantes se desplazaron de forma sucesiva y ordenada por cada una de ellas, portando un cuestionario de recogida de los datos (anexo 11), que

cumplimentaba el investigador ubicado en cada estación, garantizando la medición de todas las pruebas.

El ordenamiento de las estaciones fue de forma que, de modo previo a la realización de las pruebas de condición física, hubieran sido medidas en los parámetros de estatura, composición corporal, presión arterial y perímetro del tobillo; con el fin de obtener estos datos antes de cualquier esfuerzo físico.

Las pruebas se aplicaron en el siguiente orden:

- 1.- Estatura.
- 2.- Peso y composición corporal.
- 3.- Presión arterial.
- 4.- Perímetro del tobillo.
- 5.- Fuerza máxima isométrica de prensión manual.
- 6.- Test de fuerza para las extremidades inferiores.
- 7.- Test de flexibilidad de las extremidades inferiores.
- 8.- Test de agilidad.
- 9.- Test de equilibrio estático monopodal con visión.

La historia clínica y los cuestionarios sobre dolor, calidad de vida relacionada con la salud, calidad del sueño, incontinencia urinaria y calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria se completaron en otras dos estaciones, antes o después de las pruebas físicas, según la rotación del grupo de valoración.

Tabla 3.1. Pruebas de la evaluación inicial clasificadas por estaciones.

<i>Estación 1</i>	<i>Estación 2</i>
• Estatura • Peso • Composición corporal • Presión arterial • Perímetro del tobillo	• Fuerza máxima isométrica de prensión manual • Test de fuerza para las extremidades inferiores • Test de flexibilidad de las extremidades inferiores • Test de agilidad • Test de equilibrio estático monopodal con visión
<i>Estación 3</i>	<i>Estación 4</i>
• Historia clínica • Cuestionario de dolor • Cuestionario de calidad de vida relacionada con la salud	• Cuestionario de calidad del sueño • Cuestionario de incontinencia urinaria • Cuestionario de calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria

3.4.3.2.- Organización específica de la evaluación

A.- Procedimiento de medición de la estatura

Para la medición de la estatura, la participante se encontraba desprovista de calzado, con la cabeza erguida y en el plano de Frankfort; los talones, las nalgas, la espalda y la parte posterior de la cabeza se mantenían en contacto con la pared.

El medidor colocó su mano izquierda sobre la barbilla de la participante, tratando de evitar que durante este proceso se perdiera el plano de Frankfort y, con la mano derecha, descendió suavemente la escuadra del estadiómetro hasta hacer contacto con el vértice de la cabeza. Logradas estas condiciones, se le pidió que realizase una inspiración profunda y que inmediatamente bajara los hombros, cuidando de que no levantase los talones. En ese momento se tomó el valor. Se siguieron las recomendaciones técnicas del Manual de Antropometría de González Caballero y Ceballos Díaz (2003).

B.- Medición del peso y la composición corporal

La medición del peso y la composición corporal se realizó con bioimpedancia eléctrica; método para el análisis de la composición corporal basado en el modelo tri-compartmental.

La participante se situó de pie y descalza sobre las placas del aparato de impedancia bioeléctrica. Se introdujeron los datos de edad, estatura, sexo y nivel de actividad. Antes de que se subiera cada participante, se limpiaron las superficies metálicas del aparato con una gasa humedecida en alcohol.

C.- Medición de la presión arterial

Para la medición de la presión arterial se siguieron las recomendaciones de la Sociedad Americana de Hipertensión sobre condiciones del equipo y desarrollo de la prueba, con el objetivo de garantizar las mejores condiciones técnicas en su medida (Guía española de hipertensión arterial, 2005). El estricto cumplimiento permite incrementar la validez de los resultados. Por tanto, se practicaron previamente pruebas para la obtención de una medición válida y fiable, el registro exacto de la lectura y la notificación adecuada de los resultados. Los equipamientos fueron bien mantenidos y calibrados.

La participante se sentó cómodamente en una silla, sin cruzar las piernas, con la espalda y el brazo apoyados; y permaneció en reposo durante al menos 5 minutos previos a la toma de la determinación. La parte media del manguito, situado en la parte superior del brazo, estuvo a la altura de la aurícula derecha (el punto medio del esternón). Para poder realizar la medición de forma efectiva, se dejó el brazo al descubierto, retirándose las prendas necesarias y evitando enrollarlas en el brazo, de forma que no lo comprimieran. El manguito quedó ajustado al brazo; sin holgura pero sin llegar a comprimir. Por último, se indicó a la mujer que se relajase lo más posible y que no hablara durante la medición (figura 3.20.).

Se determinó la presión arterial en ambos brazos en la primera exploración, por si existía una posible coartación de la aorta o una obstrucción arterial en la extremidad superior. Si había una diferencia uniforme entre los dos brazos, se utilizó el brazo con una presión superior.

El observador palpó primero la arteria humeral en la fosa antecubital y colocó la línea media de la bolsa del manguito de tal manera que se encontrara sobre la pulsación arterial en el brazo desnudo. El extremo inferior del manguito estuvo 2 ó 3 cm por encima de la fosa antecubital para dejar espacio a la colocación del fonendoscopio. A continuación se ajustó el manguito de manera cómoda alrededor del brazo desnudo.

El manguito se hinchó inicialmente hasta 30 mmHg, por encima del punto en el que desaparece el pulso radial, y se efectuó una velocidad de deshinchado de 2 a 3 mmHg por segundo.

Se realizaron 2 determinaciones a intervalos de, al menos, un minuto y se calculó la media de esas lecturas para establecer la presión arterial de la participante. Si había una diferencia de más de 5 mmHg entre la primera y la segunda lectura, se realizó otra lectura adicional. Aquella medida que se considerase incorrecta de entre las tres realizadas se descartó y, por tanto, el valor de la prueba resultó la media de las otras dos medidas restantes. Se registraron los valores de presión sistólica y presión diastólica de la muestra tomando como unidad de medida los milímetros de mercurio (mmHg).



Figura 3.20. Procedimiento de medición de la presión arterial.

D.- Medición del perímetro del tobillo

La medición del perímetro del tobillo fue realizada por un único examinador al inicio y final del estudio, manteniendo las mismas condiciones y utilizando la misma cinta métrica (Torres-Lacomba *et al.*, 2009). El perímetro del tobillo se midió en centímetros en un solo lugar, como describen Mora y colaboradores (2002), 7 cm proximal al punto medio del maleolo medial, en la pierna dominante (figura 3.21.).

El examinador sujetaba la cinta con la mano derecha y el extremo libre con la mano izquierda. Se situó la cinta sobre la zona, al nivel requerido, sin comprimir los tejidos blandos, y perpendicular al eje longitudinal del segmento a medir. Ayudándose con los dedos, efectuó la medición en ángulo recto al eje del hueso, haciéndose la lectura en el lugar donde la cinta se yuxtapone sobre sí misma. La técnica se practicó aflojando y ajustando la cinta en sucesivas mediciones, 2-3 repeticiones (Esparza, 1993).

La participante se posicionaba en la camilla en decúbito supino, con el respaldo incorporado 120° , el miembro inferior dominante con flexión de rodilla de 50° , medida con goniómetro, con la línea del cóndilo externo y trocánter mayor y línea del cóndilo externo y maleolo externo como referencias. El miembro inferior fue estabilizado por el evaluador, de forma que el tobillo quedaba en apoyo completo y una flexión de 100° . La rodilla del pie no dominante se encontraba en extensión completa (Torres-Lacomba *et al.*, 2009).



Figura 3.21. Medición del perímetro del tobillo.

E.- Fuerza máxima isométrica de prensión manual

Para medir la fuerza máxima isométrica de prensión manual se utilizó un dinamómetro calibrado con ajuste de la empuñadura. Este se ajustó de modo que la segunda falange del dedo corazón se opusiera al instrumento de agarre en un ángulo de 90° . La participante debió adoptar una postura de pie, con la cabeza erguida y mirando al frente. El brazo estuvo colocado lateralmente al cuerpo, pero sin tocarlo, con la palma de la mano orientada hacia el muslo (figura 3.22.). La participante aplicó fuerza de prensión sobre el dinamómetro con rapidez y al máximo, no tardando más de unos pocos segundos en cada intento. Se efectuaron tres pruebas alternativas, tanto con la mano dominante como con la no dominante, con un descanso entre ellas de 60 segundos como mínimo; anotándose el mejor resultado de cada mano.



Figura 3.22. Medición de la fuerza máxima isométrica de prensión manual con dinamómetro.

F.- Test de fuerza para las extremidades inferiores o “Chair Stand Test”

El Chair Stand Test comenzó con la participante sentada en medio de la silla, la espalda recta y la planta de los pies apoyados en el suelo. La silla se situó pegada a la pared. Los brazos se colocaron cruzados, a la altura de las muñecas, sobre el pecho (figura 3.23.). A la señal, la participante se levantaba (extensión de rodillas completa) y después regresaba a la posición sentada. No se permitió el apoyo en la silla o los muslos para levantarse, y debía sentarse completamente para que la ejecución fuera válida.

Después de una demostración por el evaluador, se dejó un tiempo de prueba y posteriormente se realizó el test. Si la participante no estaba satisfecha con el desarrollo o resultado de la prueba y deseaba una segunda oportunidad, se le concedía, previo descanso de 3 minutos.

Se puntuó el número total de movimientos ejecutados correctamente en los 30 segundos. Si realizaba el movimiento a más de la mitad del recorrido, al

finalizar el tiempo, se contaba como un movimiento completo. Observación: Se contó en voz alta para que, en el caso de que la repetición fuera incorrecta, la participante se percatase de que esta no se contabilizaba.



Figura 3.23. Posicionamiento inicial del Chair Stand Test.

G.- Test de flexibilidad de las extremidades inferiores o “Chair-Sit and Reach Test”

Para la prueba Chair-Sit and Reach, la participante se sentó en una silla, de manera que la línea glútea se encontraba alineada con el borde de la misma. Manteniendo una pierna en flexión, con la planta del pie apoyada en el suelo, la otra pierna permaneció en extensión máxima (dentro de los límites de cada persona, pero sin llegar nunca a hiperextensión), con el talón apoyado en el suelo y el pie flexionado, aproximadamente 90°. La espalda se situó recta, con la cabeza alineada con el tronco. Las manos se colocaron una sobre la otra, de manera que los dedos más largos coincidieran uno encima del otro y se desplazaron hacia abajo sobre la pierna extendida, intentando tocar los dedos de los pies (figura 3.24.). La participante debía mantenerse, al menos, durante 2 segundos. Si la pierna estirada comenzaba a doblarse, se pedía a la participante que se sentase lentamente hacia atrás hasta que la rodilla estaba estirada completamente, antes de puntuar. El evaluador no podía poner su mano encima de la rodilla para evitar que la doblase ni ayudar a la participante

(empujando la espalda) durante la ejecución del test. Se recordó que expulsaran el aire al doblarse adelante, evitaran los movimientos con rebotes, rápidos o enérgicos; y que nunca se estiraran hasta un punto doloroso. Después de la demostración por el evaluador, se dejó un tiempo de prueba y posteriormente se realizó el test dos veces, una con cada pierna.

Tras medir la distancia alcanzada, se registró el número de centímetros que le faltaban a la persona para tocar el primer dedo (puntuación negativa) o los que llegaba más allá de dicho dedo (puntuación positiva). El extremo distal de la falange del primer dedo del pie representó la puntuación cero. Para valorar la prueba, se anotó la mejor puntuación, asegurándose de indicar “menos” (-) o “más” (+) en el puntaje de la ficha.



Figura 3.24. Test Chair-Sit and Reach.

H.- Test de agilidad o “Foot Up-and-Go Test”

La prueba Foot Up-and-Go comenzó con la participante sentada completamente en la silla (posición erguida), las manos en los muslos y la planta de los pies apoyada en el suelo. A la señal, la participante se levantó de la silla, caminó tan rápido como le fue posible alrededor del cono (por cualquiera de los lados) y regresó a la silla (figura 3. 25.). El evaluador sirvió como referencia, estando de pie a mitad de la distancia entre la silla y el cono, listo para ayudar a la participante en caso de que perdiera el equilibrio. Para que el puntaje fuera confiable, el evaluador puso en marcha el cronómetro a la señal, hubiera comenzado a moverse la participante o no, y paró el cronómetro

en el momento exacto en el que esta se sentó en la silla. Después de una demostración, se realizó dos veces el test, recordando que el cronómetro no se paraba hasta el momento exacto en que se sentaban en la silla.

La puntuación fue el tiempo transcurrido desde la señal hasta que la participante regresó a la posición sentada en la silla. Se registró la puntuación de ambos test a la décima de segundo más próxima y se rodeó con un círculo la puntuación mejor (el menor tiempo), que fue utilizada para evaluar el rendimiento. Observación: La distancia se tomó considerando el lado del cono más distante del borde delantero de la silla.



Figura 3.25. Test Foot Up-and-Go.

I.- Test de equilibrio estático monopodal con visión

En la prueba de equilibrio estático monopodal con visión, la participante colocó sus manos en las caderas, permaneciendo apoyada sobre la planta de un pie, y el otro pie apoyado en el tobillo del pie sobre el que se sustentaba (figura 3.26.). El evaluador realizó una demostración y permitió una prueba de ensayo para que después realizase 4 intentos (dos con cada pie). El pie de apoyo debía ir alternándose. El test comenzó cuando la participante levantó el pie del suelo y lo colocó en el tobillo del pie sobre el que se sustentaba. Si las manos se separaban de las caderas, el evaluador debía anotarlo y parar el cronómetro en ese momento.

Se consideró 60 segundos como la puntuación máxima para cada una de las piernas, marcando con un círculo el mejor de los 2 intentos con cada pierna. Se registró el tiempo de los intentos a la décima de segundo más próxima.

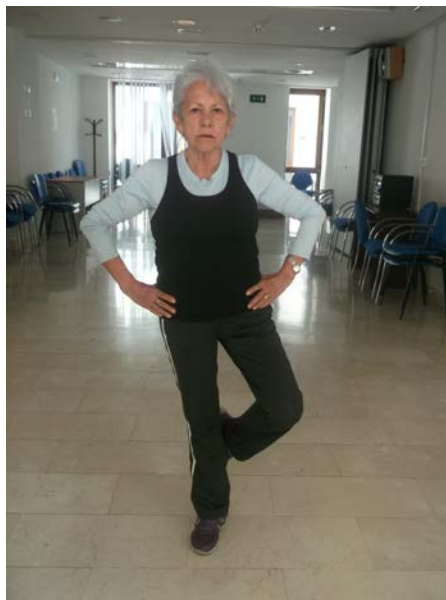


Figura 3.26. Test de equilibrio estático monopodal con visión.

J.- Medición del dolor

El informe de cada participante acerca de su propio dolor fue realizado durante una entrevista personalizada en la cual se recogieron los datos relativos a las variables de carácter general o de contexto. Al finalizar la historia clínica se solicitó que valorasen su dolor de 0 a 10, en orden creciente de intensidad, mediante la utilización de palabras clave, así como unas instrucciones previas. De este modo la persona conceptualizó su dolor, en términos numéricos verbalmente, y este fue anotado por el evaluador dentro de su hoja de registro.

K.- Medición de la calidad de vida relacionada con la salud, calidad del sueño, incontinencia urinaria y calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria

Los cuestionarios de medición de la calidad de vida relacionada con la salud, calidad del sueño, incontinencia urinaria y calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria; por medio de las escalas SF-12, índice de calidad del sueño de Pittsburgh, cuestionario de autoevaluación del control de la vejiga CACV e ICIQ-SF, respectivamente; fueron rellenados por un evaluador (fielmente a lo que las participantes contestaban en cada pregunta), ya que, si bien pueden ser autoadministrados, se leyó y explicó cada ítem de los mismos individualmente, comprobando que entendían aquello que se les preguntaba.

3.4.4.- Procedimiento de evaluación al finalizar la intervención (postest)

Para la evaluación final se siguió escrupulosamente el mismo protocolo que el utilizado en la inicial, respetando el mismo horario, la misma secuencia temporal de pruebas, mismos colaboradores en cada una de ellas y misma metodología; garantizando así idénticas condiciones de evaluación. Las pruebas fueron realizadas de nuevo en ambos centros los días 4 y 5 de junio del 2013.

3.4.5.- Procedimiento para el desarrollo de las sesiones prácticas

Los espacios donde se desarrollaron las sesiones tienen unas dimensiones adecuadas, libres de obstáculos; reuniendo las condiciones de seguridad y adecuación necesarias para el tratamiento experimental definido en el estudio. En ambas intervenciones, se exigió el uso de calzado deportivo para una correcta ejecución de las mismas y la prevención de lesiones o molestias indeseadas.

El procedimiento durante las sesiones de ejercicio físico terapéutico transcurrió de modo que, tras la llegada a la sala de ejercicio del centro, el profesor comprobó la asistencia de las participantes mediante listado y comenzó la sesión. Durante la misma, el profesional realizaba, supervisaba y controlaba la correcta ejecución del ejercicio, así como el ajuste de su intensidad.

Se establecieron unas normas para la dinámica de las sesiones:

- Comenzar la sesión de ejercicio terapéutico con puntualidad (entrada a las 10:00 y 11,30 a.m., dependiendo del centro) y finalizarla a los 60 minutos (55 minutos de ejercicio y 5 minutos empleados en comprobar listado y comentarios sobre la sesión).
- Durante la sesión, las participantes debían estar en movimiento, sin grandes compromisos técnicos que supusieran un riesgo físico.
- Los rangos de movimiento de las articulaciones nunca debían sobrepasar los límites fisiológicos de cada persona.
- Los ejercicios que produjeran dolor en la participante serían suprimidos hasta una exploración fisioterápica exhaustiva que diagnosticase su etiología.

El grupo experimental, con implementación de WBV, mantuvo el orden establecido y consensuado de ejercicio en las plataformas. 3 participantes ocupaban las 3 plataformas, a la hora y día indicados. Si se retrasaban debían esperar a que alguna máquina quedase libre. Se realizó un listado del ordenamiento de las participantes que realizaron el entrenamiento vibratorio adicional al ejercicio físico terapéutico, de modo que anterior o posteriormente a dicho ejercicio lo complementasen con WBV. Los fisioterapeutas encargados de supervisar el entrenamiento vibratorio tomaron constancia de la asistencia de cada participante durante el desarrollo de la intervención

Capítulo 4: Resultados

4.- Resultados

4.1.- Descripción de la muestra y de los grupos control y experimental

En este apartado pretendemos hacer una descripción de la muestra atendiendo a todas las variables que se han considerado en el estudio. La descripción comprende las variables de carácter general o variables de contexto, variables antropométricas, variables asociadas al estado de salud, variables asociadas a condición física y variables resultado de la aplicación de cuestionarios (escalas) preestablecidos.

Para cada una de las variables se describe el comportamiento de toda la muestra (52 mujeres) y el comportamiento de dicha variable en los dos grupos: grupo control (26 mujeres) y grupo experimental (26 mujeres). Además, en función de la naturaleza de la variable, se comprueba la homogeneidad del comportamiento de estas en el grupo control y experimental. El **anexo 12** incluye los datos estadísticos de comprobación de dicha homogeneidad para cada una de las variables de estudio.

4.1.1.- Variables de carácter general o de contexto

Las variables denominadas de carácter general o variables de contexto se obtuvieron de la historia clínica, realizada mediante entrevista personal, con cada una de las participantes del estudio. Dichas variables están relacionadas con la situación social, demográfica y de salud general, en la que se encuentran las mujeres observadas. En concreto, nos referimos a las variables: edad, estado civil, profesión, número de hijos/as, antecedentes personales, intervenciones quirúrgicas y medicación actual.

Se ha comprobado que los grupos control y experimental son homogéneos respecto de todas las variables clasificadas en el conjunto de variables de carácter general o de contexto. Las pruebas desarrolladas y los p- valores obtenidos en estos análisis se resumen en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Pruebas de homogeneidad de las variables de contexto.

VARIABLE	PRUEBA	p-valor	Conclusión
Edad	Prueba t	0,704	Homogeneidad entre los grupos
Estado Civil	Razón de Verosimilitudes	0,445	Homogeneidad entre los grupos
Profesión	Razón de Verosimilitudes	0,113	Homogeneidad entre los grupos
Nº hijos/as	Razón de Verosimilitudes	0,794	Homogeneidad entre los grupos
Antecedentes	Test exacto de Fisher	0,054	Homogeneidad entre los grupos
Intervenciones	Test exacto de Fisher	0,160	Homogeneidad entre los grupos
Medicación	Test exacto de Fisher	0,140	Homogeneidad entre los grupos

4.1.2.- Variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud

Dentro del conjunto de estas variables hemos englobado a todas aquellas que están asociadas a un proceso de medida de alguna característica físico-orgánica de las mujeres observadas. En concreto, nos referimos a las variables antropométricas: estatura, peso y composición corporal (índice de masa corporal, masa muscular, nivel de grasa visceral, masa grasa, masa libre de grasa, masa ósea en kg, agua corporal en Kg y en porcentaje); y a las variables asociadas al estado de salud: presión arterial (sistólica y diastólica) y perímetro del tobillo.

Se ha comprobado que los grupos control y experimental son homogéneos respecto a todas las variables clasificadas en dicho conjunto. Las pruebas realizadas para alcanzar tal conclusión y p-valores obtenidos en los análisis se resumen en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Pruebas de homogeneidad de las variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud.

VARIABLE	Prueba de Normalidad		Prueba de Levene igualdad de varianzas		Prueba t de igualdad de medias			CONCLUSIÓN	
	Grupo control (Sig.)	Grupo exper. (Sig.)	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)		
ESTATURA	,921	,933	,238	,627	-,792	49	,432	Homogeneidad entre los grupos	
PESO	,896	,944	,196	,660	-1,582	49	,120	Homogeneidad entre los grupos	
IMC	,423	,954	,340	,562	-1,161	49	,251	Homogeneidad entre los grupos	
MASA MUSCULAR	,946	,666	1,348	,251	-,664	49	,510	Homogeneidad entre los grupos	
NIVEL DE GRASA VISCERAL	,702	,852	,072	,789	-,436	49	,665	Homogeneidad entre los grupos	
MASA GRASA	,801	,982	1,878	,177	-1,760	49	,085	Homogeneidad entre los grupos	
MASA LIBRE DE GRASA	,934	,670	1,358	,249	-,669	49	,507	Homogeneidad entre los grupos	
MASA ÓSEA en Kg	,524	,435	1,580	,215	-,758	49	,452	Homogeneidad entre los grupos	
AGUA CORPORAL en Kg	,975	,726	1,248	,269	-,792	49	,432	Homogeneidad entre los grupos	
AGUA CORPORAL en %	,488	,110	2,579	,115	1,477	49	,146	Homogeneidad entre los grupos	
PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA	,810	,113	2,209	,143	-,209	50	,835	Homogeneidad entre los grupos	
PRESIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA	,129	,003	Prueba de Mann-Whitney (0,423) Prueba de Kolmogorov-Smirnov (0,089)					Homogeneidad entre los grupos	
PERÍMETRO DEL TOBILLO	,602	,638	3,939	,053	,054	50	,957	Homogeneidad entre los grupos	

4.1.3.- Variables asociadas a pruebas de condición física

Las variables presentadas bajo esta denominación comprenden todas aquellas que son el resultado de observar el comportamiento de las mujeres en la realización de las pruebas de condición física. En concreto, se han considerado las siguientes: test de fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano derecha y mano izquierda), test de fuerza para las extremidades inferiores o “Chair Stand Test”, test de flexibilidad de las extremidades inferiores o “Chair-Sit and Reach Test”, test de agilidad o “Foot Up-and-Go

Test” y test de equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho y pie izquierdo).

Hemos encontrado homogeneidad en los grupos control y experimental respecto de todas las variables clasificadas en dicho conjunto. Las pruebas realizadas para alcanzar esta conclusión y p-valores obtenidos en los análisis se resumen en la tabla 4.3.

Tabla 4.3. Pruebas de homogeneidad de las variables asociadas a pruebas de condición física.

VARIABLE	Prueba de Normalidad		Prueba de Levene igualdad de varianzas		Prueba t de igualdad de medias			CONCLUSIÓN
	Grupo control (Sig.)	Grupo exper. (Sig.)	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	
FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL (MANO DERECHA)	,621	,894	0,848	,361	-0,392	50	,697	Homogeneidad entre los grupos
FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL (MANO IZQUIERDA)	,364	,865	0,338	,564	-1,080	50	,285	Homogeneidad entre los grupos
CHAIR STAND TEST	,865	,620	1,771	,189	0,527	50	,601	Homogeneidad entre los grupos
CHAIR-SIT and REACH TEST	,698	,610	0,472	,495	0,143	50	,886	Homogeneidad entre los grupos
FOOT UP –and- GO TEST	,521	,550	0,259	,613	-1,172	50	,247	Homogeneidad entre los grupos
EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN (PIE DERECHO)	,054	,187	5,376	,025	1,452	47,506	,153	Homogeneidad entre los grupos
EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN (PIE IZQUIERDO) ^(*)	,049	,176	0,223	,639	0,611	50	,544	Homogeneidad entre los grupos

^(*) p-valor prueba de Mann-Whitney de ,458. p-valor prueba de Kolmogorov-Smirnov de ,722

4.1.4.- Variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios)

Las variables que recogemos bajo esta denominación se refieren a un conjunto de variables cuyos valores se obtienen como resultado de la aplicación de cuestionarios a las mujeres. En concreto, se han considerado las siguientes: variable asociada a la escala de dolor EVN, variable asociada al cuestionario de calidad de vida relacionada con la salud SF-12 (dimensión mental), variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física), variable asociada al cuestionario de calidad del sueño de Pittsburg, variable asociada al cuestionario de autoevaluación del control de la vejiga CACV (síntomas), variable asociada al cuestionario CACV (molestias) y variable asociada al cuestionario de calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria ICIQ-SF.

Hemos analizado la homogeneidad en los grupos control y experimental respecto de todas las variables clasificadas en el grupo de variables asociadas a pruebas de escala (cuestionarios). Las pruebas realizadas para alcanzar esta conclusión y los p-valores obtenidos en los análisis se resumen en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Pruebas de homogeneidad de las variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios).

VARIABLE	Prueba de Normalidad		Prueba de Levene igualdad de varianzas		Prueba t de igualdad de medias			CONCLUSIÓN	
	Grupo control (Sig.)	Grupo exper. (Sig.)	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)		
ESCALA DE DOLOR (EVN) ^(*)	,026	,612	2,112	,152	-0,253	50	,801	Homogeneidad entre los grupos	
CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN MENTAL)	,741	,919	0,129	,721	1,801	50	,078	Homogeneidad entre los grupos	
CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN FÍSICA) ^(**)	,451	,714	3,750	,058	2,020	50	,049	Homogeneidad (intuida) entre los grupos	
CUESTIONARIO DE PITTSBURG	,999	,619	0,044	,834	0,471	50	,640	Homogeneidad entre los grupos	
CUESTIONARIO CACV (SÍNTOMAS)	,204	,708	0,898	,348	0,813	50	,420	Homogeneidad entre los grupos	
CUESTIONARIO CACV (MOLESTIAS)	,312	,243	0,119	,731	0,327	50	,745	Homogeneidad entre los grupos	
CUESTIONARIO ICIQ-SF	,099	,053	3,922	,053	-1,446	50	,154	Homogeneidad entre los grupos	

(*) p-valor prueba de Mann-Whitney de ,866. p-valor prueba de Kolmogorov-Smirnov de ,722

(**) intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias (0,0271;9,3345). p-valor prueba Mann-Whitney de ,061. p-valor prueba de Kolmogorov-Smirnov de ,089

4.1.5.- Conclusión del análisis de homogeneidad entre los grupos control y experimental

Por todos los análisis realizados para todas las variables recogidas en los apartados anteriores, podemos concluir que los grupos experimental y control son homogéneos, por lo que la ubicación de las mujeres en un grupo u otro debe considerarse como un proceso no justificado por ninguna de las variables contempladas en el estudio.

Dado que el número de variables analizadas es grande y su naturaleza es variada, afirmamos que la clasificación en grupos de las mujeres observadas responde a un proceso de azar.

4.2.- Análisis del efecto del tratamiento

Tras la aplicación de la intervención de entrenamiento vibratorio, desarrollado por las mujeres del grupo experimental, pretendemos en este apartado analizar cuál es (si es que existe) el efecto del tratamiento en cada una de las variables consideradas bajo estudio. Para ello, en cada variable observaremos si se ha producido una diferencia respecto de lo registrado antes de la aplicación de dicho tratamiento.

Recordemos que la diferencia entre el grupo control y el experimental es que en el último se ha incluido, entre el conjunto de ejercicios, un “tratamiento” nuevo adicional basado en ejercicios realizados sobre plataformas vibratorias.

Es esperable que la propia realización de ejercicios (tanto en el grupo control como experimental) produzca cambios en algunas de las variables observadas. Con el fin de llegar a una conclusión que permita discriminar si el cambio en dichas variables se debe a la incorporación del entrenamiento basado en las vibraciones de cuerpo completo (WBV), para cada variable seguiremos el siguiente esquema:

1. Análisis del posible cambio producido en la variable en el grupo control (comparación de dos muestras relacionadas aplicando el estadístico t, en caso de normalidad, o la prueba no paramétrica de Wilcoxon -de rangos signados-, en caso contrario).
2. Análisis del posible cambio producido en la variable en el grupo experimental (comparación de dos muestras relacionadas aplicando el estadístico t, en caso de normalidad, o la prueba no paramétrica de Wilcoxon -de rangos signados-, en caso contrario).
3. Análisis del comportamiento del grupo control y experimental tras el tratamiento (comparación de dos muestras independientes aplicando el estadístico t, en caso de normalidad, o las pruebas no paramétricas de Mann-Whitney y Kolmogorov-Smirnov para dos muestras).

El esquema anterior nos permitirá localizar las variables en las que se han producido cambios identificados como efectos, debidos al tratamiento específico consistente en la incorporación de WBV, dentro del conjunto de ejercicios.

Los resultados se presentarán para cada una de las variables atendiendo a los mismos grupos en las que estas han sido clasificadas. Solo se tendrán en cuenta las variables recogidas en los grupos de variables antropométricas, variables asociadas al estado de salud, variables asociadas a pruebas de condición física y variables resultado de la aplicación de cuestionarios (escalas) preestablecidos. El primer grupo no es analizado (variables de contexto o de carácter general), dado que las variables que lo conforman no son susceptibles de experimentar cambio tras la aplicación del tratamiento.

4.2.1.- Variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud

Recordemos que bajo la denominación de variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud hemos englobado a todas aquellas que están asociadas a un proceso de medida de alguna característica físico-orgánica de las mujeres observadas. En concreto, nos referimos a las variables: peso, composición corporal (índice de masa corporal, masa muscular, nivel de grasa visceral, masa grasa, masa libre de grasa, masa ósea en kg, agua corporal en Kg y en porcentaje), presión arterial (sistólica y diastólica) y perímetro del tobillo. Se elimina la variable estatura por no considerarla como variable susceptible de cambios asociados al tratamiento.

4.2.1.1.- Variable peso

El comportamiento de la variable peso en las distintas agrupaciones y fases se puede asumir normal, por lo que aplicamos directamente la prueba de igualdad de medias para muestras apareadas e independientes (según el caso), obteniendo los resultados resumidos en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Resultados de la variable peso.

VARIABLE: PESO						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>	
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,896	,649	1,257	,221	-	NO DIFERENCIA	HAY
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>	
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,944	,997	1,606	,121	-	NO DIFERENCIA	HAY
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>M-W (Sig.)</i>	<i>K-S (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>
<i>Contr</i>	<i>Exper</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,649	,997	-1,683	,099	-	-	NO DIFERENCIA HAY

Los valores reportados por las distintas pruebas no permiten concluir con la diferencia en ninguno de los grupos analizados ni las fases consideradas.

Del gráfico Box-Whisker que se adjunta (figura 4.1.) en referencia a la variable peso, con toda la prudencia posible, podemos intuir cierto comportamiento que, posiblemente, se vería corroborado en el caso de un aumento del tiempo dedicado al tratamiento o una intensificación de este. En concreto nos referimos al comportamiento, al parecer a la baja en los valores más altos de la variable peso, en la fase pos tratamiento, tanto en el grupo control como en el grupo experimental. En definitiva, concluir que la realización de ambas modalidades de ejercicio físico incide positivamente en el peso de las mujeres.

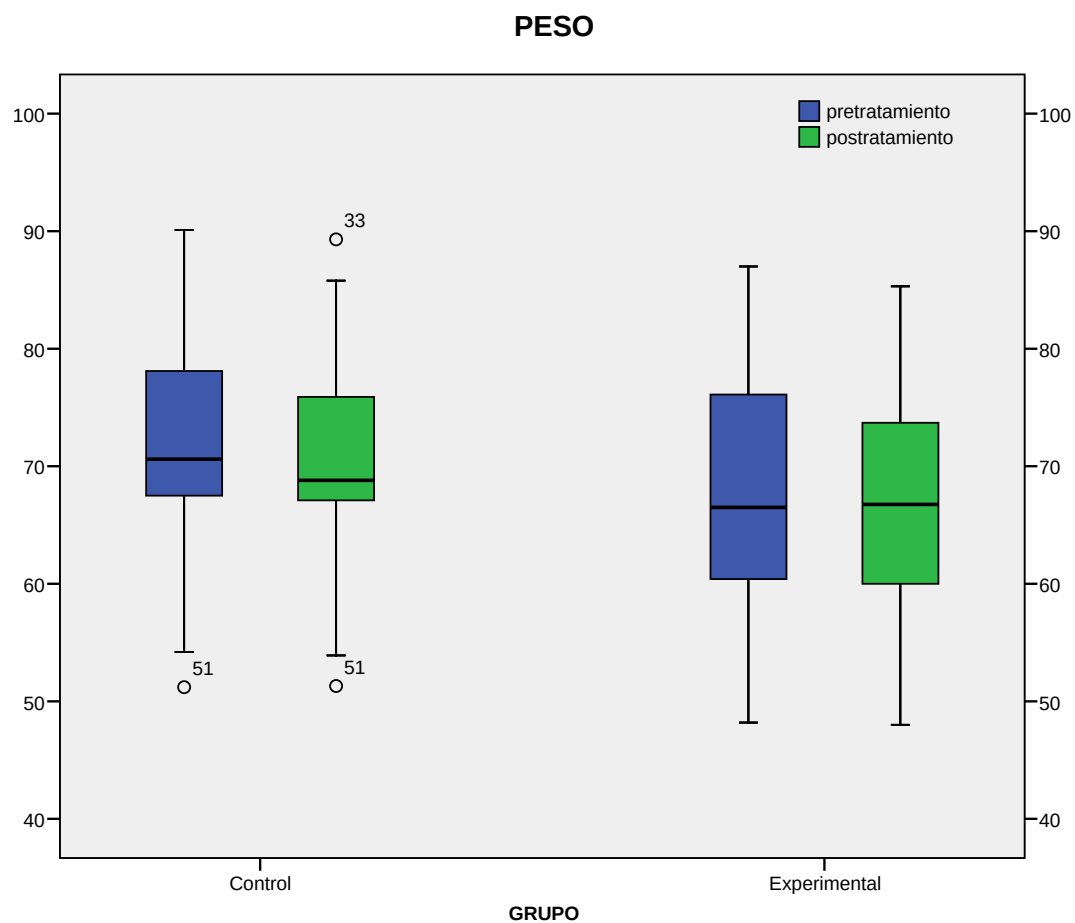


Figura 4.1. Gráfico de Box-Whisker de la variable peso.

4.2.1.2.- Variable índice de masa corporal

La metodología seguida para analizar los posibles cambios en la variable índice de masa corporal dentro de los grupos (en las fases pre y pos tratamiento) y entre los grupos control y experimental en la fase pos tratamiento, se resume en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. Resultados de la variable índice de masa corporal.

VARIABLE: ÍNDICE DE MASA CORPORAL						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,423	,171	-0,269	,790	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,954	,991	2,458	,021	-	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,171	,991	-1,535	,131	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Los resultados nos llevan a concluir que solo apreciamos diferencia significativa (p-valor de 0,021) en la comparación pre y pos tratamiento en el grupo experimental.

El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias, en el grupo experimental del pre-pos tratamiento, es de (0,0424; 0,4807); lo que nos lleva a indicar que la diferencia producida en dicho grupo entre las dos fases se debe a un valor más pequeño en la media observada de la variable índice de masa corporal en el post-tratamiento.

El gráfico Box-Whisker que acompañamos (figura 4.2.) nos permite intuir algunas cuestiones más respecto de esta variable en las distintas fases en los dos grupos. Entre ellas, cabe destacar el comportamiento anómalo de un conjunto grande de individuos, tras el tratamiento en el grupo control. Es posible que sean estos los que no nos permiten valorar positivamente el efecto del tratamiento en la variable en el grupo control. Por otra parte, esta situación no se reproduce con el tratamiento en el grupo experimental. Por el contrario, el efecto del tratamiento específico en este grupo nos lleva a un conjunto de observaciones más concentrado, que entendemos que se produce al “estabilizar” el valor de la variable en los sujetos con mayor índice de masa

corporal. Esta sería la justificación de la diferencia significativa encontrada en el grupo experimental entre el pre y el pos tratamiento.

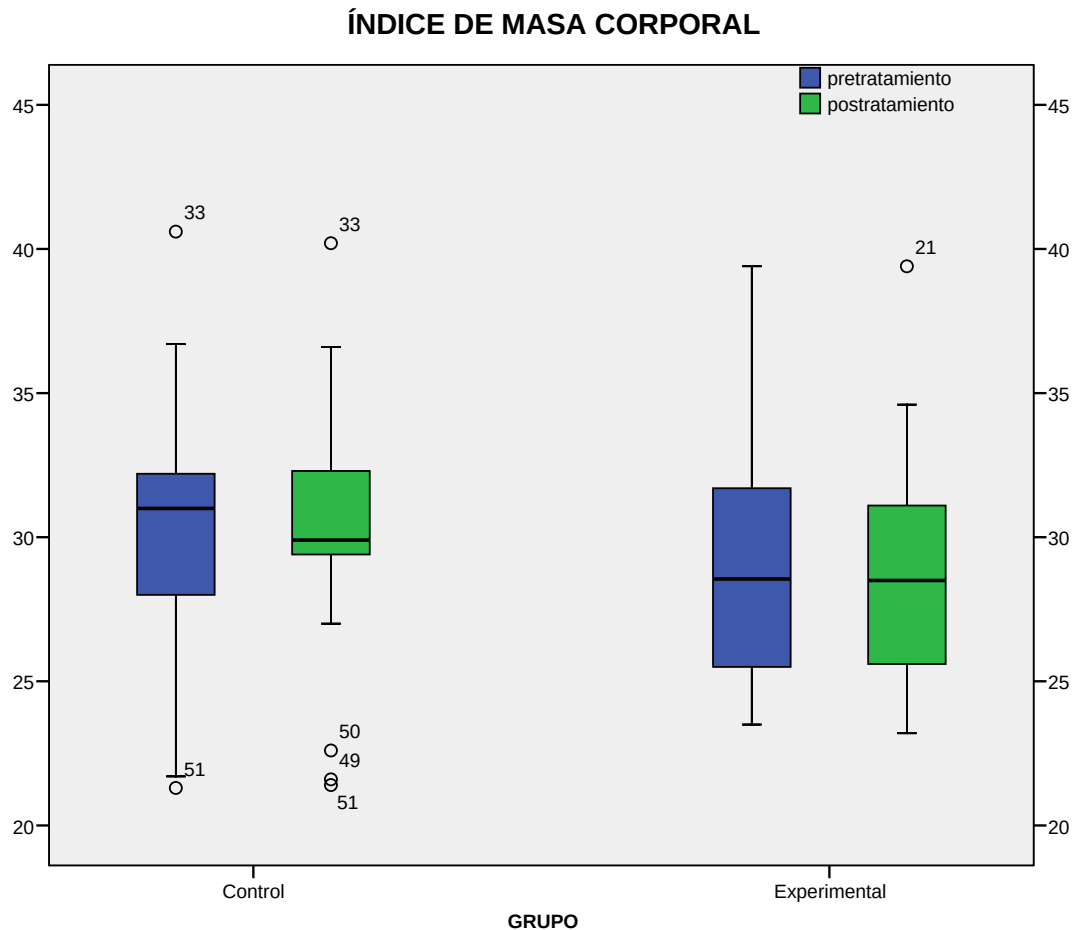


Figura 4.2. Gráfico de Box-Whisker de la variable índice de masa corporal.

4.2.1.3.- Variable masa muscular

La variable masa muscular, que podemos asumir normal en cada uno de los grupos y fases consideradas, presenta en el análisis de comparación realizado el siguiente comportamiento (tabla 4.7.).

Tabla 4.7. Resultados de la variable masa muscular.

VARIABLE: MASA MUSCULAR						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,946	,206	-0,170	,866	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,666	,798	1,168	,254	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,206	,798	-1,445	,155	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Como se recoge en la misma tabla, no se perciben diferencias en las comparaciones realizadas.

Esta misma situación es la que refleja el gráfico de Box-Whisker (figura 4.3.).

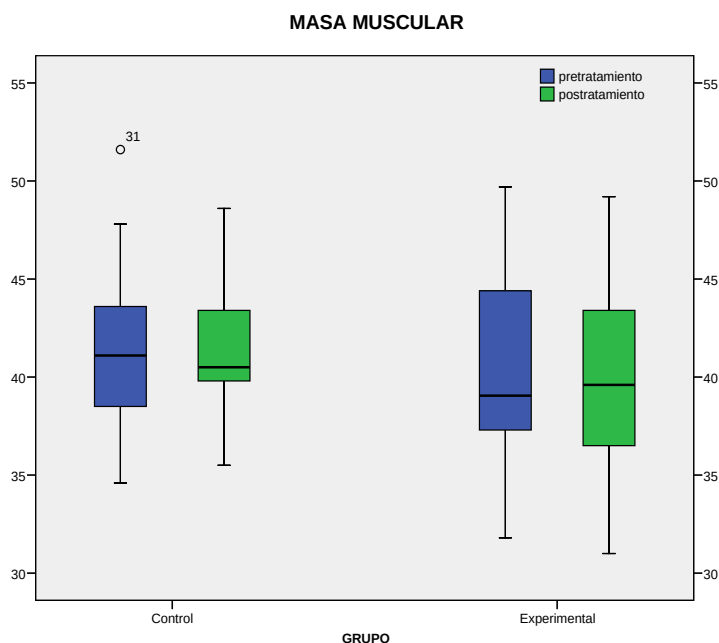


Figura 4.3. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa muscular.

4.2.1.4.- Variable nivel de grasa visceral

El análisis comparativo del comportamiento de la variable nivel de grasa visceral se presenta en la tabla 4.8.

Tabla 4.8. Resultados de la variable nivel de grasa visceral.

VARIABLE: NIVEL DE GRASA VISCERAL						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)		Conclusión
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,702	,169	-0,327	,746	-		NO HAY DIFERENCIA
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)		Conclusión
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,852	,845	-0,700	,490	-		NO HAY DIFERENCIA
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,169	,845	-0,293	,771	-	-	NO HAY DIFERENCIA

La prueba basada en el estadístico t (para muestras apareadas o independientes, según el caso) no nos permiten concluir con la existencia de diferencias significativas entre los grupos de comparación.

Manteniendo lo afirmado en el párrafo anterior, como resultado de las pruebas realizadas, sí podemos intuir, al observar las cajas correspondientes al grupo experimental, una pequeña suavización en el comportamiento de la variable nivel de grasa visceral, ya que, tras realizar el tratamiento, los valores más extremos (tanto superiores como inferiores) se suavizan en el grupo (figura 4.4.).

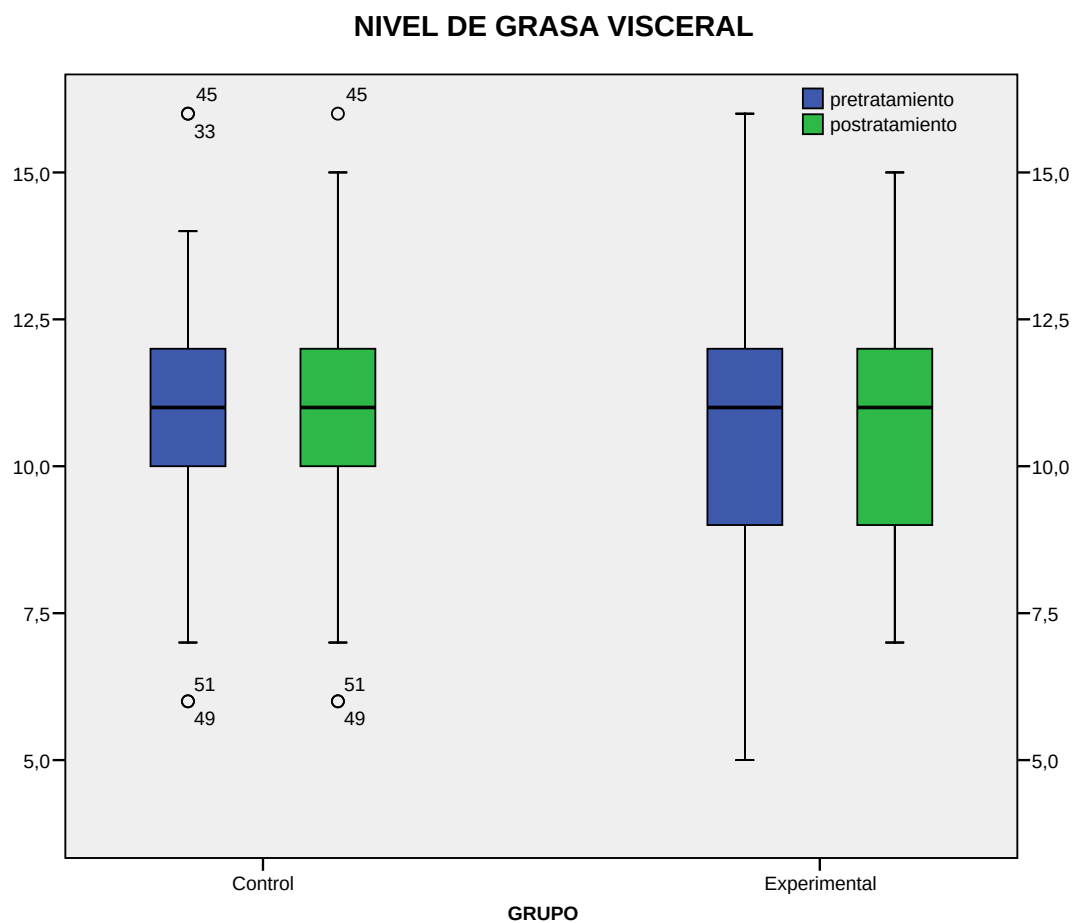


Figura 4.4. Gráfico de Box-Whisker de la variable nivel de grasa visceral.

4.2.1.5.- Variable masa grasa

Asumido el comportamiento normal de la variable masa grasa en los distintos grupos considerados, los resultados de la comparación de las medias en estos se presentan en la tabla 4.9.

Tabla 4.9. Resultados de la variable masa grasa.

VARIABLE: MASA GRASA						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,801	,120	2,494	,020	-	HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,982	,938	-0,529	,602	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,120	,938	-0,994	,325	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Como evidencian los resultados presentados en la tabla anterior, solo podemos afirmar la existencia de diferencias significativas en el grupo control entre las fases pre y pos tratamiento. El resto de comparaciones no nos alertan de tales diferencias.

El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias en el grupo control entre las fases pre-pos tratamiento es (0,2120; 2,2420), lo que nos llevaría a concluir con una bajada en el valor medio de la masa grasa tras el tratamiento. Sin embargo, creemos conveniente complementar este comentario con el análisis de gráfico Box-Whisker que se acompaña (figura 4.5.).

Como puede observarse en el gráfico, el efecto del tratamiento en el grupo control refleja un número significativo de observaciones anómalas (tanto en la franja inferior de valores como en la superior), lo que puede desvirtuar la representación de la media como valor resumen del comportamiento del grupo y, a la postre, generar esa diferencia en cuanto al comportamiento medio de la variable al compararla con el correspondiente valor antes de la aplicación de dicha intervención.

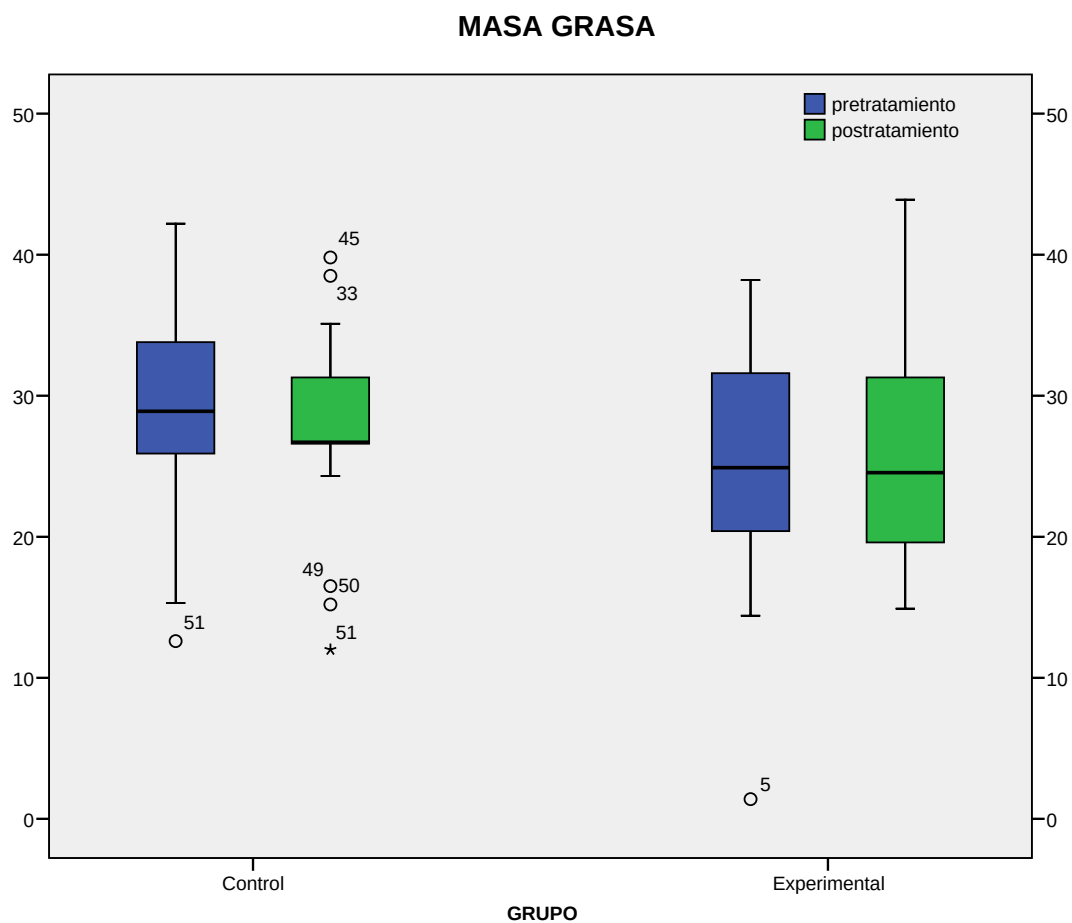


Figura 4.5. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa grasa.

4.2.1.6.- Variable masa libre de grasa

De nuevo, bajo la hipótesis de normalidad, los resultados de las comparaciones de las medias en los distintos análisis considerados se presentan en la tabla 4.10.

Tabla 4.10. Resultados de la variable masa libre de grasa.

VARIABLE: MASA LIBRE DE GRASA						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>	
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,934	,256	-0,063	,950	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>	
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,670	,801	1,169	,254	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>M-W (Sig.)</i>	<i>K-S (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>
<i>Contr</i>	<i>Exper</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,256	,801	-1,394	,169	-	-	NO HAY DIFERENCIA

No se aprecian diferencias significativas en las distintas comparaciones, lo que nos lleva a concluir con la ausencia de efecto debido al tratamiento.

La situación descrita es compatible con la imagen que nos ofrece el gráfico que acompaña a este análisis (figura 4.6.).

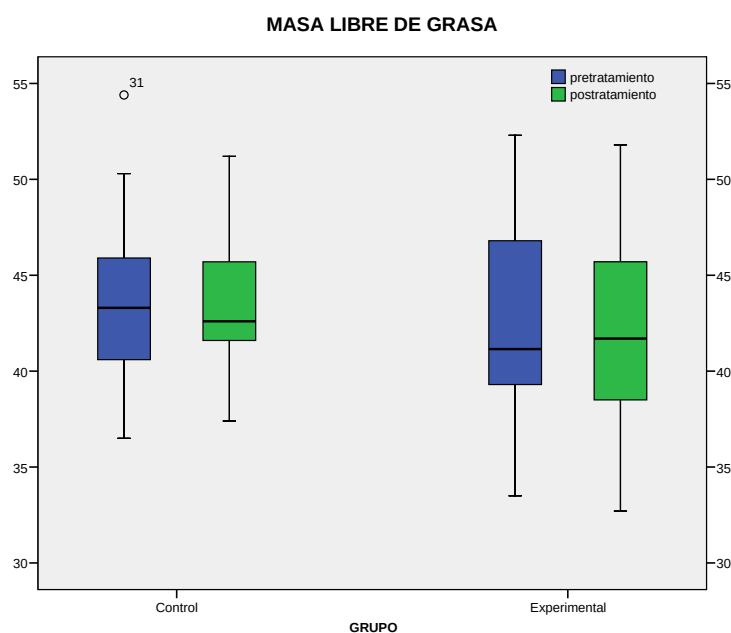


Figura 4.6. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa libre de masa.

4.2.1.7.- Variable masa ósea en Kg

La aplicación del esquema de análisis asociados a la variable masa ósea en Kg nos arroja los resultados presentados en la tabla 4.11.

Tabla 4.11. Resultados de la variable masa ósea en Kg.

VARIABLE: MASA ÓSEA EN Kg						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,524	,264	-0,272	,788	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,435	,536	1,087	,287	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,264	,536	-1,528	,133	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Como puede apreciarse, no se detectan diferencias significativas en las distintas agrupaciones consideradas.

El siguiente gráfico (figura 4.7.) confirma los resultados obtenidos en las pruebas de comparación realizadas anteriormente.

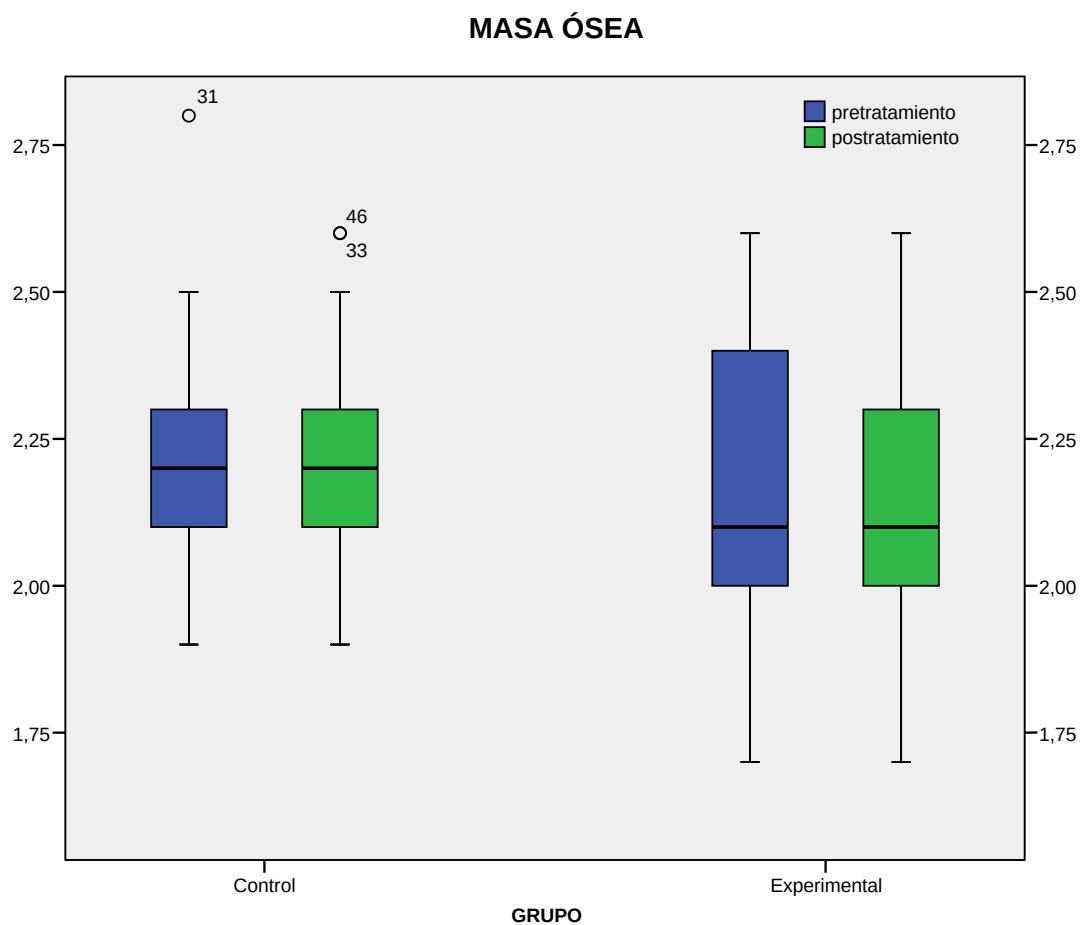


Figura 4.7. Gráfico de Box-Whisker de la variable masa ósea.

4.2.1.8.- Variable agua corporal en Kg

Las pruebas realizadas para la variable agua corporal en Kg en los grupos control y experimental, y en las fases pre y pos tratamiento, se presentan en la tabla 4.12.

Tabla 4.12. Resultados de la variable agua corporal en Kg.

VARIABLE: AGUA CORPORAL EN Kg.						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,975	,233	0,055	,957	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,726	,869	1,179	,249	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,233	,869	-1,436	,157	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Como concluyen cada uno de los apartados, no podemos indicar diferencias significativas en el comportamiento medio de la variable en ninguno de los apartados de agrupación.

El gráfico Box-Whisker realizado para la variable agua corporal en Kg (figura 4.8.) evidencia los resultados obtenidos en el análisis anterior, no percibiendo diferencias significativas en las distintas agrupaciones de comparación.

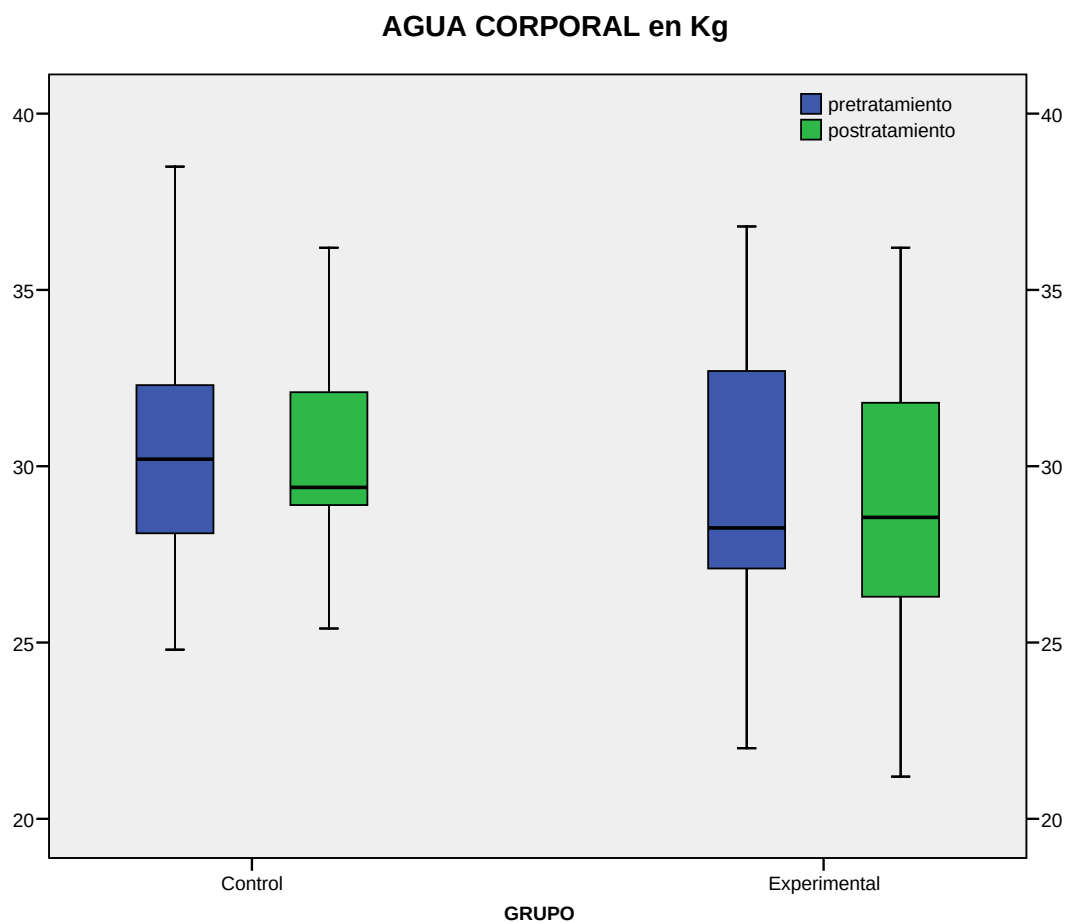


Figura 4.8. Gráfico de Box-Whisker de la variable agua corporal en Kg.

4.2.1.9.- Variable agua corporal en %

Bajo la hipótesis de un comportamiento relatado por una distribución normal en los grupos considerados para análisis, los resultados de la aplicación de la prueba basada en el estadístico t de Student para datos apareados y para muestras independientes se recogen en la tabla 4.13.

Tabla 4.13. Resultados de la variable agua corporal en %.

VARIABLE: AGUA CORPORAL EN %						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,488	,099	-3,764	,001	-	HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,110	,775	0,456	,652	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,099	,775	0,872	,387	-	-	NO HAY DIFERENCIA

De todas las comparaciones realizadas, la única que muestra diferencias significativas es aquella que se realiza en el grupo control al comparar las fases pre y pos tratamiento. El intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias da como resultado (-1,1024; -0,3216), lo que nos permite concluir que la diferencia entre las medias se produce por un aumento de la media de la variable agua corporal en % en la fase pos tratamiento.

Para explicar esta situación, creemos conveniente visualizar el gráfico Box-Whisker que se acompaña a este análisis (figura 4.9.). Como puede observarse en este, el conjunto de valores atípicos, e incluso extremos (señalados en el gráfico con un asterisco), pueden ocasionar un aumento en la media de la variable, lo cual justifique esa diferencia percibida entre la fase pre y pos tratamiento en el grupo control.

En lo que se refiere al grupo experimental, la imagen del gráfico nos puede llevar a intuir una homogeneización en los datos, eliminando las observaciones anómalas, e incorporando estas en el recorrido “normal” de la variable.

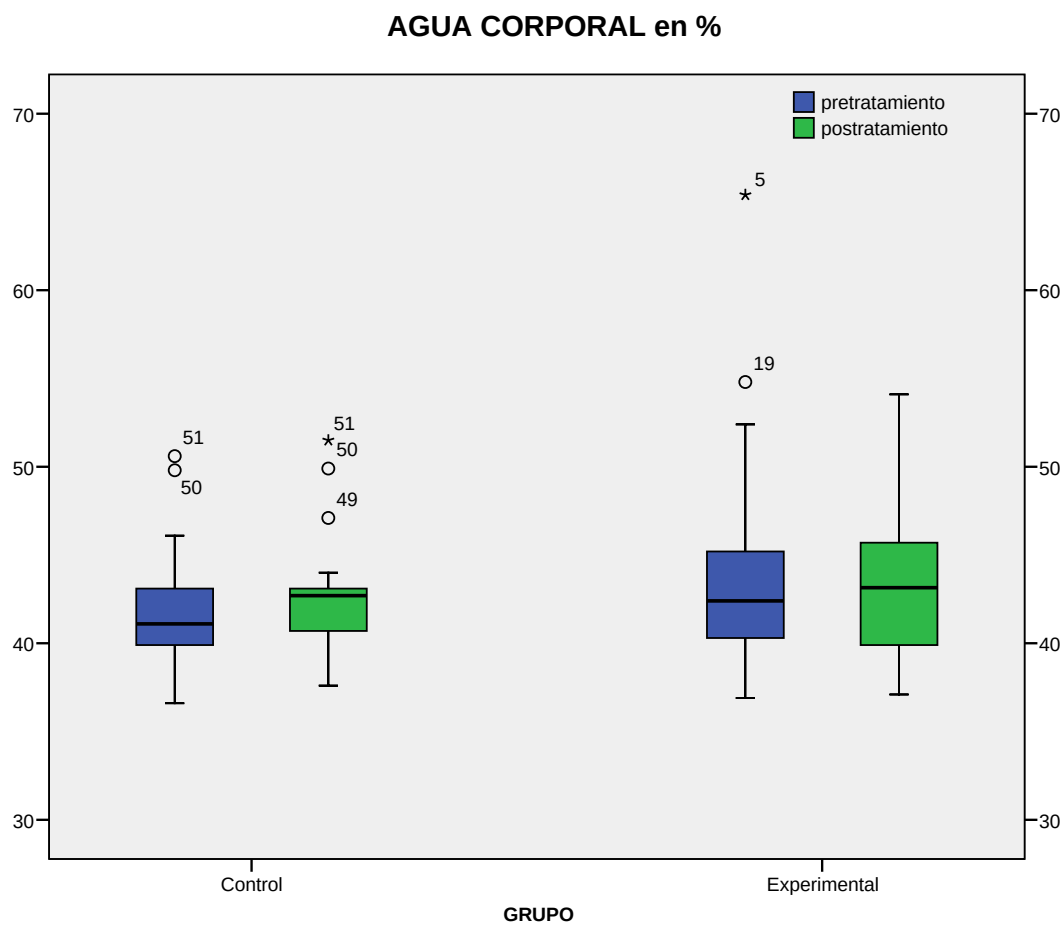


Figura 4.9. Gráfico de Box-Whisker de la variable agua corporal en %.

4.2.1.10.- Variable presión arterial sistólica

Siguiendo el esquema planteado desde el inicio, se presentan los resultados de las distintas pruebas realizadas en los grupos control y experimental atendiendo a las fases denominadas pre y pos tratamiento (tabla 4.14.).

Tabla 4.14. Resultados de la variable presión arterial sistólica.

VARIABLE: PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,810	,226	0,319	,752	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,113	,260	2,457	,021	-	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,226	,260	-1,611	,113	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Bajo normalidad en todos los casos, la aplicación de la técnica basada en el estadístico t para valorar la diferencia entre dos muestras (relacionadas con las fases pre y pos tratamiento de los grupos experimental y control, o independientes para el caso de la comparación de las muestras pos tratamiento entre los grupos) nos llevan a concluir con la única diferencia significativa que se produce en el grupo experimental entre las fases pre y pos tratamiento (significación de 0,021). Es decir, el tratamiento ha generado diferencia en el comportamiento medio de la variable en el grupo experimental.

Esta situación es constatable con el comportamiento del grupo experimental observado en el gráfico de Box-Whisker siguiente (figura 4.10.), donde se puede observar una variación a la baja de la variable presión arterial sistólica (baja significativamente el primer cuartil, situando al 50% de las observaciones en un rango con límite inferior más bajo que el observado antes del tratamiento). Esto mismo ocurre con la mediana observada en las fases pre y pos tratamiento.

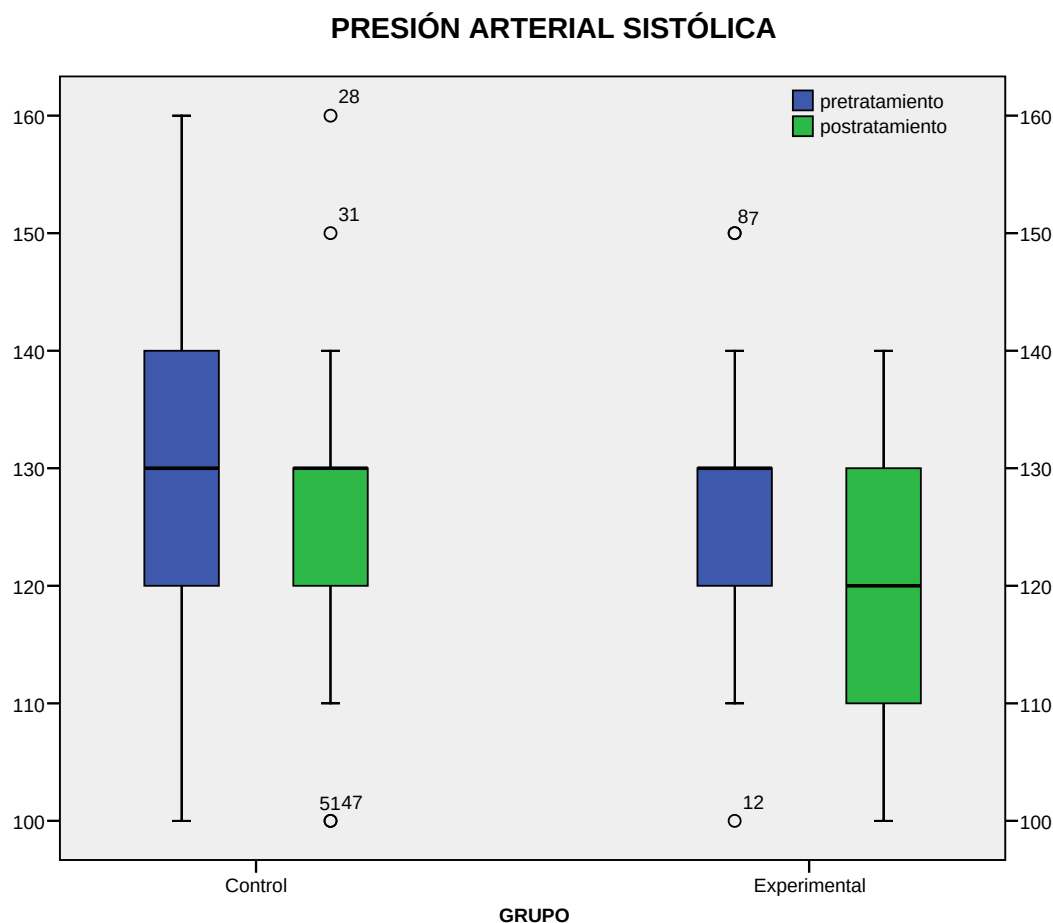


Figura 4.10. Gráfico de Box-Whisker de la variable presión arterial sistólica.

Abundando más en el comportamiento medio significativamente distinto en el grupo experimental en las fases pre y pos tratamiento, determinamos que el intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias de la presión arterial sistólica pre-pos tratamiento es de (0,933; 10,606) que reafirma que tal diferencia se produce por una bajada en la media de dicha presión arterial sistólica tras la aplicación del tratamiento.

4.2.1.11.- Variable presión arterial diastólica

Las pruebas realizadas (bajo la hipótesis de normalidad) entre los grupos control y experimental en las fases pre y pos tratamiento, se registran en la tabla 4.15.

Tabla 4.15. Resultados de la variable presión arterial diastólica.

VARIABLE: PRESIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,129	,163	-1,0	,327	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,003	,169	1,306	,203	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,163	,169	-2,644	,011	-	-	HAY DIFERENCIA

Como conclusión podemos decir que en la variable presión arterial diastólica no se perciben diferencias en los distintos grupos y fases, salvo al comparar el comportamiento del grupo experimental y control tras el tratamiento, donde la diferencia sí es significativa (p-valor de 0,011).

Para poder interpretar este resultado, recordemos que inicialmente, en la fase pre tratamiento, no podíamos evidenciar diferencias significativas entre el grupo control y experimental; sin embargo, tras la aplicación del tratamiento al grupo experimental, encontramos diferencias significativas entre los grupos control y experimental; quizá no suficientes para que estas se manifiesten dentro del propio grupo experimental, pero para poner de manifiesto que el comportamiento entre los dos grupos ha cambiado en media. Solo encontramos justificable dicho comportamiento por la incorporación del entrenamiento vibratorio, que diferencia el tratamiento entre el grupo experimental y control.

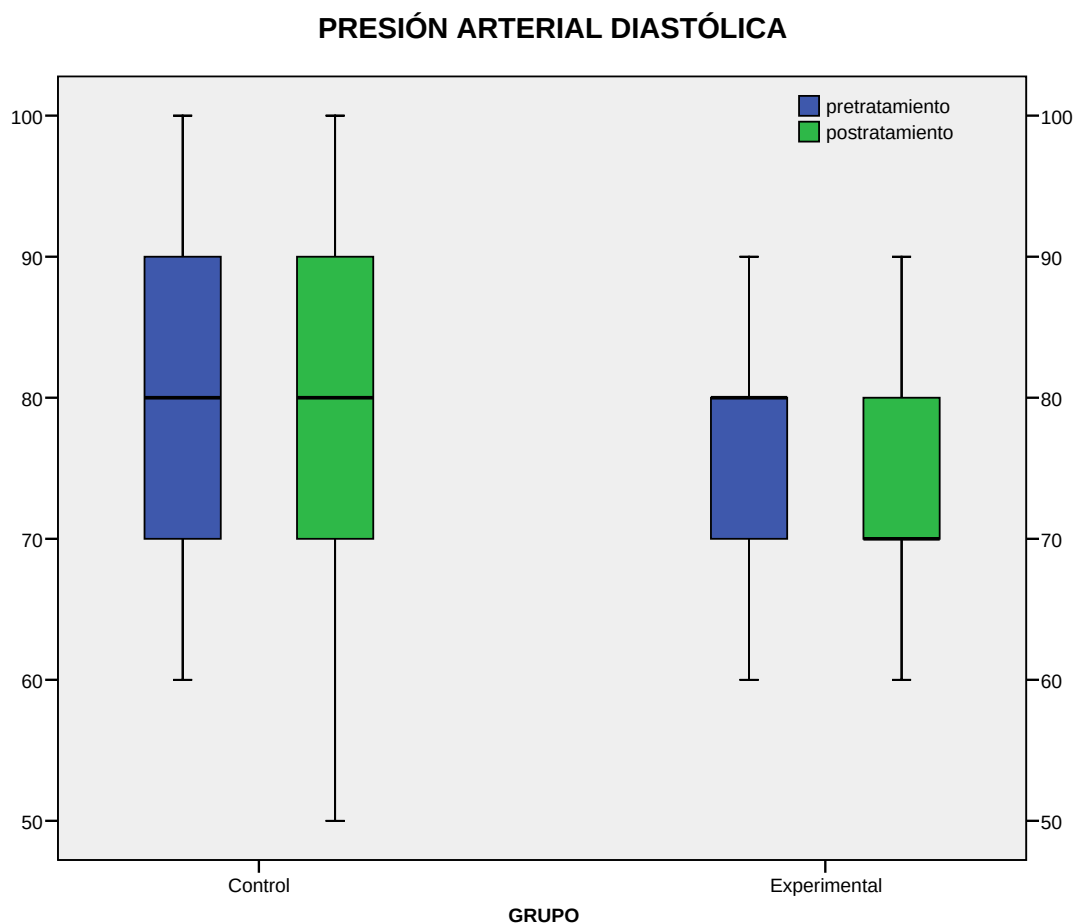


Figura 4.11. Gráfico de Box-Whisker de la variable presión arterial diastólica.

La diferencia significativa observada se puede catalogar de bajada en el grupo experimental, ya que el intervalo de confianza al 95% para la diferencia entre las medias del grupo experimental y control en la fase pos tratamiento es de (-13,205; -1,795).

Por otra parte, al observar el gráfico de Box-Whisker (figura 4.11.), que ilustra los comportamientos analizados en la variable, podemos resaltar que, si bien no existen diferencias significativas en el grupo experimental tras la aplicación del tratamiento (como ya hemos visto), la mediana ha experimentado una sustancial bajada, situándonos de un valor en torno a 80 a un valor cercano a 70. Entendemos que, aún sin considerar la diferencia significativa, puede marcar una tendencia a tener en cuenta en posibles réplicas del

experimento en el que hagamos una redefinición del tratamiento o del tiempo en que este se ha aplicado.

4.2.1.12.- Variable perímetro del tobillo

Los resultados obtenidos en el análisis del comportamiento de la variable perímetro del tobillo para los grupos control y experimental y en las fases pre y pos tratamiento reflejan, en todas las agrupaciones, que hay diferencia significativa (tabla 4.16.).

Tabla 4.16. Resultados de la variable perímetro del tobillo.

VARIABLE: PERÍMETRO DEL TOBILLO						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>		<i>Conclusión</i>
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,602	,333	-4,085	,000	-		HAY DIFERENCIA
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>		<i>Conclusión</i>
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,638	,108	3,799	,001	-		HAY DIFERENCIA
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>M-W (Sig.)</i>	<i>K-S (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>
<i>Contr</i>	<i>Exper</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,333	,108	-2,733	,009	--	-	HAY DIFERENCIA

Comentamos las diferencias observadas:

- En el grupo control se observan diferencias significativas tras aplicar la prueba de igualdad de medias para muestras apareadas basado en el estadístico t de Student. El nivel de significación (menor de 0,001) nos permite afirmar que las medias en las fases pre y pos tratamiento son distintas. El intervalo de confianza al 95% de la diferencia de medias (pre-pos) nos da como resultado (-1,2322; -0,4062), lo que nos indica que la diferencia se produce por un aumento en el tamaño del tobillo tras la aplicación del tratamiento.

- De la misma forma, en el grupo experimental, la prueba de igualdad de medias para muestras dependientes nos arroja una diferencia significativa entre estas, en las fases pre y pos tratamiento (significación menor de 0,001). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias (pre-pos) es de (0,2729; 0,9194), lo que nos lleva a afirmar que la diferencia se produce por una bajada en la media del perímetro del tobillo tras aplicar el tratamiento.
- La comparación de medias entre los grupos control y experimental tras el tratamiento (pos tratamiento), nos conduce también a rechazar la igualdad de estas (significación de 0,009). A su vez, el intervalo de confianza para la diferencia de medias (experimental-control) al 95% nos da (-2,4029; -0,3663) que nos marca, en media, un valor menor del perímetro del tobillo en el grupo experimental frente al control en la fase pos tratamiento.

Como resumen de los valores analizados y de las diferencias observadas, podemos concluir que la aplicación del tratamiento incide en el perímetro del tobillo; de forma creciente cuando se aplica sobre el grupo control (programa de ejercicio físico terapéutico) y de forma decreciente cuando se aplica en el grupo experimental (programa de ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio). Esta diferencia, dentro de cada uno de los grupos, se traslada a una diferencia más grande entre los grupos control y experimental tras la aplicación del tratamiento.

La situación descrita anteriormente se pone también de manifiesto en el gráfico Box-Whisker, que evidencia las diferencias dentro de cada uno de los grupos y entre los grupos en la fase pos tratamiento (figura 4.12.).

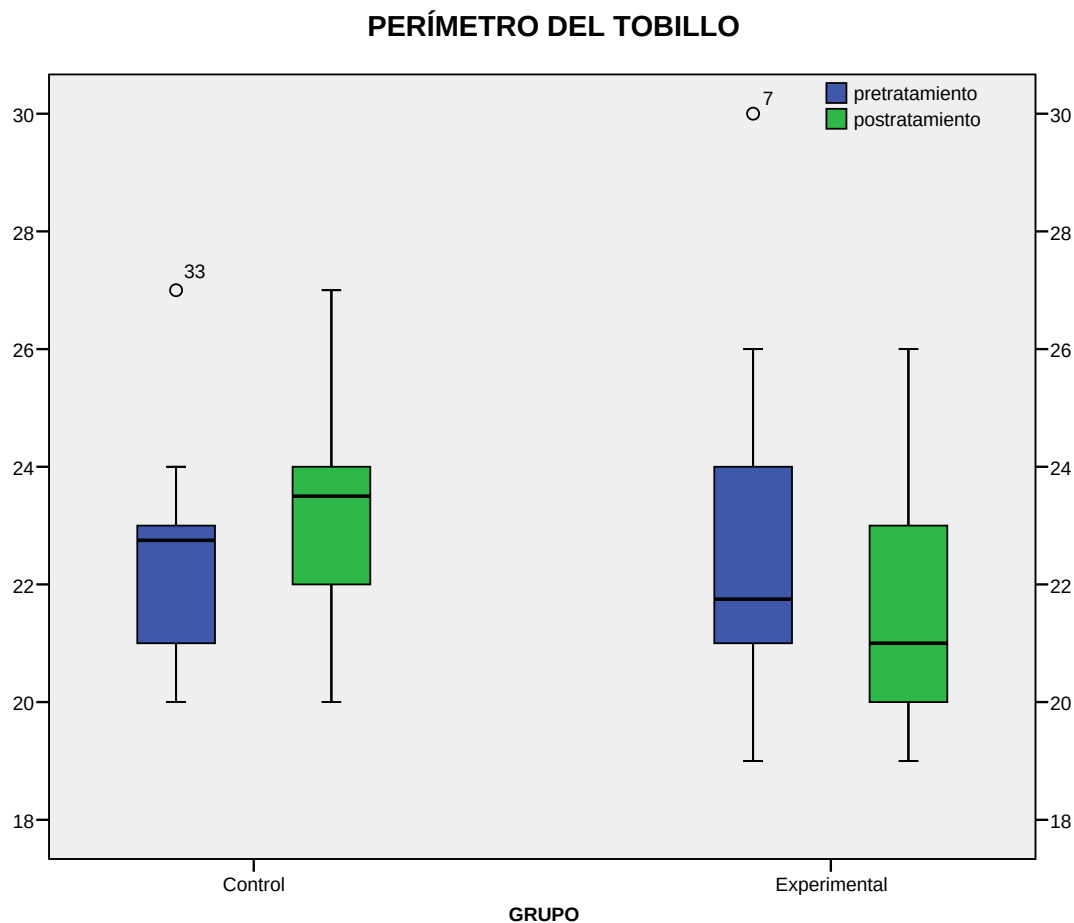


Figura 4.12. Gráfico de Box-Whisker de la variable perímetro del tobillo.

4.2.2.- Variables asociadas a pruebas de condición física

Recogemos en este apartado las siguientes variables asociadas a las pruebas de condición física: Fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano derecha y mano izquierda), Chair Stand Test, Chair-Sit and Reach Test, Foot Up-and-Go Test y test de equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho y pie izquierdo).

4.2.2.1.- Variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano derecha)

La tabla 4.17. presenta un resumen de los análisis comparativos para las distintas agrupaciones de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual con la mano derecha.

FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL - MANO DERECHA

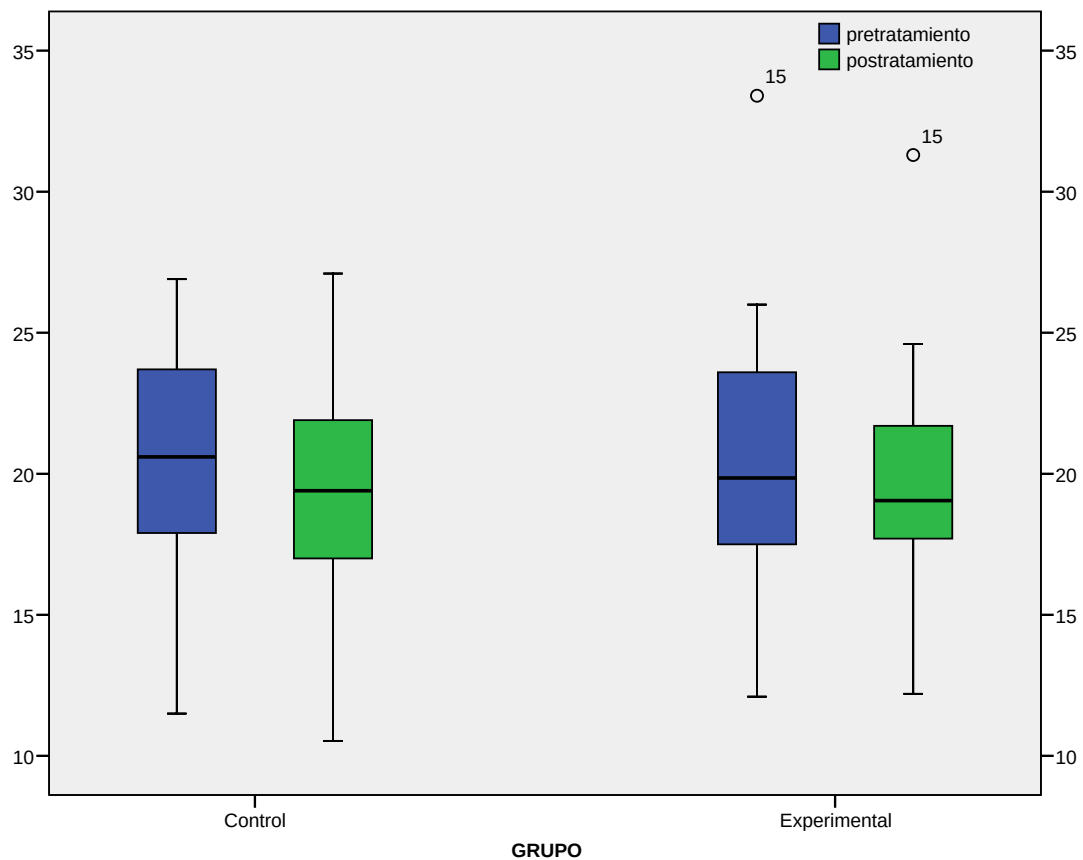


Figura 4.13. Gráfico de Box-Whisker de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual con la mano derecha.

4.2.2.2.- Variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano izquierda)

Para la mano izquierda, los resultados de los análisis comparativos de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual se resumen en la tabla 4.18.

Tabla 4.18. Resultados de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano izquierda).

VARIABLE: FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL (MANO IZQUIERDA)						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>		<i>Conclusión</i>
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,346	,575	3,736	,001	-		HAY DIFERENCIA
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>		<i>Conclusión</i>
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,865	,967	-0,661	,515	-		NO HAY DIFERENCIA
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>M-W (Sig.)</i>	<i>K-S (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>
<i>Contr</i>	<i>Exper</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,575	,967	1,387	,172	-	-	NO HAY DIFERENCIA

El análisis de los resultados obtenidos es análogo al realizado en el apartado correspondiente a la mano derecha. Solo se aprecia diferencia significativa entre las medias del grupo control en las fases pre y pos tratamiento (significación de 0,001), con un intervalo de confianza al 95% para tal diferencia de medias de (1,0560; 3,6509); que nos lleva a afirmar una bajada, en media, del valor de la variable en la fase pos tratamiento.

El gráfico Box-Whisker (figura 4.14.) representa el comportamiento en los grupos y fases indicados e ilustra los análisis comentados en referencia a esta variable.

FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL - MANO IZQUIERDA

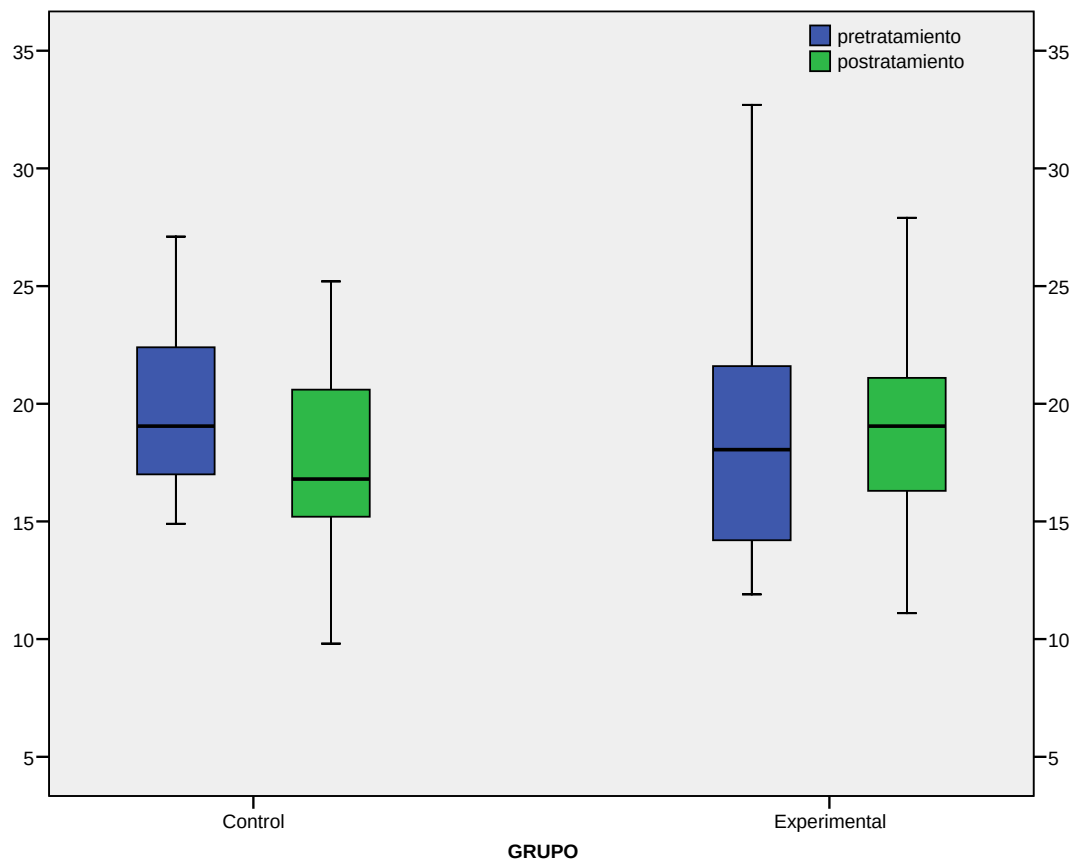


Figura 4.14. Gráfico de Box-Whisker de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual con la mano izquierda.

4.2.2.3.- Variable asociada al Chair Stand Test

Podemos admitir un comportamiento distribucional normal en los grupos. Bajo este ambiente, las distintas pruebas basadas en el estadístico t de Student (muestras apareadas e independientes) nos reportan los resultados presentados en la tabla 4.19.

Tabla 4.19. Resultados de la variable asociada al Chair Stand Test.

VARIABLE: CHAIR STAND TEST						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>	
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,865	,596	0,827	,416	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>Wilcoxon (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>	
<i>Pre</i>	<i>Pos</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,620	,525	0,427	,673	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
<i>Normalidad (Sig.)</i>		<i>t</i>		<i>M-W (Sig.)</i>	<i>K-S (Sig.)</i>	<i>Conclusión</i>
<i>Contr</i>	<i>Exper</i>	<i>Estad.</i>	<i>Sig.</i>			
,596	,525	0,779	,440	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Como resumen de los análisis realizados, indiquemos que no encontramos evidencias para justificar la diferencia entre las medias de los distintos grupos, por lo que concluimos con la falta de efecto producido por el tratamiento.

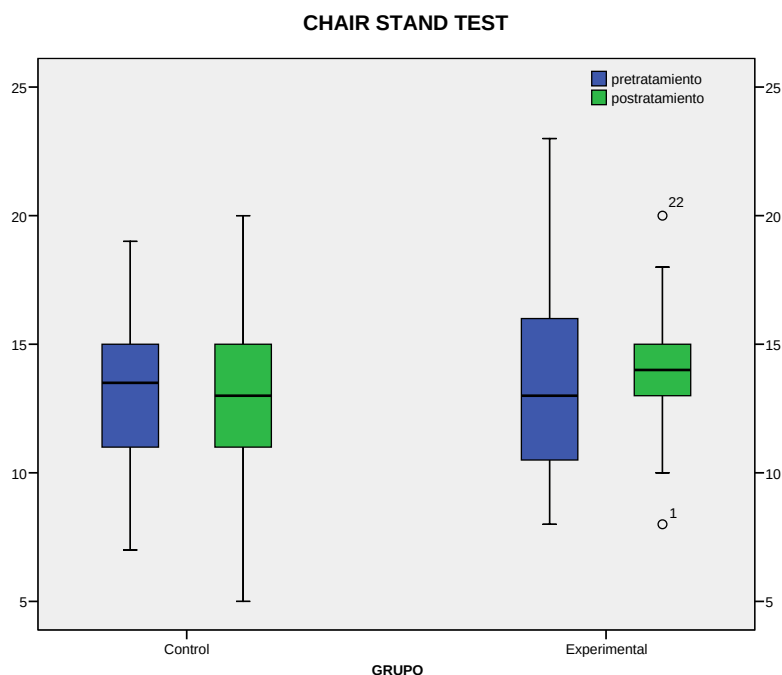


Figura 4.15. Gráfico de Box-Whisker de la variable Chair Stand Test.

Sin embargo, al observar el gráfico que se adjunta (figura 4.15.), la comparación de la caja correspondiente a la fase pos tratamiento en el grupo experimental con la correspondiente de la fase pre tratamiento y con la del grupo control, nos lleva a intuir cierta diferencia en el comportamiento de la variable; quizá debida al tratamiento.

Aunque pueda parecer contradictorio lo indicado con lo obtenido en el estudio analítico, entendemos que es compatible. Basta considerar el tamaño muestral y la aparición de dos observaciones anómalas en el grupo experimental pos tratamiento, que podría “ocultar” en cierta manera el comportamiento de la media de todo el grupo; sobre todo en comparación con los otros grupos para los que se realiza el análisis.

Según lo indicado, y con todas las prevenciones posibles, podríamos intuir cierto efecto del tratamiento en el grupo experimental que nos lleva a bajar la variabilidad de los valores observados (decrece el recorrido intercuartílico) y a aumentar sensiblemente la mediana de estas; es decir, para más individuos se aumenta el número de acciones en el Chair Stand Test.

4.2.2.4.- Variable asociada al Chair-Sit and Reach Test

Los resultados de comparación de grupos se resumen en la siguiente tabla 4.20.

Tabla 4.20. Resultados de la variable asociada al Chair-Sit and Reach Test.

VARIABLE: CHAIR-SIT and REACH TEST						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,698	,547	1,381	,180	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,610	,299	-5,944	,000	-	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,547	,299	2,400	,020	-	-	HAY DIFERENCIA

Como resumen, indicar que las pruebas realizadas establecen diferencia significativa al comparar las fases pre y pos tratamiento del grupo experimental (significación menor de 0,001), y en la comparación del grupo control con el experimental en la fase pos tratamiento (significación de 0,020). En el otro caso, es decir, en las fases pre y pos tratamiento del grupo control, no podemos concluir con la diferencia entre ambas agrupaciones.

Los resultados obtenidos con la aplicación de las correspondientes pruebas son compatibles con lo que refleja el gráfico de cajas que se adjunta (figura 4.16.).

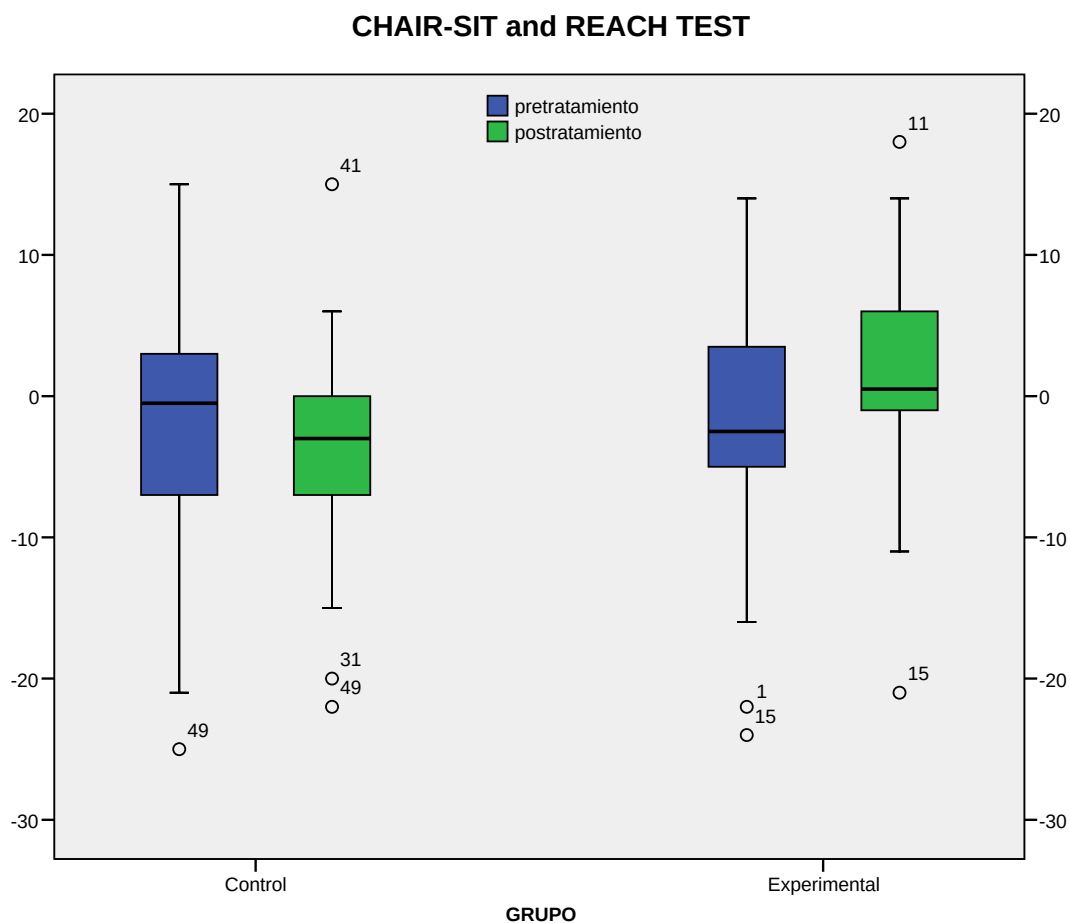


Figura 4.16. Gráfico de Box-Whisker de la variable Chair-Sit and Reach Test.

Por otra parte, el intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias de la variable, en las fases pre y pos tratamiento del grupo experimental, es de $(-4,816; -2,338)$, lo que manifiesta un incremento en la media del grupo tras el tratamiento.

De la misma forma, el intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias, en la fase pos tratamiento del grupo experimental y control, es de $(0,865; 9,750)$; lo que nos permite concluir con un aumento en la media del grupo experimental debida al tratamiento.

En resumen, los resultados anteriores nos permiten concluir con un incremento en la flexibilidad de los miembros inferiores de las mujeres, explicado por la incorporación del entrenamiento vibratorio.

variable en las fases pre y pos tratamiento del grupo experimental, con una significación de 0,020. El intervalo de confianza para la diferencia de medias es (0,0824; 0,8869); lo que nos permite concluir indicando que se percibe una bajada, en media, en el tiempo necesario para realizar el test.

- Comparación entre el grupo experimental y control en la fase pos tratamiento: De nuevo podemos afirmar que existen diferencias significativas entre las medias de la variable observada en el grupo experimental y control (p -valor inferior a 0,001). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias entre el grupo experimental y control, en la fase pos tratamiento es (-2,6374; -0,8241); lo que nos permite concluir que, en media, se consume menos tiempo en el grupo experimental para la realización del test.

El gráfico Box-Whisker siguiente (figura 4.17.) ilustra el análisis comentado en los párrafos anteriores.

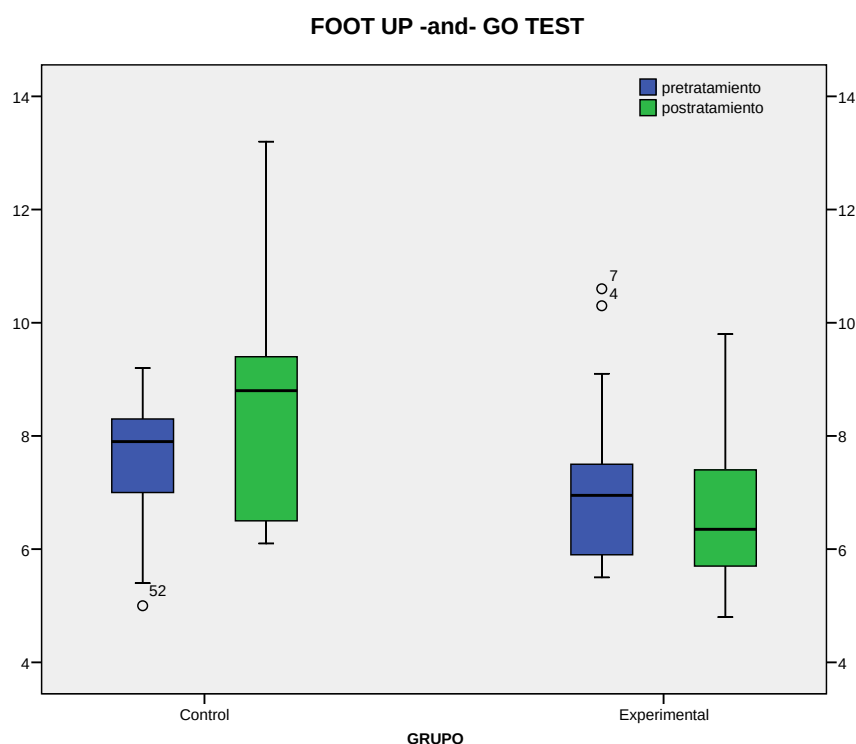


Figura 4.17. Gráfico de Box-Whisker de la variable Foot Up-and-Go Test.

Como conclusión, podemos indicar que el tratamiento aplicado al grupo experimental (programa de ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio) produce efecto significativo en el comportamiento de la variable.

4.2.2.6.- Variable equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho)

El comportamiento de la variable equilibrio estático monopodal con visión, del pie derecho, comparada en los distintos grupos y fases a partir de la prueba basada en el estadístico t (muestras apareadas e independientes, según el caso), se resume en la tabla 4.22.

Tabla 4.22. Resultados de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho).

7.

VARIABLE: EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN (PIE DERECHO)						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,054	,138	-2,056	,050	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,187	,294	0,334	,741	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,138	,294	0,746	,459	-	-	NO HAY DIFERENCIA

Como puede verse, no se aprecia diferencia significativa entre los distintos grupos considerados, lo que nos lleva a confirmar la falta de incidencia del tratamiento en el comportamiento de dicha variable.

La misma situación referida se ve reflejada en el gráfico compuesto Box-Whisker que se acompaña en este apartado (figura 4.18.). En todo caso, con todas las cautelas posibles, podemos intuir cierto aumento en el tiempo de

equilibrio con el pie derecho en el grupo experimental, y para aquellas mujeres que inicialmente disponían de un tiempo de equilibrio inferior; todo ello justificado con cierto aumento que se produce tanto en la mediana de la variable en dicho grupo, como del primer cuartil.

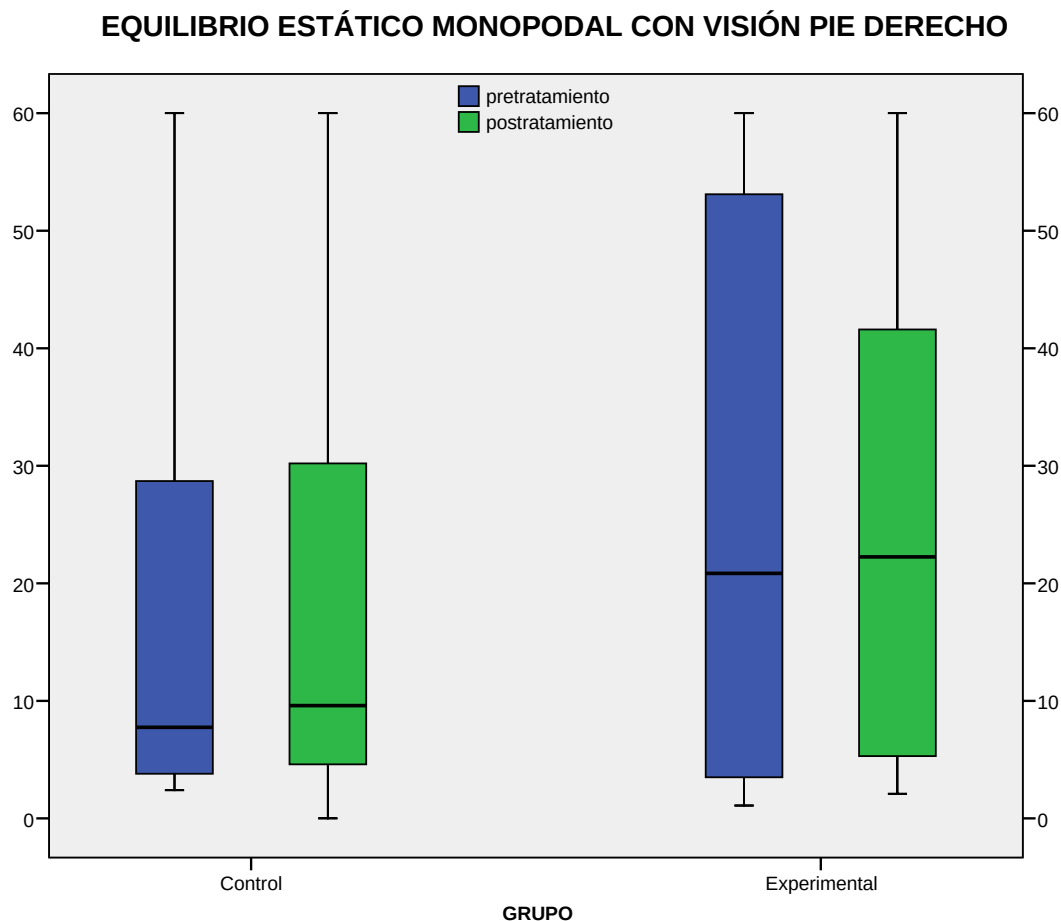


Figura 4.18. Gráfico de Box-Whisker de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho).

4.2.2.7.- Variable equilibrio estático monopodal con visión (pie izquierdo)

Las pruebas previas de normalidad, en cada uno de los grupos sometidos a análisis, nos llevan a dudar de tal hipótesis en el grupo control pre tratamiento; motivo por el que se complementa el análisis comparativo de las medias (t de Student para muestras apareadas) con el test de los rangos

signados de Wilcoxon. El resto de comparaciones se realiza con la prueba t de Student. Se obtienen los resultados aportados en la tabla 4.23.

Tabla 4.23. Resultados de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie izquierdo).

7.

VARIABLE: EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN (PIE IZQUIERDO)						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,049	,054	2,300	,030	,016	HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,176	,113	-1,503	,145	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,054	,113	2,485	,016	-	-	HAY DIFERENCIA

El análisis de los resultados, presentados en la tabla anterior, requiere de una descripción detallada de los mismos; para lo que haremos uno de forma conjunta del gráfico Box-Whisker que se adjunta en este epígrafe (figura 4.19.).

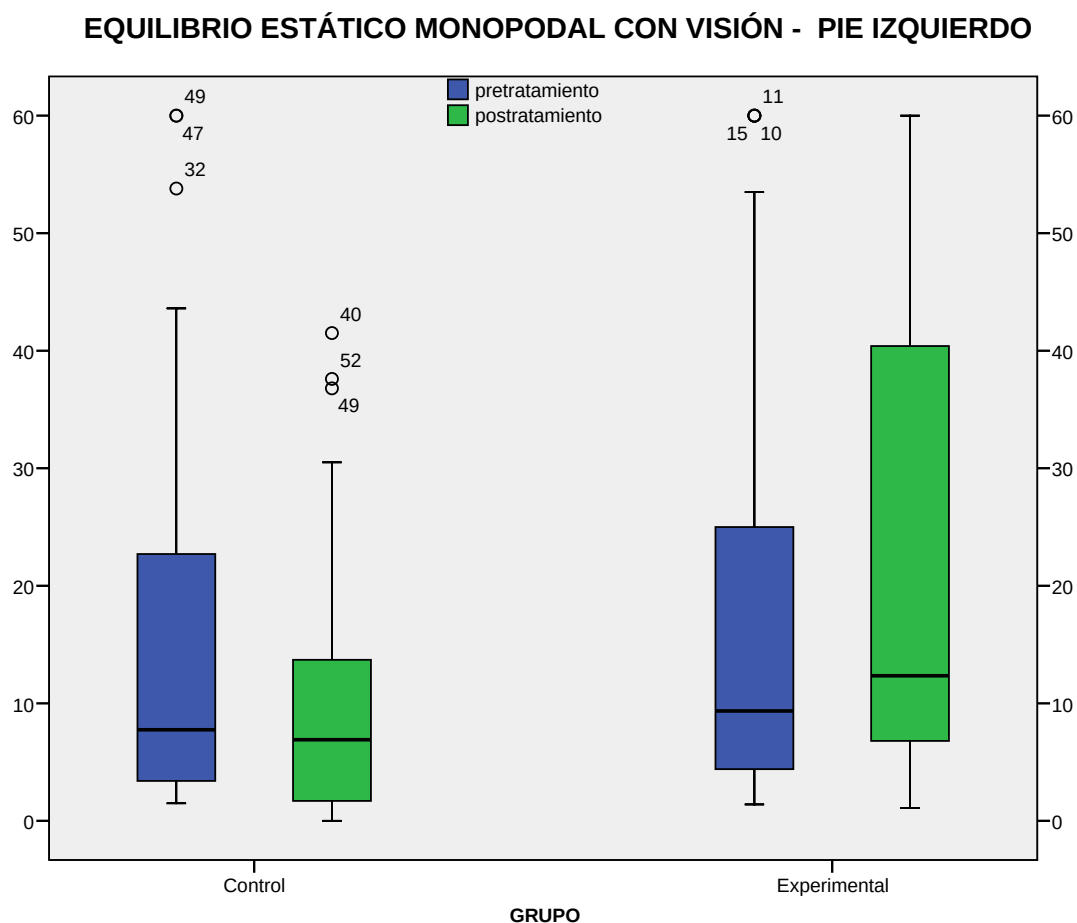


Figura 4.19. Gráfico de Box-Whisker de la variable equilibrio estático monopodal con visión (pie izquierdo).

- Comparación grupo control, fases pre y pos tratamiento: Tanto la prueba basada en el estadístico t de Student para muestras apareadas, como el test de los rangos signados de Wilcoxon, ponen de manifiesto que hay diferencias significativas en los grupos comparados (significación de 0,030 y 0,016 respectivamente). Por una parte, el intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias (pre-pos) es (0,4985; 9,0553). Por otra, en la aplicación del test de Wilcoxon se obtienen 19 rangos positivos frente a 7 rangos negativos. En ambos casos se justifica que la diferencia que se produce está motivada por una disminución en la variable observada en la fase pos tratamiento.

- Comparación grupo experimental, fases pre y pos tratamiento: La prueba basada en el estadístico t de Student para muestras apareadas no evidencia diferencia significativa entre ambos grupos. Sin embargo, en el gráfico de Box-Whisker del grupo experimental, podemos observar cierta diferencia que nos permitiría intuir un aumento en la variable equilibrio estático monopodal con visión, del pie izquierdo. Es posible que la prueba basada en el estadístico t no aprecie tal diferencia debido a la existencia de un conjunto de valores atípicos (valores grandes) en el grupo experimental, en la fase pre tratamiento.
- Comparación grupo control y experimental en fase pos tratamiento: La prueba basada en el estadístico t para muestras independientes marca claramente que hay diferencia significativa entre ambos grupos (p-valor de 0,016). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias (grupo experimental-control) es de (2,3501; 22,1806); lo que nos permite concluir con un incremento de la variable equilibrio estático monopodal con visión, del pie izquierdo, en el grupo experimental.

4.2.3.- Variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios)

Las variables que recogemos bajo la denominación de variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios) se han presentado en epígrafes anteriores y son las siguientes: variable asociada a la escala verbal numérica de dolor (EVN), variable asociada al cuestionario de calidad de vida relacionada con la salud SF-12 (dimensión mental), variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física), variable asociada al cuestionario de calidad del sueño de Pittsburg, variable asociada al cuestionario de autoevaluación del control de la vejiga CACV (síntomas), variable asociada al cuestionario CACV (molestias) y variable asociada al cuestionario de calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria ICIQ-SF.

4.2.3.1.- Variable asociada a la escala verbal numérica de dolor

Los resultados de comparación para la variable asociada a la medición del dolor con la escala verbal numérica (EVN) se recogen en la tabla 4.24.

Tabla 4.24. Resultados de la variable asociada a la escala verbal numérica de dolor.

VARIABLE: ESCALA VERBAL NUMÉRICA DE DOLOR						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,026	,275	-	-	,236	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,612	,331	6,076	,000	-	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,275	,331	-5,052	,000	-	-	HAY DIFERENCIA

Ante la falta de normalidad en la fase pre tratamiento del grupo control, optamos por aplicar la prueba de los rangos signados de Wilcoxon, concluyendo que los datos no muestran diferencia significativa entre los valores obtenidos de la variable en las fases pre y pos tratamiento. En cualquier caso, queremos hacer una pequeña observación. Como puede verse en el gráfico de Box-Whisker que acompañamos (figura 4.20.), la existencia de varias observaciones atípicas (incluso extremas) en la fase pre tratamiento del grupo control, puede influir en el resultado de esta comparación. Aunque no está acompañado del rigor exigido, obviando estos valores atípicos podríamos intuir, quizá, una suave bajada en los valores de la variable en la fase pos tratamiento.

Por otro lado, en las otras dos comparaciones sí observamos diferencias significativas en el comportamiento medio de la variable: existe diferencia entre las fases pre y pos tratamiento del grupo experimental, con una significación

menor de 0,001. En este caso, el intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias es (2,390; 4,841); esto es, se produce una clara bajada en el valor numérico del dolor en la fase pos tratamiento (véase el gráfico Box-Whisker representado en la figura 4.20.).

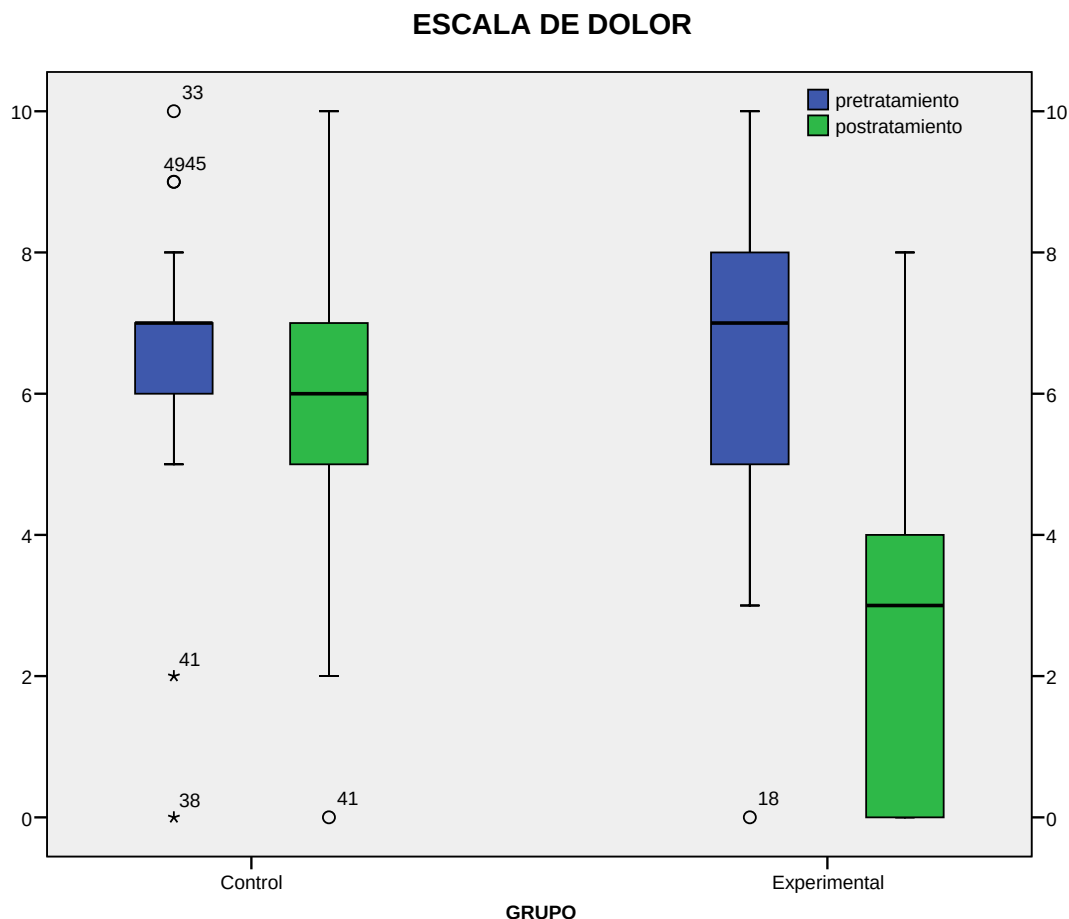


Figura 4.20. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada a la escala verbal numérica de dolor.

De la misma forma, en la comparación en la fase pos tratamiento entre el grupo experimental y control se aprecian diferencias significativas (p-valor inferior a 0,001), con un intervalo de confianza para la diferencia de medias de (-4,838; -2,085) que, como también se observa en el gráfico de cajas, nos lleva a concluir con un valor menor en media de la variable asociada a la escala de dolor en el grupo experimental.

Como conclusión general, podemos indicar que el tratamiento aplicado al grupo experimental produce efecto, a la baja, en la variable asociada a la escala verbal numérica de dolor.

4.2.3.2.- Variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental)

El resumen de los valores obtenidos para la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental) se recoge en la tabla 4.25.

Tabla 4.25. Resultados de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental).

VARIABLE: CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN MENTAL)						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,741	,998	3,163	,004	-	HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,919	,092	-1,547	,135	-	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,998	,092	5,140	,000	-	-	HAY DIFERENCIA

La interpretación de los resultados obtenidos para los grupos de comparación es la siguiente:

- Comparación en el grupo control entre las fases pre y pos tratamiento: La prueba basada en el estadístico t para muestras apareadas nos indica que hay diferencia significativa entre las medias de los grupos (p-valor de 0,004). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias es de (1,5216; 7,2014), que nos indica una bajada en media del valor de la variable.

- Comparación en el grupo experimental entre las fases pre y pos tratamiento: En este caso, la prueba no detecta diferencia significativa entre ambas fases. Sin embargo, estimamos conveniente hacer uso del gráfico Box-Whisker que se acompaña (figura 4.21.) para advertir que, con cierta probabilidad, la prueba no es sensible a una posible diferencia entre las fases dada la existencia de observaciones anómalas situadas entre valores bajos de la variable en la fase pos tratamiento del grupo experimental. Aunque podemos pecar de falta de rigor, entendemos que es interesante observar el gráfico obviando esos valores atípicos enunciados. En este caso, podríamos intuir cierto comportamiento distinto y al alza de la variable en la fase pos tratamiento en comparación con la fase pre tratamiento.
- Comparación entre los grupos experimental y control en la fase pos tratamiento: La prueba basada en el estadístico t de Student para muestras independientes pone de manifiesto que hay diferencia significativa entre los dos grupos (p-valor menor de 0,001). Además, el intervalo de confianza para la diferencia de medias es (7,4819; 17,0797), que evidencia un valor más alto, en media, de la variable en el grupo experimental. El efecto, anteriormente comentado, producido por los valores atípicos en el grupo experimental es suavizado, en este caso, por los valores bajos observados en el grupo control; por lo que en tal situación no es necesario ningún esfuerzo en la interpretación de los resultados.

Como conclusión general, podemos indicar que el efecto producido por el tratamiento aplicado al grupo experimental es beneficioso.

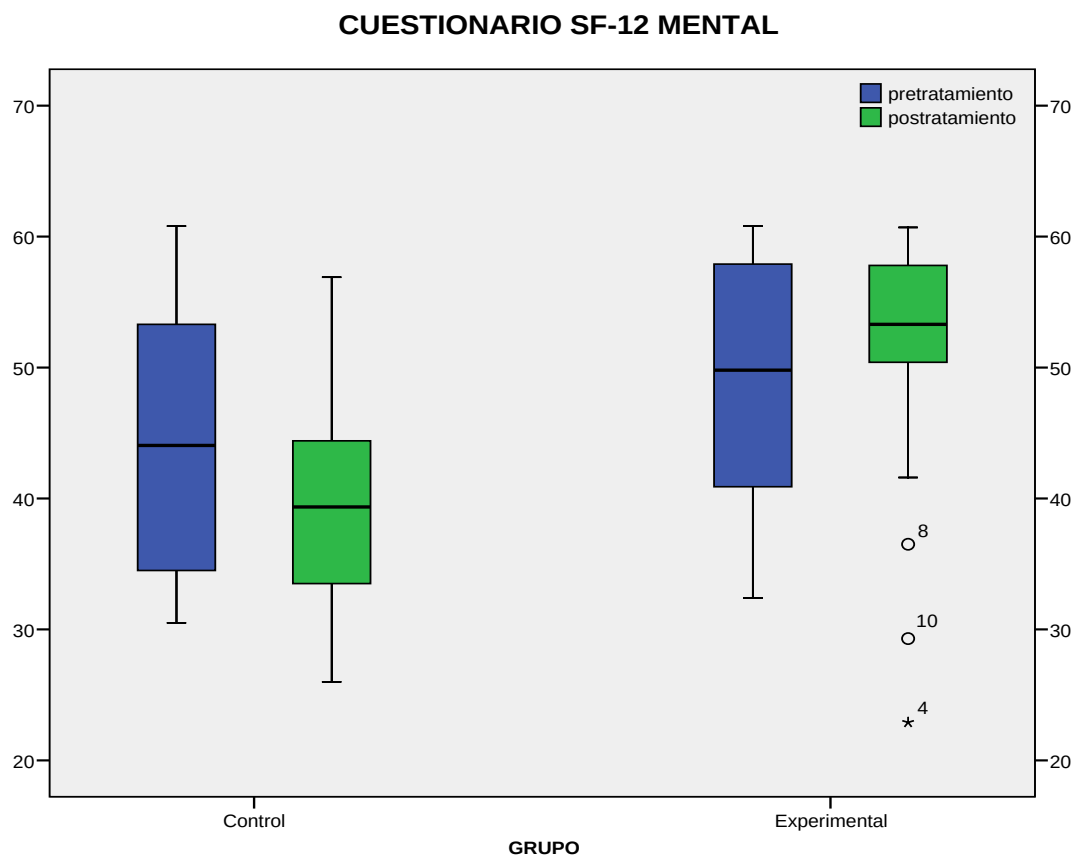


Figura 4.21. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental).

4.2.3.3.- Variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física)

La falta de normalidad en alguno de los grupos seleccionados para comparar comportamientos y la naturaleza de los grupos de comparación hace que en cada caso se haga uso de la técnica oportuna para llegar a conclusiones válidas. Los resultados de estas aplicaciones se resumen en la tabla 4.26.

Tabla 4.26. Resultados de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física).

VARIABLE: CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN FÍSICA)						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,451	,512	4,905	,000	-	HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,714	,014	-	-	,071	NO HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,512	,014	-	-	,000	,000	HAY DIFERENCIA

Explicamos los resultados obtenidos en los siguientes apartados:

- Comparación en el grupo control entre las fases pre y pos tratamiento: La prueba de comparación de medias basada en el estadístico t de Student para muestras apareadas pone de manifiesto que existen diferencias significativas entre estas. El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias es (3,4961; 8,5578), que evidencia un valor inferior en media de la variable en la fase pos tratamiento.
- Comparación en el grupo experimental entre las fases pre y pos tratamiento: Ante la ausencia de normalidad, aplicamos la prueba de los rangos signados de Wilcoxon. El valor de significación de 0,071 obtenido nos lleva a concluir, en primera instancia, que no podemos apreciar diferencia significativa entre las fases. Sin embargo, por una parte, el propio valor de significación indicado y, por otra, la imagen obtenida en el gráfico de cajas que se acompaña (figura 4.22.), nos conduce a arriesgarnos a dar una interpretación algo distinta a la aportada inicialmente. Así, la existencia de valores atípicos (extremos) entre los valores bajos de la variable en el grupo experimental, en la fase pos tratamiento, puede “falsear” en cierta medida la prueba aplicada. De nuevo, y a riesgo de que nos acusen de falta

de rigor, hacer el esfuerzo de contemplar las cajas correspondientes al grupo experimental, obviando los valores atípicos observados, nos permite intuir un cierto comportamiento al alza de la variable en la fase pos tratamiento, frente al comportamiento en la fase pre tratamiento.

- Comparación entre el grupo experimental y control en la fase pos tratamiento: De nuevo, la falta de normalidad nos lleva a optar por la aplicación del test de Mann-Whitney complementado con el de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras. En ambos casos detectamos diferencia significativa entre los grupos (significación inferior a 0,001). Además, en la prueba de Mann-Whitney se obtiene un rango medio para las observaciones del grupo experimental de 36,46; frente a un rango medio para las observaciones del grupo control de 16,45; lo que nos permite concluir con la existencia de un comportamiento al alza de la variable en el grupo experimental.

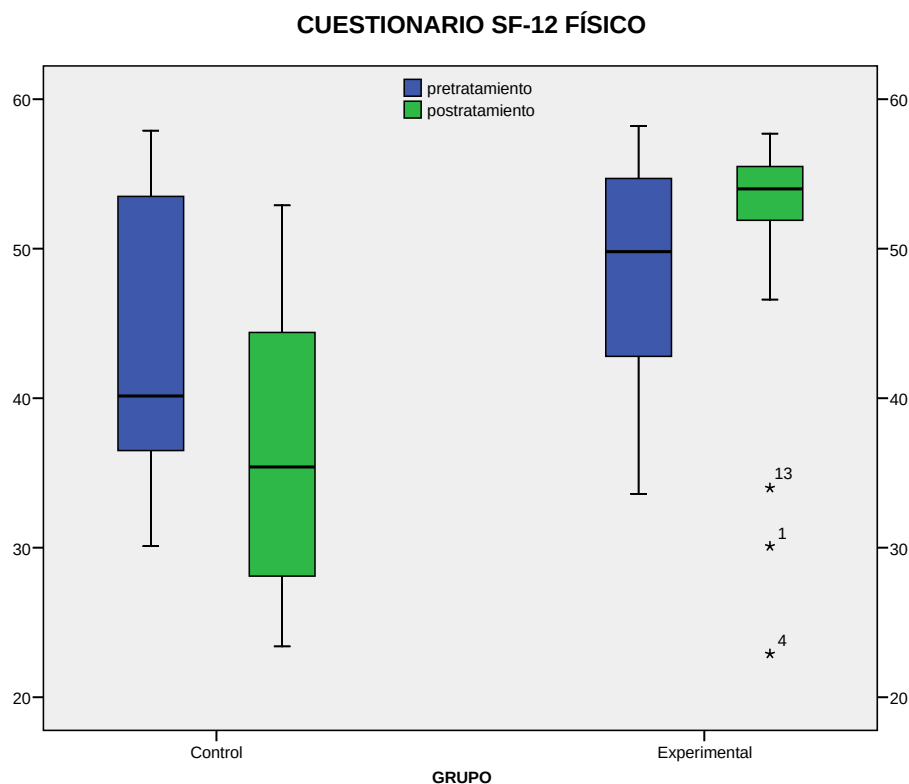


Figura 4.22. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física).

4.2.3.4.- Variable asociada al cuestionario de Pittsburg

Los valores obtenidos como consecuencia de las pruebas para valorar las posibles diferencias entre los grupos considerados se resumen en la tabla 4.27.

Tabla 4.27. Resultados de la variable asociada al cuestionario de Pittsburg.

Variable: CUESTIONARIO DE PITTSBURG						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,999	,983	-4,894	,000	-	HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,619	,360	6,285	,000	-	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,983	,360	-5,539	,000	-	-	HAY DIFERENCIA

El análisis numérico recogido en la tabla anterior pone de manifiesto la existencia de diferencias en todas las agrupaciones consideradas, pero por distintos motivos. Aunque explicaremos todos ellos, creemos conveniente acompañar el relato que se haga con la imagen obtenida en el gráfico Box-Whisker siguiente (figura 4.23.).

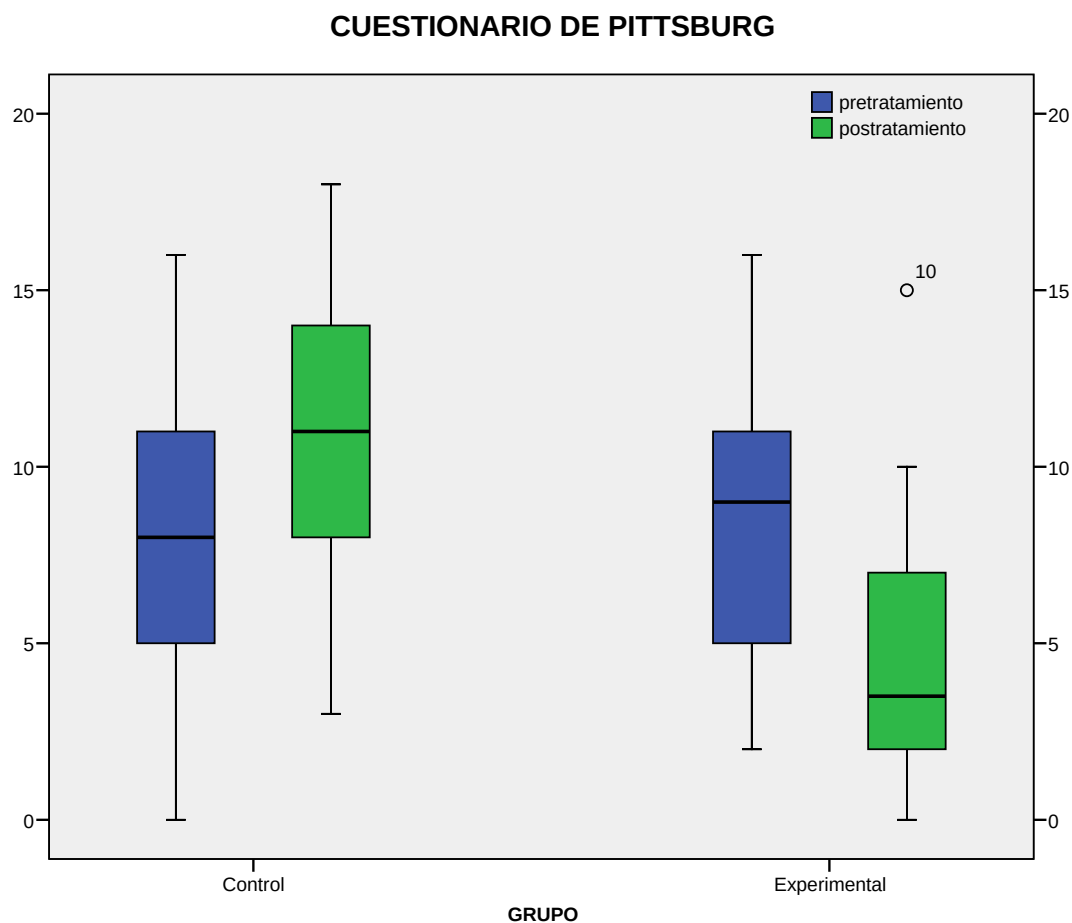


Figura 4.23. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario de Pittsburgh.

Los resultados de las comparaciones son los siguientes:

- Comparación grupo control entre las fases pre y pos tratamiento: Existen diferencias significativas (p-valor inferior a 0,001). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias es (-3,489; -1,426); lo que evidencia un aumento del valor, en media, de la variable asociada al cuestionario de Pittsburgh.
- Comparación grupo experimental entre las fases pre y pos tratamiento: De nuevo se detectan diferencias significativas (significación inferior a 0,001). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias es (2,586;

5,106); lo que nos lleva a concluir con una disminución en el valor, en media, de la variable asociada al cuestionario.

- Comparación entre el grupo experimental y control en la fase pos tratamiento: Se observan también diferencias significativas (significación inferior a 0,001). El intervalo de confianza para la diferencia de medias es (-7,861; -3,677); esto es, la variable asociada al cuestionario baja su valor, en media, en el grupo experimental.

Como conclusión del análisis anterior, podemos indicar que hay un efecto beneficioso en la variable calidad del sueño, asociada al cuestionario de Pittsburg, debido al tratamiento combinado de ejercicio físico terapéutico y entrenamiento vibratorio.

4.2.3.5.- Variable asociada al cuestionario CACV (síntomas)

Las comparaciones del comportamiento de los grupos control y experimental en las fases pre y pos tratamiento de la variable asociada al cuestionario CACV (síntomas) se recogen en la tabla 4.28.

Tabla 4.28. Resultados de la variable asociada al cuestionario CACV (síntomas).

VARIABLE: CUESTIONARIO CACV (SÍNTOMAS)						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,204	,102	-1,726	,097	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,708	,105	7,896	,000	-	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,102	,105	-4,306	,000	-	-	HAY DIFERENCIA

Analizamos los resultados obtenidos en las siguientes comparaciones:

- Comparación en el grupo control, en las fases pre y pos tratamiento: El test basado en el estadístico t de Student para muestras apareadas no detecta diferencias significativas entre ambos grupos. Sin embargo, basándonos en la imagen que se obtiene en el gráfico Box-Whisker que se acompaña (figura 4.24.), queremos significar que posiblemente esta comparación esté algo influida por los datos anómalos encontrados entre los valores altos en la fase pre tratamiento y los valores bajos observados en la fase pos tratamiento. Aunque la eliminación de estos no es un proceso acompañado de rigor, queremos hacer el ejercicio de obviarlos, intuyendo entonces un posible comportamiento al alza de la variable en la fase pos tratamiento.
- Comparación en el grupo experimental, en las fases pre y pos tratamiento: El resultado de la prueba nos indica que existen diferencias significativas en el comportamiento medio de la variable en ambas fases (significación inferior a 0,001). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias es (1,564; 7,896), lo que nos permite inferir una bajada en el valor medio de la variable en la fase pos tratamiento (véase también el gráfico de cajas para el grupo experimental) (figura 4.24.).
- Comparación entre el grupo experimental y control en la fase pos tratamiento: Existen diferencias significativas entre ambos grupos (significación inferior a 0,001). El intervalo de confianza al 95% para la diferencia de medias es (-3,723; -1,354), que nos indica una bajada en media del valor de la variable en el grupo experimental.

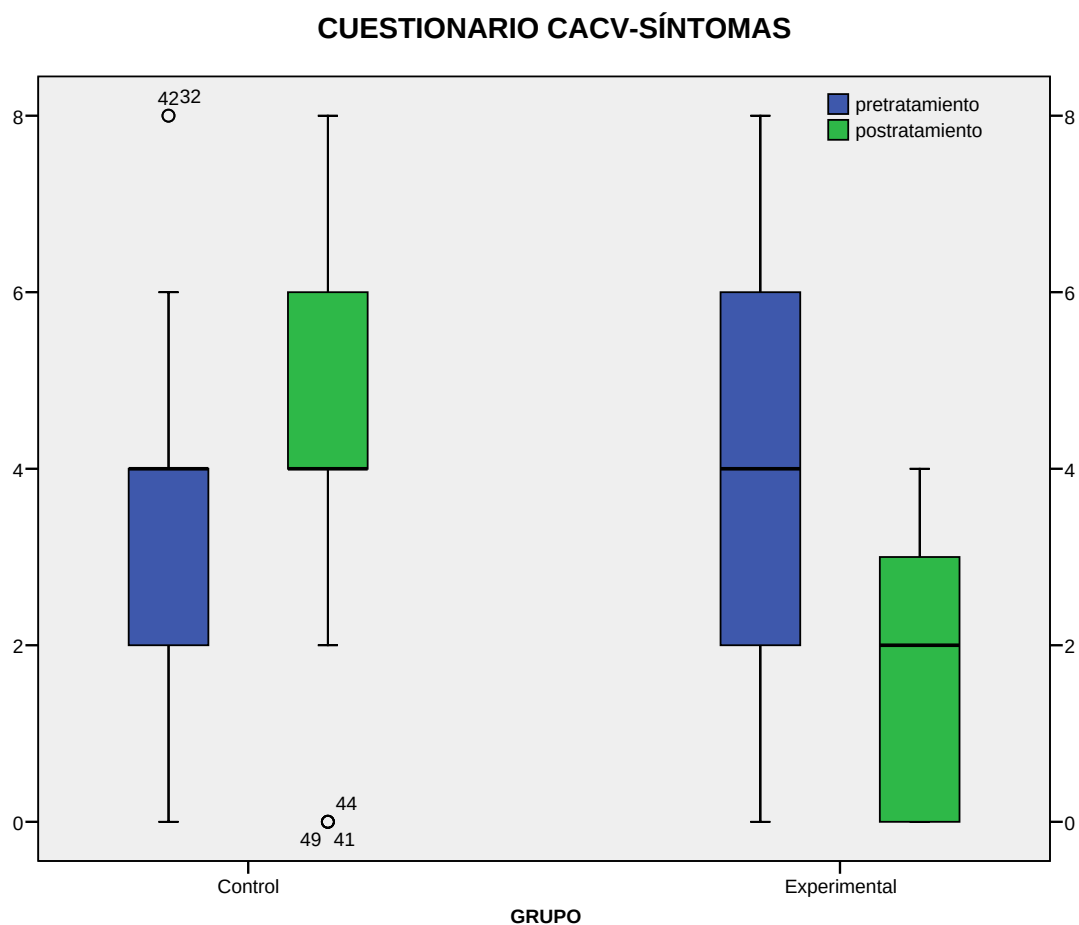


Figura 4.24. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario CACV (síntomas).

Como conclusión a los análisis realizados, indiquemos que el tratamiento produce efecto en la variable incontinencia urinaria, asociada al cuestionario CACV (síntomas), bajando el valor de la misma.

4.2.3.6.- Variable asociada al cuestionario CACV (molestias)

La tabla 4.29. resume el resultado de las distintas pruebas aplicadas a la comparación del comportamiento de la variable asociada al cuestionario CACV (molestias).

Como conclusión a los análisis realizados, indiquemos que el tratamiento produce efecto en la variable incontinencia urinaria, asociada al cuestionario CACV (síntomas), bajando el valor de la misma.

Tabla 4.29. Resultados de la variable asociada al cuestionario CACV (molestias).

VARIABLE: CUESTIONARIO CACV (MOLESTIAS)						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,312	,017	-	-	,145	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,243	,003	-	-	,000	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,017	,003	-	-	,000	,000	HAY DIFERENCIA

La falta de normalidad en alguno de los grupos de comparación nos ha llevado a usar, en cada uno de los casos, técnicas de comparación alternativas a la clásica *t* de Student. En el caso de muestras apareadas, se ha hecho uso de la prueba no paramétrica de Wilcoxon, y en el caso de muestras independientes, hacemos uso de la prueba de Mann-Whitney complementada con la de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras.

En el grupo control, al comparar las fases pre y pos tratamiento, obtenemos un *p*-valor asociado de 0,145; que no nos permite concluir con la existencia de diferencias entre las fases.

En el grupo experimental, para las fases pre y pos tratamiento, obtenemos un *p*-valor inferior a 0,001; lo que nos lleva a concluir con la existencia de diferencias significativas entre ambos grupos. En el análisis de los signos de los rangos obtenidos, nos encontramos con 23 rangos positivos (los tres restantes son cero); lo que nos permite afirmar que el efecto del tratamiento ha causado una bajada en los valores de la variable en la fase pos tratamiento.

Por último, para la comparación en la fase pos tratamiento del grupo experimental y control, de nuevo encontramos que existen diferencias significativas (p -valor inferior a 0,001), confirmadas tanto con la prueba de Mann-Whitney como por la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras. La prueba de Mann-Whitney se basa en un rango medio en el grupo experimental de 17,73; frente a un rango medio en el grupo control de 35,27. Estos datos nos llevan a concluir con el hecho de que en el grupo experimental se observan valores menores que en el grupo control.

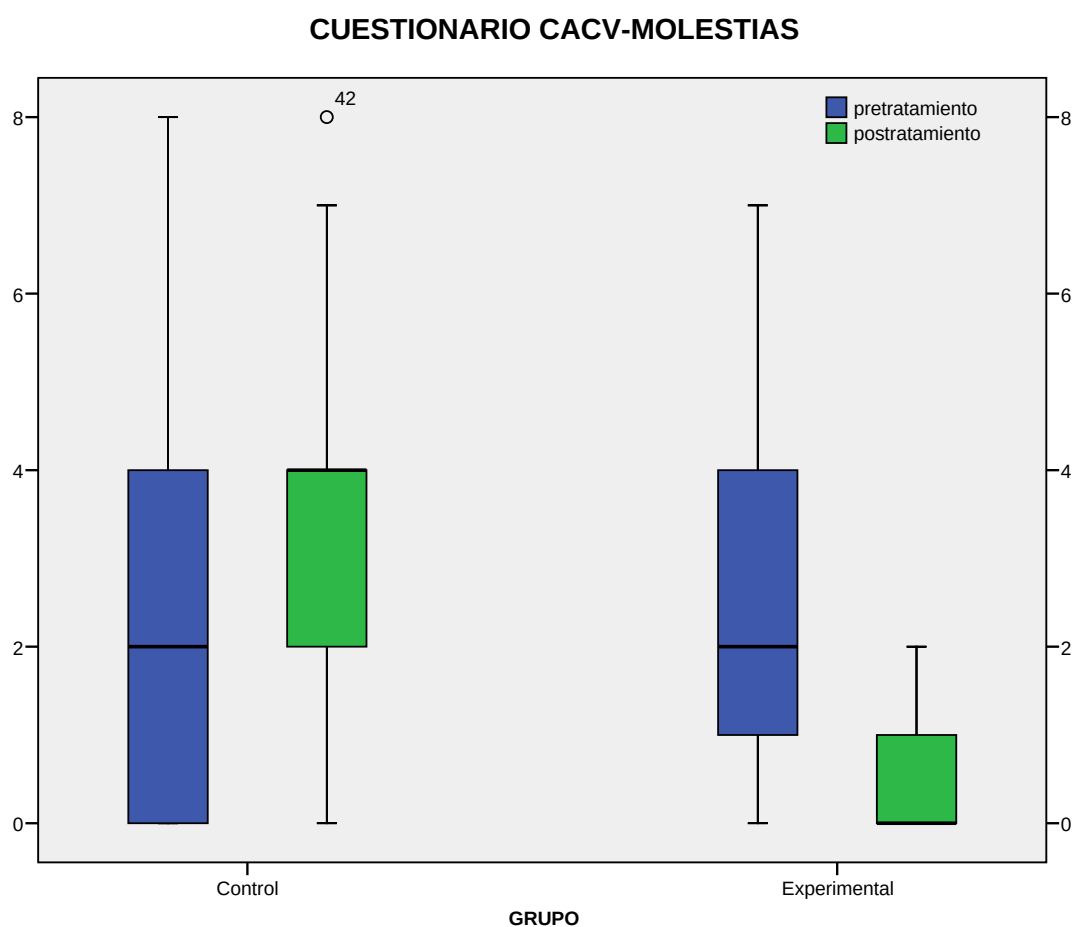


Figura 4.25. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario CACV (molestias).

El gráfico que acompaña a este análisis (figura 4.25.) es realmente ilustrativo de la situación descrita en los apartados anteriores. Es especialmente significativa la caja asociada al grupo experimental, en la fase

pos tratamiento, que resume los valores observados de la variable en el rango que va de 0 a 2, posicionando a la mediana para este grupo en el valor 0.

4.2.3.7.- Variable asociada al cuestionario ICIQ-SF

Ante la ausencia de normalidad en alguno de los grupos sometidos a comparación, se aplican distintas técnicas cuyos resultados son resumidos en la tabla 4.30.

Tabla 4.30. Resultados de la variable asociada al cuestionario ICIQ-SF.

VARIABLE: CUESTIONARIO ICIQ-SF						
1.- Análisis GRUPO CONTROL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,099	,614	0,588	,562	-	NO HAY DIFERENCIA	
2.- Análisis GRUPO EXPERIMENTAL pre y pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		Wilcoxon (Sig.)	Conclusión	
Pre	Pos	Estad.	Sig.			
,053	,001	-	-	,005	HAY DIFERENCIA	
3.- Análisis GRUPO CONTROL Y EXPERIMENTAL pos tratamiento						
Normalidad (Sig.)		t		M-W (Sig.)	K-S (Sig.)	Conclusión
Contr	Exper	Estad.	Sig.			
,614	,001	-	-	,006	,089	HAY DIFERENCIA

Explicamos los resultados de cada una de las comparaciones sometidas a análisis:

- En el grupo control, en las fases pre y pos tratamiento, la prueba basada en el estadístico t para muestras apareadas nos permite concluir que no se perciben diferencias significativas (véase también el gráfico Box-Whisker de la figura 4.26).
- Para el grupo experimental, en las fases pre y pos tratamiento, ante la ausencia de normalidad, optamos por la prueba no paramétrica de los rangos signados de Wilcoxon, que indica la existencia de diferencia significativa entre sus fases (significación de 0,005). En el conteo de los

signos de los rangos, observamos que hay 10 rangos positivos y 0 rangos negativos; en el resto de observaciones coinciden los rangos, lo que nos permite concluir que hay una bajada de la variable en la fase pos tratamiento. Es especialmente significativo el hecho de que la mediana en la fase pos tratamiento se sitúa en el valor 0; esto es, el 50% de las mujeres observadas asignan a la variable un valor cero (frente a la fase pre tratamiento en el que la mediana estaba en 4). Véase el gráfico Box-Whisker (figura 4.26).

- En la comparación del grupo experimental y control, en la fase pos tratamiento, encontramos ausencia de normalidad en uno de los grupos; por lo que optamos por aplicar la prueba no paramétrica de Mann-Whitney que nos permite concluir que hay diferencia significativa entre ambos grupos (p-valor de 0,006). Sin embargo, al complementar esta prueba con la de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, nos encontramos ante una situación de conflicto. Así, el p-valor asociado a esta prueba es de 0,089; lo que nos hace dudar de la posible diferencia entre los grupos comparados (un p-valor ni claramente pequeño ni claramente grande). Aunque este resultado nos llevaría a concluir con un comportamiento, en general, parecido entre el grupo control y experimental, no podemos abstraernos de la prueba ya aplicada (Mann-Whitney) ni de la representación gráfica aportada en el gráfico de cajas; y todo ello complementado con el comportamiento de la mediana en un grupo y otro. Estas razones nos hacen apreciar diferencias entre los grupos experimental y control en la fase pos tratamiento.

Volviendo a la prueba de Mann-Whitney aplicada en este apartado, indiquemos que el rango medio obtenido en el grupo experimental es de 21,04; mientras que el rango medio para el grupo control es de 31,96; por lo que podemos concluir que la diferencia enunciada entre el grupo experimental y control, en la fase pos tratamiento, es debida a una bajada en los valores de la variable en el grupo experimental.

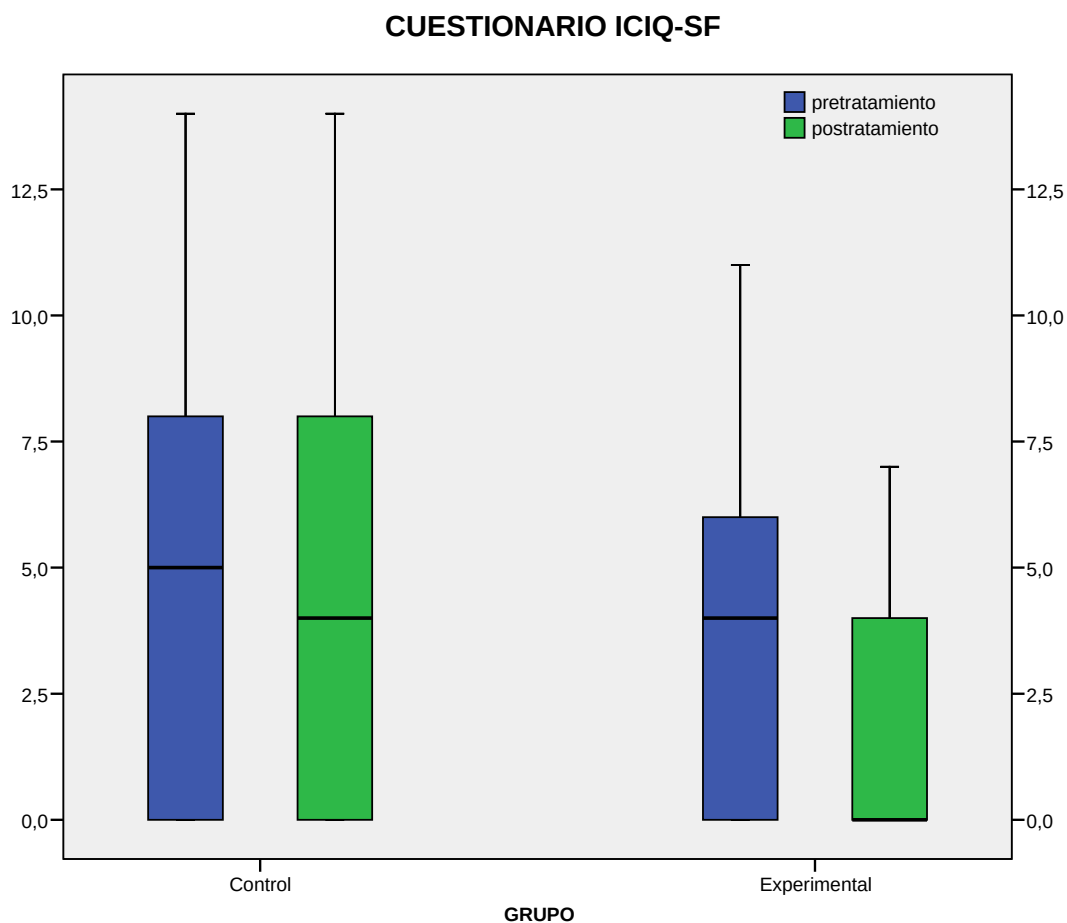


Figura 4.26. Gráfico de Box-Whisker de la variable asociada al cuestionario ICIQ-SF.

4.2.3.8. Resumen de los resultados de todas las variables analizadas

En la tabla 4.31 se presenta un resumen con los resultados obtenidos en esta investigación, al objeto de poder aportar una visión global de la misma. Para hacerla más comprensible hemos empleado palabras y símbolos que identifican la tendencia de los resultados. En las siguientes líneas se expone el significado asociado a cada palabra y símbolo.

SÍ: Hay diferencia entre los niveles de agrupación.

no: No hay diferencia entre los niveles de agrupación.

sí ? : Aunque no podemos garantizar diferencias entre los niveles de agrupación, podemos “intuir” cierto cambio de comportamiento en el caso en que se produjera una posible variación en el tratamiento (intensidad o duración).

↑ : Sentido del cambio de menor a mayor.

↓ : Sentido del cambio de mayor a menor.

↑ ? : Sentido del “cambio intuitivo” de menor a mayor.

↓ ? : Sentido del “cambio intuitivo” de mayor a menor.

Tabla 4.31. Resumen de los resultados de la investigación.

VARIABLE	DIFERENCIAS PERCIBIDAS			SENTIDO DE LA DIFERENCIA			OBSERVACIONES
	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	
Peso	sí ?	sí ?	no	↓ ?	↓ ?		En ambos grupos (control y experimental) se puede intuir una tendencia a la baja en la fase pos tratamiento, que quizá se viera corroborada aumentando el tiempo o la intensidad dedicada al tratamiento
Índice de Masa Corporal	no	SÍ	no		↓		Se observa un comportamiento anómalo en un número grande de mujeres en el grupo control, fase pos tratamiento. Observaciones más concentradas en el grupo experimental
Masa Muscular	no	no	no				----
Nivel de Grasa Visceral	no	no	no				El grupo experimental presenta una pequeña suavización en el comportamiento de la variable
Masa Grasa	SÍ	no	no	↓			El grupo control presenta un número significativo de observaciones anómalas que pueden desvirtuar la representación de la media pos tratamiento y justificar la diferencia observada
Masa Libre de Grasa	no	no	no				----
Masa Ósea en Kg	no	no	no				----

VARIABLE	DIFERENCIAS PERCIBIDAS			SENTIDO DE LA DIFERENCIA			OBSERVACIONES
	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	
Agua Corporal en Kg	no	no	no				----
Agua Corporal en %	SÍ	no	no	↑			El aumento de valores atípicos en el grupo control puede ocasionar un aumento de la media de la variable que justifique la diferencia percibida en el grupo control
Presión Arterial Sistólica	no	SÍ	no		↓		En el grupo experimental baja significativamente el primer cuartil situando el 50% de las observaciones en un rango con un límite inferior más bajo que el observado antes del tratamiento
Presión Arterial Diastólica	no	no	SÍ			↓	La mediana del grupo experimental baja sustancialmente (de 80 a 70). Esta diferencia puede marcar una tendencia a tener en cuenta en posibles réplicas del experimento con una redefinición del tratamiento o del tiempo en que este se ha aplicado
Perímetro del Tobillo	SÍ	SÍ	SÍ	↑	↓	↓	Valor menor de la variable en el grupo experimental frente al control en la fase pos tratamiento
Chair Stand Test	no	sí ?	sí ?		↑ ?	↑ ?	Las observaciones anómalas del grupo experimental en la fase pos tratamiento podrían ocultar el comportamiento de la media del grupo en comparación con el control. Podemos intuir cierto efecto del tratamiento en el grupo experimental al decrecer el recorrido intercuartílico y aumentar sensiblemente la mediana

VARIABLE	DIFERENCIAS PERCIBIDAS			SENTIDO DE LA DIFERENCIA			OBSERVACIONES
	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	
Fuerza Máxima Isométrica de Prensión Manual (Mano Derecha)	SÍ	no	no	↓			----
Fuerza Máxima Isométrica de Prensión Manual (Mano Izquierda)	SÍ	no	no	↓			----
CHAIR-SIT and REACH TEST	no	SÍ	SÍ		↑	↑	Efecto significativo en la flexibilidad del grupo experimental
FOOT UP-and-GO TEST	SÍ	SÍ	SÍ	↑	↓	↓	El grupo experimental consume menos tiempo en la realización del test
Equilibrio Estático Monopodal con Visión (Pie Derecho)	no	no	sí ?			↑ ?	Podemos intuir cierto aumento del tiempo de equilibrio en el grupo experimental tras el tratamiento por un aumento de la variable en la mediana y en el primer cuartil
Equilibrio Estático Monopodal con Visión (Pie Izquierdo)	SÍ	sí ?	SÍ	↓	↑ ?	↑	El grupo experimental muestra cierta diferencia que nos permite intuir un aumento en la variable. El conjunto de valores atípicos grandes en la fase pre tratamiento puede hacer que no se aprecie la diferencia
Dolor	sí ?	SÍ	SÍ	↓ ?	↓	↓	La existencia de varias observaciones atípicas en la fase pre tratamiento del grupo control puede influir en el resultado no significativo de este grupo. El gráfico nos permite intuir cierto comportamiento a la baja. Evidente tendencia a la baja en el

VARIABLE	DIFERENCIAS PERCIBIDAS			SENTIDO DE LA DIFERENCIA			OBSERVACIONES
	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	CONTROL Pre-Pos	EXPERIM Pre-Pos	CONT-EXPER (Pos tratam)	
							grupo experimental
Calidad de Vida Relacionada con la Salud (Sf-12 Mental)	SÍ	sí ?	SÍ	↓	↑ ?	↑	Podríamos intuir cierto comportamiento distinto y al alza de la variable en la fase pos tratamiento del grupo experimental. El efecto producido por el tratamiento aplicado al grupo experimental es beneficioso
Calidad de Vida Relacionada con la Salud (Sf-12 Físico)	SÍ	sí ?	SÍ	↓	↑ ?	↑	La existencia de valores atípicos de la variable en el grupo experimental, en la fase pos tratamiento, puede falsear en cierta medida la prueba aplicada. Existe un comportamiento al alza de la variable tras el tratamiento en el grupo experimental
Calidad del Sueño (Índice de Pittsburg)	SÍ	SÍ	SÍ	↑	↓	↓	Hay un efecto beneficioso en la variable debido al tratamiento combinado de ejercicios y máquina vibratoria
Incontinencia Urinaria (Cuestionario de Control de Vejiga CACV Síntomas)	sí ?	SÍ	SÍ	↑ ?	↓	↓	Al eliminar los datos anómalos encontrados en el grupo control entre las fases pre y pos podemos intuir un posible comportamiento al alza en la fase pos tratamiento. El tratamiento produce un efecto a la baja en el grupo experimental
Incontinencia Urinaria (Cuestionario de Control de Vejiga CACV Molestias)	no	SÍ	SÍ		↓	↓	Los valores observados de la variable en el grupo experimental, en la fase pos tratamiento, posicionan a la mediana en el valor 0
Calidad de Vida Relacionada con la Incontinencia Urinaria (ICIQ-SF)	no	SÍ	SÍ		↓	↓	La mediana del grupo experimental se sitúa en el valor 0 en la fase pos tratamiento frente a un valor 4 en la fase pre tratamiento

Capítulo 5: Discusión

5.- Discusión

En este capítulo se contrastan los resultados presentados en el capítulo 4 con los obtenidos por otros autores que han realizado estudios con unos objetivos similares a los de la presente Tesis. Esta comparativa se establece con la literatura científica de mayor relevancia y actualidad sobre evidencias del entrenamiento vibratorio.

5.1.- Diseño de la investigación

El diseño de nuestra investigación se aproxima al de otros autores, que comparan grupos activos de ejercicio físico convencional, basado en el entrenamiento aeróbico, de fuerza y/o de equilibrio, y el entrenamiento vibratorio.

Kennis *et al.* (2013) evaluaron los efectos de WBV en sus grupos de intervención: uno realizó ejercicios aeróbicos y de fuerza, y el otro grupo entrenamiento vibratorio. Por su parte, Roelants *et al.* (2004), al igual que Rees *et al.* (2007; 2008) compararon dos grupos, uno de entrenamiento vibratorio y otro de entrenamiento de fuerza clásico. Del mismo modo, Raimundo *et al.* (2009) contrastaron los resultados del entrenamiento vibratorio respecto a otro grupo que realizó el ejercicio de caminar. La similitud del estudio de Von Stengel *et al.* (2011) con el nuestro se basa, tanto en la metodología grupal del ejercicio realizado por los mayores, como en la complementación que hicieron del mismo con entrenamiento vibratorio.

El ensayo clínico de Bogaerts *et al.* (2007) con adultos mayores institucionalizados tiene relación con nuestro estudio en lo referente al grupo de *fitness*, el cual realizó ejercicios siguiendo la guía de la *American College of Sports Medicine* para la prescripción de ejercicio en personas mayores en cuanto a intensidad del programa, al igual que nuestro protocolo de actuación. Asimismo, un estudio examinó el efecto de un programa de ejercicios de resistencia, bien con WBV adicional, o bien con entrenamiento del equilibrio

(Stolzenberg *et al.*, 2013). La investigación de Kawanabe *et al.* (2007) se asemeja más a la nuestra, ya que establecen sus grupos de caminar adicionando al segundo el entrenamiento vibratorio, sin establecer un grupo de sedentarios.

5.2.- Características de la muestra

Hay que señalar que en la mayoría de estudios con WBV y adultos mayores predomina el sexo femenino en la muestra o este se realiza exclusivamente con féminas (Bogaerts *et al.*, 2011; Costa Amaral *et al.*, 2014; Fjeldstad *et al.*, 2009; Iwamoto *et al.*, 2004; Machado *et al.*, 2010; Raimundo *et al.*, 2009; Roelants *et al.*, 2004; Russo *et al.*, 2003; Verschueren *et al.*, 2004; Verschueren *et al.*, 2011; Von Stengel *et al.*, 2012; Wanderley *et al.*, 2011). Esta tendencia de género puede ser debida al creciente estudio sobre las supuestas propiedades osteogénicas de WBV en la prevención de la osteoporosis, así como por el mayor porcentaje de mujeres que llegan a edades avanzadas. Se decidió que nuestros grupos de experimentación estuvieran constituidos solo por mujeres, que eran físicamente activas, debido al alto grado de interés, participación y adhesión a las intervenciones que mostraron en el transcurso de la investigación. La ausencia de patologías limitantes y su grado de actividad pueden ser los motivos por los que no se ha apreciado gran mejora en la condición física del grupo experimental respecto al grupo control. Estudios con personas mayores desentrenadas (Osawa & Oguma, 2011), con osteoartritis de rodilla (Simao *et al.*, 2012; Trans *et al.*, 2009) y con patologías crónicas como EPOC (Furness, Bate, Welsh, Naughton & Lorenzen, 2012; Furness, Joseph, Welsh, Naughton & Lorenzen, 2013; Pleguezuelos *et al.*, 2013), Parkinson (Haas, Turbanski, Kessler & Schmidtleicher, 2006; Lau, Teo, Yu, Chung & Pang, 2011; Turbanski, Haas, Schmidtleicher, Friedrich & Duisberg, 2005), enfermedad cerebrovascular (Nagino *et al.*, 2013), fibromialgia (De Hoyo *et al.*, 2013; De Souza *et al.*, 2012; Gusi, Parraca, Olivares, Leal & Adsuar, 2010; Olivares, Gusi, Parraca, Adsuar, Del Pozo-Cruz, 2011; Sañudo, Carrasco, De Hoyo, Oliva & Rodríguez, 2013), esclerosis múltiple (Mason, Cochrane, Denny, Firth & Stannard, 2012) o

enfermedades degenerativas (Sitjá Rabert *et al.*, 2012); encontraron mayores beneficios con WBV que aquellos en los que la muestra era activa e independiente en sus actividades de la vida diaria.

Respecto a la edad, nuestro estudio incluye mujeres de 65 a 80 años, en similitud al de Iwamoto *et al.* (2004), Kawanabe *et al.* (2007) o Machado *et al.* (2010). En cambio, algunos autores eligieron muestras de mayor edad (Bogaerts *et al.*, 2011; Verschueren *et al.*, 2011), las cuales podrían presentar más limitaciones hacia la práctica de ejercicio. Los estudios con adultos mayores frágiles y WBV han demostrado mejores resultados en la condición física de este colectivo, dado el estado inicial de deterioro en su capacidad funcional. Luo *et al.* (2005) observaron que los efectos crónicos solo se encuentran en los estudios con población no entrenada. Rehn *et al.* (2007) concluyeron que existe de alta a moderada evidencia de los efectos positivos del entrenamiento vibratorio a largo plazo sobre el rendimiento muscular en personas no entrenadas y mujeres mayores. Diversos autores señalan que las personas no entrenadas podrían beneficiarse en mayor medida de los efectos a largo plazo que las personas entrenadas (Torvinen *et al.*, 2002).

5.3.- Aplicabilidad y cumplimiento del entrenamiento

Un efecto positivo de la intervención realizada es la aplicabilidad y cumplimiento de ambos programas de entrenamiento. El 100% de las participantes del grupo WBV asistió a las sesiones programadas y solo 4 mujeres del programa de ejercicio físico terapéutico no pudieron finalizarlo por motivos personales o su pérdida inesperada fue por viajes de termalismo social (que en esas fechas son muy frecuentes para dicho colectivo). Por lo tanto, el ejercicio vibratorio fue seguido a largo plazo más que el ejercicio físico terapéutico, a pesar de que este último también tuvo un soporte social (las participantes realizaban el programa de ejercicios en grupo). No obstante, el grupo de WBV realizaba las sesiones de vibración en grupos de 3 personas, ya que disponíamos de 3 máquinas vibratorias en la misma sala; e intercambiaban opiniones con los fisioterapeutas durante la ejecución de los ejercicios en la

plataforma vibratoria, lo cual fomentó el intercambio de experiencias del mismo modo que el ejercicio grupal.

El reducido tiempo necesario en cada sesión de entrenamiento vibratorio (cerca de 20 minutos comparado con los usuales 60 minutos que se emplean en una sesión de ejercicio convencional), aliado al hecho de que las participantes podían hacer sus sesiones a lo largo de la mañana, si algún problema les surgía (aunque se estableció un orden de horario para que no sufrieran esperas innecesarias), probablemente permitió estos resultados de cumplimiento del programa con WBV.

5.4.- Efectos adversos

Otro de los principales hallazgos de nuestra investigación fue la inexistencia de caídas ni lesiones al aplicar el programa de entrenamiento vibratorio. Una participante de este grupo refirió dolor lumbar durante el estudio. Tras entrevista clínica y exploración física, consensuamos su causa debida a otras actividades sociales que la mujer realizó con el uso de tacones altos. De Ruitter *et al.* (2003), en su intervención de 11 semanas, con una frecuencia de vibración de 30 Hz en jóvenes, tuvo un abandono por presentar dolor en la columna asociado al entrenamiento vibratorio. En otro estudio realizado con mujeres posmenopáusicas, también se produjo una baja por lesión en la rodilla (asociada a la intervención), al aplicar un programa de ejercicio vibratorio con 28 Hz durante 6 meses (Russo *et al.*, 2003).

Posteriormente a cada sesión de WBV, se preguntó a cada participante de su experiencia en la ejecución de los ejercicios en la plataforma. Todas coincidieron en que sentían un cansancio agradable, nada molesto y nunca un esfuerzo por encima del umbral soportable. En cambio, el grupo de ejercicio físico terapéutico presentó algunas molestias debido al mismo, cuando se incrementaban las cargas de trabajo o realizaban ejercicios específicos para un grupo muscular. Asimismo, dos de las participantes de este grupo, informaron de caídas durante el transcurso de la intervención. Aunque la frecuencia de

caídas no ha sido incluida dentro de las variables de nuestro estudio, y sí ha formado parte de numerosas investigaciones con mayores (Bautmans *et al.*, 2005; Bogaerts *et al.*, 2007; Bogaerts *et al.*, 2011; Bruyere *et al.*, 2005; Buchner *et al.*, 1997; Cheung *et al.*, 2007; Furness & Maschette, 2009; Lam *et al.*, 2012; Miyamoto *et al.*, 2003; Rees *et al.*, 2009; Verschueren *et al.*, 2004; Von Stengel *et al.*, 2011; Wolfson *et al.*, 1996), resulta interesante informar de las mismas.

Debemos señalar que, a pesar de la variabilidad de protocolos empleados en los diferentes estudios con WBV, lo que todos refieren, como nosotros, es que resulta un método que no produce efectos adversos ni problemas de salud en las personas de edad.

5.5.- Control y seguimiento de la ejecución del programa

Diversos autores sugieren que los grupos intervenidos con ejercicio físico, que tienen como característica común la supervisión completa del programa, obtienen resultados más favorables. Además, en estos casos, los resultados positivos se mantienen a corto y largo plazo. En el presente estudio no se ha realizado un seguimiento a largo plazo tras la intervención, pero sí se puede constatar un alto nivel de adherencia terapéutica (con solo abandonos en el grupo control), que entendemos se debe al seguimiento exhaustivo en ambos grupos experimental y control. Las investigaciones con WBV que reportan un control y seguimiento en sus programas, fueron realizadas con personas afectas de patologías, en que se requería ese tipo de seguimiento (Furness *et al.*, 2012; Furness *et al.*, 2013; Gloeckl *et al.*, 2012; Pleguezuelos *et al.*, 2013).

En consonancia con Mikhael, Orr, Amsen, Greene y Singh (2010), existe mayor magnitud del efecto de la intervención con un control y seguimiento completo, debido a la posibilidad del terapeuta de ajustarse a los progresos individuales dentro del programa. Es posible que en el presente estudio, aunque las cargas de trabajo se programaron al inicio de la intervención, la

supervisión haya permitido verificar la intensidad estimada en las pruebas iniciales.

5.6.- Adherencia al programa

Los resultados coinciden con otros autores, que sugieren que la supervisión juega un papel fundamental en la adherencia al ejercicio físico (*American College of Sports Medicine [ACSM]*, 2010). Numerosos autores de ensayos de alta calidad, señalan como una clave del éxito clínico de los programas, la adherencia inducida por la supervisión directa y especializada (Guiu *et al.*, 1998; Mancera, Ramos & García-Vega, 2008; Rivas-Estany, 2011). Cuando el grupo experimental y el grupo control tienen completa supervisión y adherencia, ambos grupos presentan mejoras significativas comparadas desde el punto de partida. Por tanto, en nuestro estudio la supervisión y la adherencia puede que jueguen un papel muy importante en el aumento del efecto del tratamiento.

Los programas de entrenamiento vibratorio que realizaron supervisión consiguieron mejores resultados y satisfacción con el tratamiento (Mikhael *et al.*, 2010). En el presente estudio el evaluador, durante la entrevista clínica, informó de la necesidad de adherencia al programa, comprometiéndose las mujeres a realizarlo con el fin de poder alcanzar mejores resultados y conseguir una mayor calidad de vida.

5.7.- Duración de la intervención

Por lo general, los estudios con WBV que emplearon más tiempo de experimentación consiguieron mejores resultados que aquellos con menor tiempo y frecuencia de intervención. La duración media de los estudios varía entre 6 y 52 semanas. Esta parece ser una variable importante a considerar en el diseño de programas con entrenamiento vibratorio, pudiendo condicionar en gran medida los resultados alcanzados. Nosotros dedicamos 12 semanas de intervención en los grupos, tanto experimental como control. A nuestro juicio, la

prolongación del período de tratamiento podría dar lugar a la aparición de factores de confusión tales como cambios en el uso de medicamentos, inestabilidad por comorbilidad, abandonos, etc. Sin embargo, no es excluyente de la obviedad de que un mayor rendimiento muscular se podría haber obtenido después de un programa más largo o más intensivo con WBV.

Así, podemos intuir que el tiempo aplicado en nuestro estudio es suficiente para obtener diferencias significativas en algunas variables y para mantener el nivel en otras, pero sería recomendable incrementarlo en su duración global. De esta manera conseguiremos adaptaciones a largo plazo que conllevarán unos mejores resultados. En las variables que no se han conseguido diferencias significativas, una de las razones la podemos encontrar en que la duración del tratamiento experimental puede que no haya sido suficiente para alcanzar los objetivos previstos, debido a que estas variables analizadas requieren diferentes duraciones en la aplicación del entrenamiento, sobre todo en personas mayores, cuyas adaptaciones se producen de modo más pausado al requerido en adultos jóvenes y en deportistas. A pesar de estas consideraciones, se puede constatar que aunque no ha existido una mejora en alguna de las capacidades, es importante resaltar que el hecho de mantener unos niveles adecuados puede ser un objetivo, a la vez que un logro.

Cabe señalar que los estudios longitudinales sobre los efectos del entrenamiento mediante vibraciones mecánicas en el rendimiento físico, especialmente en personas mayores activas, son dificultosos. Lo que podría explicarse debido al mayor esfuerzo que implica el seguimiento del entrenamiento diario en una población tan heterogénea, y además, de forma controlada.

5.8.- Protocolo de entrenamiento vibratorio

El protocolo diseñado para nuestra investigación, por medio de vibraciones verticales, coincide con numerosos autores que emplean esta modalidad de vibración (Bogaerts *et al.*, 2007; Bogaerts *et al.*, 2011; Fjeldstad

et al., 2009; Gómez Cabello *et al.*, 2013; Machado *et al.*, 2010; Roelants *et al.*, 2004; Rubin *et al.*, 2004; Verschueren *et al.*, 2004; Verschueren *et al.*, 2011; Von Stengel *et al.*, 2012). La frecuencia fue de 30 Hz, acorde a los estudios de Cardinale *et al.* (2010), Bautmans *et al.* (2005), Bogaerts *et al.* (2007), Lai *et al.* (2013), Roelants *et al.* (2004) y Rubin *et al.* (2004). Algunos autores refieren que más bajas frecuencias del ejercicio vibratorio pueden provocar algunos daños en los sujetos (Goel *et al.*, 1994), aunque otros investigadores se decantan por las frecuencias bajas, como las más adecuadas para la mejora de la densidad mineral ósea y del control postural (Schuhfried *et al.*, 2005). Según Kawanabe *et al.* (2007), bajas magnitudes y moderadas frecuencias son óptimas en personas mayores.

La amplitud de la vibración se encuentra dentro del rango que emplearon los trabajos de Bautmans *et al.* (2005), Bogaerts *et al.* (2007), Cheung *et al.* (2007), Costa Amaral *et al.* (2014) e Iwamoto *et al.* (2004). Hay que resaltar que la misma se encontró fijada en 2,5 mm y no pudo modificarse en nuestro caso, debido a que las plataformas vibratorias de las cuales dispusimos no permiten esa posibilidad. Algunos autores consideran importante la variación de dicha amplitud para conseguir mayores respuestas como base de los principios de un entrenamiento progresivo y óptimo (Bautmans *et al.*, 2005; Bogaerts *et al.*, 2007; Cheung *et al.*, 2007; Costa Amaral *et al.*, 2014; Iwamoto *et al.*, 2004). Otros, en cambio, consideran que dicha amplitud no tiene un papel importante (Rogan *et al.*, 2011).

Respecto a la elección de ejercicios dinámicos, frente a posiciones estáticas durante la vibración sobre la plataforma (Avelar *et al.*, 2011; Bruyere *et al.*, 2005; Cheung *et al.*, 2007; Costa Amaral *et al.*, 2014; Furness & Maschette, 2009; Gómez-Cabello *et al.*, 2013; Iwamoto *et al.*, 2004; Kawanabe *et al.*, 2007; Lai *et al.*, 2013; Mikhael *et al.*, 2010; Pleguezuelos *et al.*, 2013; Raimundo *et al.*, 2009; Simão *et al.*, 2012); optamos por los ejercicios, ya que consideramos que serían una carga de entrenamiento adecuado, dado que otros parámetros no fueron modificados durante el mismo. Numerosos estudios bien documentados realizaron ejercicios dinámicos durante WBV, sin encontrar

efectos adversos. La especificidad de estos ejercicios concretos, que se detallan en el capítulo referente a la metodología de la investigación, fueron diseñados para obtener un fortalecimiento adicional del tren inferior en el grupo experimental, acorde con los estudios de Bautmans *et al.* (2005), Beck & Norling (2010), Bogaerts *et al.* (2007), Bogaerts *et al.* (2011), Carlucci *et al.* (2010), Gloeckl *et al.* (2012), Johnson *et al.* (2010) y Rees *et al.* (2007; 2008). Otros combinaron ambas modalidades de ejercicio en sus investigaciones (Kennis *et al.*, 2013; Verschueren *et al.*, 2004).

Tanto el número de ejercicios como la duración del estímulo y del reposo, entre cada uno de ellos, forma parte de la protocolarización que aportamos en un diseño novedoso, basado en el reporte de la literatura científica sobre ensayos clínicos previos, de los cuales nos nutrimos y, a riesgo de equivocarnos, resultó nuestra propuesta de intervención basada en los 5 ejercicios realizados con una duración de 60 segundos y 30 segundos de descanso entre los mismos. Otros autores, por lo general, se decantaron por entre 3 y 10 series de 30 a 60 segundos, con otros 30 a 60 segundos de descanso entre cada ejercicio (Avelar *et al.*, 2011; Bogaerts *et al.*, 2007; Bogaerts *et al.*, 2011; Gómez-Cabello *et al.*, 2013; Raimundo *et al.*, 2009; Rees *et al.*, 2008; Roelants *et al.*, 2004). En cambio otros se basaron en 3 series de 2 minutos de ejercicio seguidos de un minuto de recuperación (Runge *et al.*, 2000; Russo *et al.*, 2003). Hay que señalar que la postura estática con WBV se emplea más comúnmente en estudios que persiguen investigar las propiedades osteogénicas de la vibración.

El empleo de calzado deportivo está en consonancia con diversos estudios que opinan que el efecto del factor calzado y la interacción calzado-frecuencia es negativo. Esto quiere decir que su ausencia provoca que la aceleración medida en el tobillo se incremente, lo cual se explica debido al efecto de amortiguación de dicho calzado. La interacción entre el mismo y la frecuencia se vuelve una variable crítica al aumentar la frecuencia; esto podría deberse a la molestia que se presenta al recibir vibración de alta frecuencia sin el uso de zapatilla. Por tanto, el uso o no de calzado es un factor asociado a la

magnitud de vibración aplicada a los sujetos durante un entrenamiento (Bosco *et al.*, 1999; Torvinen *et al.*, 2002). Los ensayos que optaron por no utilizar calzado buscaban como objetivo la mejora propioceptiva (Mikhael *et al.*, 2005), que no fue objetivo en nuestro estudio, si bien resulta interesante y una opción a considerar en futuros diseños.

Por último, en consonancia con la revisión de Rehn, Lidström, Skoglund y Lindström (2007), nuestros resultados nos permiten sugerir que los efectos positivos del entrenamiento vibratorio disminuyen cuando se comparan con un grupo control que realiza los mismos ejercicios que el grupo experimental, pero sin vibración. Así mismo, la actualidad en investigación sobre WBV indica que cada persona necesita unos parámetros óptimos de estimulación; por tanto, no podemos aplicar el mismo método de entrenamiento en personas entrenadas y no entrenadas; ni tan siquiera el mismo para dos personas con diferente capacidad funcional. Todos los autores coinciden en la necesidad de nuevos estudios a largo plazo para acercarse a los parámetros óptimos de estimulación de cada individuo. Estos parámetros parecen depender de la edad, el sexo, el grupo muscular estimulado, nivel de entrenamiento, la capacidad física a desarrollar y el tipo de ejercicio, entre otros.

5.9.- Hallazgos antropométricos

Cambios en la composición corporal con WBV

Costa Amaral *et al.* (2014) evaluaron los efectos de un programa de WBV, con parámetros y duración semejantes a los nuestros, pero sin la implementación de ejercicios dinámicos sobre la plataforma de vibración. Evaluaron medidas antropométricas, sin cambios entre los grupos en el peso corporal ni en el índice de masa corporal. En nuestro caso, el peso en ambos grupos (control y experimental) presentó tendencia a la baja tras la intervención. Respecto al índice de masa corporal, nuestro análisis nos lleva a afirmar una disminución en el grupo experimental. Sin embargo, la grasa corporal presentó una tendencia a la variación después del período de

entrenamiento en el grupo control, frente al observado por Costa Amaral *et al.* (2014) en su grupo de entrenamiento vibratorio. Los resultados sugieren que WBV podría cambiar la composición corporal en las mujeres mayores, probablemente si se realizara mayor tiempo de intervención, con la consecuente activación del metabolismo en estas edades.

Del mismo modo, investigaciones con adultos mayores han intentado comprobar si un entrenamiento vibratorio de corta duración como el que presentamos produce efectos sobre la masa libre de grasa de este colectivo. Al igual que en el presente estudio, el WBV no produjo ningún cambio sobre la misma en sus grupos de intervención (Gómez-Cabello *et al.*, 2013). Aunque los efectos de programas de WBV a largo y corto plazo en la masa ósea han sido bien reportados en esta población (Gómez-Cabello *et al.*, 2012; Sitja-Rabert *et al.*, 2012), se sabe menos sobre el impacto de dicha intervención específica en la masa libre de grasa.

En lo referente a la masa muscular, el presente estudio no obtuvo datos sobre incremento en ninguno de los grupos. A nuestro conocimiento, los estudios que probaron el impacto de WBV por sí solo y no en combinación con otros tipos de ejercicio (Bogaerts *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2010) mostraron aumentos similares en la masa muscular de las personas mayores, pero semejantes al grupo de ejercicio convencional. Fjeldstad *et al.* (2009) combinaron entrenamiento de la fuerza y WBV en un grupo de mujeres mayores sedentarias, obteniendo un incremento significativo de la masa muscular (principalmente en la columna y en los brazos), pero respecto a un grupo control que no realizó ejercicio. Una de las posibles explicaciones, ante las diferencias encontradas entre otros estudios y el nuestro, podría ser debida a las características basales de los participantes; esto es, la capacidad funcional, autonomía y nivel de dependencia. Otra posible explicación sería por las características de la intervención; es decir, las diferencias en la intensidad, los ejercicios realizados durante la vibración o la duración de la misma, dado que sus intervenciones fueron realizadas entre 9 y 12 meses.

En consonancia con nuestro trabajo, el grupo de investigación GENUD, que invirtió 11 semanas con WBV en adultos mayores, señaló que este periodo no es suficiente para producir cambios significativos en la masa muscular (Gómez Cabello *et al.*, 2013). En cambio, Von Stengel *et al.* (2012), tras 18 meses de intervención, encontraron un aumento de la masa muscular y una disminución de la grasa corporal total. La mayoría de estudios que encontraron hipertrofia significativa escogieron a personas mayores institucionalizadas, las cuales estarían más debilitadas. Sean los resultados significativos o no, el mero hecho de mantener la masa muscular de las participantes puede considerarse un logro y WBV podría ser una opción de ejercicio efectiva en el tratamiento y la prevención de la sarcopenia.

En cuanto a la masa grasa, si bien nuestros resultados apuntan hacia una reducción de la misma en el grupo control (ejercicio terapéutico), Von Stengel *et al.* (2012) obtuvieron disminución de la grasa corporal y abdominal en su muestra de mujeres posmenopáusicas, aunque sin disminución del peso. Fjeldstad *et al.* (2009), con una muestra similar, también consiguieron disminuir la grasa corporal de las mujeres en los 8 meses que duró su estudio. Hay que decir que sus participantes eran sedentarias y con un rango de edad entre 63 y 68 años, frente a nuestro grupo de mayor edad y físicamente activas.

Como en nuestro caso, otras investigaciones no mostraron cambios en las características óseas (Iwamoto *et al.*, 2005; Rubin *et al.*, 2004; Russo *et al.*, 2003), todos ellos realizados con mujeres posmenopáusicas. Excepto Rubin *et al.* (2004) y Verschueren *et al.* (2004), que coinciden con nuestro estudio en trabajar con vibraciones verticales, el resto incorporó vibraciones oscilantes, que se sugieren de mayor efecto en la osteogénesis inducida por la vibración (Gusi *et al.*, 2006; Iwamoto *et al.*, 2005; Russo *et al.*, 2003). Rubin *et al.* (2004) informaron que el peso corporal debe influir en la respuesta a la intervención con WBV en esta variable. En el trabajo de Verschueren *et al.* (2004) hubo aumento de la densidad mineral ósea en la cadera del mismo modo que en el de Gusi *et al.* (2006), los que consiguieron un aumento de la densidad ósea de la cabeza del fémur. Corrie *et al.* (2007) investigaron con ambos tipos de

vibración, consiguiendo un aumento del procolágeno tipo 1 N-propéptido, marcador de formación de hueso, con las vibraciones verticales, pero el grupo de vibraciones oscilantes lo aumentó en mayor medida.

El nivel de grasa visceral, en el estudio que realizamos, no presenta diferencias significativas en ninguno de los grupos de intervención. No obstante, el grupo experimental obtuvo una pequeña suavización en su comportamiento, que pudiera ser por la corta duración del tratamiento. Vissers *et al.* (2010) midieron, como en nuestro estudio, los datos antropométricos y la composición corporal a los 3, 6 y 12 meses. Una de las medidas tomadas fue la determinación de la grasa visceral. El grupo de WBV combinado con dieta perdió dos veces más grasa visceral después de 6 meses, cuando se comparó con los grupos de *fitness* y de dieta; y esta reducción permaneció al mismo nivel después de 12 meses. El peso corporal se redujo notoriamente, de un 5 a un 10%, en medidas tomadas después de los 6 meses de intervención. Pero únicamente los grupos de *fitness* y WBV lograron mantener su pérdida de peso de 5% o más durante estos meses y el grupo de dieta y *fitness* volvió a sus porcentajes iniciales, una vez transcurridos 12 meses. Por tanto, el entrenamiento vibratorio de mayor duración a la nuestra, combinado con la restricción calórica pueden ayudar a perder peso y a reducir la grasa visceral. Esto debe ser tomado en cuenta en futuros estudios que pretendan realizar programas de pérdida de peso en adultos mayores. Resulta una opción interesante en la disminución de la peligrosa grasa visceral que predispone a enfermedades crónicas degenerativas tales como el síndrome metabólico.

Al igual que Slatkovska *et al.* (2008) y Yamazaki *et al.* (2004), consideramos que WBV atenúa el declive de la densidad ósea, pero de modo similar al de la actividad física, bien sea con ejercicio moderado o caminar. El mantenimiento de la masa ósea puede considerarse un éxito en estas edades. El resultado de un estudio proporcionó evidencia de que un programa de ejercicio de resistencia, dos veces por semana, ya sea con el entrenamiento del equilibrio o la vibración adicional, aumenta la densidad ósea en la parte distal de la tibia en mujeres con baja masa ósea (Stolzenberg *et al.*, 2013).

Programas de ejercicio con multicomponentes de fuerza, ejercicio aeróbico, entrenamiento de alto impacto o con sobrecarga deben ayudar a incrementar o, al menos, prevenir la pérdida ósea relacionada con la edad (Gómez-Cabello *et al.*, 2012). Existen estudios que consideran beneficioso el entrenamiento vibratorio para la prevención de las fracturas y la osteoporosis, siendo una alternativa de bajo impacto y una efectiva intervención no farmacológica.

5.10.- Hallazgos en el estado de salud

Presión arterial sistólica y diastólica

Los resultados sobre la presión arterial revelan que el entrenamiento vibratorio puede descender la presión arterial sistólica y diastólica en estas edades. De los pocos estudios sobre la influencia en el sistema cardiovascular de las personas mayores con WBV, Bogaerts *et al.* (2009) se inclinan porque podría ser eficiente para su mejora; en cambio, Cochrane *et al.* (2008) no consideraron WBV suficiente estímulo para aumentar el fitness cardiovascular. Lai *et al.* (2014) encontraron que 3 meses de WBV tuvieron un efecto positivo sobre la rigidez arterial en adultos de mediana edad y edad avanzada, pero no encontraron cambios en la presión arterial ni en la frecuencia cardiaca de ambos grupos. Por lo tanto, un protocolo tal como el usado por Avelar *et al.* (2011), presente en este estudio, puede que cumpla el umbral para la prescripción del entrenamiento cardiovascular.

La mayoría de estudios que incluyeron como una de sus variables la presión arterial fueron realizados con adultos jóvenes, y midieron el efecto agudo tras el entrenamiento vibratorio. Martínez Pardo, Alcaraz, Mesa y Carrasco (2008) mostraron valores significativamente superiores de la presión arterial sistólica en las primeras series del ejercicio vibratorio (en posición estática de *squat*) y dicha variable presentó disminuciones significativas a los 2 y 5 minutos posteriores al entrenamiento, tras compararla con los valores obtenidos durante las dos series de entrenamiento vibratorio. En cuanto a la presión arterial diastólica solo hallaron disminuciones significativas tras

comparar los valores obtenidos durante la primera serie con los registrados a los 5 minutos de haber finalizado el test. Similares resultados nos ofrece el estudio de Mester, Kleinöder y Yue (2006), donde la presión arterial media aumentó durante las vibraciones en los sujetos. Después de los estímulos vibratorios, la resistencia periférica total descendió a un valor inferior, incluso al obtenido anteriormente a los tests en los sujetos evaluados. Una posible explicación de este descenso, puede deberse a la apertura de más capilares, a la vasodilatación, o tal vez, a ambas. Sin embargo, el estudio de Yamada *et al.* (2005) no encontró cambios significativos en la presión arterial sistólica ni en la diastólica al realizar un mismo ejercicio de sentadilla con vibración y sin ella.

Cochrane (2011) realizó una revisión de los efectos fisiológicos del ejercicio de vibración, sugiriendo que WBV, aunque no puede aumentar la frecuencia cardíaca en la misma medida que el ejercicio aeróbico convencional, proporciona un estímulo suficiente para mejorar los índices cardiovasculares. Podría ser una alternativa segura a dicho ejercicio tradicional adicionando beneficios neuronales y miogénicos. Sin embargo, más investigación debe centrarse en la relación entre la dosis óptima de frecuencia, amplitud y duración en esta población, adecuándola posteriormente a las necesidades de cada persona.

Perímetro del tobillo

Nuestra investigación tuvo como resultado un aumento del perímetro del tobillo en el grupo control el cual, recordemos, realizaba ejercicio físico terapéutico. Por el contrario, el grupo experimental que adicionó entrenamiento vibratorio a su protocolo, obtuvo un descenso significativo de dicho perímetro tras la intervención y comparado con el grupo control. Por tanto, el entrenamiento vibratorio podría producir un incremento del flujo circulatorio y una mejora del retorno venoso manifestada en el descenso del edema de tobillo. Hay que señalar que la búsqueda de estudios sobre esta variable de interés no nos proporcionó información de otros trabajos que midieran el perímetro del tobillo. Aquellos localizados sobre efectos en el sistema circulatorio basaron sus investigaciones en personas jóvenes y, en su mayoría,

sobre los efectos agudos tras una sesión de WBV en dicho sistema. El estudio de Lohman, Petrofsky, Maloney-Hinds, Betts-Schwab y Thorpe (2007) con adultos jóvenes mostró un aumento significativo del flujo sanguíneo hacia la piel. Pero, en contra de las expectativas, el ejercicio de las extremidades inferiores con o sin el uso del WBV no aumentó este flujo; al contrario, se redujo ligeramente. Este hecho sugiere que los requerimientos del flujo sanguíneo de los músculos activos se impusieron a los cambios cutáneos vasculares como resultado de la vibración. Los descubrimientos de este estudio apoyan que la vasodilatación se incrementa en los tejidos endoteliales con la ayuda de la vibración, y puede que a largo plazo el aumento del flujo circulatorio y del retorno venoso favorezcan también la circulación linfática, reabsorbiendo el edema distal de miembros inferiores que presentan con frecuencia las mujeres mayores.

Maloney-Hinds, Petrofsky y Zimmerman (2008) realizaron estudios con WBV a 30 y 50 Hz. El flujo sanguíneo a la piel produjo un incremento notorio de este en el cuarto minuto de vibración en ambas frecuencias de tratamiento y permaneció manifiestamente más elevado a lo largo del entrenamiento y durante dos minutos después. Los efectos a largo plazo con intervenciones como la nuestra serían interesantes para poder establecer unos parámetros y consensuar la utilidad del entrenamiento vibratorio en el sistema vascular (sanguíneo y linfático) de adultos mayores.

5.11.- Hallazgos en la condición física

Fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano derecha y mano izquierda)

Nuestros hallazgos manifiestan únicamente cambios en el grupo control tras la intervención y estos supusieron un descenso en tal variable. Es bien sabido que la sarcopenia está asociada a los procesos de envejecimiento, con la consecuente disminución de la fuerza muscular. El hecho de que en el grupo experimental no se haya producido un descenso de la misma puede traducirse

en un mantenimiento del tejido muscular. Las participantes se sujetaron al barandal de la plataforma para realizar los ejercicios dinámicos propuestos y el estímulo de la vibración fue también transmitido, en parte, a través de los miembros superiores. Esta podría ser la causa del mantenimiento a que nos referimos. Por otro lado, tal como es sabido, durante la realización del ejercicio vibratorio, la intensidad del estímulo no es la misma en todas las partes corporales. El estímulo es aplicado en la planta del pie y cada articulación reduce los efectos del impacto mecánico; por tanto, no podemos atribuir mejoras a la vibración en sí misma.

Otros autores que valoraron la fuerza de prensión manual con dinamometría no hallaron diferencias significativas, si bien esta fue medida tras la aplicación de vibraciones y en deportistas jóvenes (Martínez Pardo *et al.*, 2008). Un estudio ocupacional relacionado con las vibraciones recibidas durante el trabajo, mostró un descenso en la fuerza de agarre debido a la exposición prolongada a vibraciones (Bovenzi, Zadini, Franzinelli & Borgogni, 1991).

Fuerza de extremidades inferiores

Como señalan diversos autores, la combinación de ambas formas de entrenamiento, tradicional y vibratoria, puede ser la estrategia ideal para el desarrollo de la fuerza y la activación de aspectos neuromusculares. En el presente estudio no se aprecia una mejora significativa, pero podemos intuir cierto efecto del tratamiento al aumentar sensiblemente la mediana. La mayoría de mujeres del grupo de WBV realizaron mayor número de ejecuciones en el test de levantarse de la silla que aquellas que solo practicaron ejercicio físico terapéutico. Al igual que nosotros, Von Stengel *et al.* (2012) no encontraron diferencias significativas entre un programa de ejercicio y este mismo suplementado con WBV. Sin embargo, los autores informaron de mayor tendencia a incrementos de la fuerza muscular en los individuos sometidos a vibración.

Russo *et al.* (2003) investigaron el efecto de 6 meses de entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas y la fuerza muscular no se vio afectada como consecuencia del entrenamiento. En cambio, Bogaerts *et al.* (2009) comprobaron un aumento significativo de la fuerza, tanto en el grupo de WBV como en el de *fitness*, del mismo modo que Rees *et al.* (2008) y Roelants *et al.* (2004), que encontraron mejoras al igual que en el grupo que realizó ejercicios de fuerza sin vibración. Por su parte, Pollock *et al.* (2012) combinaron WBV con un programa de ejercicio, reportando mayores ganancias de fuerza con la vibración que el ejercicio solo. En cambio otros autores han señalado mejoras en la fuerza isométrica y dinámica con WBV (Verschuere *et al.*, 2004; Verschuere *et al.*, 2011) comparando este entrenamiento con otros ejercicios, bien de fuerza o bien aeróbico.

WBV debe mejorar la fuerza muscular de personas mayores cuando se compara con un grupo control inactivo; en cambio, los resultados no difieren de los que produce el ejercicio convencional. Además, hay que señalar que el método administrado para evaluar la fuerza y su relación con la velocidad de ejecución en diversos estudios emplea el salto vertical sobre una plataforma de fuerzas para obtener los citados parámetros (Roelants *et al.*, 2004; Runge *et al.*, 2000).

Las investigaciones con adultos mayores frágiles, con menos tiempo de intervención que la nuestra, consiguieron un aumento de la fuerza. Zhang *et al.* (2014) con tan solo 8 semanas de WBV y Bautmans *et al.* (2005) tras 6 semanas de tratamiento. Estos últimos autores comprobaron beneficios en la fuerza, pero de igual forma que en el grupo de ejercicio sin vibración. Es decir que los resultados de nuevo apuntan a su similitud con los que produce el ejercicio convencional. Kennis *et al.* (2013) llegaron a las mismas conclusiones, ya que obtuvieron mejoras semejantes, tanto en el grupo que realizó ejercicios aeróbicos y de fuerza, como en el grupo de entrenamiento vibratorio.

Existe poco acuerdo sobre los parámetros que optimizan la fuerza con WBV. Nosotros realizamos 2 sesiones semanales, en cambio Marín *et al.* (2011) investigaron los efectos del entrenamiento vibratorio realizado 2 o 4 días

a la semana. Ambos grupos aumentaron la fuerza de miembros inferiores significativamente pero, a las semanas después de la intervención, el grupo que realizó 2 sesiones semanales obtuvo una reducción de la fuerza más rápida. Así, puede que mayor número de sesiones totales y semanales consigan adaptaciones positivas en el sistema neuromuscular de las personas mayores.

En la revisión realizada por Rehn *et al.* (2007), se concluyó que había evidencia, de fuerte a moderada, de que a largo plazo el ejercicio con vibraciones puede tener efectos positivos sobre el rendimiento muscular de los miembros inferiores en las personas de edad avanzada. La mayoría de estudios incluidos trabajaron con mujeres de edad, pero no hubo evidencias claras de beneficios para el rendimiento muscular después de un corto plazo de exposición vibratoria.

Por otro lado, Marín (2011) señaló que se registran ganancias de fuerza muscular mayores con frecuencias comprendidas entre 40 y 50 Hz, con la máxima amplitud posible y una duración total del estímulo por sesión de entre 720 y 1.020 segundos (12-17 series de 30 a 60 segundos), llevando a cabo 3 sesiones por semana. Este autor concluye que “las mayores respuestas y adaptaciones del sistema neuromuscular, para generar fuerza, se consiguen con altas magnitudes de vibraciones” (Marín, 2011).

La adaptación al estímulo del entrenamiento está relacionada con la modificación inducida por la repetición del ejercicio efectuado varias veces, y esta adaptación es específica para cada movimiento ejecutado. La respuesta al entrenamiento de fuerza demuestra estar condicionada por factores nerviosos y musculares, siendo los segundos los más importantes para producir adaptaciones que se mantienen a lo largo de meses (Bosco *et al.*, 1998). La gravedad constituye la mayor porción del estímulo mecánico responsable del desarrollo de la estructura del músculo durante el día a día y durante el entrenamiento. Así, los entrenamientos específicos para la fuerza en general y la fuerza explosiva en particular, están basados en ejercicios practicados con una rápida y violenta variación de la aceleración gravitatoria. Por un lado, la

simulación de hipergravedad (con cargas extras), ha sido utilizada para el desarrollo de la fuerza explosiva. Por otro lado, alteraciones en las condiciones gravitacionales pueden ser producidas de igual modo por vibraciones mecánicas aplicadas a todo el cuerpo. Así, se asume que la aplicación de ejercicios por vibraciones, en personas físicamente activas, puede influir en el comportamiento mecánico de los músculos extensores de la pierna. Bosco *et al.* (2000) concluyeron que el ejercicio vibratorio influye en la activación neural aumentando la sincronía de la actividad de las unidades motoras.

Flexibilidad de miembros inferiores

Los resultados en esta variable muestran un aumento significativo en la flexibilidad del grupo experimental. Otros investigadores consiguieron estos mismos resultados utilizando el mismo instrumento de medición que el nuestro (Chair-Sit and Reach), lo cual garantiza la evitación de sesgos de medida, y trabajando con mayores institucionalizados (Bautmans *et al.*, 2005). Por su parte, Merriman *et al.* (2011) quisieron precisar la influencia de la edad, el sexo, los hertzios (2 Hz y 26 Hz) y la duración del efecto (a los 2, 20 y 40 minutos después de la vibración) en adultos mayores residentes en la comunidad. Aunque ambos géneros mejoraron su flexibilidad con ambos tratamientos, los hombres tendieron a responder más favorablemente con frecuencias de 26 Hz en relación con la intervención a 2 Hz; mientras que las mujeres mostraron respuestas muy similares a ambos tratamientos.

La flexibilidad es una capacidad muy importante ya que el envejecimiento y el sedentarismo tienden a reducir el rango de movimiento articular. Con el tiempo, esta pérdida puede afectar a la capacidad para desarrollar actividades de la vida diaria como agacharse o alcanzar objetos. Según lo expuesto, el entrenamiento de la flexibilidad es fundamental a la hora de obtener beneficios a largo plazo en aspectos relacionados con la salud.

Se han obtenido beneficios significativos en diversos estudios analizados (Fagnani, Giombini, Di Cesare, Pigozzi & Di S, 2006; Issurin, Liebermann & Tenenbaum, 1994; Sands, McNeal, Stone, Russell & Jemni, 2006), pero

realizados en su mayoría con atletas. Unos combinaron estiramientos y vibración de forma simultánea, y otros con la simple aplicación de vibración en posición de semiflexión. Esta mejora producida por el efecto vibratorio, se ha relacionado con la disminución del umbral del dolor (Issurin *et al.*, 1994; Lundeborg, 1984), el aumento de la circulación sanguínea (Kerschan-Schindl *et al.*, 2001; Rittweger, Schiessl & Felsenberg, 2001), la activación del órgano tendinoso de Golgi y la inhibición de los músculos antagonistas debido al reflejo tónico vibratorio (Cardinale & Bosco, 2003).

Agilidad

En nuestro estudio los resultados muestran un menor tiempo consumido, por parte del grupo experimental, en la realización del test Foot Up-and-Go. Iwamoto *et al.* (2004) comprobaron también la eficacia de un programa de entrenamiento con WBV en la competencia ambulatoria de mujeres con una media de edad de 72,8 años y con la misma duración al nuestro. Su protocolo, con tan solo una sesión semanal de vibraciones, fue combinado con ejercicios diarios de equilibrio estático y de fuerza. De igual modo, otros autores encontraron aumentos de la velocidad de la marcha de personas mayores (Bautmans *et al.*, 2005; Rees *et al.*, 2008; Roelants *et al.*, 2004). Merriman *et al.* (2011) observaron también mejoras, tras WBV, en la agilidad para ambos sexos, los cuales compararon en sus resultados en cuanto a la edad y al género. No fue estadísticamente significativa la relación con la edad de su grupo mixto de participantes; sí, en cambio, con el género. Hubo una tendencia general hacia los hombres en mejoras en comparación con las mujeres. En el presente estudio no podemos comparar ambos sexos pero sería interesante establecer correlaciones con la edad de las participantes, dado que el envejecimiento se asocia a una reducción de esta variable.

Equilibrio estático monopodal con visión (pie derecho y pie izquierdo)

Podemos intuir cierto aumento del tiempo de equilibrio en el grupo experimental, tras la intervención con WBV, aunque no haya sido

estadísticamente significativo. El protocolo realizado podría no ser el adecuado para el desarrollo de esta capacidad así como el tiempo de intervención. Un estudio no encontró mejoras en el equilibrio después del entrenamiento vibratorio realizado (Beck & Norling, 2010).

Los efectos mayores que reporta la literatura en el equilibrio fueron en adultos mayores institucionalizados (Bogaerts *et al.*, 2007; Bruyere *et al.*, 2005; Rees, Murphy & Watsford, 2009; Verschueren *et al.*, 2004). En cambio, ensayos focalizados en el entrenamiento de la fuerza no mostraron ningún efecto en dicho equilibrio (Buchner *et al.*, 1997; Wolfson *et al.*, 1996). Bogaerts *et al.* (2011) estudiaron los cambios en el equilibrio, siguiendo un entrenamiento con WBV y suplementos de vitamina D, en mujeres mayores institucionalizadas, durante 6 meses. Un meta-análisis no obtuvo resultados concluyentes sobre el equilibrio, aunque los autores manifestaron que el entrenamiento vibratorio puede ser eficaz en la capacidad de equilibrio y movilidad en adultos mayores; particularmente en los más frágiles (Lam, Lau, Chung & Pang, 2012).

Al ser la vibración un fuerte estímulo que activa los husos neuromusculares, debería mejorar la propiocepción (Bogaerts *et al.*, 2007). Este tipo de estímulo mecánico permite desarrollar el comportamiento neuromuscular mediante la facilitación de la transmisión de órdenes motoras entre el sistema nervioso y los músculos, así como garantizar la excitabilidad del reflejo espinal (Bosco *et al.*, 1999; Bosco *et al.*, 2000; Torvinen *et al.*, 2002; Verschueren *et al.*, 2004). Los resultados difieren entre estudios según sea el tipo de vibración empleada. Cheung *et al.* (2007) y Gusi *et al.* (2006) trabajaron con vibraciones oscilantes, encontrando, los primeros, mantenimiento del equilibrio y, los segundos, mejoras en el mismo. Un meta-análisis, comparando ambos tipos de vibración, concluyó que la intervención con vibraciones oscilantes puede mejorar el equilibrio en personas de edad avanzada (Rogan, Hilfiker, Herren, Radlinger & de Bruin, 2011); sin embargo, las vibraciones verticales revelaron efectos pequeños en dicho equilibrio.

Respecto al tipo de ejercicio realizado sobre la plataforma, algunos ensayos clínicos observaron mejora del equilibrio después de WBV combinado con ejercicios dinámicos simultáneos (Bautmans *et al.*, 2005; Bogaerts *et al.*, 2007; Bogaerts *et al.*, 2011; Rees, Murphy & Watsford, 2007; Rees, Murphy & Watsford, 2009; Verschueren *et al.*, 2004). En cambio Bruyere *et al.* (2005) y Furness y Maschette (2009) mostraron incrementos en el equilibrio funcional después de WBV sin ejercicios adicionales. Bogaerts *et al.* (2007) combinaron ejercicios estáticos y dinámicos sobre la plataforma vibratoria, al igual que Rees *et al.* (2009). Además, a diferencia de nuestro estudio, los primeros aumentaron el tiempo de ejercicio y disminuyeron el de reposo progresivamente cada semana; y los segundos incluyeron el ejercicio de caminar además de diferentes frecuencias y amplitudes. Así, podemos señalar como otros autores, que los parámetros más efectivos en personas mayores son todavía desconocidos (Merriman & Jackson, 2009; Sitjà-Rabert *et al.*, 2011).

5.12.- Hallazgos en el dolor

Nuestros resultados han encontrado una disminución significativa del dolor en el grupo experimental que complementó, recordemos, un programa de ejercicio físico terapéutico con un protocolo, diseñado para este estudio, de entrenamiento vibratorio. Otros estudios consiguieron mejoras parecidas en individuos afectados de dolor lumbar crónico (Del Pozo-Cruz *et al.*, 2011) y básicamente han sido el objetivo de estudio en personas con fibromialgia (De Hoyo *et al.*, 2013; De Souza *et al.*, 2012; Gusi *et al.*, 2010; Olivares *et al.*, 2011; Sañudo *et al.*, 2013). En personas mayores faltan estudios que consideren de relevancia esta variable que, a nuestro juicio, es importante en la calidad de vida de esta población.

Un estudio que observó el deterioro de la agudeza propioceptiva en la mano durante un estímulo vibratorio, especula que esta estimulación cutánea podría interferir debido a los corpúsculos de Pacini. La capacidad de detectar movimientos pasivos de la articulación interfalángica proximal del dedo índice

se midió cuando se aplicaron vibraciones al dedo medio adyacente y a la eminencia tenar, en las frecuencias y amplitudes que favorecen la activación de las aferencias cutáneas de rápida adaptación. Parece que las aportaciones de los corpúsculos de Pacini son favorecidos con alta frecuencia de vibración (300 Hz), mientras que los de los corpúsculos de Meissner son favorecidos por las frecuencias más bajas (30 Hz). Así, la detección de movimientos no fue alterada por la vibración sinusoidal de baja frecuencia. Estos hallazgos sugieren que los estímulos que activan preferentemente los corpúsculos de Pacini, pero no los de Meissner, perjudican la propiocepción en una tarea de detección de movimiento. Pero tal explicación, enfocada a las aferencias del dolor, nos llevan a la presunción de la implicación de la teoría de las puertas de control (Control Gate), como efecto agudo, ante la posible competencia entre el estímulo nociceptivo y el vibratorio en su conducción excitatoria al sistema nervioso central. Otro efecto a largo plazo antiinflamatorio explicaría esta analgesia, ya que al aumentar el flujo circulatorio, las sustancias de desecho irritantes y provocadoras del dolor serían retiradas con mayor facilidad. Esta aportación la realizamos desde nuestra humilde opinión y en vías de abrir líneas de investigación futuras.

5.13.- Hallazgos en la calidad de vida relacionada con la salud

El efecto que encontramos tras el tratamiento resultó beneficioso en el grupo experimental, el cual fue medido por el cuestionario SF-12, tanto en su dimensión mental como física. Este resultado establece una diferencia con el grupo control, el cual disminuyó su puntuación en cuanto a calidad de vida y estado de salud percibido. Los estudios que midieron el estado de salud, por medio de la valoración en su calidad de vida, son escasos; por tanto nos es difícil comparar resultados con otras investigaciones realizadas. Bruyere *et al.* (2005) también encontraron una mejora en la calidad de vida, medida con el cuestionario SF-36, semejante a la escala que empleamos, ya que es su versión corta, y dotada de evidencia en cuanto a fiabilidad y validez para establecer vínculos en la aportación de resultados.

El aumento en la calidad de vida relacionada con la salud, puede entrever consistencia con el observado descenso del dolor en nuestras participantes. Estudios previos han encontrado correlaciones entre el dolor y la discapacidad funcional (Gronbaek, 2000). En base a estos datos, consideramos que el entrenamiento vibratorio disminuye el dolor y cabe hipotetizar a posteriori que su reducción debe explicar los niveles incrementados en la calidad de vida observados en estas mujeres mayores.

5.14.- Hallazgos en la calidad del sueño

Los resultados óptimos conseguidos por el grupo experimental con la anexión del entrenamiento vibratorio difícilmente pueden compararse con otras investigaciones realizadas sobre esta modalidad de ejercicio. Esto es debido a que, tras la revisión de estudios, no hemos localizado ninguno que mida esta variable de interés, pese a que, en la literatura numerosos autores establecen una relación entre el ejercicio físico y una mayor calidad del sueño. Consideramos muy relevante este resultado y necesaria más investigación que correlacione la vibración con la mejora del sueño en adultos mayores, ya que influye en la salud y está implicada en la predisposición a enfermedades crónicas, en la calidad de vida y en la independencia funcional.

La sociedad actual es consciente del gran impacto que tiene el sueño sobre la vida de las personas. Los efectos del sueño no se limitan al propio organismo, sino que afectan el desarrollo y funcionamiento normal de la persona en la sociedad (actividades diarias, relaciones interpersonales, seguridad vial, etc.). Los trastornos del sueño en las personas mayores son comunes y multifactoriales, y las Guías de Atención Primaria resaltan que un sueño nocturno adecuado permite mantener una vida activa y saludable en el adulto mayor. Por tanto, podemos manifestar de relevancia clínica los hallazgos que informamos, y que servirán de aportación a futuros estudios, que dotarán de mayor evidencia a nuestra investigación.

5.15.- Hallazgos en la incontinencia urinaria

Los escasos estudios encontrados sobre WBV e incontinencia han mostrado resultados contradictorios en dicha afección (Luginbuehl *et al.*, 2012; Von der Heide, Emons, Hilgers & Viereck, en prensa). Nuestros resultados obtienen, en cambio, una mejora significativa de la incontinencia urinaria. A diferencia de nuestra investigación, el objetivo de Luginbuehl *et al.*, 2012 fue determinar el nivel óptimo de WBV (en este caso con vibración estocástica) para estimular la musculatura del suelo pélvico. En su caso utilizaron electromiografía para la comprobación de sus resultados, no encontrando cambios estadísticamente relevantes en tal intervención. Por su parte, Von der Heide *et al.* trabajaron con vibraciones oscilantes, en combinación o comparación con la fisioterapia del suelo pélvico. Sus resultados indican que la combinación de ambas modalidades terapéuticas ofrece mayores resultados.

Debemos señalar algunas apreciaciones a los estudios referidos. Ambos realizaron su intervención con vibraciones de diferentes características a la nuestra y sus muestras fueron de mujeres diagnosticadas de incontinencia urinaria de esfuerzo. En el estudio que presentamos, las participantes afectas (no toda la muestra) presentaban cualquier tipo de incontinencia; ya fuera de esfuerzo, de urgencia o mixta. La mejora percibida pudiera generalizarse para todos los tipos de incontinencia urinaria, lo cual sería un gran logro en nuestra investigación. Del mismo modo, los estudios localizados, incluyeron a mujeres de menor edad, lo que implica la aportación de información relevante para el tratamiento de mujeres mayores que sufren esta afección. Adicionalmente hay que informar que ambos utilizan instrumentos de medida de la fuerza del suelo pélvico invasivos (electromiografía, perineómetro y ultrasonidos). En cambio, nosotros decidimos no realizar pruebas invasivas debido a las características de la muestra y su rechazo a ese tipo de mediciones. Por tanto, elegimos la interpretación de cuestionarios validados y fiables acordes con la comodidad y satisfacción de las participantes. Estos pueden considerarse de menor objetividad diagnóstica; de ahí que concluyamos con una interpretación de

resultados que esperamos sean vistos con cautela y sujetos a más estudios futuros comparables al aportado.

5.16.- Hallazgos en la calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria

Sin querer pecar de tajantes, consideramos que no se han realizado estudios con WBV que midan la calidad de vida en relación a la incontinencia urinaria. Los óptimos y novedosos resultados encontrados nos sugieren mejoras que pueden ayudar a las personas que sufren esta afección y, por tanto, nos resultan de interés y relevancia. El poder aportar un arma terapéutica que disminuya las molestias percibidas debidas a los síntomas de incontinencia urinaria, frecuentes en las personas mayores, supondría dotarles de independencia, mejora de la autoestima y, en definitiva, de un bienestar bio-psico-social que debe ser planteado en estudios posteriores que prioricen la salud y calidad de vida de las personas mayores.

5.17.- Limitaciones

La principal limitación del estudio fue el número reducido de la muestra, que podría haber dificultado la obtención de efectos estadísticamente significativos en algunas variables como la composición corporal o la fuerza de las extremidades inferiores. Por otro lado, los criterios de inclusión fueron muy severos, ya que las participantes no podían faltar a ninguna sesión de WBV durante el estudio, lo cual hizo que muchas no se comprometieran a formar parte de la investigación. El aumento de la muestra, probablemente, podría alterar la relevancia clínica del estudio. No obstante, estos resultados siguen de acuerdo con otros estudios previos.

Por otro lado, la generalización de estos resultados tiene que ser restringida a mujeres mayores físicamente activas y saludables. Tal como fue especulado por Rubin *et al.* (2001) y Torvinen *et al.* (2003), en una población con osteopenia y osteoporosis, el aumento de la densidad mineral ósea podría

haber sido diferente, con mejoras significativas en todas la variables; pero aún, se continúa sin conocer los efectos de este tipo de estímulo mecánico en estas particulares pero importantes poblaciones. Son necesarios más estudios utilizando mujeres más jóvenes, en prevención de patologías que pudieran desarrollar con posterioridad.

Así mismo, los resultados obtenidos en este estudio tienen que ser considerados solamente para los aparatos diseñados en producir vibraciones verticales. Este es el tipo de equipamiento más utilizado en el entrenamiento basado en la mejora del sistema neuromuscular y no el que se evidencia más óptimo para el equilibrio, la propiocepción, el control postural y el aumento de la masa ósea.

Otro factor a tener en cuenta es el rango de intensidad que hemos planteado, dentro del cual se debe ubicar a cada persona, puesto que la personalización del entrenamiento demuestra obtener mejores resultados individuales. 12 semanas puede ser una intervención corta en adultos mayores ya que las adaptaciones fisiológicas al entrenamiento tardan más en aparecer en estas edades. Del mismo modo, la progresión de los parámetros en cuanto a frecuencia, amplitud, número de series y ejercicios podría haber mejorado las capacidades físicas en mayor medida.

Por último debemos señalar que, desafortunadamente, no se pudo separar la posible eficacia de la estimulación vibratoria con respecto al otro modelo de entrenamiento con ejercicio terapéutico.

Capítulo 6.

Conclusiones y

Perspectivas de futuro

6.- Conclusiones y Perspectivas de futuro

6.1.- Conclusiones

Para dar respuesta a los objetivos planteados en esta investigación, y una vez analizados los resultados de la misma, se presentan las siguientes conclusiones.

Conclusión 1

La participación en un programa de ejercicio físico terapéutico de 12 semanas de duración, con una frecuencia de 2 sesiones semanales y con entrenamiento vibratorio adicional, produce cierto aumento en la capacidad de fuerza del tren inferior, aunque no difiere del efecto de un programa de ejercicio físico terapéutico por sí solo.

Un programa de implementación adicional con vibraciones permite mantener los niveles de fuerza del tren superior. Se puede considerar que el entrenamiento vibratorio es un arma útil en la prevención y/o tratamiento de la sarcopenia asociada al proceso de envejecimiento.

Conclusión 2

La incorporación de la vibración a un programa de ejercicio físico terapéutico mejora la capacidad de equilibrio monopodal con visión, si bien se producen diferencias entre las dos extremidades inferiores.

El entrenamiento vibratorio ayuda a aumentar el equilibrio de mujeres mayores, constituyendo un importante factor preventivo del riesgo de caídas en estas edades.

Conclusión 3

Un programa de ejercicio físico terapéutico complementado con entrenamiento vibratorio mejora la capacidad de flexibilidad en mujeres mayores, constituyéndose en una óptima estrategia de intervención para mantener la independencia en las actividades de la vida diaria.

Conclusión 4

La agilidad, considerada como velocidad del movimiento ejecutado en aneión al equilibrio necesario para su realización óptima, se ve beneficiada por la inclusión del ejercicio vibratorio. Siendo la implementación adicional de vibraciones más eficaz que el ejercicio terapéutico exclusivamente.

Conclusión 5

Con un entrenamiento de ejercicio terapéutico complementado con vibraciones no se producen variaciones significativas en la composición corporal de las participantes. Para que se produzcan efectos saludables en relación con el peso corporal es necesario un mayor tiempo de implementación de los programas, así como posiblemente una mayor intensidad en el mismo, de manera que se produzca una reversión del peso graso por el peso muscular.

Con dos días de entrenamiento semanal se observan leves modificaciones en el Índice de Masa Corporal, lo que aconseja el incremento de la frecuencia semanal en la intervención, para conseguir una mayor eficacia sobre los indicadores de salud.

Conclusión 6

La presión arterial sistólica y diastólica mejora con la implementación del entrenamiento vibratorio. Lo que puede contribuir a la prevención de la hipertensión arterial y la lucha contra esta afección tan determinante de

enfermedades tales como el síndrome metabólico o cardiopatías invalidantes que comprometen la salud de los adultos mayores.

Conclusión 7

El ejercicio físico terapéutico produce un aumento del perímetro del tobillo cuando se realiza por sí solo. En cambio, este mismo ejercicio, complementado con las vibraciones de cuerpo completo, disminuye el perímetro del tobillo y, por tanto, favorece la circulación de retorno, sanguínea y linfática.

El entrenamiento vibratorio tiene efectos favorables en el sistema circulatorio de los miembros inferiores, previniendo el edema distal de los mismos, tan frecuente en mujeres mayores, que dificulta la movilidad y ocasiona molestias relacionadas con la realización óptima de las actividades de la vida diaria.

Conclusión 8

Un programa de ejercicio físico terapéutico que es complementado con entrenamiento vibratorio reporta mejoras significativas en la percepción del dolor, con disminución clara del mismo, respecto al realizado únicamente con ejercicio físico terapéutico.

El ejercicio físico terapéutico disminuye el dolor de las mujeres mayores, pero en menor medida que este mismo complementado con entrenamiento vibratorio.

La modulación neuro-endocrina del dolor crónico puede estar favorecida por el ejercicio vibratorio. De este modo, dicha modalidad de entrenamiento puede contribuir a la mejora de la salud y la calidad de vida de las personas mayores.

Conclusión 9

El entrenamiento vibratorio, como complemento al ejercicio físico terapéutico, produce una mejora significativa de la calidad de vida relacionada con la salud en su dimensión mental, frente al ejercicio físico terapéutico por sí solo, el cual disminuye tal componente de calidad de vida tras su realización.

El protocolo de implementación de ambos ejercicios provoca, del mismo modo, un aumento de la calidad de vida relacionada con la salud en su dimensión física: mostrando un comportamiento al alza, frente a un valor inferior con el ejercicio realizado sin la incorporación de vibraciones de cuerpo completo.

El efecto del entrenamiento vibratorio resulta beneficioso en la calidad de vida de las mujeres mayores, favoreciendo su salud mental y física.

Conclusión 10

El procedimiento combinado de estas dos estrategias de intervención produce una mejora en la calidad del sueño de las mujeres mayores. Sin embargo con el ejercicio físico terapéutico no complementado no se perciben beneficios en la calidad del sueño, incluso disminuye la percepción de satisfacción en el dormir.

Existe un efecto beneficioso, clínicamente relevante, del entrenamiento vibratorio adicionado al ejercicio físico. Esta modalidad de intervención puede favorecer la calidad de vida de las personas mayores por la mejora de todos los procesos orgánicos que transcurren durante el sueño y mejoran las actividades en el estado de vigilia.

Conclusión 11

La incorporación del entrenamiento vibratorio al programa de ejercicio físico terapéutico disminuye los síntomas de las mujeres mayores afectas de incontinencia urinaria.

El ejercicio físico terapéutico no mejora los síntomas de incontinencia urinaria y, en cambio, tiende a aumentarlos en mujeres mayores.

La intervención combinada de ambas modalidades de ejercicio produce un efecto en las molestias ocasionadas por la incontinencia urinaria, disminuyéndolas significativamente. Este hallazgo clínico resulta de gran relevancia, ya que la percepción de molestias a causa de esta afección condiciona enormemente la calidad de vida de aquellos que la sufren. Por tanto, el entrenamiento vibratorio se presenta como una estrategia novedosa y eficaz de intervención en la incontinencia urinaria.

Conclusión 12

La implementación de ejercicios en plataformas vibratorias al programa de ejercicio físico terapéutico mejora la calidad de vida relacionada con la incontinencia urinaria, no produciéndose el mismo efecto con el ejercicio terapéutico.

Conclusión 13

La participación en programas de ejercicio físico es saludable y necesaria para los adultos mayores, debido a que los niveles de las capacidades investigadas se mantienen o mejoran.

Un programa de ejercicio físico, con entrenamiento vibratorio adicional de 12 semanas de duración, y una frecuencia de 2 sesiones semanales, es adecuado para las mujeres mayores de 65 años como factor saludable, considerándolo una experiencia muy positiva. Las estrategias conductuales y el

control del programa de ejercicio por profesionales de la salud, como son el fisioterapeuta y el especialista en Actividad Física, favorecen el cumplimiento del programa y por tanto la consecución de objetivos.

Las mujeres mayores de 65 años se adaptan con eficacia al uso de las plataformas vibratorias, mostrando gran adherencia y cumplimiento del tratamiento, siendo una herramienta eficaz para estimular sus capacidades físicas, manteniéndolas o mejorándolas, así como diferentes ámbitos de gran importancia para su salud.

Conclusión 14

El entrenamiento con vibraciones se presenta como una adecuada estrategia de intervención con ejercicio físico en personas mayores, ya que, entre otros, el tiempo invertido es reducido, se puede realizar en el hogar, permite adecuar la dosis de trabajo necesaria para cada persona, así como orientar la carga de trabajo.

6.2.- Perspectivas de futuro

Las líneas en las que se puede seguir la investigación con entrenamiento vibratorio deberían incorporar muestras más grandes y realizar un seguimiento a largo plazo, sobre todo en las variables que puedan afectar a la calidad de vida de las personas mayores. Un seguimiento posterior a la implementación de vibraciones en la muestra puede mostrar la duración del efecto de las mismas.

La variabilidad entre las personas, y más aún en el colectivo de personas mayores, indica la necesidad de establecer estrategias diferentes y personalizadas. Por tanto, se debería adecuar el entrenamiento a la capacidad funcional de cada persona, en futuros estudios, o establecer grupos con varias intensidades de tratamiento.

Los distintos tiempos de asimilación de la respuesta a la intervención con WBV nos hacen sugerir la inclusión de valoraciones tanto clínicas como funcionales, durante el tiempo experimental; o bien aumentar el periodo de tratamiento, con registros en mitad del periodo total de la intervención, dotando a cada persona mayor de un protocolo variable atento a sus necesidades.

Pensamos que sería interesante valorar la satisfacción con el tratamiento en las personas mayores, para obtener más información de sus motivaciones y expectativas respecto a la implantación de nuevas tecnologías que les permitan una mayor calidad de vida.

Se deberían incluir variables de resultado encaminadas a evaluar la motivación, la adherencia a los programas y de estilo de vida, así como la medida de variables cognitivas que pudieran verse beneficiadas con este tipo de entrenamiento.

Un registro de caídas durante y posterior a la intervención sería interesante para valorar su eficacia en las personas mayores, evitando las limitaciones funcionales que estas caídas provocan, que ocasionan dependencia y disminuyen su calidad de vida.

Capítulo 7. Referencias bibliográficas

7.- Referencias bibliográficas

- Aalborg, L., Andersson, C. & Julin, P. (2006). Whole-body vibration training compared with resistance training: effect on spasticity, muscle strength and motor performance in adults with cerebral palsy. *J Rehabil Med*, 38, 302-8.
- Abbot, H.M., Abbey, H., Boling, D.R. & Murphy, E.B. (1987). The familial component in longevity: a study of offspring of nonagenarians. III Intrafamilial studies. *Am J Med Genet*, 2, 109-20.
- Abbruzzese, G., Hagbarth, K.E., Homma, I. & Wallin, U. (1978). Excitation from skin receptors contributing to the tonic vibration reflex in man. *Brain Res*, 150, 194-7.
- Abrams, P., Cardozo, L., Fall, M., Griffiths, D., Rosier, P., Ulmsten, U. *et al.* (2003). The standardisation of terminology in lower urinary tract function: report from the standardisation sub-committee of the international continence society. *Urology*, 61, 37-49. doi:10.1016/s0090-4295(02)02243-4
- Abrams, P., Khoury, A. & Wein, A. (1999). *Incontinence*. 1st International Consultation on Incontinence (WHO, ICS). Plymouth: Plymbridge Distributers Ltd.
- Adroque, H.J., Gennari, F.J., Galla, J.H. & Madias, N.E. (2009). Assessing acid-base disorders. *Kidney Int*, 76, 1239-47.
- Alcorta, M. & Ayala, L. (2003). *Calidad de sueño y factores asociados en adultos mayores que acuden a consultorio externo del Hospital Nacional Cayetano Heredia*. (Tesis Doctoral). Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima.
- Alexandre, N.B., Schultz, A.B. & Warwick, D.N. (1991). Rising from a chair: effects of age and functional ability on performance biomechanics. *J Gerontol Med Sci*, 46, M91-M98.
- Alguacil, I.M., Gómez Conches, M., Fraile, A.M. & Morales, M. (2009). Plataformas vibratorias: bases neurofisiológicas, efectos fisiológicos y aplicaciones terapéuticas. *Arch Med Deporte*, 26(130), 119-29.
- Aloia, J.F. & Cohn, S.H. (1978). Prevention of involutional bone loss by exercise. *Ann Int Med*, 8, 356-8.
- Alonso, J., Prieto, L. & Antó, J.M. (1995). La versión española del SF-36 Health Survey (Cuestionario de salud SF-36): Un instrumento para la medida de los resultados clínicos. *Med Clin (Barc)*, 104, 771-6.
- Altman, D.G. (1991). *Practical statistics for medical research* (pp. 409-19). London: Chapman & Hall.
- Álvaro Naranjo, T., Noguera-Salvá, R. & Fariñas Guerrero, F. (2009). La matriz extracelular: morfología, función y biotensegridad (parte I). *Rev Esp Patol*, 42(4), 249-61.
- American College of Sports Medicine (2004). Physical activity programs and behavior counseling in older adult populations. *Med Sci Sports Exerc*, 36(11), 1997-2003.
- American College of Sports Medicine (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*, 41(3), 687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.

- American College of Sports Medicine (2010). *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription* (8a ed.). Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins.
- American College of Sports Medicine [ACSM] (2010). *ACSM's Health-Related Physical Fitness Assessment Manual* (3a ed.). Philadelphia, PA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Ando, H. & Noguchi, R. (2003). Dependence of palmar sweating response and central nervous system activity on the frequency of whole-body vibration. *Scand J Work Environ Health*, 29, 216-9.
- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H.J., Aleman, A. & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database Syst Rev*, 16(2), CD005381.
- Aniansson, A., Sperling, L., Rundgren, A. & Lehnberg, E. (1983). Muscle function in 75 year old men and women: a longitudinal study. *Scand J Rehab Suppl*, 9, 92-102.
- Aparicio García-Molina, V.A., Carbonell Baeza, A. & Delgado Fernández, M. (2010). Beneficios de la actividad física en personas mayores. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*, 10(40), 556-76.
- Arbonés, G., Carbajal, A., Gonzalvo, B., Gonzáles-Gross, M., Joyanes, M., Marques-Lopes, I. et al. (2003). Nutrición y recomendaciones dietéticas para personas mayores. Grupo de trabajo "Salud pública" de la Sociedad Española de Nutrición (SEN). *Nutr Hosp*, 18(3), 109-37.
- Arcangel, C.S., Johnston, R. & Bishop, B. (1971). The Achilles tendon reflex and the H-response during and after tendon vibration. *Phys Ther*, 51, 889-902.
- Argimón, J.M. & Jiménez Villa, J. (2004). *Métodos de investigación clínica y epidemiológica* (3a ed.). Madrid: Elsevier.
- Arias, P., Chouza, M., Vivas, J. & Cudeiro, J. (2009). Effect of whole body vibration in Parkinson's disease: a controlled study. *Mov Disord*, 24(6), 891-8.
- Ariizumi, M. & Okada, A. (1985). Effects of whole body vibration on biogenic amines in rat brain. *Br J Int Med*, 42, 133-6.
- Arjona, M.C., Criado, V.J. & Sánchez, S.L. (2002). Enfermedades crónicas y consumo de fármacos en mayores de 65 años. *Medicina General*, 47, 684-95.
- Armer, J. & Stewart, B. (2005). A comparison of four diagnostic criteria for lymphedema in a post-breast cancer population. *Lymphat Res Biol*, 3, 2008-17.
- Armstrong, A.L. & Wallace, W.A. (1994). The epidemiology of hip fractures and methods of prevention. *Acta Orthop Belg*, 60, 85-101.
- Atzon, G., Schechter, C. & Greiner, W. (2004). Clinical phenotype in families with longevity. *J Am Geriatr Soc*, 52, 274-7.
- Augusto, J.M. & Martínez, R. (1998). Afrontamiento al estrés y salud: panorama actual de la investigación. *Boletín de Psicología*, 58, 31-48.
- Avelar, N.C., Simão, A.P., Tossige-Gomes, R., Neves, C.D., Mezencio, B., Szmuchrowski, L. et al. (2011). Oxygen consumption and heart rate during

- repeated squatting exercises with or without whole-body vibration in the elderly. *J Strength Cond Res*, 25(12), 3495-500. doi: 10.1519/JSC.0b013e3182176664
- Avery, K., Donovan, J., Peters, T.J., Shaw, C., Gotoh, M. & Abrams, P. (2004). ICIQ: A brief and robust measure for evaluating the symptoms and impact of urinary incontinence. *Neurol Urodyn*, 23, 322-30.
- Ávila-Funes, J.A. & García-Mayo, E.J. (2004). Beneficios de la práctica del ejercicio en los ancianos. *Gac Méd Méx*, 140(4), 431-6.
- Bain, J. (2010). Testosterone and the aging male: to treat or not to treat? *Maturitas*, 66(1), 16-22.
- Balakrishnan, V.S., Rao, M., Menon, V., Gordon, P.L., Pilichowska, M., Castaneda, F. et al. (2010). Resistance training increases muscle mitochondrial biogenesis in patients with chronic kidney disease. *Clin J Am Soc Nephrol*, 5(6), 996-1002. doi: 10.2215/CJN.09141209
- Bales, C., Fischer, J. & Orenduff, M. (2004). Nutritional interventions for age-related chronic disease. *Generations*, 28, 54-60.
- Barbieri, M., Rizzo, M.R., Manzella, D., Grella, R., Ragno, E., Carbonella, M. et al. (2003). Glucose regulation and oxidative stress in healthy centenarians. *Exp Gerontol*, 38, 137-43.
- Barrera Sotolongo, J. & Osorio León, S. (2007). Envejecimiento y nutrición. *Rev Cubana Invest Biomed*, 26(1). Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/ibi/vol26_1_07/ibi08107.htm
- Barrios Herrero, L. & López Ferradaz, M.A. (2011). Aportes del ejercicio físico a la actividad cerebral. *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital*. Buenos Aires, Año 16, Nº 160, Septiembre de 2011. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd160/aportes-del-ejercicio-fisico-a-la-actividad-cerebral.htm>
- Barry, D.T. & Cole, N.M. (1988). Fluid mechanics of muscle vibrations. *Biophys J*, 53, 899-905.
- Baumgartner, R.N. (2000). Body composition in healthy aging. *Ann NY Acad Sci*, 904, 437-48.
- Bautmans, I., Van Hees, E., Lemper, J.C. & Mets, T. (2005). The feasibility of whole body vibration in institutionalized elderly persons and its influence on muscle performance, balance and mobility: a randomized controlled trial. *BMC Geriatr*, 5, 17.
- Becerra, J. & Becker, R. (2001). Die wirksamkeit der biomechanischen stimulation (BMS) in verbindung mit traditionellen methoden der kraftausdaurentwicklung im schwimmsport. *Leistungssport*, 31, 29-34.
- Beck, B.R. & Norling, T.L. (2010). The effect of 8 mos of twice-weekly low- or higher intensity whole body vibration on risk factors for postmenopausal hip
- Beckman, K.B. & Ames, B.N. (1998). The free radical theory of aging matures. *Physiol Rev*, 78(2), 547-81.

- Bedregal, P., Shand, B., Santos, M.J. & Ventura-Juncá, P. (2010). Aportes de la epigenética en la comprensión del desarrollo del ser humano. *Rev Med Chile*, 138, 366-72.
- Berger, S.L., Kouzarides, T., Shiekhatar, R. & Shilatifard, A. (2009). An operational definition of epigenetics. *Genes Dev*, 23, 781-3.
- Bernard, S., Whittom, F., Leblanc, P., Jobin, J., Belleau, R., Bérubé, C. et al. (1999). Aerobic and strength training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 159(3), 896-901.
- Berschin, G. & Sommer, H. (2004). Vibrationskrafttraining und Gelenkstabilität: EMG-Untersuchungen zur Wirkung von Vibrationsfrequenz und Körperhaltung auf Muskelaktivierung und -koaktivierung. *Deutsche Zeitschrift Für Sportmedizin*, 55, 152-6.
- Berschin, G., Schmiedeberg, I. & Sommer, H.M. (2003). Zum einsantz von vibrationkrafttraining als spezifisches schnennkrafttrainingsmittel in sportspielen. *Leistungssport*, 33, 11-3.
- Blackburn, E.H. (1991). Structure and function of telomeres. *Nature*, 350(6319), 569-73.
- Blazer, D.G. (1982). Social support and mortality in an elderly community population. *Am J Epidemiol*, 115, 684-94.
- Bloesch, D., Schultz, Y., Breitenstein, E., Jequier, E. & Felber, J.P. (1988). Thermogenic response to an oral glucose load in man: comparison between young and elderly subjects. *J Am Coll Nutr*, 7, 471-83.
- Bogaerts, A., Delecluse, C., Boonen, S., Claessens, A.L., Milisen, K. & Verschueren, S. (2011). Changes in balance, functional performance and fall risk following whole body vibration training and vitamin D supplementation in institutionalized elderly women. A 6 month randomized controlled trial. *Gait Posture*, 33, 466-72. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.12.027
- Bogaerts, A., Delecluse, C., Boonen, S., Claessens, A.L., Milisen, K. & Verschueren, S. (2011). Changes in balance, functional performance and fall risk following whole body vibration training and vitamin D supplementation in institutionalized elderly women. A 6 month randomized controlled trial. *Gait Posture*, 33, 466-72. doi: 10.1016/j.gaitpost.2010.12.027
- Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A.L., Coudyzer, W., Boonen, S. & Verschueren, S.M. (2007). Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 62(6), 630-5.
- Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A.L., Coudyzer, W., Boonen, S. & Verschueren, S.M. (2007). Impact of whole-body vibration training versus fitness training on muscle strength and muscle mass in older men: a 1-year randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med*, 62, 630-5.
- Bogaerts, A., Verschueren, S., Delecluse, C., Claessens, A.L. & Boonen, S. (2007). Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial. *Gait Posture*, 26, 309-16. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.09.078

- Bogaerts, A., Verschueren, S., Delecluse, C., Claessens, A.L. & Boonen, S. (2007). Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: a 1 year randomized controlled trial. *Gait Posture*, 26, 309-16. doi: 10.1016/j.gaitpost.2006.09.078
- Bogaerts, A.C., Delecluse, C., Claessens, A.L., Troosters, T., Boonen, S. & Verschueren, S.M. (2009). Effects of whole body vibration training on cardiorespiratory fitness and muscle strength in older individuals (a 1-year randomised controlled trial). *Age Ageing*, 38(4), 448-54. doi: 10.1093/ageing/afp067
- Bohannon, R.W. (1995). Sit-and-reach test for measuring performance of lower extremity muscles. *Percept Motor Skills*, 80, 163-6.
- Boland, R. & Adams, R. (1996). Development and evaluation of a precision forearm and hand volumeter and measuring cylinder. *J Hand Ther*, 9, 349-58.
- Bongiovanni, L.G., Hagbarth, K.E. & Stjernberg, L. (1990). Prolonged muscle vibration reducing motor output in maximal voluntary contractions in man. *J Physiol*, 4423, 15-26.
- Borrego, F., Alonso, M.C., Galiani, M.D., Carracedo, J., Ramirez, R., Ostos, B. et al. (1999). NK phenotypic markers and IL2 response in NK cells from elderly people. *Exp Gerontol*, 34(2), 253-65.
- Bosco, C., Cardinale, M. & Tsarpela, O. (1999). Influence of vibration on mechanical power and electromyogram activity in human arm flexor muscles. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 79, 306-11.
- Bosco, C., Cardinale, M., Tsarpela, O., Colli, R., Tihanyi, J., Von Duvillard, S.P. et al. (1998). The influence of whole body vibration on jumping performance. *Biol Sport*, 15, 157-64.
- Bosco, C., Colli, R., Introini, E., Cardinale, M., Tsarpela, O., Madella, A. et al. (1999). Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clin Physiol*, 19, 183-7.
- Bosco, C., Dellisanti, F., Fucci, A., Tsarpela, O., Annino, G., Foti, C. et al. (2001). Effetto della vibrazione su forza esplosiva, resistenza alla forza veloce e flessibilità muscolare. *Medicina dello Sport*, 54, 287-93.
- Bosco, C., Iacovelli, M., Tsarpela, O., Cardinale, M., Bonifazi, M., Tihanyi, J. et al. (2000). Hormonal responses to whole-body vibration in men. *Eur J Appl Physiol*, 81, 449-54.
- Bosco, C., Zanon, S., Rusko, H., Dal Monte, A., Bellotti, P., Latteri, F. et al. (1984). The influence of extra load on the mechanical behaviour of skeletal muscle. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 53, 149-54.
- Bosković, K., Gava, B.P., Grajić, M., Madić, D., Obradović, B. & Todorović, S.T. (2013). Adapted physical activity in the prevention and therapy of osteoporosis. *Med Pregl*, 66(5-6), 221-4.
- Botella Trelis, J. (2005). La salud y el envejecimiento. El estado de salud de las personas mayores. En S. Pinazo Hernandis & M. Sánchez Martínez (Eds.), *Gerontología. Actualización, innovación y propuestas* (pp. 93-114). Madrid: Pearson Educación.

- Bouchard, C. & Shephard, R.J. (1994). Physical activity, fitness and health: The model and key concepts. En C. Bouchard, R.J. Shephard & T. Stephens (Eds.). *Physical activity, fitness and health: International proceedings and consensus statement* (pp. 11-20). Champaign, IL: Human Kinetics Publishers.
- Bovenzi, M. & Griffin, M.J. (1997). Haemodynamic changes in ipsilateral and contralateral fingers caused by acute exposures to hand transmitted vibration. *Occup Environ Med*, 54, 566-76.
- Bovenzi, M. & Hulshof, C.T. (1999). An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). *Int Arch Occup Environ Health*, 72, 351-65.
- Bovenzi, M., Zadini, A., Franzinelli, A. & Borgogni, F. (1991). Occupational musculoskeletal disorders in the neck and upper limbs of forestry workers exposed to hand-arm vibration. *Ergonomics*, 34, 547-62.
- Brandao, M.U., Wajngarten, M., Rondon, E., Giorgi, M.C., Hironaka, F. & Negrao, C.E. (1993). Left ventricular function during dynamic exercise in untrained and moderately trained subjects. *J Appl Physiol*, 75, 1989-95.
- Breivik, H., Borchgrevink, P., Allen, S., Rosseland, R., Romundstad, R., Hals, E. *et al.* (2008). Assessment of pain. *Brit J Anaesth*, 101(1), 17-24.
- Brisswalter, J., Collardeau, M. & René, A. (2002). Effects of acute physical exercise characteristics on cognitive performance. *Sports Med*, 32(9), 555-66.
- British Nutrition Foundation. (1996). Nutrition in older people. Briefing Paper.
- Brodovicz, K.G., McNaughton, K., Uemura, N., Meininger, G., Girman, C.J. & Yale, S.H. (2009). Reliability and feasibility of methods to quantitatively assess peripheral edema. *Clin Med Res*, 7(1-2), 21-31. doi: 10.3121/cmr.2009.819
- Bruyere, O., Wuidart M., Palma, E. & Reginster, J. (2004). Controlled whole body vibrations improve health related quality of life in elderly patients. University of Liege / WHO-Center.
- Bruyere, O., Wuidart, M.A., Di Palma, E., Gourlay, M., Tejen, O., Richy, F. *et al.* (2005). Controlled whole body vibration to decrease fall risk and improve health-related quality of life of nursing home residents. *Arch Phys Med Rehabil*, 86, 303-7.
- Buchner, D. & De Lateur, B.J. (1991). The importance of skeletal muscle strength to physical function in older adults. *Ann Behav Med*, 13, 91-8.
- Buchner, D.M., Cress, M.E., De Lateur, B.J., Esselman, P.C., Margherita, A.J., Price, R. *et al.* (1997). The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 52, 218-24.
- Burke, D., Hagbarth, K.E., Löfstedt, L. & Wallin, B.G. (1976a). The responses of human muscle spindle endings to vibration of non-contracting muscles. *J Physiol*, 261, 673-93.
- Burke, D., Hagbarth, K.E., Löfstedt, L. & Wallin, B.G. (1976b). The responses of human muscle spindle endings to vibration during isometric contraction. *J Physiol*, 261, 695-711.

- Burke, R.E. & Rymer, W.Z. (1976). Relative strength of synaptic input from short-latency pathways to motor units of defined type in cat medial gastrocnemius. *J Neurophysiol*, 39(3), 447-58.
- Buyse, D.J., Reynolds, C.F., Monk, T.H., Berman, S.R. & Kupfer, D.J. (1989). The Pittsburgh Sleep Quality Index: A new instrument for psychiatric practice and research. *Psychiatry Res*, 28, 193-213.
- Camiña, F., Cancela, J.M. & Romo, V. (2000). Pruebas para evaluar la condición física en ancianos (batería ECFA): su fiabilidad. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 31(1), 17-23.
- Cañas, M. & Buschiazzi, H. (2000). Uso de medicamentos en ancianos. *FEMEBA*, 58, 8-9.
- Cardinale, M. & Bosco, C. (2003). The use of vibration as an exercise intervention. *Exerc Sport Sci Rev*, 31(1), 3-7.
- Cardinale, M. & Lim, J. (2003). Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies. *J Strength Cond Res*, 17, 621-4.
- Cardinale, M. & Pope, M.H. (2003). The effects of whole body vibration on humans: dangerous or advantageous? *Acta Physiol Hung*, 90, 195-206.
- Cardinale, M. & Wakeling, J. (2005). Whole body vibration exercise: are vibrations good for you? *Br J Sports Med*, 39, 585-9.
- Cardinale, M., Leiper, J., Erskine, J., Milroy, M. & Bell, S. (2006). The acute effects of different whole body vibration amplitudes on the endocrine system of young healthy men: a preliminary study. *Clin Physiol Funct Imaging*, 26, 380-4.
- Cardinale, M., Soiza, R.L., Leiper, J.B., Gibson, A. & Primrose, W.R. (2010). Hormonal responses to a single session of wholebody vibration exercise in older individuals. *Br J Sports Med*, 44(4), 284-8. doi: 10.1136/bjsm.2007.043232
- Carlucci, F., Mazza, C. & Cappozzo, A. (2010). Does whole-body vibration training have acute residual effects on postural control ability of elderly women? *J Strength Cond Res*, 24(12), 3363-8.
- Carpenter, J.S. & Andrykowski, M.A. (1998). Psychometric evaluation of the Pittsburgh Sleep Quality Index. *J Psychosom Res*, 45, 5-13.
- Cederlund, R., Nordenskiöld, U. & Lundborg, G. (2001). Hand-arm vibration exposure influences performance of daily activities. *Disabil Rehabil*, 23, 570-7.
- Celli, B. (1994). The clinical use of upper extremity exercise. *Clin Chest Med*, 15(2), 339-48.
- Centers for the Disease Control and Prevention. (2004). Prevalence of no leisure-time physical activity – 35 States and the district of Columbia. *MMWR*, 53, 83-6.
- Chanou, K., Gerodimos, V., Karatrantou, K. & Jamurtas, A. (2012). Whole-body vibration and rehabilitation of chronic diseases: a review of the literature. *J Sports Sci Med*, 11(2), 187-200.
- Chaves Brenes, L. & Salazar Sánchez, L. (2001). Homocisteína y enfermedad coronaria. *Rev Costarric Cardiol [online]*, 3(3), 24-7.

- Chen, J.C., Chang, W.R., Shih, T.S., Chen, C.J., Chang, W.P., Dennerlein, J.T. *et al.* (2003). Predictors of whole-body vibration levels among urban taxi drivers. *Ergonomics*, 46, 1075-90.
- Cheung, W.H., Mok, H.W., Qin, L., Sze, P.C., Lee, K.M. & Leung, K.S. (2007). High-frequency whole body vibration improves balancing ability in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*, 88(7), 852-7.
- Cheville, A.L., McGarvey, C., Petreck, J.A., Russo, S.A., Hiadens, S.R. & Taylor, M.E. (2003). The grading of lymphedema in oncology clinical trials. *Semin Radiat Oncol*, 13(3), 214-25.
- Chobanian, A.V., Bakris, G.L., Black, H.R., Cushman, W.C., Green, L.A., Izzo, J.L. *et al.* (2003). The Seventh Report of the Joint National Committee on prevention, detection, evaluation, and treatment of high blood pressure: The JNC 7 report. *JAMA*, 289, 2560-72.
- Chouza, M., Arias, P., Viñas, S. & Cudeiro, J. (2011). Acute effects of whole-body vibration at 3, 6 and 9 Hz on balance and gait in patients with Parkinson's disease. *Mov Disord*, 26(5), 920-1. doi: 10.1002/mds.23582
- Chung, P.H., Lin, G.L., Liu, C., Chuang, L.R. & Shiang, T.Y. (2013). The effects of tai chi chuan combined with vibration training on balance control and lower extremity muscle power. *J Sports Sci Med*, 12(1), 19-26.
- Cisneros -Huerta A. (2007). *Validez y confiabilidad del cuestionario general de salud (SF12) en derechohabientes de una unidad de primer nivel del instituto mexicano del seguro social*. (Tesis Doctoral). Universidad Veracruzana.
- Cochrane, D.J. (2011). Vibration exercise: the potential benefits. *Int J Sports Med*, 32(2), 75-99.
- Cochrane, D.J., Legg, S.J. & Hooker, M.J. (2004). The short-term effect of whole-body vibration training on vertical jump, sprint, and agility performance. *J Strength Cond Res*, 18, 828-32.
- Cochrane, D.J., Sartor, F., Winwood, K., Stannard, S.R., Narici, M.V. & Rittweger, J. (2008). A comparison of the physiologic effects of acute whole-body vibration exercise in young and older people. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(5), 815-21.
- Colcombe, S. & Kramer, A.F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: a meta-analytic study. *Psychol Sci*, 14, 125-30.
- Compare, A., Zarbo, C., Marín, E., Meloni, A., Rubio-Arias, J.A., Berengüí, R. *et al.* (2014). PAHA study: psychological active and healthy aging: psychological wellbeing, proactive attitude and happiness effects of whole-body vibration versus Multicomponent Training in aged women: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, 15, 177. doi: 10.1186/1745-6215-15-177
- Cooper Institute for Aerobics Research (1999). *Fitnessgram test administration manual* (2a ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Coppola, L., Verrazzo, G., Esposito, G., La Marca, C., Mazzarelli, R., Guastafierro, S. *et al.* (1999). Hemorheological and cardiovascular effects of exercise training in the rehabilitation of elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Gerontol Geriatr*, 28(1), 1-8. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0167-4943\(98\)00115-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-4943(98)00115-0)

- Cordo, P., Inglis, J.T., Verschueren, S., Collins, J.J., Merfeld, D.M., Rosenblum, S. *et al.* (1996). Noise in human muscle spindles. *Nature*, 383, 769-70. doi:10.1038/383769a0
- Corrie, H., Brooke-Wavell, K., Mansfield, N., D'Souza, O., Griffiths, V., Morris, R. *et al.* (2007). Effect of whole body vibration on bone formation and resorption in older patients: A randomised controlled trial. *Osteoporos Int*, 18(3), 285.
- Corujo Rodríguez, E. & Pérez Hernández, D. G. (2009). Cambios más relevantes y peculiaridades de las enfermedades en el anciano. En Sociedad Española de Geriátría y Gerontología, *Tratado de Geriátría para residentes* (pp. 47-58). Editorial SEGG.
- Costa Amaral, P., De Jesus, M.L., Luksevicius, R., Figueira, A. Lopes Evangelista, A., Pontes, F.L. *et al.* (2014). Whole-body vibration training does not modify anthropometric parameters and lower limb strength in elderly people. *Med Sci Tech*, 55, 6-10.
- Costello, R.B. & Moser-Veillon, P.B. (1992). A review of magnesium intake in the elderly. A cause of concern? *Magnes Res*, 5, 61-7.
- Crespo Santiago, D. & Fernández Viadero, C. (2012). Cambios cerebrales en el envejecimiento normal y patológico. *Rev Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 12(1), 21-36.
- Crevenna, R., Fialka-Moser, V., Rödler, S., Keilani, M., Zöch, C., Nuhr, M. *et al.* (2003). Safety of whole-body vibration exercise for heart transplant recipients. *Phys Med Rehab Kuror*, 13, 1-5.
- Cristi-Montero, C., Cuevas, M.J. & Collado, P.S. (2013). Whole-body vibration training as complement to programs aimed at weight loss. *Nutr Hosp*, 28(5), 1365-71.
- Cronin, J., McLaren, A. & Bressel, E. (2004). The effects of whole body vibration on jump performance in dancers. *J Hum Movement Stud*, 47, 237-51.
- Cruz-Jentoft, A., Cuesta Triana, F., Gómez-Cabrera, M.C., López-Sotod, A., Masanés, F., Matía Martínez, P. *et al.* (2011). La eclosión de la sarcopenia: Informe preliminar del Observatorio de la Sarcopenia de la Sociedad Española de Geriátría y Gerontología. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 46(2), 100-10.
- Cruz-Jentoft, A.J., Baeyens, J.P., Bauer, J.M., Boirie, Y., Cederholm, T., Landi, F. *et al.* (2010). Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*, 39(4), 412-23.
- Csuka, M. & McArty, D.J. (1985). Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am J Med*, 78, 77-81.
- Cunnington, R., Windischberger, C., Deecke, L. & Moser, E. (2002). The preparation and execution of self initiated and externally triggered movement: a study of event-related fMRI. *Neuroimage*, 15, 373-85.
- Cunnington, R., Windischberger, C., Deecke, L. & Moser, E. (2002). The preparation and execution of self-initiated and externally-triggered movement: a study of event-related fMRI. *Neuroimage*, 15(2), 373-85.

- Curry, E.L. & Clelland, J.A. (1981). Effects of the asymmetric tonic neck reflex and high-frequency muscle vibration on isometric wrist extension strength in normal adults. *Phys Ther*, 61(4), 487-95.
- Da Silva Díaz, R. & Gómez-Conesa, A. (2008). Síndrome de los isquiotibiales acortados. *Fisioterapia*, 30, 186-93. doi:10.1016/j.ft.2008.07.004
- Da Silva, M., Vaamonde, D.M. & Padullés, J.M. (2006). Efectos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre la performance neuromuscular. *Apunts*, 84, 39-47.
- Da Silva, M.E. & Peña, J. (2004). Mecanismos de formación de nuevas fibras en el músculo esquelético. *Arch Med Deporte*, 102, 329-36.
- Da Silva, M.E., Fernandez, J.M., Castillo, E., Nuñez, V.M., Vaamonde, D.M., Poblador, M.S. et al. (2007). Influence of vibration training on energy expenditure in active men. *J Strength Cond Res*, 21(2), 470-5.
- Da Silva, M.E., Padullés, J.M., Núñez Álvarez, V., Vaamonde, D.M., Viana, B., Gómez, J.R. et al. (2006). Efectos agudos del entrenamiento con vibraciones mecánicas sobre el tiempo de carrera en corta distancia en jugadores de fútbol. *Medicina del Ejercicio* (en prensa).
- De Gail, P., Lance, W.P. & Neilson, P.D. (1966). Differential effects on tonic and phasic reflex mechanics produced by vibration of muscles in man. *J Neurol Neurosurg Psychiatr*, 29, 1-11.
- De Hoyo, M., Sañudo, B., Corral, J.A., Rodríguez-Blanco, C., Oliva, A., Beas, J.D. et al. (2013). Incidencia del ejercicio físico y el entrenamiento vibratorio sobre la amplitud de movimiento de mujeres con fibromialgia. *Rev Andal Med Deporte*, 6(2), 52-6.
- De Oliveira, C.G., Simpson, D.M. & Nadal, J. (2001). Lumbar back muscle activity of helicopter pilots and whole-body vibration. *J Biomech*, 34, 1309-15.
- De Pascalis, V., Anello, A. & Venturini, R. (1986). Changes in heart rate during biofeedback control of respiration. *Percept Motor Skills*, 63, 87-96.
- De Ruiter, C., Van der Linden, R., Van der Zijden, M., Hollander, A. & Haan, A. (2003). Short-term effects of whole-body vibration on maximal voluntary isometric extensor force and rate of force rise. *Eur J Appl Physiol*, 88, 472-5.
- De Ruiter, C.J., Raaij, S.M., Schilperoot, J.V., Hollander, A.P. & Haan, A. (2003). The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors. *Eur J Appl Physiol*, 88, 472-5.
- De Souza, J.B., Goffaux, P., Julien, N., Potvin, S., Charest, J. & Marchand, S. (2009). Fibromyalgia subgroups: profiling distinct subgroups using the Fibromyalgia Impact Questionnaire. A preliminary study. *Rheumatol Int*, 29(5), 509-15.
- Del Pozo-Cruz, B., Hernández Mocholí, M.A., Adsuar, J.C., Parraca, J., Muro, I. & Gusi, N. (2011). Effects of whole body vibration therapy on main outcome measures for chronic non-specific low back pain: a single-blind randomized controlled trial. *J Rehabil Med*, 43, 689-94.

- Delecluse, C., Roelants, M. & Verschueren, S. (2003). Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training. *Med Sci Sports Exerc*, 35, 1033-41.
- Delecluse, C., Roelants, M., Diels, R., Koninckx, E. & Verschueren, S. (2005). Effects of whole body vibration training on muscle strenght and sprint performance in sprint-trained athletes. *Int J Sports Med*, 26, 662-8.
- DeLoach, L., Higgins, M., Caplan A. & Stiff, J. (1998). The visual analog scale in the immediate postoperative period: intrasubject variability and correlation with a numeric scale. *Anesth Analg*, 86, 102.
- Deurenberg, P., Andreoli, A. & De Lorenzo, A. (1996). Multi-frequency bioelectrical impedance: a comparison between the Cole-Cole modelling and Hanai equations with the classical impedance index approach. *Ann Hum Biol*, 23(1), 31-40.
- Deurenberg, P., Schouten, F.J., Andreoli, A. & De Lorenzo, A. (1993). Assessment of changes in extra-cellular water and total body water using multi-frequency bio-electrical impedance. *Basic Life Sci*, 60, 129-32.
- Deurenberg, P., Tagliabue, A. & Schouten, F.J. (1995). Multi-frequency impedance for the prediction of extracellular water and total body water. *Br J Nutr*, 73(3), 349-58.
- Dhingra, R., Sullivan, L., Jacques, P.F., Wang, T.J., Fox, C.S., Meigs, J.B. et al. (2007). Soft drink consumption and risk of developing cardiometabolic risk factors and the metabolic syndrome in middle-aged adults in the community. *Circulation*, 116(5), 480-8.
- Di Loreto, C., Ranchelli, A., Lucidi, P., Murdolo, G., Parlanti, N., De Cicco, A. et al. (2004). Effects of whole-body vibration exercise on the endocrine system of healthy men. *J Endocrinol Invest*, 27, 323-7.
- Dionigi, R. (2007). Resistance training and older adult's beliefs about psychological benefits: the importance of self-efficacy and social interaction. *J Sport Exerc Psychol*, 29(6), 723-46.
- Dockery, D.W., Ware, J.H. & Ferhs, B.G. (1985). Distribution offorced expiratory volume in one second and forced vital capacity in healthy, white, adult, never smokers in six U.S. cities. *Am Rev Respir D/S*, 131, 511-20.
- Donovan, J.L., Badia, X., Corcos, J., Gotoh, M., Kelleher, C., Naughton, M. et al. (2002). Symptom and quality of life assessment. En P. Abrams, L. Cardozo, S. Khoury & A. Wein (Eds). *Incontinence* (pp. 270-316). Plymouth: Health Publication Ltd.
- Downie, W.N., Leatham, P.A. & Rhind, V.M. (1979). Studies with pain rating scales. *Ann Rheum Dis*, 37, 378-81.
- Duval, F., González, F. & Rabia, H. (2010). Neurobiología del estrés. *Rev Chil Neuro-Psiquiat*, 48(4), 307-18.
- Ebersbach, G., Edler, D., Kaufhold, O. & Wissel, J. (2008). Whole body vibration versus conventional physiotherapy to improve balance and gait in Parkinson's disease. *Arch Phys Med Rehabil*, 89(3), 399-403.

- Edge, J.R., Millard, F.J., Reid, L. & Simon, G. (1964). The radiographic appearances of the chest in persons of advanced age. *Br J Radiol*, 37, 769-74.
- Ellis, K.J. (2000). Human body composition: in vivo methods. *Physiol Rev*, 80, 649-80.
- Elmore, S. (2007). Apoptosis: A review of programmed cell death. *Toxicol Pathol*, 35(4), 495-516.
- Enright, P.L. (2003). Aging of the Respiratory System. En W. Hazzard, J.P. Blass, J.B. Halter, J.G. Ouslander & M.E. Tinetti (Eds). *Principies of Geriatric Medicine and Gerontology* (5ta ed.). NewYork: McGraw- Hill.
- Enright, P.L. (2003). Aging of the Respiratory System. En W. Hazzard, J.P. Blass, J.B. Halter, J.G. Ouslander & M.E. Tinetti (Eds). *Principies of Geriatric Medicine and Gerontology* (5ta ed.). NewYork: McGraw- Hill.
- Erkula, G., Demirhan, F., Kilic, B. A. & Kiter, E. (2002). Hamstring shortening in healthy adults. *J Back Musculoskelet*, 16, 77-81.
- Esparza, F. (1993). *Manual de Cineantropometría* (1ª ed.). Monografías FEMEDE. Madrid: CREC FEMEDE.
- España Pons, M. & Puig Clota, M. (2004). Validación de la versión española del ICIQ-SF. Un cuestionario para evaluar la incontinencia urinaria. *Med Clin (Barc)*, 122(8), 288-92.
- España Pons, M., Puig Clota, M. & Rebollo Álvarez, P. (2006). Validación de la versión en español del Cuestionario de Autoevaluación del Control de la Vejiga (CACV). Un nuevo instrumento para detectar pacientes con disfunción del tracto urinario inferior. *Actas Urol Esp*, 30(10), 1017-24.
- España Pons, M., Rebollo Álvarez, P. & Puig Clota, M. (2004). Validación de la versión española del International Consultation on Incontinence Questionnaire-Short Form. Un cuestionario para evaluar la incontinencia urinaria. *Med Clin (Barc)*, 122(8), 288-92.
- España, M. (2003). Incontinencia de orina en la mujer. *Med Clin (Barc)*, 120, 464-72.
- España, M. (2006). Incontinencia de orina. *Med Clin (Barc)*, 7, 20-7.
- Fagnani, F., Giombini, A., Di Cesare, A., Pigozzi, F. & Di, S.V. (2006). The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *Am J Phys Med Rehabil*, 85(12), 956-62.
- Fairley, T.E. & Griffin, M.J. (1989). The apparent mass of the seated human body: vertical vibration. *J Biomech*, 22, 81-94.
- Feigenbaum M.S. & Pollock, M.L. (1997). Strength training: rationale for current guidelines for adult fitness programs. *Physician Sportsmed*, 25, 44-64.
- Fernández, G.N., Díaz, A.D., Pérez, H.B. & Rojas, P.A. (2002). Polifarmacia en el anciano. *Acta Med*, 10, 1-2.
- Fernández, J.M., Da Silva-Grigoletto, M.E. & Túnez-Fiñana, I. (2009). Estrés oxidativo inducido por el ejercicio. *Rev Andal Med Deporte*, 2(1), 19-34.
- Ferrandez, J.C. & Serin, D. (2006). *Rééducation et cancer de sein* (2a ed.). París: Elsevier Masson S.A.S.

- Ferrandez, J.C. & Theys, S. (2002). *Reeducación de los edemas de miembros inferiores* (2a ed.). Madrid: Masson.
- Ferrandez, J.C. & Torres, M. (2008). El drenaje linfático manual de la extremidad inferior: guía para una aplicación actual. *Cuest fisioter*, 37(3), 187-93.
- Ferreira-Valente, M., Pais-Ribeiro, J. & Jensen, M. (2011). Validity of four pain intensity rating scales. *PAIN*, 152, 2399-404.
- Fiatarone, M., Marks, E., Ryan, N., Meredith, C., Lipsitz, L. & Evans, W. (1990). High intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA*, 263, 3029-34.
- Figueres Orchillers, M. (2011). *Validación de diferentes métodos de medidas para valorar el edema en esguinces de tobillo*. (Trabajo Fin de Máster en Atención Fisioterápica en la Actividad Física y el Deporte). Universidad CEU Cardenal Herrera.
- Fitts, R.H., Riley D.R. & Widrick, J.J. (2001). Functional and structural adaptations of skeletal muscle to microgravity. *J Exp Biol*, 204, 3201-8.
- Fjeldstad, C., Palmer, I.J., Bemben, M.G. & Bemben, D.A. (2009). Wholebody vibration augments resistance training effects on body composition in postmenopausal women. *Maturitas*, 63(1), 79-83.
- Fjell, A.M. & Walhovd, K.B. (2010). Structural brain changes in aging: Courses, causes and cognitive consequences. *Rev Neurosci*, 21(3), 187-221.
- Fleck, S.J. & Kraemer, W.J. (1997). *Designing resistance training programs* (2a ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Flieger, J., Karachalios, T., Khaldi, L., Raptou, P. & Lyritis, G. (1998). Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats. *Calcif Tissue Int*, 63, 510-4.
- Fliser, D., Zeier, M., Nowack, R. & Ritz, E. (1993). Renal functional reserve in healthy elderly subjects. *J Am Soc Nephrol*, 3(7), 1371-7.
- Foley, D., Monjan, A., Brown, S., Simmonsick, E., Wallace, R. & Blazer, D. (1995). Sleep complaints among elderly people: an epidemiologic study of three communities. *Sleep*, 18, 425-32.
- Fontane, P.E. (1990). Exercise, fitness and feeling well. *A B S*, 39(3), 288-305. doi: 10.1177/0002764296039003006
- Fontecha, C. (1996). Los programas de especialización en actividad física de personas mayores. En *Actividad física y salud en la tercera edad*. II Conferencia Internacional AGREPA, 6-10 de septiembre de 1995. Madrid. Instituto Nacional de Servicios Sociales.
- Foster-Powell, K. & Brand, M.J. (2002). International tables of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am J Clin Nutr*, 76, 5-56.
- Franco, M.L. & Seoane de Lucas, A. (2001). Characteristics of chronic pain among the elderly: management. *Rev Soc Esp Dolor*, 8(1), 29-38.
- Frassetto, L. & Sebastian, A. (1996). Age and systemic acid-base equilibrium: analysis of published data. *J Gerontol Biol Sci*, 31, 91-9.

- Frassetto, L., Morris, R.C. & Sebastian, A. (1996). Effect of age on blood acidbase composition in adult humans: role of age related renal functional decline. *Am J Physiol*, 171, 1114-22.
- Friesenbichler, B., Nigg, B.M. & Dunn, J.F. (2013). Local metabolic rate during whole body vibration. *J Appl Physiol*, 114(10), 1421-5.
- Frontera, W., Meredith, C.N., O'Reilly, K. P., Knuttgen, H.G. & Evans, W.J. (1988). Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol*, 64(3), 1038-44.
- Fung, T.T., Malik, V., Rexrode, K.M., Manson, J.E., Willett, W.C. & Hu, F.B. (2009). Sweetened beverage consumption and risk of coronary heart disease in women. *Am J Clin Nutr*, 89(4), 1037-42.
- Furness, T., Bate, N., Welsh, L., Naughton, G. & Lorenzen, C. (2012). Efficacy of a whole-body vibration intervention to effect exercise tolerance and functional performance of the lower limbs of people with chronic obstructive pulmonary disease. *BMC Pulmonary Medicine*, 12, 71. doi:10.1186/1471-2466-12-71
- Furness, T., Joseph, C., Welsh, L., Naughton, G. & Lorenzen, C. (2013). Whole-body vibration as a mode of dyspnoea free physical activity: a community-based proof-of-concept trial. *BMC Research Notes*, 6(452), 1-4. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1756-0500/6/452>
- Furness, T.P. & Maschette, W.E. (2009). Influence of whole body vibration platform frequency on neuromuscular performance of community-dwelling older adults. *J Strength Cond Res*, 23(5), 1508-13. doi: 10.1519/JSC.0b013e3181a4e8f9.
- Furness, T.P., Maschette, W.E., Lorenzen, C., Naughton, G.A. & Williams, M.D. (2010). Efficacy of a whole-body vibration intervention on functional performance of community-dwelling older adults. *J Altern Complement Med*, 16(7), 795-7.
- Gabriel, D.A., Basford, J.R. & An, K.N. (2002). Vibratory facilitation of strength in fatigued muscle. *Arch Phys Med Rehab*, 83, 1202-5.
- Galanos, A.N., Pieper, F.C., Corroni-Huntley, J.C., Wales, C.W. & Fillenbaum, G.G. (1994). Nutrition and function: is there a relationship between Body Mass Index and the functional capabilities of community-dwelling elderly? *J Am Geriatr Soc*, 42, 368-73.
- Gáldiz Iturri, J.B. (2000). Función de los músculos respiratorios en la EPOC. *Arch Bronconeumol*, 36(5), 275-85.
- Gallagher, D., Heymsfield, S.B., Heo, M., Jebb, S.A., Murgatroyd, P.R. & Sakamoto, Y. (2000). Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr*, 72, 694-701.
- Garatachea, N., Jiménez, A., Bresciani, G., Mariño, N.A., González-Gallego, J. & De Paz, J.A. (2007). The effects of movement velocity during squatting on energy expenditure and substrate utilization in whole-body vibration. *J Strength Cond Res*, 21(2), 594-8.
- García de la Banda, G., Martínez-Abascal, M.A., Riesco, M. & Pérez, G. (2004). La respuesta de cortisol ante un examen y su relación con otros acontecimientos

- estresantes y con algunas características de personalidad. *Psicothema*, 16(2), 294-8.
- García Pedraja, M.H. & Noda Rodríguez, Y. (2012). Propuesta de una batería de pruebas funcionales para la valoración de la condición física funcional en personas mayores que realizan actividad física. *EFDeportes.com, Revista Digital*. Buenos Aires, 15, 166. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/>
- García-Artero, E., Ortega Porcel, F.B., Ruiz, J.R. & Carreño Gálvez, F. (2006). Entrenamiento vibratorio. Base fisiológica y efectos funcionales. *Selección*, 15(2), 78-86.
- García-Grau, E., Fusté Escolano, A. & Bados López, A. (2008). Manual de entrenamiento en respiración. Disponible en: <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/3941/1/MANUAL%20DE%20ENTRENAMIENTO%20EN%20RESPIRACI%c3%93N.pdf>
- García-Manso, J.M., Vázquez Pérez, I., Hernández Rodríguez, R. & Tous Fajardo, J. (2002). Efecte de dos mètodes d'entrenament de la força sobre la musculatura extensora de l'articulació del genoll. *Apunts Medicina de l'Esport*, 139, 15-22.
- Geiger, H. & Van Zant, G. (2002). The aging of lympho-hematopoietic stem cells. *Nat Immunol*, 3, 329-33. doi:10.1038/ni0402-329
- Gershon, D. (1999). The mitochondrial theory of aging: is the culprit a faulty disposal system rather indigenous mitochondrial alterations? *Exp Gerontol*, 34(5), 613-9. doi: 10.1016/S0531-5565(99)00010-8
- Gewandter, J.S., Smith, S.M., McKeown, A., Burke, L.B., Hertz, S.H., Hunsinger, M. et al. (2014). Reporting of primary analyses and multiplicity adjustment in recent analgesic clinical trials: ACTION systematic review and recommendations. *PAIN*, 155, 461-6.
- Gianutsos, J.G., Ahn, J.H., Richter, E.F., Heath-Gyorok, S. & Grynbaum, B.B. (2001). The effects of whole body vibration on reflex-induced standing in persons with chronic and acute spinal cord injury. *Arch Phys Med Rehab*, 81, 129.
- Gianutsos, J.G., Oakes, L.C., Siasoco, V., Appelblatt, S., Hamel, J. & Gold, J.T. (2001). Motor rehabilitation of spinal cord dysfunction by means of whole body vibration. *Arch Phys Med Rehab*, 82, 222.
- Gianutsos, J.G., Vainrib, A.F., Weissbart, S., Ragucci, M., Hutchinson, M. & Ahn, J.H. (2004). Long-Term potentiation as a possible mechanism for vibration-induced reflex standing 8 years after SCI. *Arch Phys Med Rehab*, 85, 50.
- Gil Gregorio, P. (2000). Bases fisiológicas del envejecimiento cerebral. *Rev Mult Gerontol*, 10(2), 66-9.
- Gilchrest, B.A. (1986). The aging skin. *Dermatol Clin*, 4, 345-51.
- Gillespie, L.D., Gillespie, W.J., Robertson, M.C., Lamb, S.E., Cumming, R.G. & Rowe, B.H. (2009). WITHDRAWN: Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev*, 15(2), CD000340. doi: 10.1002/14651858.CD000340.pub2
- Gillespie, L.D., Gillespie, W.J., Robertson, M.C., Lamb, S.E., Cumming, R.G. & Rowe, B.H. (2009). Interventions for preventing falls in elderly people. *Cochrane Database Syst Rev*, 15(2), CD000340.

- Gillespie, L.D., Robertson, M.C., Gillespie, W.J., Sherrington, C., Gates, S., Clemson, L.M. *et al.* (2012). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database Syst Rev*, 9, 1-289. doi: 10.1002/14651858.CD007146.pub3
- Ginaldi, L., Loreto, M. F., Corsi, M.P., Modesti, M. & De Martinis, M. (2001). Immunosenescence and infectious diseases. *Microbes Infect*, 3(10), 851-7.
- Gloeckl, R., Heinzelmann, I., Baeuerle, S., Damm, E., Schwedhelm, A., Diril, M. *et al.* (2012). Effects of whole body vibration in patients with chronic obstructive
- Goel, V.K., Park, H. & Kong, W. (1994). Investigation of vibration characteristics of the ligamentous lumbar spine using the finite element approach. *J Biomech Eng*, 116(4), 377-83.
- Golding, L. A., Myers, C. R. & Sinning, W. E. (1989). *Y's way to physical fitness* (3a ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Gómez Cabello, A., González Agüero, A., Ara, I., Casajús, J.A. & Vicente Rodríguez, G. (2013). Effects of a short-term whole body vibration intervention on lean mass in elderly people. *Nutr Hosp*, 28(4), 1255-8. doi: 10.3305/nh.2013.28.4.6491
- Gómez Rinesi, J.F., Saiach, S. & Lecuna, N. (2000). Envejecimiento. *Revista de Posgrado de la Cátedra Via Medicina*, 100, 21-3.
- Gómez-Cabello, A., Ara, I., González-Agüero, A., Casajús, J.A. & Vicente-Rodríguez, G. (2012). Effects of training on bone mass in older adults. A systematic review. *Sports Med*, 42(4), 301-25. doi: 10.2165/11597670-000000000-00000
- González Caballero, P. & Ceballos Díaz, J.L. (2003). Manual de antropometría. Disponible en: <http://www.inder.cu/indernet/provincias/.../medicina%20deportiva.pdf>
- González Ravé, J.M. & Vaquero Abellán, M. (2000). Indicaciones y sugerencias sobre el entrenamiento de fuerza y resistencia en ancianos. *Rev Int Med Cienc Act Fís Deporte*, 1(1), 10-26.
- Gosselink, K.L., Roy, R.R., Zhong, H., Grindeland, R.E., Bigbee, A.J. & Edgerton, V.R. (2004). Vibration-induced activation of muscle afferents modulates bioassayable growth hormone release. *J Appl Physiol*, 96, 2097-102.
- Goto, K. & Takamatsu, K. (2005). Hormone and lipolytic responses to whole body vibration in young men. *Jpn J Physiol*, 55, 279-84.
- Griffin, M.J. (1990). *Handbook of human vibration*. London: Elviesier Academic Press.
- Griffin, M.J. (1997). Vibration and motion. En G. Salvendy (Ed.) *Handbook of human factors and vibration* (pp. 829-57). New York: John Wiley and Sons.
- Gronbaek, E. (2000). Pain and functional disability. *Clin Exp Rheumatol*, 18, S19–S21.
- Guía Española de Hipertensión Arterial (2005). Sociedad Española de Hipertensión-Liga Española para la Lucha contra la Hipertensión Arterial (SEH-LELHA). Disponible en: <http://www.seh-lelha.org> > Monografías
- Gusi, N., Parraca, J.A., Olivares, P.R., Leal, A. & Adsuar, J.C. (2010). Tilt vibratory exercise and the dynamic balance in fibromyalgia: a randomized controlled trial. *Arthritis Care Res*, 62(8), 1072-8. doi: 10.1002/acr.2018

- Gusi, N., Raimundo, A. & Leal, A. (2006). Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: A randomized controlled trial. *BMC Musculoskelet Disord*, 7, 92. doi: 10.1186/1471-2474-7-92
- Guszkowska, M. (2004). Effects of exercise on anxiety, depression and mood. *Psychiatr Pol*, 38(4), 611-20.
- Guzun, R., Aguilaniu, B., Wuyam, B., Mezin, P., Koechlin-Ramonatxo, C., Auffray, C. et al. (2012). Effects of training at mild exercise intensities on quadriceps muscle energy metabolism in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Acta Physiol*, 205(2), 236-46. doi: 10.1111/j.1748-1716.2011.02388.x
- Gyetko, M.R. & Toews, G.B. (1993). Immunology of the aging lung. *Clin Chest Med*, 14(3), 379-91.
- Haas, C. & Schmidtleicher, D. (2002). Zu den effekten mechanischer schwingungsreize bei m Parkinson. *Rheuma Aktuell*, 3, 8-10.
- Haas, C. & Schmidtleicher, D. (2003). Effects of wholebody-vibration on motor control in Parkinson's disease. *J Neurol Trans*, 110, 66.
- Haas, C., Hochsprung, A., Turbanski, S., Brand, S. & Schmidtleicher, D. (2004). Effects of whole-body-vibration in rehabilitation of spinal cord injury patients. *J Neurol*, 251, 433.
- Haas, C., Turbanski, S. & Schmidtleicher, D. (2004). Nerval and mechanical rhythms in rehabilitative balance training. *Isokinet Exerc Sci*, 12, 54-5.
- Haas, C., Turbanski, S., Kaiser, I. & Schmidtleicher, D. (2004). Effects of whole-body-vibration on postural control in Parkinson's disease. *Mov Disord*, 19, 518.
- Haas, C., Turbanski, S., Kaiser, I. & Schmidtleicher, D. (2004). Postural control training in Parkinson's disease. *Isokinet Exerc Sci*, 12, 12-3.
- Haas, C.T., Turbanski, S., Kessler, K. & Schmidtleicher, D. (2006). The effects of random wholebody-vibration on motor symptoms in Parkinson's disease. *NeuroRehabilitation*, 21, 29-36.
- Haddad, F. & Adams, G.R. (2006). Aging sensitive cellular and molecular mechanisms associated with skeletal muscle hypertrophy. *J Appl Physiol*, 100, 1188-203.
- Hagerman, F., Walsh, S., Staron, R., Hikida, R., Gilders, R. & Murray, T. (2000). Effects of highintensity resistance training on untrained older men. I. Strength, cardiovascular, and metabolic responses. *J Gerontol A: Biol Sci Med Sci*, 55, 336-46.
- Hakkinen, A., Kukka, A., Onatsu, T., Jarvenpaa, S., Heinonen, A., Kyrolainen, H. et al. (2008). Health-related quality of life and physical activity in persons at high risk for type 2 diabetes. *Disabil Rehabil*, 25, 1-7.
- Häkkinen, K. & Komi, P.V. (1985). Alteration of mechanical characteristic of human skeletal muscle during strength training. *J Appl Physiol*, 50, 161-2.
- Harman, D. (1956). Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. *J Gerontol*, 11(3), 298-300.
- Harman, D. (1981). The aging process. *Proc Natl Acad Sci USA*, 78, 7124-8.

- Harris, T., Cook, E.F., Kanne, I.W. & Goldman, L. (1989). Proportional hazards analysis of risk factors for coronary heart disease in individuals aged 65 or older. The Framingham Heart Study. *JAGS*, 36, 1023-8.
- Hayflick, I. (2000). The future of ageing. *Nature*, 408, 267-9. doi: 10.1038/35041709
- Heikkinen, K., Hallinen, M., Izquierdo, M., Jokelainen, K., Lassila, E., Kraemer, W. et al. (1998). Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middle-aged and older people. *J Appl Physiol*, 84, 1341-9.
- Henderson, C.T. (1989). Approaches to nutritional care in the elderly. *Compr Ther*, 15(6), 25-30.
- Hernández Ramos, F. (2012). *Que tus alimentos sean tu medicina*. Barcelona: RBA libros.
- Himms-Hagen, J. (1989). Brown adipose tissue thermogenesis and obesity. *Prog Lipid Res*, 1828, 67-115.
- Hjermstad, M.J., Fayers, P.M., Haugen, D.F., Caraceni, A., Hanks, G.W., Loge, J.H. et al. (2011). Studies comparing Numerical Rating Scales, Verbal Rating Scales, and Visual Analogue Scales for assessment of pain intensity in adults: a systematic literature review. *J Pain Symptom Manage*, 41(6), 1073-93. doi: 10.1016/j.jpainsymman.2010.08.016
- Hoffman-Goetz, L. & Pedersen, B. K. (1994). Exercise and immune response: a model of the stress response? *Immunology Today*, 15(8), 382-7.
- Hollins, M. & Roy, E.A. (1996). Perceived intensity of vibrotactile stimuli: the role of mechanoreceptive channels. *Somatosens Mot Res*, 13(3-4), 273-86.
- Homero, E. (2000). Algunos cambios asociados al envejecimiento. *Boletín de la Escuela de Medicina*, 29(1-2). Disponible en: <http://escuela.med.puc.cl/publ/Boletin/Geriatria/AlgunosCambios.html#>
- Howe, T.E., Rochester, L., Neil, F., Skelton, D.A. & Ballinger, C. (2011). Exercise for improving balance in older people. *Cochrane Database Syst Rev*, 11, 1-73. doi: 10.1002/14651858.CD004963.pub3
- Hsieh, M.J., Lan, C.C., Chen, N.H., Huang, C.C., Wu, Y.K., Cho, H.Y. et al. (2007). Effects of high-intensity exercise training in a pulmonary rehabilitation programme for patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Respirology*, 12(3), 381-8.
- Hsieh, S.S., Hsu, T.G. & Lin, H.Y. (1999). The effects of one-week high intensity endurance training on lymphocyte function and natural killer cells. *MSSE*, 31(5), 59.
- Ingber, D.E. (2003). Tensegrity I. Cell structure and hierarchical systems biology. *J Cell Sci*, 116, 1157-73.
- Ingber, D.E. (2006). Cellular mechanotransduction: putting all the pieces together again. *FASEB J*, 20, 811-27.
- Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO). (2006). Informe 2006. Las Personas Mayores en España. Datos Estadísticos Estatales y por Comunidades Autónomas. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. Secretaría

de Estado de Servicios Sociales, Familias y Discapacidad. Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO).

International Continence Society (1977). <http://www.ics.org/>

Iritani, N., Sugimoto, T., Fukuda, H. & Tomoe, K. (2002). Changes in UCP family expressions in rat tissues due to diet and aging. *J Nutr Sci Vitaminol*, 48, 410-6.

Ishitake, T., Kano, M., Miyazaki, Y., Ando, H., Tsutsumi, A. & Matoba, T. (1998). Whole-body vibration suppresses motility in healthy men. *Ind Health*, 36, 93-7.

Ishitake, T., Miyazaki, Y., Ando, H. & Matoba, T. (1999). Suppressive mechanism of gastric motility by whole-body vibration. *Int Arch Occup Environ Health*, 72, 469-74.

Issurin, V. B. & Tenenbaum, G. (1999). Acute and residual effects of vibratory stimulation on explosive strength in elite and amateur athletes. *J Sports Sci*, 17(3), 177-82.

Issurin, V.B., Liebermann, D.G. & Tenenbaum, G. (1994). Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility. *J Sports Sci*, 12, 561-6.

Iwamoto, J., Otaka, Y., Kudo, K., Takeda, T., Uzawa, M. & Hirabayashi, K. (2004). Efficacy of training program for ambulatory competence in elderly women. *Keio J Med*, 53, 85-9.

Iwamoto, J., Takeda, T., Sato, Y. & Uzawa, M. (2005). Effect of whole-body vibration exercise on lumbar bone mineral density, bone turnover, and chronic back pain in postmenopausal osteoporotic women treated with alendronate. *Aging Clin Exp Res*, 17(2), 157-63.

Izawa, K.P., Watanabe, S., Yokoyama, H., Hiraki, K., Morio, Y., Oka, K. et al. (2007). Muscle strength in relation to disease severity in patients with congestive heart failure. *Am J Phys Med Rehabil*, 86(11), 893-900.

Izquierdo, M., Ibáñez, J., Häkkinen, K., Kraemer, W.J., Larrión, J.L. & Gorostiaga, E.M. (2004). Once weekly combined resistance and cardiovascular training in healthy older men. *Med Sci Sports Exerc*, 36, 435-43.

Jackson, A.W. & Baker, A.A. (1986). The relationship of the sit and reach test to criterion measures of hamstring and back flexibility in young females. *Res Q Exercise Sport*, 57, 183-6.

Jackson, A.W. & Langford, N.J. (1989). The criterion-related validity of the sit and reach test: Replication and extension of the previous findings. *Res Q Exercise Sport*, 60, 384-5.

Jackson, S.W. & Turner, D.L. (2003). Prolonged vibration reduces maximal voluntary knee extension performance in both the ipsilateral and the contralateral limb in man. *Eur J Appl Physiol*, 88, 380-6.

James, T.W. (1999). The 30-second arm curl test as an indicator of upper body strength in older adults. Unpublished master's thesis. California State University, Fullerton.

Janssens, J.P., Pache, J.C. & Nicod, L.P. (1999). Physiological changes in respiratory function associated with ageing. *Eur Respir J*, 13(1), 197-205.

- Jaywant, S. & Pai, A. (2004). A comparative study of pain measurement scales in acute burn patients. *Indian J Occup Ther*, 25(3), 13-7.
- Jazwinski, S.M. (1996). Longevity, genes and aging. *Science*, 273(5271), 54-9.
- Jenkins, D.J., Kendall, C.W., Augustin, L.S., Franceschi, S., Hamidi, M., Marchie, A. et al. (2002). Glycemic index: overview of implications in health and disease. *Am J Clin Nutr*, 76, 266-73.
- Jenkins, D.J., Wolever, T.M., Taylor, R.H., Barker, H., Fielden, H., Baldwin, J.M. et al. (1981). Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *Am J Clin Nutr*, 34(3), 362-6.
- Jiménez-Genchi, A., Monteverde-Maldonado, E., Nenclares-Portocarrero, A., Esquivel-Adame, G. & Vega-Pacheco, A. (2008). Confiabilidad y análisis factorial de la versión en español del índice de calidad de sueño de Pittsburgh en pacientes psiquiátricos. *Gac Med Mex*, 144(6), 491-6.
- Jiménez, M.C. (2007). *Efectos que un programa integral de actividad física dirigida tiene sobre los niveles plasmáticos de lípidos en una población de mujeres de 60 años y más*. (Tesis Doctoral). Universidad de Jaén, Jaén.
- Jirtle, R. & Skinner, M. (2007). Environmental epigenomics and disease susceptibility. *Nat Rev Genet*, 8(4), 253-62.
- Johnson, A.W., Myrer, J.W., Hunter, I., Feland, J.B., Hopkins, J.T., Draper, D.O. et al. (2010). Whole-body vibration strengthening compared to traditional strengthening during physical therapy in individuals with total knee arthroplasty. *Physiother Theory Pract*, 26(4), 215-25.
- Johnston, R.M., Bishop, B. & Coffey, G.H. (1970). Mechanical vibration of skeletal muscles. *Phys Ther*, 50, 499-505.
- Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the fifth report of the Joint National Committee on Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure (JNC V) (1993). *Arch Intern Med*, 153, 154-83.
- Jordan, M.J., Norris, S.R., Smith, D.J. & Herzog, W. (2005). Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations. *J Strength Cond Res*, 19, 459-66.
- Judex, S., Donahue, L.R. & Rubin, C. (2002). Genetic predisposition to low bone mass is paralleled by an enhanced sensitivity to signals anabolic to the skeleton. *FASEB J*, 16(10), 1280-2.
- Judex, S., Gupta, S. & Rubin, C. (2009). Regulation of mechanical signals in bone. *Orthod Craniofac Res*, 12(2), 94-104.
- Juez Martel, P. (2001). *Herramientas estadísticas para la investigación en medicina y economía de la salud*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Katz, S., Branch, L.G., Branson, M.H., Papsidero, J.A., Beck, J.C. & Greer, D.S. (1983). Active life expectancy. *N Engl J Med*, 309(20), 1218-24.
- Kavounoudias, A., Roll, R. & Roll, J.P. (1999). Specific whole-body shifts induced by frequency-modulated vibrations of human plantar soles. *Neurosci Lett*, 266, 181-4.

- Kawanabe, K., Kawashima, A., Sashimoto, I., Takeda, T., Sato, Y. & Iwamoto, J. (2007). Effect of whole-body vibration exercise and muscle strengthening, balance, and walking exercises on walking ability in the elderly. *Keio J Med*, 56(1), 28-33.
- Kennis, E., Verschueren, S.M., Bogaerts, A., Coudyzer, W., Boonen, S. & Delecluse, C. (2013). Effects of fitness and vibration training on muscle quality: a 1-year postintervention follow-up in older men. *Arch Phys Med Rehab*, 94, 910-8.
- Kerschan-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V. et al. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clin Physiol*, 21(3), 377-82.
- Kihlberg, S., Attebrant, M., Gemme, G. & Kjellberg, A. (1995). Acute effects of vibration from a chipping hammer and a grinder on the hand-arm system. *Occup Environ Med*, 52(11), 731-7.
- Kiiski, J., Heinonen, A., Järvinen, T.L., Kannus, P. & Sievänen, H. (2008). Transmission of vertical whole body vibration to the human body. *J Bone Miner Res*, 23(8), 1318-25.
- Kirkwood, T.B. & Austad, S.N. (2000). Why do we age? *Nature*, 408, 233-8. doi:10.1038/35041682
- Kitazaki, S. & Griffin, M.J. (1998). Resonance behaviour of the seated human body and effects of posture. *J Biomech*, 31(2), 143-9.
- Kjellberg, A. & Wikstrom, B.O. (1987). Acute effects of whole-body vibration. Stabilography and electrogastrography. *Scand J Work Environ Health*, 13, 243-6.
- Klaassen, G. (2002). Enfermedad cerebrovascular. *Rev Medicina Interna (Concepción)*, 6, 1-20.
- Knapowski, J., Wieczorowska-Tobis, K. & Witowski, J. (2002). Pathophysiology of ageing. *J Physiol Pharmacol*, 53, 135-46.
- Komi, P.V., Viitasalo, J.T., Raurama, R. & Vihko, V. (1978). Effect of isometric strength training on mechanical, electrical, and metabolic aspects of muscle function. *Eur J Appl Physiol*, 40, 45-55.
- Kossev, A., Siggelkow, S., Kapels, H., Dengler, R. & Rollnik, J.D. (2001). Crossed effects of muscle vibration on motor-evoked potentials. *Clin Neurophysiol*, 112, 453-6.
- Kossev, A., Siggelkow, S., Schubert, M., Wohlfarth, K. & Dengler, R. (1999). Muscle vibration: different effects on transcranial magnetic and electrical stimulation. *Muscle Nerve*, 22, 946-8.
- Kouzaki, M., Shinohara, M. & Fukunaga, T. (2000). Decrease in maximal voluntary contraction by tonic vibration applied to a single synergist muscle in humans. *J Appl Physiol*, 89, 1420-4.
- Kraemer, W.J., Fry, A.C., Warren, B.J., Stone, M.H., Fleck, S.J., Kearney, J.T. et al. (1992). Acute hormonal responses in elite junior weightlifters. *Int J Sports Med*, 13, 103-9.

- Kraemer, W.J., Häkkinen, K., Newton, R., Nindl, B., Volek, J., McCormick, M. *et al.* (1999). Effects of heavy-resistance training on hormonal response patterns in younger vs. older men. *J Appl Physiol*, 87, 982-92.
- Kraut, J.A. & Madias, N.E. (2010). Metabolic acidosis: pathophysiology diagnosis and management. *Nat Rev Nephrol*, 6, 274-85.
- Kubilius, R., Jasiukeviciene, L., Grizas, V., Kubiliene, L., Jakubseviciene, E. & Vasiliauskas, D. (2012). The impact of complex cardiac rehabilitation on manifestation of risk factors in patients with coronary heart disease. *Medicina (Kaunas)*, 48(3), 166-73.
- Labiano, L.M. (1996). La técnica de la respiración: aportes psicoterapéuticos. *Salud Mental V*, 19(4), 31-5.
- Lackner, J.R. (1984). Some influences of tonic reflexes on the position sense of the contralateral limb. *Experim Neurol*, 85(1), 107-13.
- Lai, C.L., Chen, H.Y., Tseng, S.Y., Liao, W.C., Liu, B.T., Lee, M.C. *et al.* (2014). Effect of whole-body vibration for 3 months on arterial stiffness in the middle-aged and elderly. *Clin Interv Aging*, 9, 821-8. doi: 10.2147/CIA.S60029
- Lai, C.L., Tseng, S.Y., Chen, C.N., Liao, W.C., Wang, C.H., Lee, M.C. *et al.* (2013). Effect of 6 months of whole body vibration on lumbar spine bone density in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Clin Interv Aging*, 8, 1603-9. doi: 10.2147/CIA.S53591
- Lakatta, E.G. (1993). Cardiovascular regulatory mechanisms in advanced age. *Physiol Rev*, 73, 413-67.
- Lakatta, E.G. (2000). Cardiovascular aging in health. *Clin Geriatr Med*, 16(3), 419-44.
- Lam, F.M., Lau, R.W., Chung, R.C. & Pang, M.Y. (2012). The effect of whole body vibration on balance, mobility and falls in older adults: a systematic review and meta-analysis. *Maturitas*, 72(3), 206-13. doi: 10.1016/j.maturitas.2012.04.009
- Lansdrop, P.M., Dragowska, W., Thomas, T.E., Little, M.T. & Madani, H. (1994). Age-related decline in proliferative potential of purified stem cell candidates. *Blood Cells*, 20, 376-80.
- Lau, R.W., Teo, T., Yu, F., Chung, P.H. & Pang, M.Y. (2011). Effects of whole-body vibration on sensorimotor performance in people with Parkinson disease: a systematic review. *Phys Ther*, 91, 198-209.
- Laughlin, M.H. (1994). Effects of exercise training on coronary circulation: introduction. *Med Sci Sports Exerc*, 26(10), 1226-9.
- Lauper, M., Kuhn, A., Gerber, R., Luginbühl, H. & Radlinger, L. (2009). Pelvic floor stimulation: What are the good vibrations? *Neurol Urodyn*, 28(5), 405-10. doi: 10.1002/nau.20669
- Lautenschlager, N.T., Cox, K.L., Flicker, L., Foster, J.K., Van Bockxmeer, F.M., Xiao, J. *et al.* (2008). Effect of physical activity on cognitive function in older adults at risk for Alzheimer disease: a randomized trial. *JAMA*, 300(9), 1077-9.
- Lawton, M.P. & Brody, E.M. (1969). Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *The Gerontologist*, 9(3), 179-86.

- Lebedev, M.A. & Poliakov, A.V. (1991). Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration. *Neirofiziologiia*, 23(1), 57-65.
- LeMaout, J., Szabo, P. & Weksler, M. E. (1997). Effect of age on humoral immunity, selection of the B-cell repertoire and B-cell development. *Immunol Rev*, 160, 115-26.
- Lieberman, D.G. & Issurin, V. (1997). Effort perception during isotonic muscle contractions with superimposed mechanical vibratory stimulation. *J Hum Movement Stud*, 32, 171-86.
- Lindeman, R.D., Tobin, J. & Shock, N.W. (1985). Longitudinal studies on the rate of decline in renal function with age. *J Am Geriatr Soc*, 33(4), 278-85.
- Lindgren, A.M., Svärdsudd, K. & Tibblin, G. (1994). Factors related to perceived health among elderly people: the Albertina project. *Age Ageing*, 23, 328-33.
- Lindle, R.S., Metter, E.J., Lynch, N.A., Fleg, J.L., Fozard, J.L., Tobin, J. et al. (1997). Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 years. *J Appl Physiol*, 83, 1581-7.
- Lings, S. & Leboeuf-Yde, C. (2000). Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992-1999. *Int Arch Occup Environ Health*, 73, 290-7.
- Lira, F.S., Rosa, J.C., Lima-Silva, A.E., Souza, H.A., Caperuto, E.C., Seelaender, M.C. et al. (2010). Sedentary subjects have higher PAI-1 and lipoproteins levels than highly trained athletes. *Diabetol Metab Syndr*, 2, 7. doi: 10.1186/1758-5996-2-7
- Liu-Ambrose, T. & Donaldson, M.G. (2009). Exercise and cognition in older adults: is there a role for resistance training programmes? *Br J Sports Med*, 43(1), 25-7.
- Liu, J., Sekiya, I., Asai, K., Tada, T., Kato, T. & Matsui, N. (2001). Biosynthetic response of cultured articular chondrocytes to mechanical vibration. *Res Exp Med (Berl)*, 200, 183-93.
- Ljungquist, B., Berg, S., Lanke, J., McLearn, G.E. & Pedersen, N.L. (1998). The effect of genetic factors for longevity: a comparison of identical and fraternal twins in the Swedish. *J Gerontol*, 53, 441-6.
- Lohman, E., Petrofsky, J., Maloney-Hinds, C., Betts-Schwab, H. & Thorpe, D. (2007). The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Med Sci Monit*, 13(2), CR71-6.
- López Cano, Z. (2002). Valoración del dolor. *Aseedar-td*, 7, 24-7.
- López Trigo, J.A. (2000). Envejecimiento de los órganos de los sentidos. Cómo adaptarse al cambio. 31º Congreso de la Sociedad Andaluza de Geriatria y Gerontología. Jerez, del 14 al 16 de octubre. Los nuevos mayores retos del envejecimiento activo.
- López-Luzardo, M. (2009). Las dietas hiperproteicas y sus consecuencias metabólicas. *An Venez Nutr*, 22(2), 95-104.
- Los Santos, S.F. (2002). La recreación en la tercera edad. *Lecturas: Educación Física y Deportes*, 45. Disponible en: <http://www.efdeportes.com/efd45/edad.htm>

- Losonczy, K.G., Harris, T.B., Cornoni-Huntley, J., Simonsick, E.M., Wallace, R.B., Cook, N.R. *et al.* (1995). Does weight loss from middle age to old age explain the inverse weight mortality relation in old age? *Am J Epidemiol*, 141, 312-21.
- Luginbuehl, H., Lehmann, C., Gerber, R., Kuhn, A., Hilfiker, R., Baeyens, J.P. *et al.* (2012). Continuous versus intermittent stochastic resonance whole body vibration and its effect on pelvic floor muscle activity. *Neurourol Urodyn*, 31(5), 683-7. doi: 10.1002/nau.21251
- Lundeberg, T. (1984). Vibratory stimulation for the alleviation of pain. *Am J Chin Med*, 12(1-4), 60-70.
- Lundeberg, T.M. (1984). Vibratory stimulation for the alliviation of chronic pain. *Acta Physiol Scand*, 523, 1-51.
- Lundström, M.R. & Burstöm, L. (1984). Vibrations in hand held tools. The Swedish National Board of Occupational Safety and Health. *Invest Rep*, 84, 1-111.
- Luo, J., McNamara, B. & Moran, K. (2005). The use of vibration training to enhance muscle strength and power. *Sports Med*, 35(1), 23-41.
- Luo, J., Sakakibara, H., Zhu, S.K., Kondo, T. & Toyoshima, H. (2000). Effect of vibration magnitude and repetitive exposure on finger blood flow in healthy subjects. *Int Arch Occup Environ Health*, 73, 281-4.
- MacEwen, B.S. (1998). Protective and damaging effects of stress mediators. *N England J Med*, 388(3), 171-9.
- Machado, A., García-López, D., González-Gallego, J. & Garatachea, N. (2010). Whole-body vibration training increases muscle strength and mass in older women: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*, 20(2), 200-7. doi: 10.1111/j.1600-0838.2009.00919.x
- Macias, J.F. (1990). Hipertensión en ancianos. *Hipertensión*, 7, 236-40.
- Mackay-Sim, A., Johnston, A.N., Owen, C. & Burne, T.H. (2006). Olfactory ability in the healthy population: reassessing presbyosmia. *Chem Senses*, 31(8), 763-71.
- Maddalozzo, G.F., Iwaniec, U.T., Turner, R.T., Rosen, C.J. & Widrick, J.J. (2008). Whole-body vibration slows the acquisition of fat in mature female rats. *Int J Obes (Lond)*, 32, 1348-54.
- Magnusson, S.P., Aagaard P., Larsson, B. & KJaer, M. (2000). Passive energy absorption by human muscle tendon unit is unaffected by increase in intramuscular temperature. *J Appl Physiol*, 88, 1215-20.
- Magnusson, S.P., Aagaard, P., Simonsen, E. & Bojsen-Moller, F. (1998). A biomechanical evaluation of cyclic and static stretch in human skeletal muscle. *Int J Sports Med*, 19, 310-6.
- Maloney-Hinds, C., Petrofsky, J.S. & Zimmerman, G. (2008). The effect of 30 Hz vs 50 Hz passive vibration and duration of vibration on skin blood flow in the arm. *Med Sci Monit*, 14(3), CR112-6.
- Malovichko, O. L., Krysko, A.A., Kabanova, T.A., Andronati, S.A., Grishkovets, V.I., Kachala, V.V. *et al.* (2009). Derivatives of 1,2,3,4-tetrahydroisoquinoline-7-carboxylic acid as novel fibrinogen receptor antagonists. *Med Chem*, 5(2), 158-64.

- Mansfield, N.J. & Griffin, M.J. (2000). Non-linearities in apparent mass and transmissibility during exposure to whole-body vertical vibration. *J Biomech*, 33, 933-41.
- Manz, F. (2001). History of nutrition and acid-base physiology. *Eur J Nutr*, 40(5), 189-99.
- Mao, C.C., McGill, K.C. & Dorfman, L.J. (1990). Muscle vibration facilitates orderly recruitment of motor units. *Electromyogr Motor C*, 30, 245-52.
- Marín, P.J., Martín-López, A., Vincente-Campos, D., Angulo-Carrere, M.T., García-Pastor, T., Garatachea, N. et al. (2011). Effects of vibration training and detraining on balance and muscle strength in older adults. *J Sports Sci Med*, 10, 559-64.
- Marquess, J.G. (2008). The elderly and diabetes: an age trend and an epidemic converging. *Consult Pharm*, 23(Suppl B), 5-11.
- Márquez Arabia, J.J., Ramón Suárez, G. & Márquez Tróchez, J. (2012). El ejercicio en el tratamiento de la diabetes mellitus tipo 2. *RAEM*, 49(4), 203-12.
- Marsden, C.E., Meadows, J.C. & Hodgson, H.J. (1969). Observations of the reflex response to muscle vibration in man and its voluntary control. *Brain*, 92, 829-46.
- Martínez Pardo, E., Alcaraz, P.E., Mesa, F. & Carrasco, L. (2008). Efecto de un entrenamiento vibratorio sobre la cinemática de la glucosa, presión arterial, y dinamometría manual. *A M D*, 25(126), 271-8.
- Martínez, I., De Paz, J. & Cuadrado, G. (2002). Efecto del entrenamiento de desarrollo muscular sobre la fuerza isométrica máxima en jugadores de balonmano en las etapas de formación. *RendimientoDeportivo.com*, 1. Disponible en: <http://www.RendimientoDeportivo.com/N001/Artic006.htm>
- Masanés, F., Navarro, M., Sacanella, E. & López, A. (2010). ¿Qué es la sarcopenia? *Semin Fund Esp Reumatol*, 11(1), 14-23.
- Masliyah, E., Mallory, M., Hansen, L., DeTeresa, R. & Terry, R.D. (1993). Quantitative synaptic alterations in the human neocortex during normal aging. *Neurology*, 43(1), 192-197.
- Mason, R.R., Cochrane, D.J., Denny, G.J., Firth, E.C. & Stannard, S.R. (2012). Is 8 weeks of side-alternating whole-body vibration a safe and acceptable modality to improve functional performance in multiple sclerosis? *Disabil Rehabil*, 34(8), 647-54. doi: 10.3109/09638288.2011.615370
- Mastin, D., Bryson, J. & Corwyn, R. (2006). Assessment of sleep hygiene using the sleep hygiene index. *J Behavioral Med*, 29, 223-7.
- Mata-Ordóñez, F., Chulvi-Medrano, I., Heredia-Elvar, J.R., Moral-González, S., Marcos-Becerro, J.F. & Da Silva-Grigolotto, M.E. (2013). Sarcopenia and resistance training: actual evidence. *J Sport Health Res*, 5(1), 7-24.
- Mazzeo, R.S. & Tanaka, H. (2001). Exercise prescription for the elderly, current recommendations. *Sports Med*, 31, 809-18.
- McCall, G.E., Goulet, C., Grindeland, R.E., Hodgson, J.A., Bigbee, A.J. & Edgerton, V.R. (1997). Bed rest suppresses bioassayable growth hormone release in response to muscle activity. *J Appl Physiol*, 83, 2086-90.

- McCall, G.E., Goulet, C., Roy, R.R., Grindeland, R.E., Boorman, G.I., Bigbee, A.J. *et al.* (1999). Spaceflight suppresses exercise-induced release of bioassayable growth hormone. *J Appl Physiol*, 87, 1207-12.
- McCall, G.E., Grindeland, R.E., Roy, R.R. & Edgerton, V.R. (2000). Muscle afferent activity modulates bioassayable growth hormone in human plasma. *J Appl Physiol*, 89, 1137-41.
- McClaran, S.R., Babcock, M.A., Pegelow, D.F., Reddan, W.G. & Dempsey, J.A. (1985). Longitudinal effects of aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *J Appl Physiol*, 78(5), 1957-68.
- McClaran, S.R., Babcock, M.A. & Pegelow, D.F. (1995). Longitudinal effects of aging on lung function at rest and exercise in healthy active fit elderly adults. *J Appl Physiol*, 78, 1957-68.
- McCollum, M., Burch, W. & Roessler, R. (1969). Personality and respiratory responses to sound and light. *Psychophysiol*, 6, 291-300.
- McDonagh, M.J. & Davies, C.T. (1984). Adaptive response of mammalian skeletal muscle to exercise with high loads. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 52(2), 139-55.
- McMurdo, M.E. & Rennie, L. (1993). A controlled trial of exercise by residents of old people's homes. *Age Ageing*, 22, 11-5.
- McRae, S.B., Weatherhead, P.J. & Montgomerie, R. (1993). American Robin nestlings compete by jockeying for position. *Behav Ecol Sociobiolog*, 33, 101-6.
- Melloni, L., Molina, C., Pena, M., Torres, D., Singer, W. & Rodríguez, E. (2007). Synchronization of neural activity across cortical areas correlates with conscious perception. *J Neurosci*, 27(11), 2858-65.
- Méndez Villanueva, A. & Fernández Fernández, J. (2005). Prescripción de la actividad física en personas mayores: Recomendaciones actuales. *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 3, 19-29.
- Menéndez, J., Guevara, A., Arcial, N., León, E.M., Marín, C. & Alfonso, J.C. (2005). Enfermedades crónicas y limitación funcional en adultos mayores: estudio comparativo en siete ciudades de América Latina y el Caribe. *Rev Panam Salud Pública*, 17, 353-61.
- Merriman, H. & Jackson, K. (2009). The effects of whole-body vibration training in aging adults: a systematic review. *J Geriatr Phys Ther*, 32(3), 134-45.
- Merriman, H.L., Braehler, C.J. & Jackson, K. (2011). Systematically controlling for the influence of age, sex, hertz and time post-whole-body vibration exposure on four measures of physical performance in community-dwelling older adults: A randomized cross-over study. *Curr Gerontol Geriatr Res*, 747094, 1-8. doi:10.1155/2011/747094
- Mester, J., Kleinöder, H. & Yue, Z. (2006). Vibration training: benefits and risks. *J Biomech*, 39, 1056-65.
- Mikhael, M., Orr, R., Amsen, F., Greene, D. & Singh, M.A. (2010). Effect of standing posture during whole body vibration training on muscle morphology and function in older adults: a randomised controlled trial. *BMC Geriatr*, 10, 74. doi: 10.1186/1471-2318-10-74

- Milanese, C., Piscitelli, F., Grazia Zenti, M., Moghetti, P., Sandri, M. & Zancanaro, C. (2013). Ten-week whole-body vibration training improves body composition and muscle strength in obese women. *Int J Med Sci*, 10(3), 307-11. doi: 10.7150/ijms.5161
- Miller, R.M. & Tenney, S.M. (1956). Dead space ventilation in old age. *J Appl Physiol*, 9(3), 321-7.
- Miotto, J.M., Chodzko-Zajko, W.J., Reich, J.L. & Supler, M.M. (1999). Reliability and validity of the Fullerton Functional Fitness Test: and independent replication study. *J Aging Phys Act*, 7, 339-53.
- Mishmar, D., Ruiz-Pesini, E., Golik, P., Macaulay, V., Clark, A.G., Hosseini, S. *et al.* (2003). Natural selection shaped regional mtDNA variation in humans. *PNAS*, 100, 171-6.
- Mitch, W.E. (2006). Metabolic and clinical consequences of metabolic acidosis. *J Nephrol*, 19(9), 70-5.
- Mittman, C., Edelman, N.H., Norris, A.H. & Shock, N.W. (1965). Relationship between chest wall and pulmonary compliance and age. *J Appl Physiol*, 20(6), 1211-6.
- Miyamoto, K., Mori, S., Tsuji, S., Tanaka, S., Kawamoto, M., Mashiba, T. *et al.* (2003). Whole-body vibration exercise in the elderly people. IBMS-JSBMR. Abstract P506. Disponible en: <http://www.salixhost2.co.uk/osaka/abstracts/P506.htm>
- Miyashita, K., Shiomi, S., Itoh, N., Kasamatsu, T. & Iwata, H. (1983). Epidemiological study of vibration syndrome in response to total hand-tool operating system. *Brit J Ind Med*, 40, 92-8.
- Miyazaki, Y. (2000). Adverse effects of whole-body vibration on gastric motility. *Kurume Med J*, 47, 79-86.
- Mobarhan, S. & Trumbore, L.S. (1991). Nutritional problems of the elderly. *Clin Geriatr Med*, 7(2), 191-214.
- Monterrey Gutiérrez, P. & Porrata Maury, C. (2001). Procedimiento gráfico para la evaluación del estado nutricional de los adultos según el índice masa corporal. *Aliment Nutr*, 15(1), 62-7.
- Montgomery, G. (1994). Slowed respiration training. *Biofeedback Self-Regul*, 19, 211-25.
- Montoya, M. (2002). Repaso de la anatomía y de la fisiología cardiacas. En M. Montoya (Ed.), *Fundamentos de Medicina. Cardiología* (6ta ed.). Bogotá: Quebecor World Bogotá.
- Mora, S., Zalavras, C.G., Wang, L. & Thordarson, D.B. (2002). The role of pulsatile cold compression in edema resolution following ankle fractures: a randomized clinical trial. *Foot Ankle Int*, 23, 999-1002.
- Mosley, R.L. (1996). Aging, immunity and neuroendocrine. *Adv Neuroimmunol*, 6(4), 419-32.
- Mrak, R. E., Griffin, S. T. & Graham, D. I. (1997). Aging-associated changes in human brain. *J Neuropathol Exp Neurol*, 56(12), 1269-75.
- Nadal-Ginard, B. & Mahdavi, V.J. (1989). Molecular basis of cardiac performance. *J Clin Invest*, 84, 1693-700.

- Nagino, K., Akezaki, Y., Shigemori, K., Okada, Y., Tokuhisa, K. & Shomoto, K. (2013). Effect of whole-body vibration training on body balance in chronic stroke patients. *JAHs*, 4(2), 42-9.
- Naito, E., Kinomura, S., Geyer, S., Kawashima, R., Roland, P.E. & Zilles, K. (2000). Fast reaction to different sensory modalities activates common field in the motor areas, but the anterior cingulate cortex is involved in the speed of reaction. *J Neurophysiol*, 83, 1701-9.
- Nakamura, H., Okazawa, T., Nagase, H., Yoshida, M., Ariizumi, M. & Okada, A. (1996). Change in digital blood flow with simultaneous reduction in plasma endothelin induced by hand-arm vibration. *Int Arch Occup Environ Health*, 68, 115-9.
- Nazarov, V. & Spivak, G. (1985). Development of athlete's strength abilities by means of biomechanical stimulation method. *Theor Pract Phys Cul*, 12, 445-50.
- Necking, L.E., Lundstrom, R., Lundborg, G., Thornell, L.E. & Friden, J. (1996). Skeletal muscle changes after short term vibration. *Scand J Plast Reconstr Surg Hand Surg*, 30, 99-103.
- Nelson, M., Rejeski, J., Blair, S.N., Duncan, P.W., Judge, J.O., King, A.C. et al. (2007). Physical activity and public health in older adults. Recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*, 39(8), 1435-45.
- Neves, S.C., Lima, R.M., Simoes, H.G., Marques, M.C., Reis, V.M. & De Oliveira, R.J. (2009). Resistance exercise sessions do not provoke acute immunosuppression in older women. *J Strength Cond Res*, 23(1), 259-65.
- Nishihira, Y., Iwasaki, T., Hatta, A., Wasaka, T., Kaneda, T., Kuroiwa, K. et al. (2002). Effect of whole body vibration stimulus and voluntary contraction on motoneuron pool. *Adv Exer Sport Physiol*, 8, 83-6.
- O'Rourke, M.F. & Mancia, G. (1999). Arterial stiffness. *J Hypertens*, 17(1), 1-4.
- Ocampo, J.M. & Gutiérrez, J. (2005). Envejecimiento del sistema cardiovascular. *Rev Col Cardiol*, 12(2), 53-63.
- Oki, M., Ishitake, T., Ohkubo, A. & Matoba, T. (1989). Frequency dependence of the suppressive effects of vibration on atherosclerosis in the rabbit. *Kurume Med J*, 36, 161-6.
- Okura, T., Nakata, Y., Lee, D.J., Ohkawara, K. & Tanaka, K. (2005). Effects of aerobic exercise and obesity phenotype on abdominal fat reduction in response to weight loss. *Int J Obes (Lond)*, 29, 1259-66.
- Olivares, P.R., Gusi, N., Parraca, J.A., Adsuar, J.C. & Del Pozo-Cruz, B. (2011). Tilting whole body vibration improves quality of life in women with fibromyalgia: a randomized controlled trial. *J Altern Complement Med*, 17(8), 723-8.
- Olivetti, G., Melissari, M., Capasso, J.M. & Anversa, P. (1991). Cardiomyopathy of the aging human heart. Myocyte loss and reactive cellular hypertrophy. *Circ Res*, 68, 1560-8. doi: 10.1161/01.RES.68.6.1560
- OMS (1998) *Growing Older. Staying Well. Ageing and Physical Activity in Everyday Life*. Prepared by Heikkinen, R.L. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

- OMS (1998). Programa sobre Envejecimiento y Salud. Envejecimiento saludable. El envejecimiento y la actividad física en la vida diaria. Ginebra.
- Ordovás, J.M. (2013). *La nueva ciencia del bienestar: Nutrigenómica*. Barcelona: Edit. Crítica.
- Orgel, L.E. (1963). The maintenance of the accuracy of protein synthesis and its relevance to aging. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 49, 517-21.
- Orr, R. & Fiatarone Singh, M. (2004). The anabolic androgenic steroid oxandrolone in the treatment of wasting and catabolic disorders: review of efficacy and safety. *Drugs*, 64(7), 725-50.
- Ortega, F., Toral, J., Cejudo, P., Villagomez, R., Sánchez, H., Castillo, J. et al. (2002). Comparison of effects of strength and endurance training in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med*, 166(5), 669-74.
- Ortiz Cervera, V. (1996). *Entrenamiento de fuerza y explosividad para la actividad física y el deporte de competición*. Barcelona: INDE.
- Osawa, Y. & Oguma, Y. (2011). Effects of whole-body vibration on resistance training for untrained adults. *J Sports Sci Med*, 10, 328-37.
- Oschman, J.L. (2009). Charge transfer in the living matrix. *J Bodyw Mov Ther*, 13, 215-28.
- Osness, W.H., Adrian, M., Clark, B., Hoeguer, W., Raab, D. & Wiswell, R. (1996). *Functional fitness assessment for adults over 60 years: A field based assessment* (2a ed.). The American Association for Active Lifestyles and Fitness and the American Alliance for Health, Physical Education, Recreation and Dance.
- Otero González, A. (2011). Envejecimiento y función renal. Mecanismos de predicción y progresión. *Nefrología Sup Ex*, 2(5), 119-30. doi: 10.3265/NefrologiaSuplementoExtraordinario.pre2011.Jul.11085
- Pagé Gabrielle, M., Katz, J., Stinson, J., Isaac, U., Martin-Pichora, A.L. & Campbell, F. (2012). Validation of the Numerical Rating Scale for pain intensity and unpleasantness in pediatric acute postoperative pain: sensitivity to change over time. *J Pain*, 13(4), 359-69.
- Párraga, J.A. (2009). Actividad Física en adultos Mayores. Importancia de la correcta gestión práctica. III Congreso Internacional de Actividad Física para Mayores. Consejería de Turismo, Comercio y Deporte. Málaga, abril de 2009. Instituto Andaluz del Deporte.
- Pate, R., Pratt, M., Blair, S., Haskell, W.L., Macera, C.A., Bouchard, C. et al. (1995). Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *JAMA*, 273(5), 402-7.
- Patterson, P., Wiksten, D.L., Ray, L., Flanders, C. & Sanphy, D. (1996). The validity and reliability of the back saber sit-and-reach test in middle school girls and boys. *Res Q*, 64, 448-51.

- Pavlidis, C. & Winson, J. (1989). Influences of hippocampal place cell firing in the awake state on the activity of these cells during subsequent sleep episodes. *J Neurosci*, 9, 2907-18.
- Pawelec, G., Solana, R., Remarque, E. & Mariani, E. (1998). Impact of aging on innate immunity. *J Leukoc Biol*, 64(6), 703-12.
- Pérez Ortiz, L. (2005). Envejecimiento y género. En S. Pinazo Hernandis & M. Sánchez Martínez (Eds.), *Gerontología. Actualización, innovación y propuestas* (pp. 71-90). Madrid: Pearson Educación.
- Pérez, V. & Sierra, F. (2009). Biología del envejecimiento. *Rev Médica de Chile*, 137(2), 296-307.
- Perrini, S., Laviola, L., Carreira, M.C., Cignarelli, A., Natalicchio, A. & Giorgino, F. (2010). The GH/IGF1 axis and signaling pathways in the muscle and bone: mechanisms underlying age-related skeletal muscle wasting and osteoporosis. *J Endocrinol*, 205(3), 201-10.
- Pierce, J.A. & Hocott, J.B. (1960). Studies on the collagen and elastin content of the human lung. *J Clin Invest*, 39(1), 8-14. doi: 10.1172/JCI104030
- Pinazo Hernandis, S. & Sánchez Martínez, M. (2005). Claves para comprender la posición actual de la Gerontología. Justificación de la obra. En S. Pinazo Hernandis & M. Sánchez Martínez (Eds.), *Gerontología. Actualización, innovación y propuestas* (pp. 3-34). Madrid: Pearson Educación.
- Pleguezuelos, E., Pérez, M.E., Guirao, L., Samitier, B., Costea, M., Ortega, P. et al. (2013). Effects of whole body vibration training in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease. *Respirology*, 18, 1028-34. doi: 10.1111/resp.12122
- Podsiadlo, D. & Richardson, S. (1991). The timed "up and go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc*, 39, 142-8.
- Popolo, A., Autore, G., Pinto, A. & Marzocco, S. (2013). Oxidative stress in patients with cardiovascular disease and chronic renal failure. *Free Radic Res*, 47(5), 346-56. doi: 10.3109/10715762.2013.779373
- Porta, E. A. (2002). Pigments in aging: an overview. *Ann N Y Acad Sci*, 959, 57-65.
- Pozo-Cruz, B.D., Adsuar, J.C., Parraca, J.A., Pozo-Cruz, J.D., Olivares, P.R. & Gusi, N. (2012). Using whole-body vibration training in patients affected with common neurological diseases: a systematic literature review. *J Altern Complement Med*, 18, 29-41.
- Priplata, A.A., Niemi, J.B., Harry, J.D., Lipsitz, L.A. & Collins, J.J. (2003). Vibration insoles and balance control in elderly people. *Lancet*, 362, 1123-4.
- Priplata, A.A., Patritti, B.L., Niemi, J.B., Hughes, R., Gravelle, D.C., Lipsitz, L.A. et al. (2006). Noise-enhanced balance control in patients with diabetes and patients with stroke. *Ann Neurol*, 59, 4-12.
- Prisby, R.D., Lafage-Proust, M.H., Malaval, L., Belli, A. & Vico, L. (2008). Effects of whole body vibration on the skeleton and other organ systems in man and animal models: what we know and what we need to know. *Ageing Res Rev*, 7, 319-29.

- Pugh, K.G. & Wei, J.Y. (2001). Clinical implications of physiological changes in the aging heart. *Drugs Aging*, 18(4), 263-76. doi: 10.2165/00002512-200118040-00004 pulmonary disease – a randomised controlled trial. *Respir Med*, 106(1), 75-83.
- Raimundo, A.M., Gusi, N. & Tomas-Carus, P. (2009). Fitness efficacy of vibratory exercise compared to walking in postmenopausal women. *Eur J Appl Physiol*, 106(5), 741-8. doi: 10.1007/s00421-009-1067-9
- Ramos, M.H. (2001). Envejecimiento cardiovascular. *Revista de Posgrado de la Cátedra VIa Medicina*, 104, 24-5.
- Randall, J.M., Matthews, R.T. & Stiles, M.A. (1997). Resonant frequencies of standing humans. *Ergonomics*, 40, 879-86. doi: 10.1080/001401397187711
- Reaven, G.M. (2000). Diet and syndrome X. *Curr Atheroscler Rep*, 2, 503-7.
- Rebagliato, M., Ruiz, I. & Arranz, M. (1996). *Metodología de investigación en epidemiología* (pp. 49-72). Madrid: Ediciones Díaz de Santos.
- Rees, S.S., Murphy, A.J. & Watsford, M.L. (2007). Effects of vibration exercise on muscle performance and mobility in an older population. *J Aging Phys Act*, 15(4), 367-81.
- Rees, S.S., Murphy, A.J. & Watsford, M.L. (2008). Effects of whole body vibration exercise on lower-extremity muscle strength and power in an older population: a randomized clinical trial. *Phys Ther*, 88(4), 462-70. doi: 10.2522/ptj.20070027
- Rees, S.S., Murphy, A.J. & Watsford, M.L. (2009). Effects of whole body vibration on postural steadiness in an older population. *J Sci Med Sport*, 12(4), 440-4.
- Rehn, B., Lidström, J., Skoglud, J. & Lindström, B. (2007). Effects on leg muscular performance from whole-body vibration exercise: a systematic review. *Scand J Med Sci Sports*, 17(1), 2-11.
- Remer, T. (2001). Influence of nutrition on acid-base balance metabolic aspects. *Eur J Nutr*, 40(5), 214-20.
- Ribera Casado, J.M. (1993). Características generales del paciente geriátrico. *Clínicas Urológicas de la Complutense*, 2, 13-23.
- Ribot-Ciscar, E., Roll, J.P., Tardy-Gervet, M.F. & Harday, F. (1996). Alteration of human cutaneous afferent discharges as the result of long lasting vibration. *J Appl Physiol*, 80, 1708-15.
- Ribot-Ciscar, E., Rossi-Durand, C. & Roll, J.P. (1998). Muscle spindle activity following muscle tendon vibration in man. *Neurosci Lett*, 258, 147-50.
- Riebe, D., Garber, C.E., Rossi, J.S., Greaney, M.L., Nigg, C.R., Lees, F.D. et al. (2005). Physical activity, physical function, and stages of change in older adults. *Am J Health Behav*, 29(1), 70-80.
- Rietschel, E., Van Koningsbruggen, S., Fricke, O., Semler, O. & Schoenau, E. (2008). Whole body vibration: a new therapeutic approach to improve muscle function in cystic fibrosis? *Int J Rehabil Res*, 31, 253-6.
- Rikli, R.E. & Jones, C.J. (1999). Development and validation of a functional fitness test for community-residing older adults. *J Aging Phys Act*, 7, 127-59.

- Ríos Enríquez, O., Guerra-Hernández, E. & Feriche Fernández-Castanys, B. (2010). Efectos de la alcalosis metabólica inducida por la dieta en el rendimiento anaeróbico de alta intensidad. *Nutr Hosp*, 25(5), 768-73.
- Rittweger, J. & Felsenberg, D. (2004). Resistive vibration exercise prevents bone loss during 8 weeks of strict bed rest in healthy male subjects: results from the Berlin BedRest (BBR) study. 26th Annual Meeting of The American Society of Bone and Mineral Research. Presentation 1145.
- Rittweger, J., Beller, G. & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clin Physiol*, 20, 134-42.
- Rittweger, J., Ehrig, J., Just, K., Mutschelknauss, M., Kirsch, K.A. & Felsenberg, D. (2002). Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load. *Int J Sports Med*, 23, 428-32.
- Rittweger, J., Just, K., Kautzsch, K., Reeg, P. & Felsenberg, D. (2002). Treatment of chronic lower back pain with lumbar extension and whole-body vibration exercise: a randomized controlled trial. *Spine*, 27, 1829-34.
- Rittweger, J., Mutschelknauss, M. & Felsenberg, D. (2003). Acute changes in neuromuscular excitability after exhaustive whole body vibration exercise as compared to exhaustion by squatting exercise. *Clin Physiol Funct Imaging*, 23, 81-6.
- Rittweger, J., Schiessl, H. & Felsenberg, D. (2001). Oxygen uptake during whole body-vibration exercise: comparison with squatting as a slow voluntary movement. *Eur J Appl Physiol*, 86, 169-73.
- Rivas-Estany, E. (2011). El ejercicio físico en la prevención y la rehabilitación cardiovascular. *Rev Esp Cardiol Supl*, 11(E), 18-22.
- Roberts, W.C. & Shirani, J. (1998). Comparison of cardiac findings at necropsy in octogenarians, nonagenarians, and centenarians. *Am J Cardiol*, 82, 627-31.
- Rodríguez, A. (2008). Insomnio y calidad de sueño en médicos de atención primaria: una perspectiva de género. *Rev Neurol*, 47(3), 119-23.
- Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M. & Verschueren, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med*, 25(1), 1-5.
- Roelants, M., Delecluse, C., Goris, M. & Verschueren, S. (2004). Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females. *Int J Sports Med*, 25(1), 1-5.
- Rogan, S., Hilfiker, R., Herren, K., Radlinger, L. & De Bruin, E.D. (2011). Effects of whole-body vibration on postural control in elderly: a systematic review and metaanalysis. *BMC Geriatrics*, 11(72), 1-18. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2318/11/72>
- Roll, J.P., Vedel, J.P. & Ribot, E. (1989). Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: a microneurographic study. *Exp Brain Res*, 76, 213-22.
- Rolland, Y., Czerwinski, S., Abellan Van Kan, G., Morley, J.E., Cesari, M., Onder, G. et al. (2008). Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging*, 12(7), 433-50.

- Romaiguere, P., Vedel, J.P. & Pagni, S. (1993). Effects of tonic vibration reflex on motor unit recruitment in human wrist extensor muscles. *Brain Res*, 602, 32-40.
- Romaiguere, P., Vedel, J.P., Azulay, J.P. & Pagni, S. (1991). Differential activation of motor units in the wrist extensor muscles during the tonic vibration reflex in man. *J Physiol*, 444, 645-67.
- Rønnestad, B.R. (2004). Comparing the performance-enhancing effects of squats on a vibration platform with conventional squats in recreationally resistance-trained men. *J Strength Cond Res*, 18, 839-45.
- Rosenberg, I.H. (1997). Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr*, 127(5), 990-1.
- Roy, E.A., Hollins, M. & Maixner, W. (2003). Reduction of TMD pain by high-frequency vibration: a spatial and temporal analysis. *Pain*, 101, 267-74.
- Royuela, A. (2000). Calidad de sueño en ancianos. *Rev Psiquis*, 21, 32-9.
- Royuela, A. & Macías, J.A. (1997). Propiedades clinimétricas de la versión castellana del cuestionario de Pittsburgh. *Vigilia-Sueño*, 9, 81-94.
- Rozanski, A., Blumenthal, J.A. & Kaplan, J. (1999). Impact of psychological factors on the pathogenesis of cardiovascular disease and implication for therapy. *Circulation*, 99, 2192-217.
- Rubin, C. & McLeod, K. (1994). Promotion of bony ingrowth by frequency- specific, low-amplitude mechanical strain. *Clin Orthop*, 298, 165-74.
- Rubin, C., Judex, S. & Qin, Y.X. (2006). Low-level mechanical signals and their potential as a non-pharmacological intervention for osteoporosis. *Age Ageing*, 35 (Suppl 2), 32-6.
- Rubin, C., McLeod, K., Pope, M., Magnusson, M., Rostedt, M., Fritton, C. *et al.* (1994). Transmissibility of ground vibration to the axial and appendicular skeleton: an alternative strategy for the treatment of osteoporosis. *18th Am Soc Biom*, 5, 79-80.
- Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J. & McLeod, K. (2004). Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: A clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety. *J Bone Miner Res*, 19(3), 343-51. doi:10.1359/JBMR.0301251
- Rubin, C., Recker, R., Cullen, D., Ryaby, J., McCabe, J. & McLeod, K. (2004). Prevention of postmenopausal bone loss by a low-magnitude, high-frequency mechanical stimuli: a clinical trial assessing compliance, efficacy, and safety. *J Bone Miner Res*, 19, 343-51.
- Rubin, C., Sommerfeldt, D., Judex, S. & Qin, Y. (2001). Inhibition of osteopenia by low magnitude, high-frequency mechanical stimuli. *DDT*, 6, 848-58.
- Rubin, C., Turner, S., Bain, S., Mallinckrodt, C. & McLeod, K. (2001). Low mechanical signals strengthen long bones. *Nature*, 412, 603-4.
- Rubin, C., Turner, S., Muller, R., Mittra, E., McLeod, K., Lin, W. *et al.* (2002). Quantity and quality of trabecular bone in the femur are enhanced by a strongly anabolic, non-invasive mechanical intervention. *JBMR*, 17, 349-57.

- Rubin, C., Xu, G. & Judex, S. (2001). The anabolic activity of bone tissue, suppressed by disuse, is normalized by brief exposure to extremely low-magnitude mechanical stimuli. *Faseb J*, 15, 2225-9.
- Rubin, C.T., Capilla, E., Luu, Y.K., Busa, B., Crawford, H., Nolan, D.J. et al. (2007). Adipogenesis is inhibited by brief, daily exposure to high-frequency, extremely low-magnitude mechanical signals. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104, 17879-84.
- Ruiz-López, M.D., Artacho Martín-Lagos, R. & López Martínez, M.C. (2000). Recomendaciones nutricionales para los ancianos. *Ars Pharmaceutica*, 41(1), 101-13.
- Runge, M., Rehfeld, G. & Resnicek, E. (2000). Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musculoskel Neuron Interact*, 1, 61-5.
- Runge, M., Rehfeld, G. & Resnicek, E. (2000). Balance training and exercise in geriatric patients. *J Musculoskel Neuron Interact*, 1, 61-5.
- Russo, C.R., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, J.M. et al. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehab*, 84, 1854-7.
- Russo, C.R., Lauretani, F., Bandinelli, S., Bartali, B., Cavazzini, C., Guralnik, J.M. et al. (2003). High-frequency vibration training increases muscle power in postmenopausal women. *Arch Phys Med Rehab*, 84, 1854-7.
- Ryan, A.S. (2000). Insulin resistance with aging: effects of diet and exercise. *Sports Med*, 30(5), 327-46.
- Sale, D.G. (1988). Neural adaptation to resistance training. *Med Sci Sport Exerc*, 20, 135-45.
- Salgado Alba, A., Guillén Llera, F. & Ruipérez, I. (2002). *Manual de Geriatría* (2a ed.). Barcelona: Masson.
- Salmeron, J., Manson, J.E., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Wing, A.L. &
- Salvarani, A., Agosti, M., Zanre, A., Ampollini, A., Montagna, L. & Franceschini, M. (2003). Mechanical vibration in the rehabilitation of patients with reconstructed anterior cruciate ligament. *Eur-Medicophys*, 39, 19-25.
- Salyers, M.P., McGuire, A.B., Rollins, A.L., Bond, G.R., Mueser, K.T. & Macy, V.R. (2010). Integrating assertive community treatment and illness management and recovery for consumers with severe mental illness. *Community Ment Health J*, 46(4), 319-29. doi: 10.1007/s10597-009-9284-6
- Samsa, G.P., Duscha, B.D., Aiken, L.B., McCartney, J.S., Tanner, C.J., William, E. et al. (2007). Exercise training amount and intensity effects on myabolic syndrome. *Am J Cardiol*, 100, 1759-66.
- Samuelson, B., Jorfeldt, L. & Ahlborg, B. (1989). Influence of vibration on endurance of maximal isometric contraction. *Clin Physiol*, 9, 21-5.
- Sands, W.A., McNeal, J.R., Stone, M.H., Russell, E.M. & Jemni, M. (2006). Flexibility enhancement with vibration: Acute and long-term. *Med Sci Sports Exerc*, 38(4), 720-5.
- Sañudo, B., Carrasco, L., De Hoyo, M., Oliva-Pascual-Vaca, A. & Rodríguez-Blanco, C. (2013). Changes in body balance and functional performance following

- whole-body vibration training in patients with fibromyalgia syndrome: A Randomized Controlled Trial. *J Rehabil Med*, 45, 678-84.
- Sañudo, B., De Hoyo, M., Carrasco, L., McVeigh, J.G., Corral, J., Cabeza, R. *et al.* (2010). The effect of 6-weeks exercise and whole body vibration on strength and quality of life in women with fibromyalgia: a randomised study. *Clin Exp Rheum*, 28, 40-5.
- Sañudo, B., De Hoyo, M., Carrasco, L., Rodríguez-Blanco, C., Oliva, A. & McVeigh, J.G. (2012). Effect of whole-body vibration exercise on balance in women with fibromyalgia syndrome: a randomized controlled trial. *J Altern Compl Med*, 18, 1-7.
- Sartorio, A., Lafortuna, C.L., Maffiuletti, N.A., Agosti, F., Marazzi, N., Rastelli, F. *et al.* (2011). GH responses to two consecutive bouts of whole body vibration, maximal voluntary contractions or vibration alternated with maximal voluntary contractions administered at 2-h intervals in healthy adults. *Growth Horm IGF Res*, 20, 416-21.
- Schapira, D. (1988). Physical exercise in the prevention and treatment of osteoporosis: a review. *J R Soc Med*, 81(8), 461-3.
- Schliebs, R. & Arendt, T. (2011). The cholinergic system in aging and neuronal degeneration. *Behav Brain Res*, 221(2), 555-63. doi: 10.1016/j.bbr.2010.11.058
- Schuhfried, O., Mittermaier, C., Jovanovic, T., Pieber, K. & Paternostro-Sluga, T. (2005). Effects of whole-body vibration in patients with multiple sclerosis: a pilot study. *Clin Rehabil*, 19, 834-42.
- Schulman, S.P., Fleg, J.L. & Goldberg, A.P. (1996). Continuum of cardiovascular performance across a broad range of fitness levels in healthy older men. *Circulation*, 94, 359-67.
- Schulze, M.B., Manson, J.E., Ludwig, D.S., Colditz, G.A., Stampfer, M.J., Willett, W.C. *et al.* (2004). Sugar-sweetened beverages, weight gain, and incidence of type 2 diabetes in young and middle-aged women. *JAMA*, 292(8), 927-34.
- Seidel, H. (1988). Myoelectrical reactions to ultra-low frequency and low-frequency whole body vibration. *Eur J Appl Physiol*, 57, 558-62.
- Selye, H. (1955). Stress and disease. *Science*, 122, 625-31.
- Senchina, D.S. & Kohut, M.L. (2007). Immunological outcomes of exercise in older adults. *Clin Interv Aging*, 2(1), 3-16.
- Serra Rexach, J.A. (2000). Factores de riesgo de malnutrición en el anciano. *Rev Esp Gerontol*, 35(4), 9-14.
- Serrano-Atero, M.S., Caballero, J., Cañas, A., García-Saura, P.L., Serrano-Álvarez, C. & Prieto, J. (2002). Valoración del dolor (I). *Rev Soc Esp Dolor*, 9, 94-108.
- Sharififar, S., Coronado, R.A., Romero, S., Azari, H. & Thigpen, M. (2014). The effects of whole body vibration on mobility and balance in Parkinson disease: a systematic review. *Iran J Med Sci*, 39(4), 318-26.
- Simão, A.P., Avelar, N.C., Tossige-Gomes, R., Neves, C.D., Mendonça, V.A., Miranda, A.S. *et al.* (2012). Functional performance and inflammatory cytokines after

- squat exercises and whole-body vibration in elderly individuals with knee osteoarthritis. *Arch Phys Med Rehabil*, 93, 1692-700.
- Simão, R., Salles, B., Figueiredo, T., Dias, I. & Willardson, J.M. (2012). Exercise order in resistance training. *Sports Med*, 42, 251-65.
- Sipila, S. & Suominen, H. (1996). Quantitative ultrasonography of muscle: detection of adaptations to training in elderly women. *Arch Phys Med Rehabil*, 77(11), 1173-8.
- Sipila, S., Multanen, J., Kallinen, M., Era, P. & Suominen, H. (1996). Effects of strength and endurance training on isometric muscle strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand*, 156(4), 457-64.
- Sitjà-Rabert, M., Martínez-Zapata, M.J., Fort-Vanmeerhaegh, A., Rey-Abella, F., Romero-Rodríguez, D. & Bonfill, X. (2011). Whole body vibration for older persons: an open randomized, multicentre, parallel, clinical trial. *BMC Geriatrics*, 11(89), 1-6. Disponible en: <http://www.biomedcentral.com/1471-2318/11/89>
- Sitjà-Rabert, M., Rigau, D., Fort Vanmeerghaeghe, A., Romero-Rodríguez, D., Bonastre Subirana, M. & Bonfill, X. (2012). Efficacy of whole body vibration exercise in older people: a systematic review. *Disabil Rehabil*, 34(11), 883-93. doi: 10.3109/09638288.2011.626486
- Slatkovska, L., Alibhai, S.M., Beyene, J. & Cheung, A.M. (2008). The efficacy of whole-body vibration in reducing bone loss in postmenopausal women: A meta-analysis. Proceedings of the ASBMR 30th Annual Meeting, September 12-16. Montreal, Canadá. Washington (DC): ASBMR.
- Slatkovska, L., Alibhai, S.M., Beyene, J. & Cheung, A.M. (2010). Effect of whole-body vibration on BMD: a systematic review and meta-analysis. *Osteoporos Int*, 21(12), 1969-80. doi: 10.1007/s00198-010-1228-z
- Smith, R.E. (1961). Thermogenic activity of the hibernating gland in the cold acclimated rat. *Physiologist*, 4, 113-20.
- Snitker, S., Macdonald, I., Ravussin, E. & Astrup, A. (2000). The sympathetic nervous system and obesity: role in aetiology and treatment. *Obes Rev*, 1, 5-15.
- Sociedad Española de Nutrición (2003). Nuevos alimentos para nuevas necesidades. Servicio de Promoción de la Salud. Instituto de Salud Pública. Madrid: Consejería de Sanidad.
- Sojka, P., Sjölander, P., Johansson, H. & Djupsjöbacka, M. (1991). Influence from stretch-sensitive receptors in the collateral ligaments of the knee joint on the gamma-muscle-spindle systems of flexor and extensor muscles. *Neurosci Res*, 11(1), 55-62.
- Song, G.E., Kim, K., Lee, D.J. & Joo, N.S. (2011). Whole body vibration effects on body composition in the postmenopausal Korean obese women: pilot study. *Korean J Fam Med*, 32(7), 399-405.
- Soto, M. & Fialde, I. (2004). La calidad de vida relacionada con la salud como medida de resultados en pacientes con cardiopatía isquémica. *Rev Soc Esp Dolor*, 11, 505-14.

- Soto, R. (1992). Dermatitis más frecuentes en adultos mayores. *Rev Dermatología*, 8, 75-8.
- Soto, R. (1996). Fotoenvejecimiento y su tratamiento actual. *Rev Dermatología*, 12, 184-7.
- Soto, R. & Pérez-Cotapos, M.L. (1994). Envejecimiento cutáneo y dermatosis geriátricas. *Rev Dermatología*, 10(1), 17-22.
- Stary, H.C., Chandler, A.B., Glagov, S., Guyton, J.R., Insull, W., Rosenfeld, M.E. et al. (1992). A definition of initial, fatty streak, and intermediate lesions of atherosclerosis: a report from the Committee on Vascular Lesions of the Council on Arteriosclerosis, American Heart Association. *Circulation*, 85, 391-405.
- Stavijienic-Rukavina, A. (2002). Genetics of cardiovascular disease. *J Clin Chem and Lab Medicine*, 13, 1-4.
- Steen, B. (2000). Preventive nutrition in old age- a review. *J Nutr Health Aging*, 4, 114-9.
- Steib, S., Schoene, D. & Pfeifer, K. (2010). Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*, 42(5), 902-14.
- Steijaert, M., Deurenberg, P., Van Gaal, L & De Leeuw, I. (1997). The use of multi-frequency impedance to determine total body water and extracellular water in obese and lean female individuals. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 21(10), 930-4.
- Stolzenberg, N., Belavy, D.L., Rawer, R. & Felsenberg, D. (2013). Whole-body vibration versus proprioceptive training on postural control in post-menopausal osteopenic women. *Gait Posture*, 38, 416-20. doi: 10.1016/j.gaitpost.2013.01.002
- Tam, C.F. & Walford, R.L. (1980). Alterations in cyclic nucleotides and cyclase-specific activities in T lymphocytes of aging normal humans and patients with Down's syndrome. *J Immunol*, 125(4), 1665-70.
- Tamparillas, M. (2005). Progresos en genética humana en envejecimiento y longevidad. Discurso de ingreso leído por el académico electo en el acto de su recepción solemne celebrado el día 12 de mayo del año 2005. Zaragoza. Real Academia de Ciencias Exactas. Disponible en: <http://www.unizar.es/acz/02AcademicosNumerarios/Discursos/Tamparillas.pdf>
- Tanaka, H., Monahan, K.D. & Seals, D.R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J Am Coll Cardiol*, 37(1), 153-6.
- Tanaka, S.M., Alam, I.M. & Turner, C.H. (2003). Stochastic resonance in osteogenic response to mechanical loading. *Faseb J*, 17, 313-4.
- Tanaka, S.M., Li, J., Duncan, R.L., Yokota, H., Burr, D.B. & Turner, C.H. (2003). Effects of broad frequency vibration on cultured osteoblasts. *J Biomech*, 36, 73-80.
- Tanawa, M., Gong, J., Zhang, J., Yamada, Y., Borgeld, H.J. & Yagi, K. (2000). Mitochondrial genotype associated with longevity and its inhibitory effect on mutagenesis. *Mech Ageing Dev*, 116, 65-76.

- Tareke, E., Rydberg, P., Karlsson, P., Eriksson, S. & Törnqvist, M. (2002). Analysis of acrylamide, a carcinogen formed in heated foodstuffs. *J Agric Food Chem*, 50(17), 4998-5006. doi: 10.1021/jf020302f S0021-8561(02)00302-3
- Tarnopolsky, M.A. (2009). Mitochondrial DNA shifting in older adults following resistance exercise training. *Appl Physiol Nutr Metab*, 34(3), 348-54.
- Tasoulis, A., Papazachou, O., Dimopoulos, S., Gerovasili, V., Karatzanos, E., Kyprianou, T. *et al.* (2010). Effects of interval exercise training on respiratory drive in patients with chronic heart failure. *Respir Med*, 104(10), 1557-65. doi: 10.1016/j.rmed.2010.03.009
- Taylor, N.F., Dodd, K.J., Shields, N. & Bruder, A. (2007). Therapeutic exercise in physiotherapy practise is beneficial: a summary of systematic reviews 2002-2005. *Aust J Physiother*, 53, 7-16.
- Tello Rodriguez, T., Varela Pinedo, L., Ortiz Saavedra, P.J., Chàvez Jimeno, H. & Revoredo Gonzáles, C. (2009). Calidad del sueño, somnolencia diurna e higiene del sueño en el Centro del Adulto Mayor Mirones en Lima, Perú. *Acta Med Per*, 26(1), 22-6.
- Terman, A. (2001). Garbage catastrophic theory of aging; imperfect removal of oxidative damage? *Redox Rep*, 6(1), 15-26.
- Thompson, A.B., Scholer, S.G., Daughton, D.M., Potter, J.F. & Rennard, S.I. (1992). Altered epithelial lining fluid parameters in old normal individuals. *J Gerontol*, 47(5), M171-6. doi: 10.1093/geronj/47.5.M171
- Tinetti, M.E., Speechley, M. & Ginter, S.F. (1988). Risk factors for falls among elderly persons living in the community. *N Engl J Med*, 319, 1701-7.
- Tinetti, M.E., Williams, T.F. & Mayewski, R. (1986). Fall risk index for elderly patients based on number of chronic conditions. *Am J Med*, 80, 429-34.
- Toma, S. & Nakajima, Y. (1995). Response characteristics to cutaneous mechanoreceptors to vibratory stimuli in human glabrous skin. *Neurosci Lett*, 195, 61-3.
- Tornero, A. & Molina, M. (2006). Tratado de Geriátría para residentes. *Rev Esp Geriatr Gerontol*, 36, 363-70.
- Torres-Lacomba, M., Yuste-Sánchez, M.J. & Prieto-Merino, D. (2009). Estudio de fiabilidad y reproducibilidad de las medidas cirtométricas en miembros superior e inferior sanos. *Cuest fisioter*, 39(3), 166-78.
- Torres, M. (2006). Caso clínico 13: dolor en la cara medial del brazo. En M. Torres & I. Salvat (Eds.). *Guía de Masoterapia para Fisioterapeutas* (pp. 337-42). Madrid: Médica Panamericana.
- Torres, M. & Cerezo, E. (2009). Actuación fisioterapéutica en la trombosis linfática superficial tras cirugía mamaria con linfadenectomía. A propósito de un caso. *Cuest fisioter*, 38(1), 170-8.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievänen, H., Järvinen, T., Pasanen, M., Kontulainen *et al.* (2002). Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study. *Clin Physiol Funct Imaging*, 22, 145-52.

- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A., Pasanen, M., Kontulainen, S. *et al.* (2003). Effect of 8-month vertical whole body vibration on bone, muscle performance, and body balance: a randomized controlled study. *J Bone Miner Res*, 18(5), 876-84.
- Torvinen, S., Kannus, P., Sievanen, H., Jarvinen, T.A., Pasanen, M., Kontulainen, S. *et al.* (2002). Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance. *Med Sci Sports Exerc*, 34, 1523-8.
- Tous, J. & Moras, G. (2004). Entrenamiento por medio de vibraciones mecánicas: revisión de la literatura. *Revista Digital Lecturas Educación Física y Deportes*, 79. Disponible en: <http://www.efdeportes.com>
- Trans, T., Aaboe, J., Henriksen, M., Christensen, R., Bliddal, H. & Lund, H. (2009). Effect of whole body vibration exercise on muscle strength and proprioception in females with knee osteoarthritis. *Knee*, 16(4), 256-61. doi: 10.1016/j.knee.2008.11.014
- Troen, B.R. (2003). The biology of aging. *Mt Sinai J Med*, 70, 3-22.
- Turbanski, S., Haas, C.T., Schmidtbleicher, D., Friedrich, A. & Duisberg, P. (2005). Effects of random whole-body vibration on postural control in Parkinson's disease. *Res Sports Med*, 13, 243-56.
- U.S. Department of Health and Human Services (1996). Physical activity and health: A report of the surgeon general. U.S. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion. Atlanta, GA.
- Van Nes, I.J., Geurts, A.C., Hendricks, H.T. & Duysens, J. (2004). Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil*, 83, 867-73.
- Van Nes, I.J., Geurts, A.C., Hendricks, H.T. & Duysens, J. (2004). Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: Preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil*, 83, 867-73.
- Van Nes, I.J., Latour, H., Schils, F., Meijer, R., Van Kuijk, A. & Geurts, A.C. (2006). Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke. A randomized, controlled trial. *Stroke*, 37, 2331-5. doi:10.1161/01.STR.0000236494.62957.f3
- Van Peit, W., Borsboom, G.J., Rijcken, B., Schouten J.P., Van Zomeren, B.C. & Quanjer, P.H. (1994). Discrepancies between longitudinal and cross-sectional change in ventilatory function in 12 years of follow-up. *Am J Respir Crit Care Med*, 149(5), 1218-26.
- Van't Veer, P., Jansen, M.C., Klerk, M. & Kok, F.J. (2000). Fruits and vegetables in the prevention of cancer and cardiovascular disease. *Public Health Nutr*, 3, 103-7.
- Varela, L. (2008). Validación del índice de higiene del sueño para adultos mayores. Instituto de Gerontología. XII Congreso de la Federación Latinoamericana de Sociedades de Sueño / FLASS. I Congreso de la Asociación Peruana de Medicina del Sueño / APEMES, 10-12 octubre 2008. Lima, Perú.
- Vartanian, L.R., Schwartz, M.B. & Brownell, K.D. (2007). Effects of soft drink consumption on nutrition and health: a systematic review and meta-analysis. *Am J Public Health*, 97(4), 667-75.

- Verschueren, S., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D. & Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*, 19(3), 352-9.
- Verschueren, S.M., Bogaerts, A., Delecluse, C., Claessens, A.L., Haentjens, P., Vanderschueren, D. *et al.* (2011). The effects of whole-body vibration training and vitamin D supplementation on muscle strength, muscle mass, and bone density in institutionalized elderly women: a 6-month randomized, controlled trial. *J Bone Miner Res*, 26(1), 42-9. doi: 10.1002/jbmr.181
- Verschueren, S.M., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D. & Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*, 19, 352-9.
- Verschueren, S.M., Roelants, M., Delecluse, C., Swinnen, S., Vanderschueren, D. & Boonen, S. (2004). Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: A randomized controlled pilot study. *J Bone Miner Res*, 19(3), 352-9. doi:10.1359/JBMR.0301245
- Verschueren, S.M., Swinnen, S.P., Desloovere, K. & Duysens, J. (2003). Vibration-induced changes in EMG during human locomotion. *J Neurophysiol*, 89(3), 1299-307.
- Vijg, J. (2000). Somatic mutations of aging: a re-evaluation. *Mutat Res*, 447(1), 117-35.
- Vilagut, G., Valderas, J.M., Ferrer, M., Garin, O., López García, E. & Alonso, J. (2008). Interpretación de los cuestionarios de salud SF-36 y SF-12 en España: componentes físico y mental. *Med Clin*, 130, 726-35.
- Vingren, J.L., Kraemer, W.J., Ratamess, N.A., Anderson, J.M., Volek, J.S. & Maresh, C.M. (2010). Testosterone physiology in resistance exercise and training: the up-stream regulatory elements. *Sports Med*, 40(12), 1037-53. doi: 10.2165/11536910-000000000-00000.
- Visser, M., Deurenberg, P. & Van Staveren, W.A. (1995). Multi-frequency bioelectrical impedance for assessing total body water and extracellular water in elderly subjects. *Eur J Clin Nutr*, 49(4), 256-66.
- Visser, M., Kritchevsky, S.B., Goodpaster, B.H., Newman, A.B., Nevitt, M., Stamm, E. *et al.* (2002). Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study. *J Am Geriatr Soc*, 50, 897-904.
- Vissers, D., Verrijken, A., Mertens, I., Van Gils, C., Van de Sompel, A., Truijen, S. *et al.* (2010). Effect of long-term whole body vibration training on visceral adipose tissue: a preliminary report. *Obes Facts*, 3, 93-100.
- Voigt, A., Rahnefeld, A., Kloetzel, P.M. & Krüger, E. (2013). Cytokine-induced oxidative stress in cardiac inflammation and heart failure—how the ubiquitin proteasome system targets this vicious cycle. *Front Physiol*, 4, 42. doi: 10.3389/fphys.2013.00042

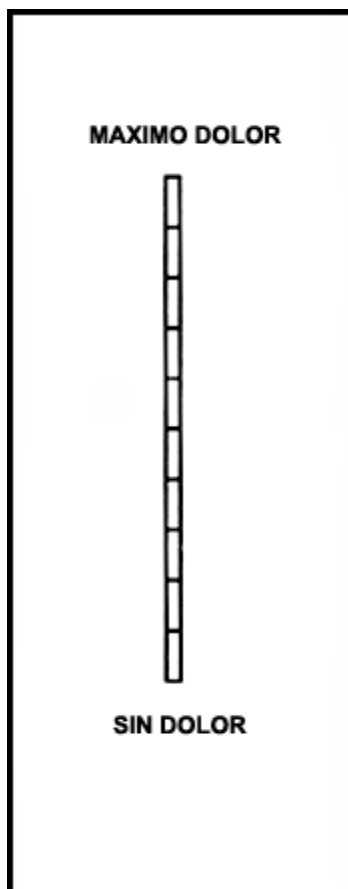
- Von der Heide, S., Emons, G., Hilgers, R. & Viereck, V. (s.f.). Effect on muscles of mechanical vibrations produced by the Galileo 2000 in combination with physical therapy in treating female stress urinary incontinence.
- Von Stengel, S., Kemmler, W., Engelke, K. & Kalender, W.A. (2011). Effects of whole body vibration on bone mineral density and falls: results of the randomized controlled ELVIS study with postmenopausal women. *Osteoporos Int*, 22, 317-25. doi: 10.1007/s00198-010-1215-4
- Von Stengel, S., Kemmler, W., Engelke, K. & Kalender, W.A. (2012). Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance and body composition for females 65 years and older: a randomized-controlled trial. *Scand J Med Sci Sports*, 22(1), 119-27.
- Vormann, J. & Remer, T. (2008). Dietary, metabolic, physiologic, and disease-related aspects of acid-base balance: Foreword to the Contributions of the Second International Acid-Base Symposium. *J Nutr*, 138, 413-4.
- Wagner, E.H. (2000). The role of patient teams in chronic disease management. *BMJ*, 320, 569-72.
- Wall, P.D. & Melzack, R. (1999). *Textbook of pain* (4a ed.). Philadelphia: Saunders.
- Ward, K., Alsop, C., Brown, S., Caulton, J., Rubin, C., Adams, J. *et al.* (2003). Low magnitude, high frequency loading therapy increases volumetric tibial bone mineral density in children with disabling conditions. *J Bone Miner Res*, 19, 360-9.
- Ware, J., Kosinski, M. & Keller, S.D. (1996). A 12-Item Short-Form Health Survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Med Care*, 34(3), 220-33.
- Ware, J.E. & Sherbourne, C.D. (1992). The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care*, 30(6), 473-83.
- Warman, G., Humphries, B. & Purton, P. (2002). The effects of timing and application of vibration on muscular contractions. *Aviat Space Envir Md*, 73, 119-27.
- Weber, R. (1997). Muskelstimulation durch vibration. *Leistungssport*, 27, 53-7.
- Weinbaum, W., Cowin, S. & Zeng, Y. (1994). A model for the excitation of osteocytes by mechanical loading-induced bone fluid shear stresses. *J Biomech*, 27, 339-60.
- Weksler, M. E. (2000). Changes in the B-cell repertoire with age. *Vaccine*, 18(16), 1624-8.
- Wiederseiner, J.M., Muser, J., Lutz, T., Hulter, H.N. & Krapf, R. (2004). Acute metabolic acidosis: characterization and diagnosis of the disorder and the plasma potassium response. *J Am Soc Nephrol*, 15, 1589-96.
- Wierzbicka, M.M., Gilhodes, J.C. & Roll, J.P. (1998). Vibration-induced postural posteffects. *J Neurophysiol*, 79, 143-50.
- Willett, W.C. (1997). Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. *JAMA*, 277, 472-7.
- Williamson, J.D., Espeland, M., Kritchevsky, S.B., Newman, A.B., King, A.C., Pahor, M. *et al.* (2009). LIFE Study Investigators. Changes in cognitive function in a

- randomized trial of physical activity: results of the lifestyle interventions and independence for elders pilot study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 64(6), 688-94.
- Willott, J.F., Hnath Chisolm, T. & Lister, J.J. (2001). Modulation of presbycusis: Current status and future directions. *Audiol Neurotol*, 68(5), 231-49.
- Wilms, B., Frick, J., Ernst, B., Mueller, R., Wirth, B. & Schultes, B. (2012). Whole body vibration added to endurance training in obese women - a pilot study. *Int J Sports Med*, 33(9), 740-3. doi: 10.1055/s-0032-1306284
- Wolfson, L., Whipple, R., Derby, C., Judge, J., King, M., Amerman, P. *et al.* (1996). Balance and strength training in older adults: intervention gains and Tai Chi maintenance. *J Am Geriatr Soc*, 44, 498-506.
- Yamada, E., Takashi, K., Miyamoto, K., Tanaka, S., Morita, S., Tanaka, S. *et al.* (2005). Vastus lateralis oxygenation and blood volume measuref by near-infrared spectroscopy during whole body vibration. *Clin Physiol Funct Imaging*, 25(4), 203-8.
- Yamazaki, S., Ichimura, S., Iwamoto, J., Takeda, T. & Toyama, Y. (2004). Effect of walking exercise on bone metabolism in postmenopausal women with osteopenia/osteoporosis. *J Bone Miner Metab*, 22(5), 500-8. doi: 10.1007/s00774-004-0514-2
- Yoo, J.H., Joh, H.K., Do, H.J., Oh, S.W., Lym, Y.L., Choi, J.K. *et al.* (2009). Effects of whole body vibration exercise on body weight and body composition in young adults. *Korean J Fam Med*, 30, 112-9.
- Yue, Z. & Mester, J. (2004). A modal analysis of resonance during the whole-body vibration. *Studies in Appl Math*, 112, 293-314.
- Zhang, Q., Ericson, K. & Styf, J. (2003). Blood flow in the tibialis anterior muscle by photoplethysmography during foot-transmitted vibration. *Eur J Appl Physiol*, 90, 464-9.
- Zinkovsky, A.V., Zoubova, I.A., Schmidt, K.P. & Van Zwieter, K.J. (1998). Training of the skeletal-muscle apparatus of sportsmen through electrovibrostimulation. *Fysische Therapie*, 4, 9-11.

ANEXOS

ANEXO 1. Escalas unidimensionales de valoración del dolor

- *Escala numérica:* (0= Ausencia de Dolor, 10= Dolor de Máxima Intensidad)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
- *Escala Descriptiva Verbal:* elegir la categoría que más se ajuste a la intensidad actual del dolor.
Ausencia de Dolor Dolor Leve Dolor Moderado Dolor Intenso
- *Escala Analógica Visual (EVA):* marcar con una X el lugar que corresponda a lo largo de la línea.
Ausencia de Dolor -----Dolor Insoportable



Diseño estándar de escala visual análoga de 10 cm.

ANEXO 2. Cuestionario SF-12 sobre el estado de salud

CUESTIONARIO "SF-12" SOBRE EL ESTADO DE SALUD

INSTRUCCIONES: Las preguntas que siguen se refieren a lo que usted piensa sobre su salud. Sus respuestas permitirán saber como se encuentra usted y hasta qué punto es capaz de hacer sus actividades habituales.

Por favor, conteste cada pregunta marcando una casilla. Si no está seguro/a de cómo responder a una pregunta, por favor, conteste lo que le parezca más cierto.

1. En general, usted diría que su salud es:

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐
Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Mala

Las siguientes preguntas se refieren a actividades o cosas que usted podría hacer en un día normal. Su salud actual, ¿le limita para hacer esas actividades o cosas? Si es así, ¿cuánto?

	1 Sí, me limita mucho	2 Sí, Me limita un poco	3 No, no me limita nada
2. Esfuerzos moderados , como mover una mesa, pasar la aspiradora, jugar a los bolos o caminar más de 1 hora	☐	☐	☐
3. Subir varios pisos por la escalera	☐	☐	☐

Durante las 4 últimas semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de su salud física?

	1 SÍ	2 NO
4. ¿Hizo menos de lo que hubiera querido hacer?	☐	☐
5. ¿Tuvo que dejar de hacer algunas tareas en su trabajo o en sus actividades cotidianas?	☐	☐

Durante las 4 últimas semanas, ¿ha tenido alguno de los siguientes problemas en su trabajo o en sus actividades cotidianas, a causa de algún problema emocional (como estar triste, deprimido, o nervioso)?

	1 Sí	2 NO
6. ¿Hizo menos de lo que hubiera querido hacer, por algún problema emocional?	☐	☐
7. ¿No hizo su trabajo o sus actividades cotidianas tan cuidadosamente como de costumbre, por algún problema emocional?	☐	☐
8. Durante <u>las 4 últimas semanas</u> , ¿hasta qué punto el dolor le ha dificultado su trabajo habitual (incluido el trabajo fuera de casa y las tareas domésticas)?		

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐
Nada	Un poco	Regular	Bastante	Mucho

Las preguntas que siguen se refieren a cómo se ha sentido y cómo le han ido las cosas durante las 4 últimas semanas. En cada pregunta responda lo que se parezca más a cómo se ha sentido usted. Durante las 4 últimas semanas ¿cuánto tiempo...

	1	2	3	4	5	6
	Siempre	Casi siempre	Muchas veces	Algunas veces	Sólo alguna vez	Nunca
9. se sintió calmado y tranquilo?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
10. tuvo mucha energía?	☐	☐	☐	☐	☐	☐
11. se sintió desanimado y triste?	☐	☐	☐	☐	☐	☐

12. Durante las 4 últimas semanas, ¿con qué frecuencia la salud física o los problemas emocionales le han dificultado sus actividades sociales (como visitar a los amigos o familiares)?

1	2	3	4	5
☐	☐	☐	☐	☐
Siempre	Casi siempre	Algunas veces	Sólo alguna vez	Nunca

ANEXO 3. Cuestionario de Pittsburg de calidad del sueño

Cuestionario de Pittsburg de Calidad de sueño.

Nombre:..... ID#.....Fecha:.....Edad:.....

Instrucciones:

Las siguientes cuestiones solo tienen que ver con sus hábitos de sueño durante el **último** mes. En sus respuestas debe reflejar cual ha sido su comportamiento durante la mayoría de los días y noches del pasado mes. Por favor, conteste a todas las cuestiones.

1.- Durante el último mes, ¿cuál ha sido, normalmente, su hora de acostarse?

2.- ¿Cuánto tiempo habrá tardado en dormirse, normalmente, las noches del último mes? (Marque con una X la casilla correspondiente)

Menos de 15 min	Entre 16-30 min	Entre 31-60 min	Más de 60 min

3.- Durante el último mes, ¿a qué hora se ha levantado habitualmente por la mañana?

4.- ¿Cuántas horas calcula que habrá dormido verdaderamente cada noche durante el último mes?

5.- Durante el último mes, cuántas veces ha tenido usted problemas para dormir a causa de:

a) No poder conciliar el sueño en la primera media hora:

- Ninguna vez en el último mes ☐
- Menos de una vez a la semana ☐
- Una o dos veces a la semana ☐
- Tres o más veces a la semana ☐

b) Despertarse durante la noche o de madrugada:

- Ninguna vez en el último mes ☐
- Menos de una vez a la semana ☐
- Una o dos veces a la semana ☐
- Tres o más veces a la semana ☐

c) Tener que levantarse para ir al servicio:

- Ninguna vez en el último mes ☐
- Menos de una vez a la semana ☐

Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
d) No poder respirar bien:	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
e) Toser o roncar ruidosamente:	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
f) Sentir frío:	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
g) Sentir demasiado calor:	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
h) Tener pesadillas o malos sueños:	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
i) Sufrir dolores:	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐

Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
j) Otras razones. Por favor descríbalas:	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
6) Durante el último mes, ¿cómo valoraría en conjunto, la calidad de su sueño?	
Muy buena	☐
Bastante buena	☐
Bastante mala	☐
Muy mala	☐
7) Durante el último mes, ¿cuántas veces habrá tomado medicinas (por su cuenta o recetadas por el médico) para dormir?	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
8) Durante el último mes, ¿cuántas veces ha sentido somnolencia mientras conducía, comía o desarrollaba alguna otra actividad?	
Ninguna vez en el último mes	☐
Menos de una vez a la semana	☐
Una o dos veces a la semana	☐
Tres o más veces a la semana	☐
9) Durante el último mes, ¿ha representado para usted mucho problema el tener ánimos para realizar alguna de las actividades detalladas en la pregunta anterior?	
Ningún problema	☐
Sólo un leve problema	☐
Un problema	☐
Un grave problema	☐

Solo	☐
Con alguien en otra habitación	☐
En la misma habitación, pero en otra cama	☐
En la misma cama	☐

Instrucciones para la baremación del test de Calidad de Sueño de Pittsburgh (PSQI).

El PSQI contiene un total de 19 cuestiones, agrupadas en 10 preguntas. Las 19 cuestiones se combinan para formar siete áreas con su puntuación correspondiente, cada una de las cuales muestra un rango comprendido entre 0 y 3 puntos. En todos los caso una puntuación de "0" indica facilidad, mientras que una de 3 indica dificultad severa, dentro de su respectiva área. La puntuación de las siete áreas se suman finalmente para dar una puntuación global, que oscila entre 0 y 21 puntos. "0" indica facilidad para dormir y "21" dificultad severa en todas las áreas.

Ítem 1: Calidad Subjetiva de Sueño

Examine la pregunta nº6 y asigne la puntuación:

Respuesta:	Puntuación:
Muy buena	0
Bastante Buena	1
Bastante Mala	2
Muy Mala	3

Puntuación Ítem 1: _____

Ítem 2: Latencia de Sueño

1. Examine la pregunta nº2 y asigne la puntuación:

Respuesta:	Puntuación:
≤15 minutos	0
16-30 minutos	1
31-60 minutos	2
≥60 minutos	3

Puntuación Pregunta 2: _____

2. Examine la pregunta nº5a y asigne la puntuación:

Respuesta:	Puntuación:
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1
Una o dos veces a la semana	2

Tres o más veces a la semana 3
Puntuación Pregunta 5a: _____

3. Sume la pregunta nº2 y nº5a

Suma de la Pregunta 2 y 5a: _____

4. Asigne la puntuación al ítem 2 como se explica a continuación:

Suma de la Pregunta 2 y 5a:	Puntuación:
0	0
1-2	1
3-4	2
5-6	3

Puntuación Ítem 2: _____

Ítem 3: Duración del Sueño

Examine la pregunta nº4 y asigne la puntuación:

Respuesta:	Puntuación:
Más de 7 horas	0
Entre 6 y 7 horas	1
Entre 5 y 6 horas	2
Menos de 5 horas	3

Puntuación Ítem 3: _____

Ítem 4: Eficiencia habitual de Sueño

1. Escriba el número de horas de sueño (Pregunta nº4) aquí: _____

2. Calcule el número de horas que pasa en la cama:

a. Hora de levantarse (Pregunta nº3): _____

b. Hora de acostarse (Pregunta nº1): _____

Hora de levantarse – Hora de acostarse: _____ Número de horas que pasas en la cama

3. Calcule la eficiencia habitual de Sueño como sigue:

(Número de horas dormidas/Número de horas que pasas en la cama) x 100= Eficiencia
Habitual de Sueño (%)

(____/____) x 100 = ____%

4. Asigne la puntuación al Ítem 4:

Eficiencia habitual de sueño (%):	Puntuación:
>85%	0
75-84%	1
65-74%	2
<65%	3

Puntuación Ítem 4: _____

Ítem 5: Perturbaciones del sueño

1. Examine las preguntas nº5b-j y asigne la puntuación para cada pregunta:

Respuesta:	Puntuación:
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1

Una o dos veces a la semana	2
Tres o más veces a la semana	3
Puntuación 5b	_____
Puntuación 5c	_____
Puntuación 5d	_____
Puntuación 5e	_____
Puntuación 5f	_____
Puntuación 5g	_____
Puntuación 5h	_____
Puntuación 5i	_____
Puntuación 5j	_____

2. Sume las puntuaciones de las preguntas nº5b-j:

Suma puntuaciones 5b-j:_____

3. Asigne la puntuación del ítem 5:

Respuesta:	Puntuación:
0	0
1-9	1
10-18	2
19-27	3

Puntuación Ítem 5:_____

Ítem 6: Utilización de medicación para dormir

Examine la pregunta nº7 y asigne la puntuación

Respuesta:	Puntuación:
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1
Una o dos veces a la semana	2
Tres o más veces a la semana	3

Puntuación Ítem 6:_____

Ítem 7: Disfunción durante el día

1. Examine la pregunta nº8 y asigne la puntuación:

Respuesta:	Puntuación:
Ninguna vez en el último mes	0
Menos de una vez a la semana	1
Una o dos veces a la semana	2
Tres o más veces a la semana	3

Puntuación Pregunta 8:_____

2. Examine la pregunta nº9 y asigne la puntuación:

Respuesta:	Puntuación:
Ningún problema	0
Sólo un leve problema	1
Un problema	2
Un grave problema	3

3. Sume la pregunta nº8 y la nº9

Suma de la Pregunta 8 y 9:_____

Suma de la Pregunta 8 y 9:	Puntuación:
0	0
1-2	1
3-4	2
5-6	3

Puntuación Ítem 7:_____

Puntuación PSQI Total

Sume la puntuación de los 7 ítems

Puntuación PSQI Total:_____

ANEXO 4. Cuestionario CACV

Anexo 4. Cuestionario para detectar mujeres con vejiga hiperactiva. Versión original en inglés "Bladder Control self-assessment Questionnaire" (B-SAQ) y versión traducida y validada al español "Cuestionario de Autoevaluación del control de la vejiga" (CACV). Este cuestionario ha sido diseñado por: Karl-Erik Andersson, Linda Cardozo, David Castro-Diaz, Chris Chapple, Dirk de Ridder, Montserrat Espuna Pons, Markus Hohenfellner, Francois Haab, Con Kelleher, Mike Kirby, Ian Milsom, Prof PE Van Kerrebroeck, Dr ME Vierhout, Adrian Wagg.

BLADDER CONTROL SELF-ASSESSMENT QUESTIONNAIRE

ARE YOU: MALE ☐ FEMALE ☐

Please put the **NUMBER** that applies to you in the boxes shown by the arrows based on the following:

NOT AT ALL = 0 A LITTLE = 1 MODERATELY = 2 A GREAT DEAL = 3

SYMPTOMS		BOTHER	
☐	← Is it difficult to hold urine when you get the urge to go?	→ ☐	How much does it bother you?
+		+	
☐	← Do you have a problem with going to the toilet too often during the day?	→ ☐	How much does it bother you?
+		+	
☐	← Do you have to wake from sleep at night to pass urine?	→ ☐	How much does it bother you?
+		+	
☐	← Do you leak urine?	→ ☐	How much does it bother you?
=		=	

HOW ADD THE TWO COLUMNS DOWNWARDS AND PUT THE SCORES IN THESE BOXES

My symptom score My 'bother' score

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN DEL CONTROL DE LA VEJIGA
(Spanish version of the Bladder Control Self-Assessment Questionnaire)

ES USTED: HOMBRE ☐ MUJER ☐

Por favor, anote el **NÚMERO** aplicable a su caso en las casillas indicadas por las flechas, teniendo en cuenta lo siguiente:

EN ABSOLUTO = 0 UN POCO = 1 BASTANTE = 2 MUCHO = 3

SÍNTOMAS		MOLESTIA	
☐	← ¿Le resulta difícil retener la orina cuando siente la necesidad urgente de orinar?	→ ☐	¿En qué medida le molesta?
+		+	
☐	← ¿Necesita ir al lavabo con demasiada frecuencia durante el día?	→ ☐	¿En qué medida le molesta?
+		+	
☐	← ¿Se despierta por la noche con la necesidad urgente de orinar?	→ ☐	¿En qué medida le molesta?
+		+	
☐	← ¿Tiene pérdidas de orina?	→ ☐	¿En qué medida le molesta?
=		=	

AHORA, SUME LAS PUNTUACIONES DE CADA COLUMNA E INTRODUZCA LOS RESULTADOS EN ESTAS CASILLAS

Mi puntuación de síntomas Mi puntuación de 'molestia'

Estudio Incontinencia en Consulta de Ginecología General	INCOGINE

Cuestionario de Autoevaluación del control de la vejiga CACV

1. ¿Le resulta difícil retener la orina cuando siente la necesidad urgente de orinar? *(Marque una)*

En absoluto	☐	1
Un poco	☐	2
Bastante	☐	3
Mucho	☐	4

¿En qué medida le molesta? *Por favor marque la respuesta aplicable a su caso*

No me molesta en absoluto	☐	Me molesta un poco	☐	Me molesta bastante	☐	Me molesta mucho	☐

2. ¿Necesita ir al lavabo con demasiada frecuencia durante el día? *(Marque una)*

En absoluto	☐	1
Un poco	☐	2
Bastante	☐	3
Mucho	☐	4

¿En qué medida le molesta? *Por favor marque la respuesta aplicable a su caso*

No me molesta en absoluto	☐	Me molesta un poco	☐	Me molesta bastante	☐	Me molesta mucho	☐

3. ¿Se despierta por la noche con la necesidad urgente de orinar?

En absoluto	☐	1
Un poco	☐	2
Bastante	☐	3
Mucho	☐	4

¿En qué medida le molesta? *Por favor marque la respuesta aplicable a su caso*

No me molesta en absoluto	☐	Me molesta un poco	☐	Me molesta bastante	☐	Me molesta mucho	☐

4. ¿Tiene pérdidas de orina?

En absoluto	☐	1
Un poco	☐	2
Bastante	☐	3
Mucho	☐	4

¿En qué medida le molesta? *Por favor marque la respuesta aplicable a su caso*

No me molesta en absoluto	☐	Me molesta un poco	☐	Me molesta bastante	☐	Me molesta mucho	☐

Distribuido en nombre de la "European OAB Faculty"
por el "Questionnaire Working Party"

Muchas gracias por contestar estas preguntas

ANEXO 5. Cuestionario ICIQ-SF

Cuestionario de incontinencia urinaria ICIQ-SF

El ICIQ (International Consultation on Incontinence Questionnaire) es un cuestionario autoadministrado que identifica a las personas con incontinencia de orina y el impacto en la calidad de vida.
Puntuación del ICIQ-SF: sume las puntuaciones de las preguntas 1+2+3.
Se considera diagnóstico de IU cualquier puntuación superior a cero

1. ¿Con qué frecuencia pierde orina? (marque sólo una respuesta).

Nunca 0
Una vez a la semana 1
2-3 veces/semana 2
Una vez al día 3
Varias veces al día 4
Continuamente 5

2. Indique su opinión acerca de la cantidad de orina que usted cree que se le escapa, es decir, la cantidad de orina que pierde habitualmente (tanto si lleva protección como si no). Marque sólo una respuesta.

No se me escapa nada 0
Muy poca cantidad 2
Una cantidad moderada 4
Mucha cantidad 6

3. ¿En qué medida estos escapes de orina, que tiene, han afectado su vida diaria?

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nada									Mucho

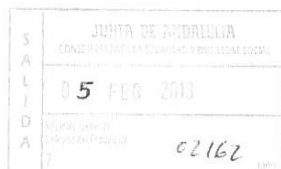
4. ¿Cuándo pierde orina? Señale todo lo que le pasa a Ud.

- Nunca.
- Antes de llegar al servicio.
- Al toser o estornudar.
- Mientras duerme.
- Al realizar esfuerzos físicos/ejercicio.
- Cuando termina de orinar y ya se ha vestido.
- Sin motivo evidente.
- De forma continua.

ANEXO 6. Escrito autorización Junta de Andalucía

JUNTA DE ANDALUCÍA

CONSEJERÍA DE SALUD Y BIENESTAR SOCIAL
Delegación Territorial en Jaén



D. Juan A. Párraga Montilla
Universidad de Jaén
Área de Educación Física y Deportiva

Campus de las Lagunillas, Edificio D2/130

23071 - JAÉN

Fecha: 01 de enero de 2013
Ntra. Ref.: Sº Gestión Serv. Soc. / mr
S/R:
Asunto: Autorizando investigación.
Trabajo: "Efectos Entrenamiento <...>"
Centros P.A. Jaén I y Jaén II

En relación con cuanto manifiesta en su escrito de fecha 12 de enero pasado interesando permiso de esta Delegación para que Dª Mª Victoria Palop Montoro pueda llevar a cabo la fase experimental del trabajo de investigación "Efectos del entrenamiento vibratorio en personas mayores"; teniendo en cuenta que la dirección de los Centros de Participación Activa de Jaén "Catedral" y Jaén "Maristas", donde se pretende realizar este proyecto, han prestado su conformidad al mismo, esta Delegación Territorial, AUTORIZA a la investigadora Dª Mª Victoria Palop Montoro, con DNI. 26022366M, para que pueda realizar dicho trabajo de investigación en los Centros referidos, bien entendido, que la participación de los mayores en el estudio será voluntaria, debiendo prestar su conformidad por escrito en el que se especifique objetivo de la investigación, desglose de actuaciones que se le pedirán, tratamiento que se vaya a realizar con los datos personales, y legislación reguladora, que en este supuesto será básicamente la siguiente:

- Declaración de Helsinki (52 Asamblea General de Edimburgo, Octubre de 2000)
- R.D. 561/1993, sobre ensayos clínicos.
- L.O. 15/1999 (13-12) y concordantes, de Protección de Datos de Carácter Personal.

La intervención se llevará a cabo durante 6 meses, con 2 sesiones semanales de 10 minutos cada una, a desarrollar en jornada de mañana, de lunes a jueves, en el CPA. Jaén II (Maristas), y de martes a jueves en jornada de tarde, en el CPA. Jaén I (Catedral)



LA DELEGADA TERRITORIAL

Fdo.: María Ángeles Jiménez Samblás

[Pº, Estación, 19.-Teléfono: 953 013 084 Fax: 953 013 118

ANEXO 7. Hoja informativa al participante



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal

Jaén, Enero de 2013

HOJA DE INFORMACIÓN AL PARTICIPANTE

En la Universidad de Jaén se está desarrollando una investigación con el título “*Efectos del entrenamiento vibratorio en personas mayores*”, de la que M^a Victoria Palop Montoro es la investigadora responsable, desde el Grupo de Investigación Actividad Física y Deportes (HUM-790) perteneciente al departamento Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal. Para ponerse en contacto con el investigador facilitamos su correo electrónico: mpalop@ujaen.es

La finalidad de dicha investigación será poder conocer el estado de salud y nivel de condición física de las personas mayores y los beneficios que el entrenamiento vibratorio puede reportar de cara a estimular las capacidades físicas para mejorar la calidad de vida de esta población. *El estudio cuenta con el permiso previo del director del centro de día.*

Los participantes que de forma voluntaria quieran colaborar en el estudio deberán contestar un breve formulario sobre datos demográficos y salud junto con la realización de una batería de pruebas de valoración de la condición física (equilibrio, fuerza y resistencia) y composición corporal. Dicho procedimiento se llevará a cabo en el lugar donde habitualmente acude al programa de actividad física en fecha que se le comunicará con suficiente antelación.

No existen riesgos en el proceso de obtención de datos y la implicación en la investigación se centra, única y exclusivamente, en cumplimentar los cuestionarios y realizar los test indicados. Son técnicas no invasivas, que no supondrán ningún perjuicio para su salud. Todo el proceso de realización de test estará supervisado por el monitor deportivo o bien por personal especializado en la materia. Como participante en la investigación usted tiene los siguientes derechos:

- Derecho a la revocación del consentimiento y sus efectos, incluida la posibilidad de la destrucción o de la anonimización de la muestra.
- Posibilidad de contactar con los investigadores.
- Derecho a revocar el consentimiento en cualquier momento.
- Derecho a decidir el destino de sus datos personales en caso de decidir retirarse de su estudio.
- Derecho a que se le vuelva a pedir su consentimiento si se desea utilizar la muestra o los datos en estudios posteriores.
- Garantía de confidencialidad de la información obtenida.



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal

Los resultados recogidos formarán parte de una base de datos general donde en ningún caso se utilizarán datos personales.

Sin otro particular, gracias por colaborar en este proyecto de investigación.

M^a Victoria Palop Montoro
Doctoranda Universidad de Jaén

ANEXO 8. Consentimiento informado



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Jaén, Enero de 2013

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Datos del estudio para el que otorga el consentimiento

Investigador principal: M^a Victoria Palop Montoro

Título proyecto: “*Efectos del entrenamiento vibratorio en personas mayores*”.

Centro: Universidad de Jaén. Departamento de Expresión Musical, Plástica y corporal. Grupo de Investigación Actividad Física y Deportes (HUM-790).

Datos del participante

Apellidos, Nombre y DNI

Persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento

M^a Victoria Palop Montoro

1. Declaro que he leído la Hoja de Información al Participante sobre el estudio citado.
2. Se me ha entregado una copia de la Hoja de Información al Participante y una copia de este Consentimiento Informado, fechado y firmado. Se me han explicado las características y el objetivo del estudio y los posibles beneficios y riesgos del mismo.
3. He contado con el tiempo y la oportunidad para realizar preguntas y plantear las dudas que poseía. Todas las preguntas fueron respondidas a mi entera satisfacción.
4. Se me ha asegurado que se mantendrá la confidencialidad de mis datos.
5. El consentimiento lo otorgo de manera voluntaria y sé que soy libre de retirarme del estudio en cualquier momento del mismo, por cualquier razón y sin que tenga ningún efecto sobre mi tratamiento médico futuro.

DOY

NO DOY

Mi consentimiento para la participación en el estudio propuesto

DOY

NO DOY

Mi consentimiento para la anonimización de mis muestras

Firmo por duplicado, quedándome con una copia.

Fecha

Firma del participante



UNIVERSIDAD DE JAÉN

Hago constar que he explicado las características y el objetivo del estudio y sus riesgos y beneficios potenciales a la persona cuyo nombre aparece escrito más arriba. Esta persona otorga su consentimiento por medio de su firma fechada en este documento.

Fecha

Firma del Investigador o la persona que proporciona la información y la hoja de consentimiento

ANEXO 9. Informe Comité de Ética Servicio Andaluz de Salud



Servicio Andaluz de Salud
CONSEJERÍA DE SALUD

D^a M^a CARMEN AMATE BALLESTEROS, SECRETARIA DEL COMITÉ DE ÉTICA DE LA INVESTIGACIÓN DE JAÉN

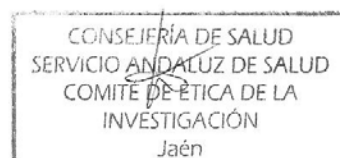
CERTIFICA:

Que el Comité de Ética de la Investigación de Jaén ha considerado emitir **informe favorable**, según consta en el acta N^o 2 de la reunión celebrada el 27 de Febrero de 2013.

Al proyecto de Tesis Doctoral presentado por la Investigadora Principal: D^a M^a Victoria Palop Montoso, de la Universidad de Jaén, Titulado: **"Efectos del entrenamiento vibratorio en personas mayores"**.

Lo que firmo en Jaén a 27 de Febrero de 2013

La Secretaria del Comité de Ética de la Investigación



Fdo.: M^a Carmen Amate Ballesteros

ANEXO 10. Informe Comité de Bioética Universidad de Jaén



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Vicerrectorado de Investigación,
Desarrollo Tecnológico e Innovación

Comité de Bioética

- Informe -

Tipo de actividad: Investigadora – Proyecto de Tesis Doctoral

Título de la actividad: Efectos del entrenamiento vibratorio en personas mayores

Convocatoria y/o entidad a la que se presenta: Comisión de Doctorado

Investigador principal: M^a Victoria Palop Montoro (Doctoranda)

Departamento: Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal

Tipo de documentación examinada: Proyecto de Tesis Doctoral, Informe del Comité Provincial de Ética de la Investigación, permiso Delegación Territorial, hoja de información y modelo de consentimiento informado.

Tipo de experimentación o actividad sometida a informe: Experimentación humana

Informe que se emite: Favorable

Jaén, 2 de abril de 2013



María de los Ángeles Peinado Herreros
Vicerrectora de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Vicerrectorado de Investigación Desarrollo Tecnológico e Innovación

Campus Las Lagunillas, s/n. Edificio B-1 Rectorado – Telf. 953 212597 – Fax 953 211968 – E-mail: vicinv@ujaen.es

ANEXO 11. Plantilla toma datos

PLANTILLA POSTEST VIBRATORIAS

APELLIDOS, NOMBRE	

FECHA DE NACIMIENTO	
ESTATURA	
IMPEDANCIA	

TENSIÓN ARTERIAL	

P. SUPRAMALEOLAR	
P. INFRAMALEOLAR	

CHAIR TEST 1'	
CHAIR TEST 30"	

SIT-REACH	

SIT UP	

MONOPODAL DCH	
MONOPODAL IZQ	

CUESTIONARIOS

INCONTINENCIA
PITTSBURGH
DOLOR
CALIDAD DE VIDA

DIN D
DIN I

ANEXO 12. Datos estadísticos de comprobación de la homogeneidad para cada una de las variables de estudio.

A.1. Variables de carácter general o de contexto

A.1.1. Variable edad

El comportamiento de la variable edad en el conjunto de observaciones realizadas y en los grupos control y experimental se resumen en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia EDAD * GRUPO

EDAD	GRUPO		Total	
	Experimental	Control		
65	Recuento	8	7	15
	% de GRUPO	30,8%	26,9%	28,8%
66	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
67	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
68	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
69	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	7,7%	11,5%
70	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
71	Recuento	0	2	2
	% de GRUPO	,0%	7,7%	3,8%
72	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
73	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
74	Recuento	1	3	4
	% de GRUPO	3,8%	11,5%	7,7%
75	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
76	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
77	Recuento	0	3	3
	% de GRUPO	,0%	11,5%	5,8%
78	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
79	Recuento	1	0	1

	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
80	Recuento	4	0	4
	% de GRUPO	15,4%	,0%	7,7%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Las características principales observadas para esta variable tanto en el conjunto de todas las observaciones como en cada uno de los grupos son:

<i>EDAD</i>	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	70,31	70,04	70,58
Error típico	0,70	0,86	1,12
Mediana	69	69,5	69
Moda	65	65	65
Desviación estándar	5,04	4,39	5,70
Varianza de la muestra	25,43	19,24	32,49
Curtosis	-0,93	-1,38	-1,07
Coficiente de asimetría	0,58	0,27	0,66
Rango	15	12	15
Mínimo	65	65	65
Máximo	80	77	80

Para comprobar la homogeneidad de la variable edad en los grupos control y experimental, con una prueba previa que nos garantiza la igualdad de varianzas (prueba de Levene, con un p-valor de 0,128), se obtiene que las medias de edades en los dos grupos se pueden considerar iguales (prueba t para la igualdad de medias, con un p-valor de 0,704). Con ello podemos concluir que los grupos son homogéneos respecto de la variable edad.

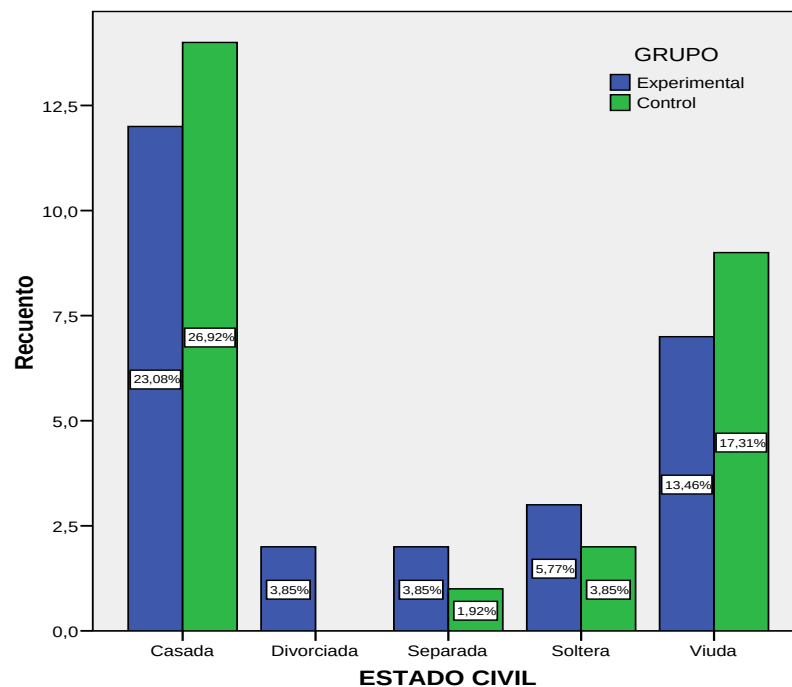
A.1.2. Variable estado civil

La variable estado civil tiene el comportamiento en las unidades observadas que se relata en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia ESTADO CIVIL * GRUPO

ESTADO CIVIL	GRUPO		Total	
	Experimental	Control		
Casada	Recuento	12	14	26
	% de GRUPO	46,2%	53,8%	50,0%
Divorciada	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
Separada	Recuento	2	1	3
	% de GRUPO	7,7%	3,8%	5,8%
Soltera	Recuento	3	2	5
	% de GRUPO	11,5%	7,7%	9,6%
Viuda	Recuento	7	9	16
	% de GRUPO	26,9%	34,6%	30,8%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Para comparar la homogeneidad de los grupos control y experimental, realizamos la prueba de homogeneidad basada en el test de Razón de Verosimilitudes (no es aconsejable aplicar el test de la chi-cuadrado, dado que el porcentaje de casillas con frecuencias observadas menor que cinco es del 60%), arrojando un p-valor de 0,445 que nos permite concluir con la afirmación de homogeneidad en los grupos respecto la variable estado civil.



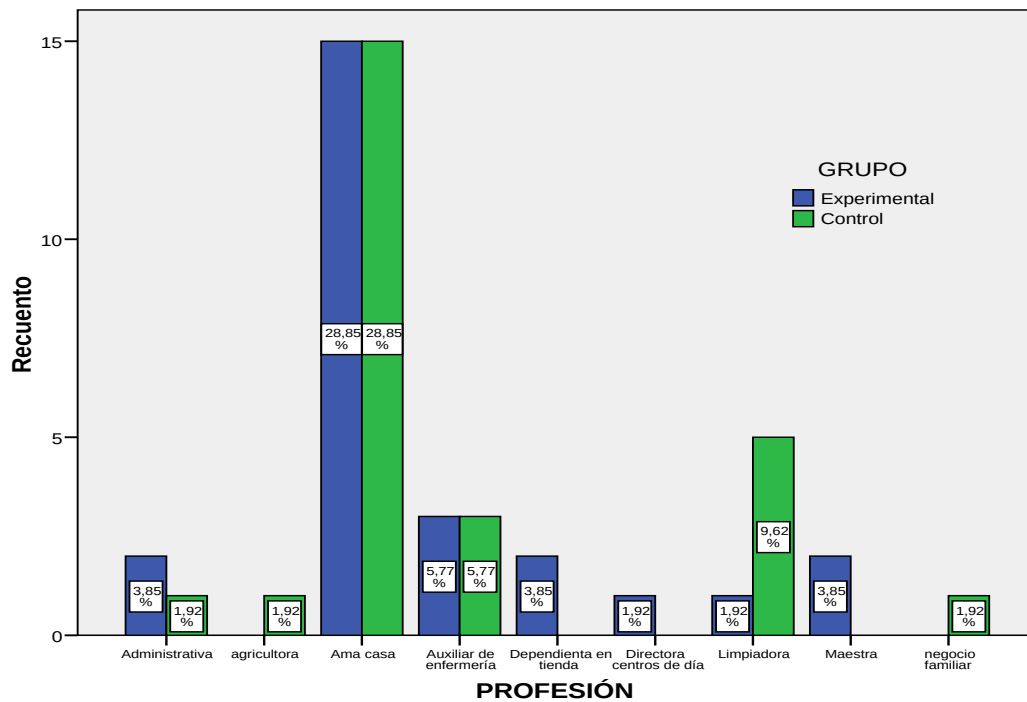
A.1.3. Variable profesión

Resumimos el comportamiento de esta variable en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia PROFESIÓN * GRUPO

PROFESIÓN	GRUPO		Total
	Experimental	Control	
Administrativa	Recuento	2	3
	% de GRUPO	7,7%	5,8%
Agricultora	Recuento	0	1
	% de GRUPO	,0%	1,9%
Ama casa	Recuento	15	30
	% de GRUPO	57,7%	57,7%
Auxiliar de enfermería	Recuento	3	6
	% de GRUPO	11,5%	11,5%
Dependiente en tienda	Recuento	2	2
	% de GRUPO	7,7%	3,8%
Directora centros de día	Recuento	1	1
	% de GRUPO	3,8%	1,9%
Limpiadora	Recuento	1	6
	% de GRUPO	3,8%	11,5%
Maestra	Recuento	2	2
	% de GRUPO	7,7%	3,8%
Negocio familiar	Recuento	0	1
	% de GRUPO	,0%	1,9%
Total	Recuento	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%

El análisis de la homogeneidad de la variable profesión en los grupos control y experimental nos lleva a aplicar el test de Razón de Verosimilitudes (de nuevo no es aconsejable la aplicación del test basado en el estadístico chi-cuadrado, dado que el número de casillas con frecuencia esperada menor de 5 es muy elevado), arrojando un p-valor de 0,113, que nos permite concluir con el hecho de que las muestras de los grupos control y experimental son homogéneas.



A.1.4. Variable número de hijos/as

De nuevo, el comportamiento de la variable número de hijos/as, en el total de mujeres observadas y clasificadas en los grupos experimental y control, se resume en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia N° HIJOS/AS * GRUPO

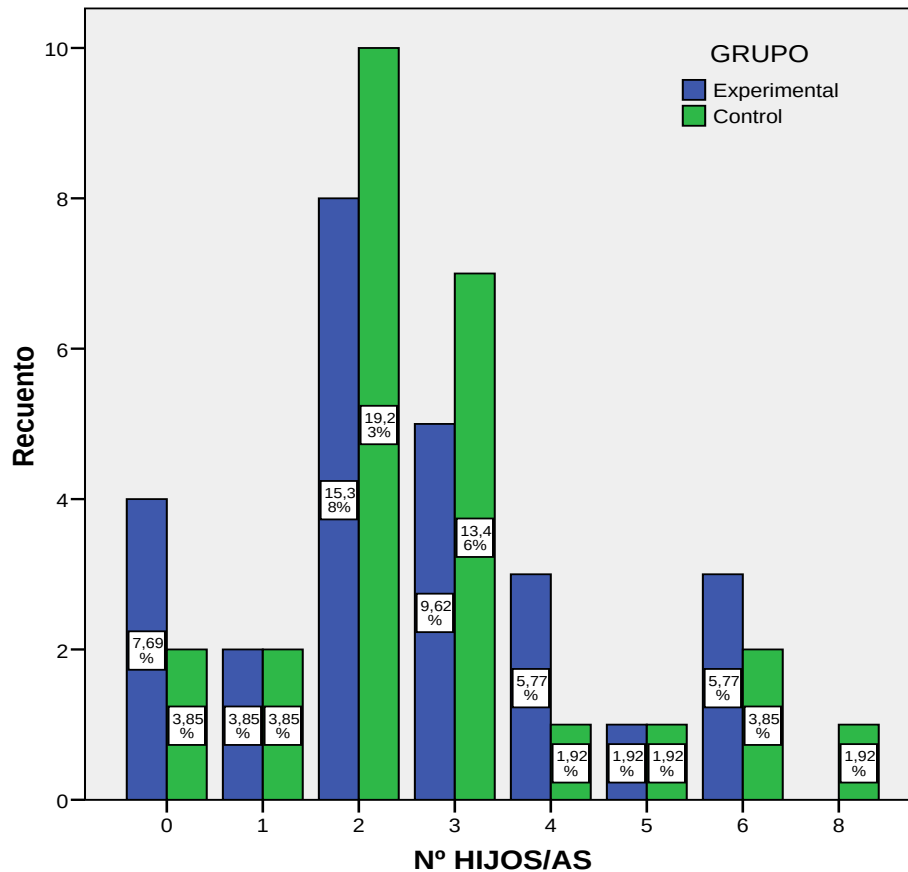
N° HIJOS/ AS		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	7,7%	11,5%
1	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
2	Recuento	8	10	18
	% de GRUPO	30,8%	38,5%	34,6%
3	Recuento	5	7	12
	% de GRUPO	19,2%	26,9%	23,1%
4	Recuento	3	1	4
	% de GRUPO	11,5%	3,8%	7,7%
5	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
6	Recuento	3	2	5
	% de GRUPO	11,5%	7,7%	9,6%
8	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52

% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Las características principales observadas para esta variable tanto en el conjunto de todas las observaciones como en cada uno de los grupos son:

<i>EDAD</i>	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	2,69	2,77	2,62
Error típico	0,25	0,36	0,36
Mediana	2	2	2
Moda	2	2	2
Desviación estándar	1,80	1,82	1,81
Varianza de la muestra	3,24	3,30	3,29
Curtosis	0,63	1,89	-0,39
Coefficiente de asimetría	0,78	1,19	0,41
Rango	8	8	6
Mínimo	0	0	0
Máximo	8	8	6

El test de Razón de Verosimilitudes para probar la homogeneidad en la distribución del número de hijos en los grupos control y experimental resuelve con un p-valor de 0,794, lo que nos permite reafirmar la homogeneidad de ambos grupos respecto de esta variable.



A.1.5. Variable antecedentes

La variable antecedentes se refiere a la existencia o no de antecedentes personales de enfermedades de alguna índole. Se resumen los valores de la variable en una anotación de variable dicotómica que registra la existencia o no de tales antecedentes.

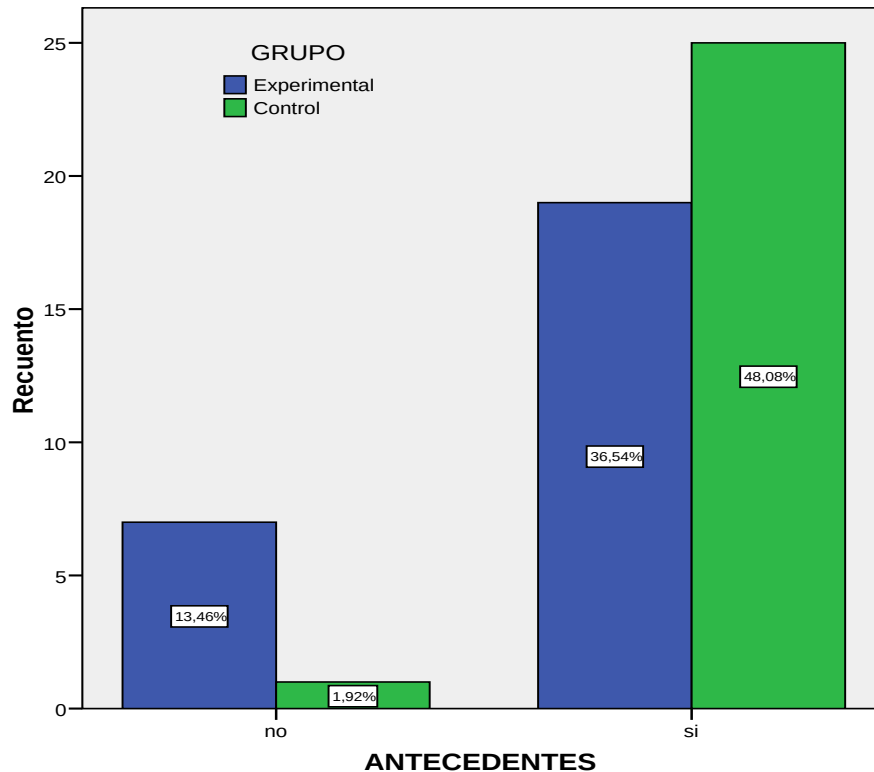
El comportamiento de esta variable se resume en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia ANTECEDENTES * GRUPO

ANTECED.		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
no	Recuento	7	1	8
	% de GRUPO	26,9%	3,8%	15,4%
si	Recuento	19	25	44
	% de GRUPO	73,1%	96,2%	84,6%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Un primer análisis de la tabla de contingencia nos lleva a sospechar una pequeña tendencia de las mujeres con antecedentes personales a no participar en el grupo experimental.

Sin embargo, al probar la homogeneidad de la variable en los grupos contemplados, en aplicación del test exacto de Fisher (se trata de una tabla 2x2) se obtiene un p-valor (exacto) de 0,054, lo que nos confirma la sensibilidad a la situación anteriormente manifestada, pero nos sitúa en una posición en la que no tenemos que rechazar la homogeneidad de esta variable entre los grupos control y experimental.



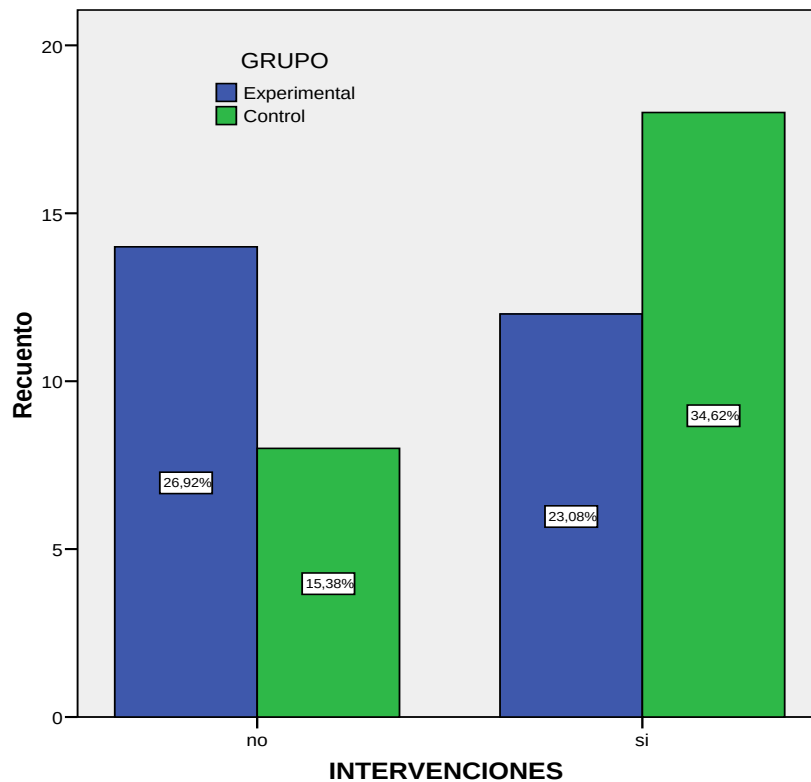
A.1.6. Variable intervenciones

La variable intervenciones se trata de una variable que ha registrado la existencia o no de intervenciones quirúrgicas. El comportamiento de esta se resume en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia INTERVENCIONES * GRUPO

INTERVENC.		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
no	Recuento	14	8	22
	% de GRUPO	53,8%	30,8%	42,3%
si	Recuento	12	18	30
	% de GRUPO	46,2%	69,2%	57,7%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

En este caso el análisis de homogeneidad de la variable intervenciones en los grupos control y experimental basado en el test exacto de Fisher nos arroja un p-valor de 0,160, que nos lleva a admitir la citada homogeneidad.



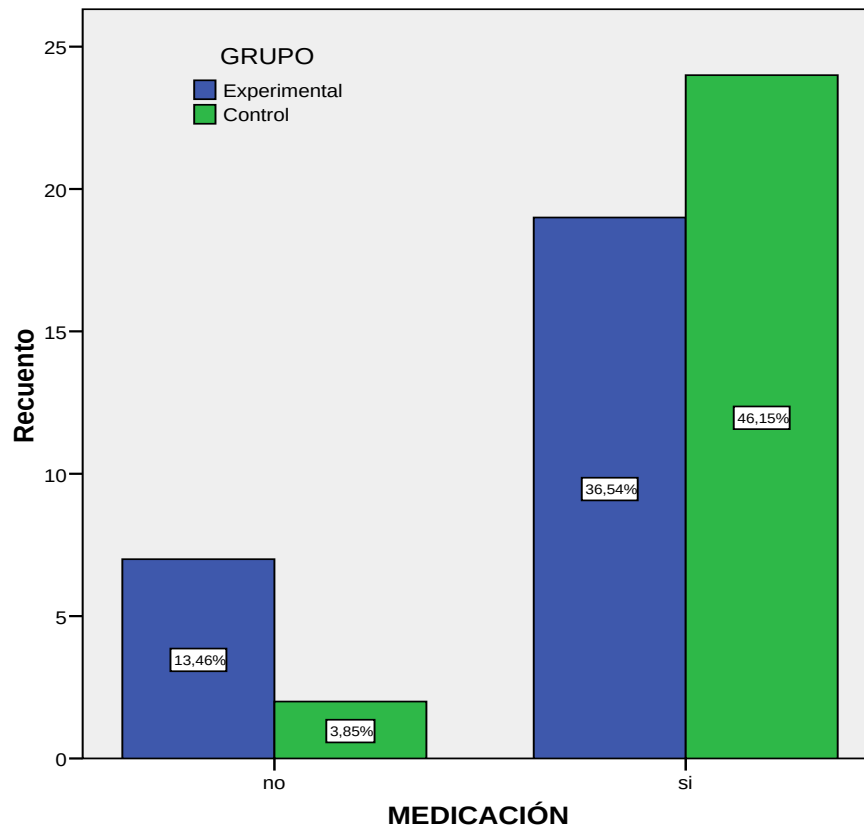
A.1.7. Variable medicación

Se registra si las participantes reciben o no medicación actualmente. Los datos obtenidos son:

Tabla de contingencia MEDICACION * GRUPO

MEDICACIÓN		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
no	Recuento	7	2	9
	% de GRUPO	26,9%	7,7%	17,3%
si	Recuento	19	24	43
	% de GRUPO	73,1%	92,3%	82,7%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

En el análisis de homogeneidad del comportamiento de la variable medicación en los grupos control y experimental, el test exacto de Fisher proporciona un p-valor de 0,140, lo que nos permite aceptar la citada homogeneidad.



A.2. Variables antropométricas y variables asociadas al estado de salud

A.2.1. Variable presión arterial sistólica

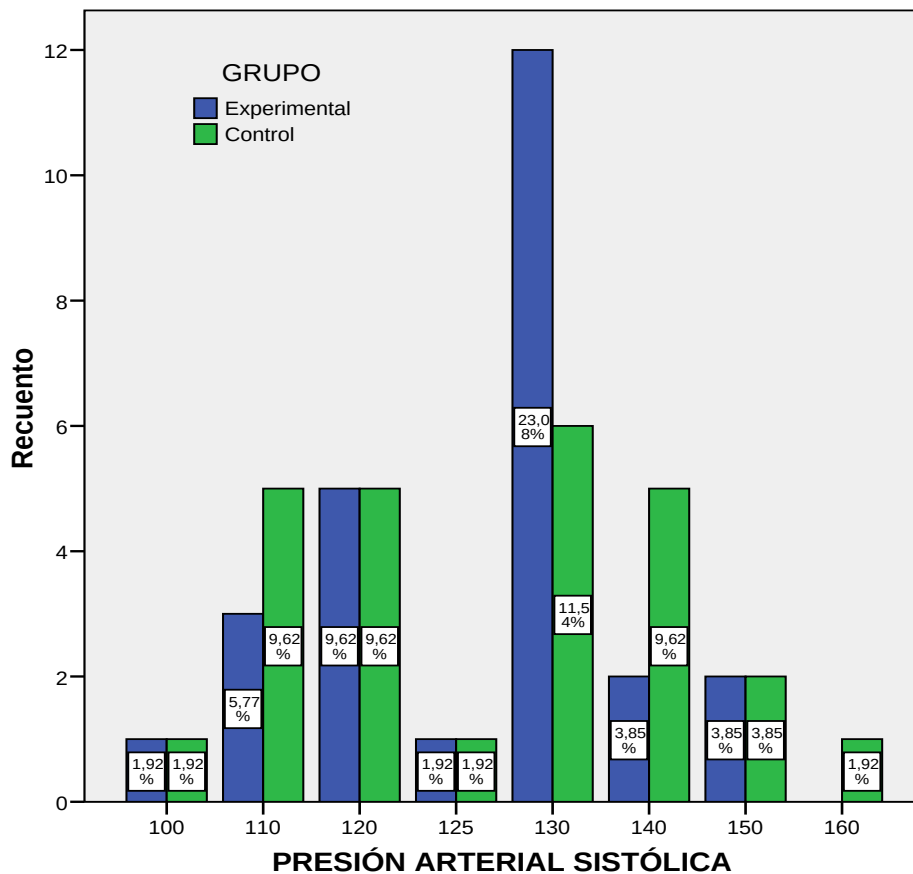
El comportamiento de la variable presión arterial sistólica en el conjunto de mujeres observadas y para los grupos experimental y control se resume en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA * GRUPO

PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
100	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
110	Recuento	3	5	8
	% de GRUPO	11,5%	19,2%	15,4%
120	Recuento	5	5	10
	% de GRUPO	19,2%	19,2%	19,2%
125	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
130	Recuento	12	6	18
	% de GRUPO	46,2%	23,1%	34,6%
140	Recuento	2	5	7
	% de GRUPO	7,7%	19,2%	13,5%
150	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
160	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Algunas características asociadas a esta variable se presentan en la siguiente tabla:

PRESIÓN ARTERIAL SISTÓLICA	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	127,12	127,50	126,73
Error típico	1,82	2,90	2,27
Mediana	130	130	130
Moda	130	130	130
Desviación estándar	13,15	14,78	11,57
Varianza de la muestra	172,89	218,50	133,88
Curtosis	-0,05	-0,41	0,59
Coficiente de asimetría	0,14	0,23	-0,12
Rango	60	60	50
Mínimo	100	100	100
Máximo	160	160	150



Dado que la variable puede considerarse normal en cada uno de los grupos (control con p-valor 0,810 y experimental con 0,113), proponemos la prueba basada en el estadístico t. Para esta variable, con varianzas asumidas iguales (prueba de Levene con significación 0,143) podemos aceptar medias iguales (p-valor 0,835), por lo que afirmamos un comportamiento homogéneo en los dos grupos.

A.2.2. Variable presión arterial diastólica

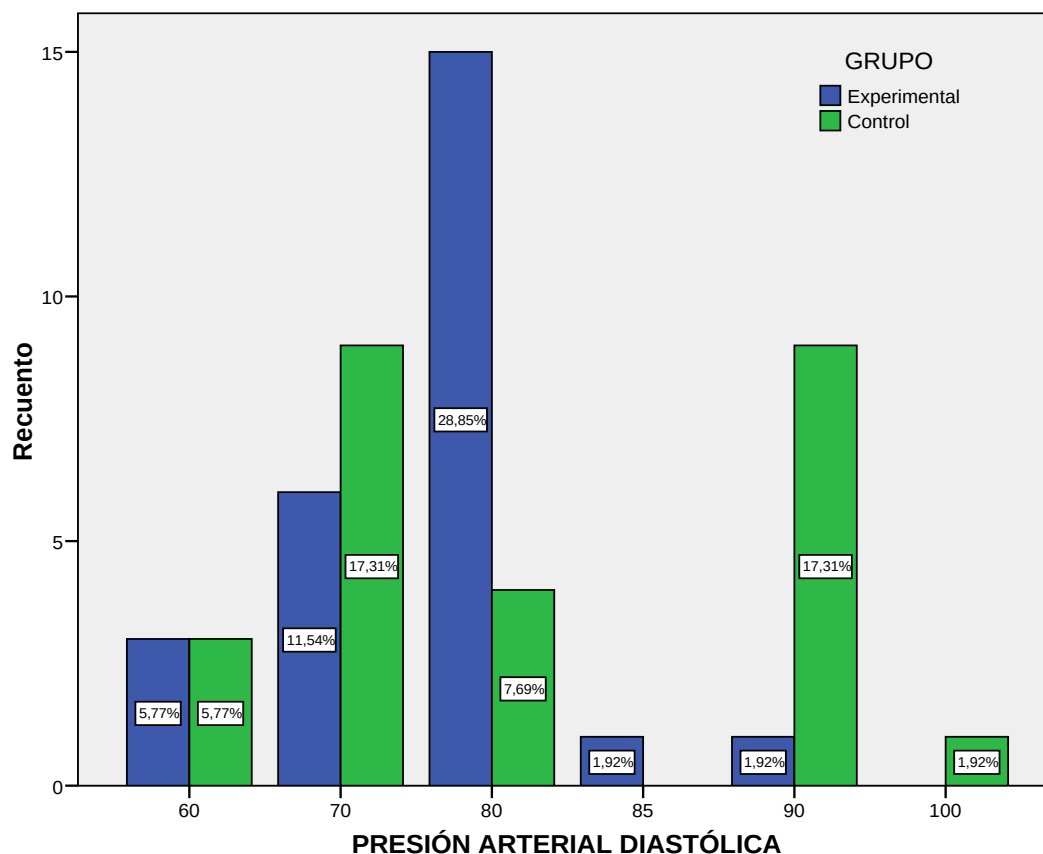
Para el conjunto de observaciones totales y agrupadas en los grupos experimental y control, el comportamiento de la variable se resume en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia PRESIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA * GRUPO

PRESIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
60	Recuento	3	3	6
	% de GRUPO	11,5%	11,5%	11,5%
70	Recuento	6	9	15
	% de GRUPO	23,1%	34,6%	28,8%
80	Recuento	15	4	19
	% de GRUPO	57,7%	15,4%	36,5%
85	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
90	Recuento	1	9	10
	% de GRUPO	3,8%	34,6%	19,2%
100	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Algunas características que resumen el comportamiento de esta variable se aportan en la siguiente tabla:

PRESIÓN ARTERIAL DIASTÓLICA	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	77,21	78,46	75,96
Error típico	1,36	2,27	1,52
Mediana	80	80	80
Moda	80	90	80
Desviación estándar	9,82	11,56	7,75
Varianza de la muestra	96,48	133,54	60,04
Curtosis	-0,56	-1,20	0,16
Coefficiente de asimetría	-0,06	-0,01	-0,84
Rango	40	40	30
Mínimo	60	60	60
Máximo	100	100	90



En el análisis de homogeneidad en el comportamiento de esta variable en los grupos control y experimental, aunque en el primero podemos asumir normalidad (significación de 0,129), tenemos que en el grupo experimental este comportamiento es dudoso (p-valor de 0,003), por lo que proponemos la prueba no paramétrica de Mann-Whitney a estos efectos. El resultado arroja un p-valor de 0,423, por lo que en podemos asumir un comportamiento igual en la variable respecto características de tendencia central (mediana). Aún así, para completar este análisis aplicamos el contraste de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras, obteniendo una significación de 0,089, lo que nos permite afirmar un comportamiento igual de la variable en los dos grupos. En resumen, admitimos homogeneidad de los grupos para la variable presión arterial diastólica.

A.2.3. Variable perímetro del tobillo

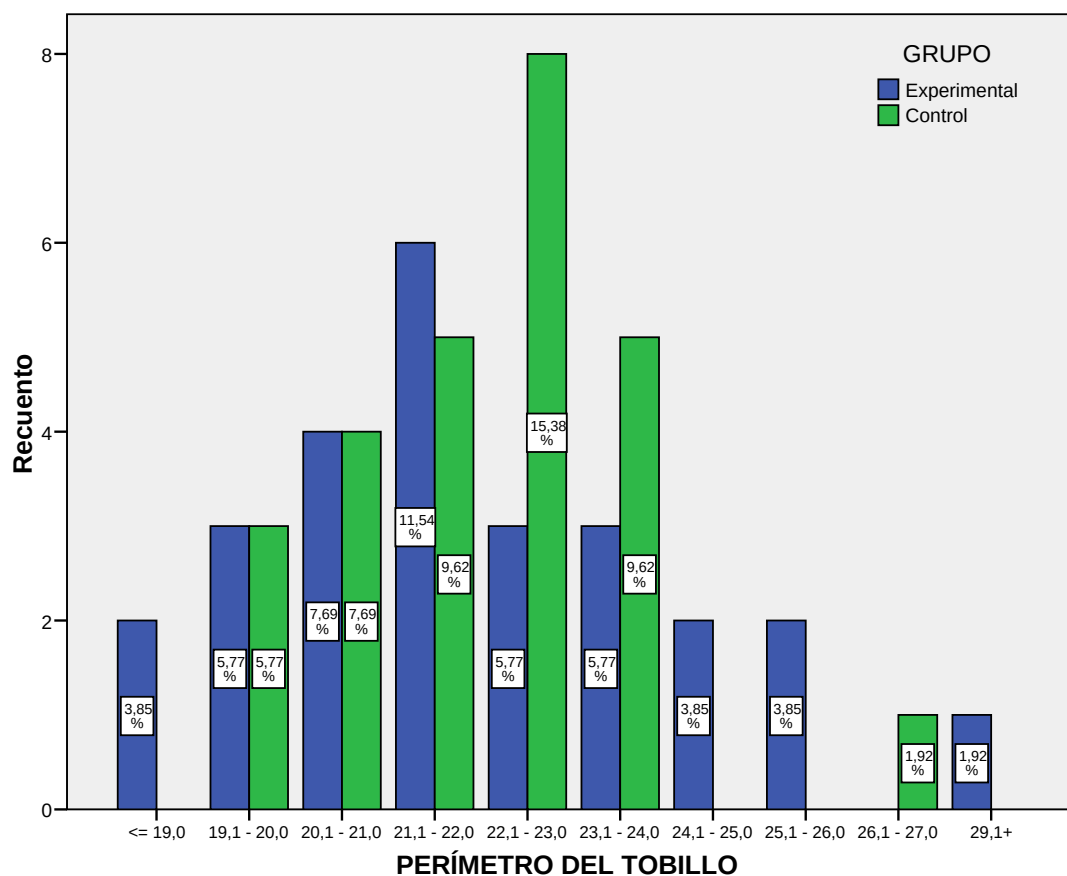
La siguiente tabla resume los resultados registrados para la variable perímetro del tobillo.

Tabla de contingencia PERÍMETRO DEL TOBILLO * GRUPO

PERÍMETRO TOBILLO	DEL	GRUPO		Total
		Experimental	Control	
<= 19,0	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
19,1 - 20,0	Recuento	3	3	6
	% de GRUPO	11,5%	11,5%	11,5%
20,1 - 21,0	Recuento	4	4	8
	% de GRUPO	15,4%	15,4%	15,4%
21,1 - 22,0	Recuento	6	5	11
	% de GRUPO	23,1%	19,2%	21,2%
22,1 - 23,0	Recuento	3	8	11
	% de GRUPO	11,5%	30,8%	21,2%
23,1 - 24,0	Recuento	3	5	8
	% de GRUPO	11,5%	19,2%	15,4%
24,1 - 25,0	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
25,1 - 26,0	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
26,1 - 27,0	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
29,1+	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Algunas características asociadas a la variable son:

PERÍMETRO DEL TOBILLO	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	22,41	22,39	22,42
Error típico	0,28	0,31	0,48
Mediana	22	22,75	21,75
Moda	23	23	21,5
Desviación estándar	2,05	1,58	2,47
Varianza de la muestra	4,21	2,49	6,09
Curtosis	2,62	1,56	2,13
Coefficiente de asimetría	1,09	0,58	1,16
Rango	11	7	11
Mínimo	19	20	19
Máximo	30	27	30



En el caso de la variable perímetro del tobillo, el comportamiento de los datos registrados para las participantes en el grupo control y experimental podemos aceptarlo como normal (p-valores de 0.602 y 0.638 respectivamente), por lo que aplicando la prueba basada en el estadístico t para igualdad de medias, con varianzas iguales (p-valor de 0.053), obtenemos como resultado no rechazar la igualdad de estas (con una significación de 0.957), por lo que podemos concluir con la homogeneidad de la variable en los grupos control y experimental.

A.2.4. Variable IMC

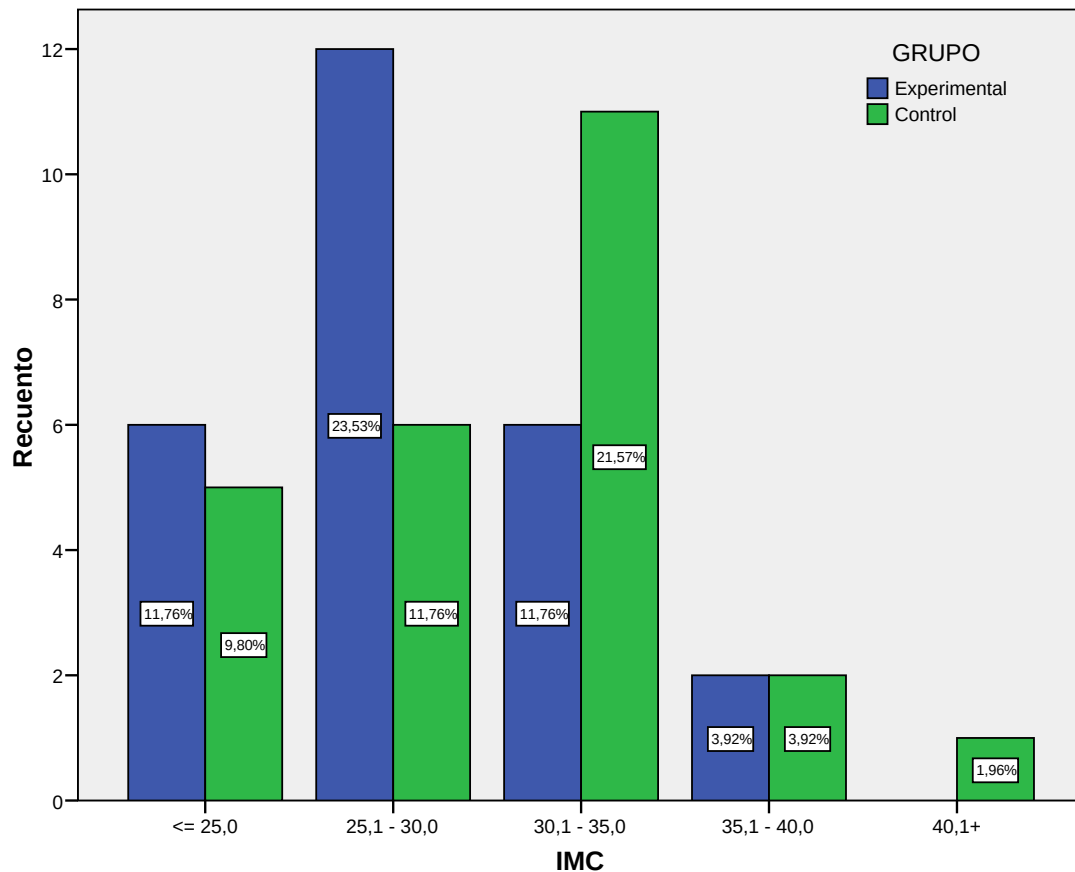
La variable índice de masa corporal tiene el comportamiento relatado en la siguiente tabla. Para elaborar la tabla se han considerado los puntos de corte en el IMC que definen a los individuos en “peso normal” (IMC hasta 25), “sobrepeso” (IMC entre 25 y 30), “sobrepeso crónico” (IMC entre 30 y 35), “obesidad premórbida” (IMC entre 35 y 40) y “obesidad mórbida” (IMC mayor de 40). Además, como puede observarse en la tabla, se ha perdido un valor de la variable en una observación del grupo control:

Tabla de contingencia IMC * GRUPO

IMC	GRUPO		Total
	Experimental	Control	
<= 25,0	Recuento	6	5
	% de GRUPO	23,1%	20,0%
25,1 - 30,0	Recuento	12	6
	% de GRUPO	46,2%	24,0%
30,1 - 35,0	Recuento	6	11
	% de GRUPO	23,1%	44,0%
35,1 - 40,0	Recuento	2	2
	% de GRUPO	7,7%	8,0%
40,1+	Recuento	0	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%
Total	Recuento	26	25
	% de GRUPO	100,0%	100,0%

Estadísticos asociados a esta variable se presentan en la siguiente tabla:

IMC	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	29,51	30,23	28,81
Error típico	0,61	0,96	0,77
Mediana	29,9	31	28,55
Moda	30	30	24,2
Desviación estándar	4,38	4,78	3,93
Varianza de la muestra	19,22	22,89	15,44
Curtosis	-0,08	0,03	0,55
Coficiente de asimetría	0,24	-0,18	0,74
Rango	19,3	19,3	15,9
Mínimo	21,3	21,3	23,5
Máximo	40,6	40,6	39,4



De nuevo, en la variable IMC, encontramos un comportamiento normal en los datos asociados a los grupos control y experimental (con p-valores de 0.423 y 0.954 respectivamente). La prueba de igualdad de medias entre los grupos, con varianzas iguales (prueba de Levene con p-valor 0.562) da un p-valor de 0.251, que nos permite concluir con la homogeneidad de las medias.

A.2.5. Variable peso

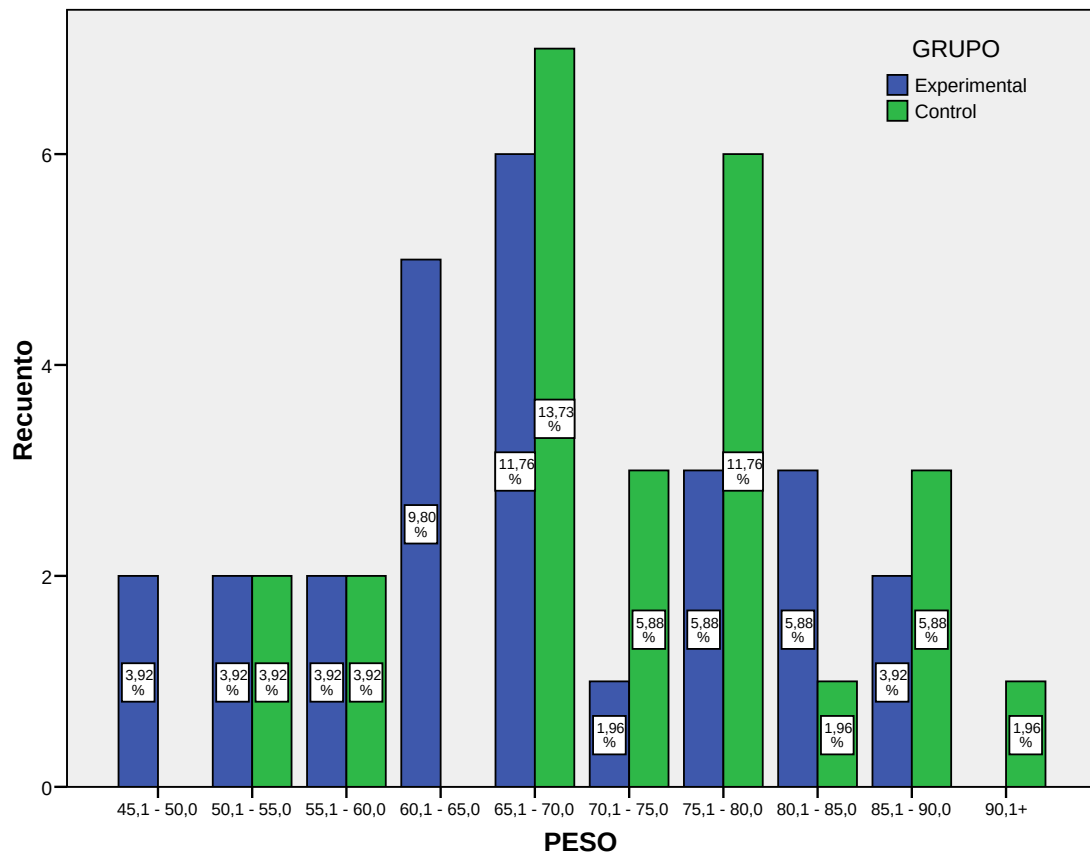
El comportamiento de variable peso, en total y en cada uno de los grupos, se resume en la siguiente tabla (se ha perdido un valor en el grupo control):

Tabla de contingencia PESO * GRUPO

PESO	GRUPO		Total	
	Experimental	Control		
45,1 - 50,0	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,9%
50,1 - 55,0	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	8,0%	7,8%
55,1 - 60,0	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	8,0%	7,8%
60,1 - 65,0	Recuento	5	0	5
	% de GRUPO	19,2%	,0%	9,8%
65,1 - 70,0	Recuento	6	7	13
	% de GRUPO	23,1%	28,0%	25,5%
70,1 - 75,0	Recuento	1	3	4
	% de GRUPO	3,8%	12,0%	7,8%
75,1 - 80,0	Recuento	3	6	9
	% de GRUPO	11,5%	24,0%	17,6%
80,1 - 85,0	Recuento	3	1	4
	% de GRUPO	11,5%	4,0%	7,8%
85,1 - 90,0	Recuento	2	3	5
	% de GRUPO	7,7%	12,0%	9,8%
90,1+	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%	2,0%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Como resumen, algunas características de esta variable son:

PESO	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	69,92	72,40	67,54
Error típico	1,56	2,11	2,23
Mediana	69,4	70,6	66,5
Moda	62	67,6	62
Desviación estándar	11,15	10,54	11,39
Varianza de la muestra	124,22	111,15	129,66
Curtosis	-0,75	-0,46	-0,84
Coficiente de asimetría	-0,04	-0,12	0,12
Rango	41,9	38,9	38,8
Mínimo	48,2	51,2	48,2
Máximo	90,1	90,1	87



La variable peso tiene un comportamiento normal en los grupos control y experimental con una significación de 0.896 y 0.944 respectivamente. A su vez, la prueba basada en el estadístico t (varianzas iguales con p-valor 0.660) nos da un p-valor de 0.120, lo que nos permite aceptar la igualdad de las medias de la variable en ambos grupos y concluir con la homogeneidad de esta variable observada en el grupo control y experimental.

A.2.6. Variable estatura

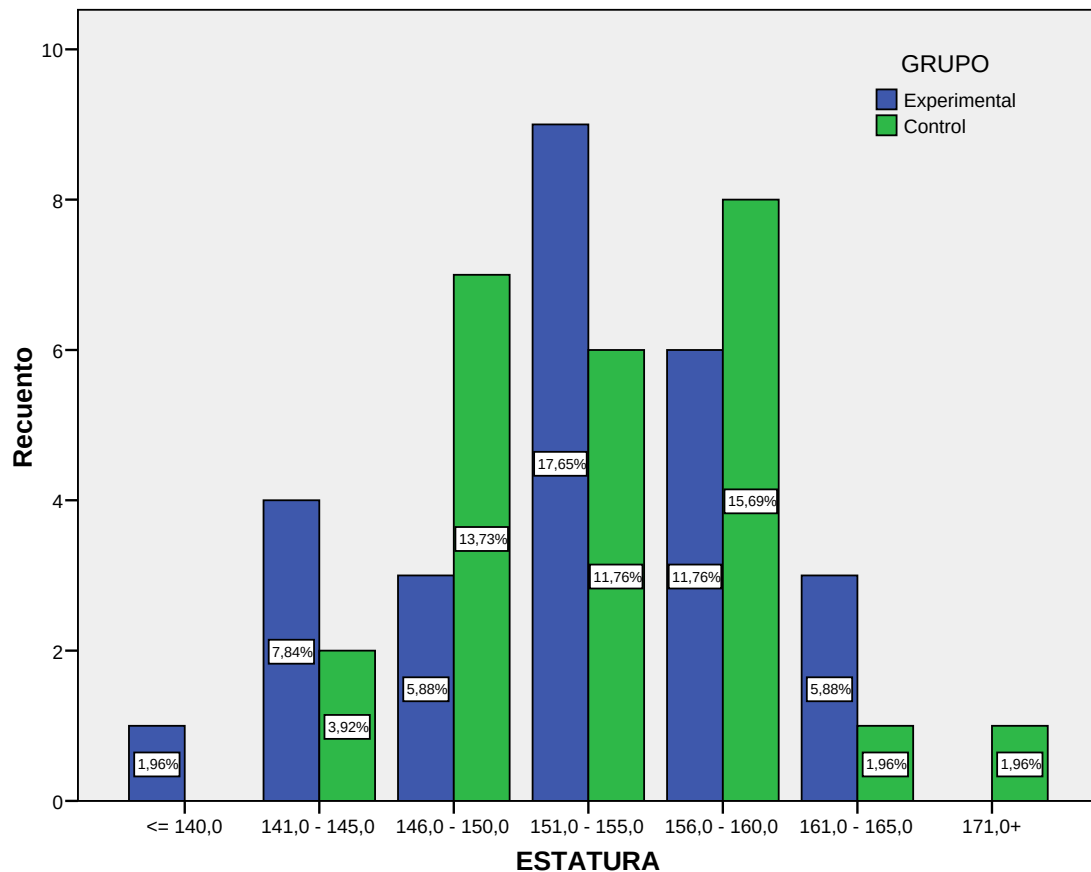
La variable estatura aparece en las observaciones realizadas con las siguientes frecuencias (con una observación perdida en el grupo control):

Tabla de contingencia ESTATURA * GRUPO

ESTATURA		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
<= 140,0	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	2,0%
141,0 - 145,0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	8,0%	11,8%
146,0 - 150,0	Recuento	3	7	10
	% de GRUPO	11,5%	28,0%	19,6%
151,0 - 155,0	Recuento	9	6	15
	% de GRUPO	34,6%	24,0%	29,4%
156,0 - 160,0	Recuento	6	8	14
	% de GRUPO	23,1%	32,0%	27,5%
161,0 - 165,0	Recuento	3	1	4
	% de GRUPO	11,5%	4,0%	7,8%
171,0+	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%	2,0%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Algunos estadísticos asociados a esta variable son:

ESTATURA	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	153,57	154,32	152,85
Error típico	0,93	1,30	1,33
Mediana	154	154	154
Moda	154	154	154
Desviación estándar	6,62	6,48	6,80
Varianza de la muestra	43,85	41,98	46,30
Curtosis	1,20	3,09	-0,44
Coefficiente de asimetría	0,30	1,16	-0,35
Rango	35	31	25
Mínimo	140	144	140
Máximo	175	175	165



La estatura se puede considerar como variable normalmente distribuida en el grupo control (p-valor de 0.921) y en el grupo experimental (p-valor de 0.933), por lo que, aceptando la igualdad de varianzas (significación de 0.627) la aplicación de la prueba basada en el estadístico t (p-valor de 0.432) nos permite concluir con que las medias de esta variable en los dos grupos son iguales.

A.2.7. Variable agua corporal en Kg

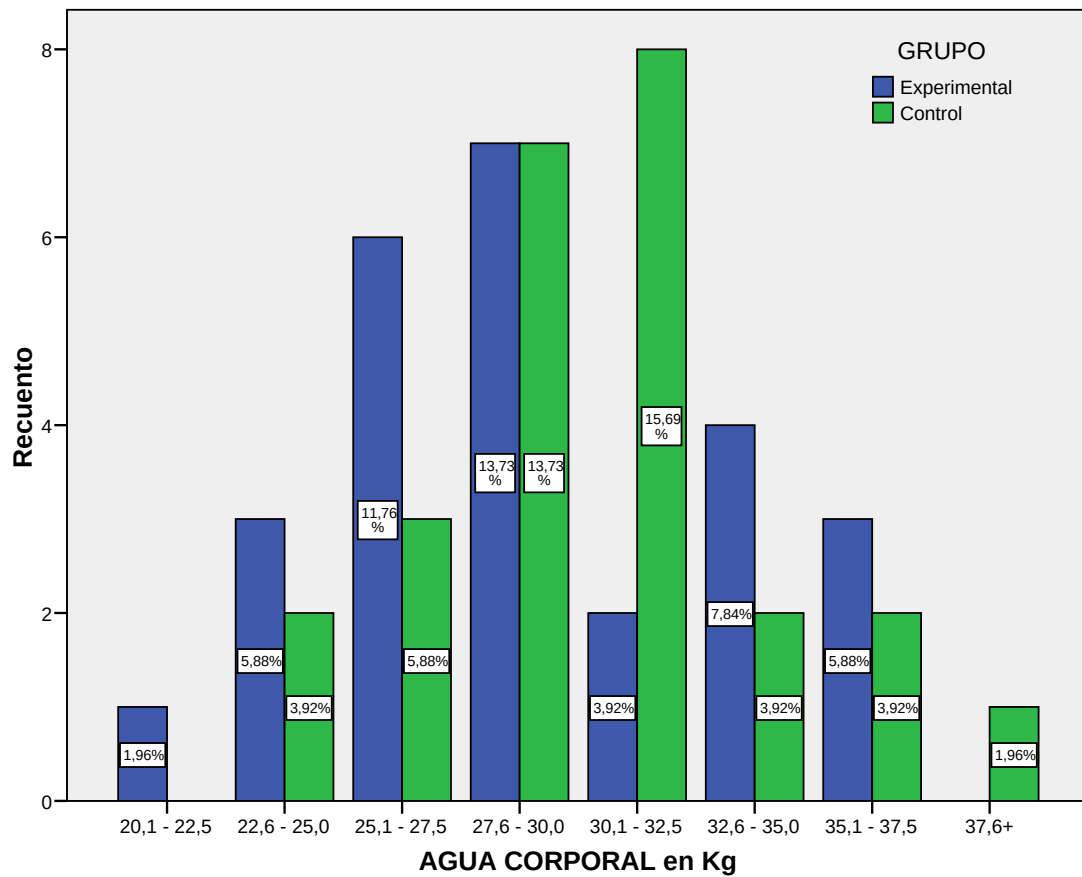
El agua corporal en Kg se comporta en el conjunto de observaciones en la forma que resume la siguiente tabla (se ha perdido una observación del grupo control):

Tabla de contingencia AGUA CORPORAL en Kg * GRUPO

AGUA CORPORAL en Kg	GRUPO		Total	
	Experimental	Control		
20,1 - 22,5	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	2,0%
22,6 - 25,0	Recuento	3	2	5
	% de GRUPO	11,5%	8,0%	9,8%
25,1 - 27,5	Recuento	6	3	9
	% de GRUPO	23,1%	12,0%	17,6%
27,6 - 30,0	Recuento	7	7	14
	% de GRUPO	26,9%	28,0%	27,5%
30,1 - 32,5	Recuento	2	8	10
	% de GRUPO	7,7%	32,0%	19,6%
32,6 - 35,0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	8,0%	11,8%
35,1 - 37,5	Recuento	3	2	5
	% de GRUPO	11,5%	8,0%	9,8%
37,6+	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%	2,0%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Como resumen, algunos estadísticos de esta variable son:

AGUA CORPORAL en Kg.	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	29,74	30,17	29,32
Error típico	0,53	0,69	0,82
Mediana	28,9	30,2	28,25
Moda	28,9	30,3	27,3
Desviación estándar	3,81	3,44	4,16
Varianza de la muestra	14,53	11,83	17,33
Curtosis	-0,42	0,10	-0,66
Coficiente de asimetría	0,31	0,49	0,34
Rango	16,5	13,7	14,8
Mínimo	22	24,8	22
Máximo	38,5	38,5	36,8



La normalidad de la variable en los grupos control (p-valor 0.975) y experimental (p-valor 0.726) y la igualdad de varianzas (prueba de Levene con p-valor de 0.269) nos permiten la aplicación del test basado en el estadístico t, obteniendo en este caso un p-valor asociado de 0.432, lo que nos permite concluir con la igualdad de medias de la variable en los grupos considerados.

A.2.8. Variable agua corporal en %

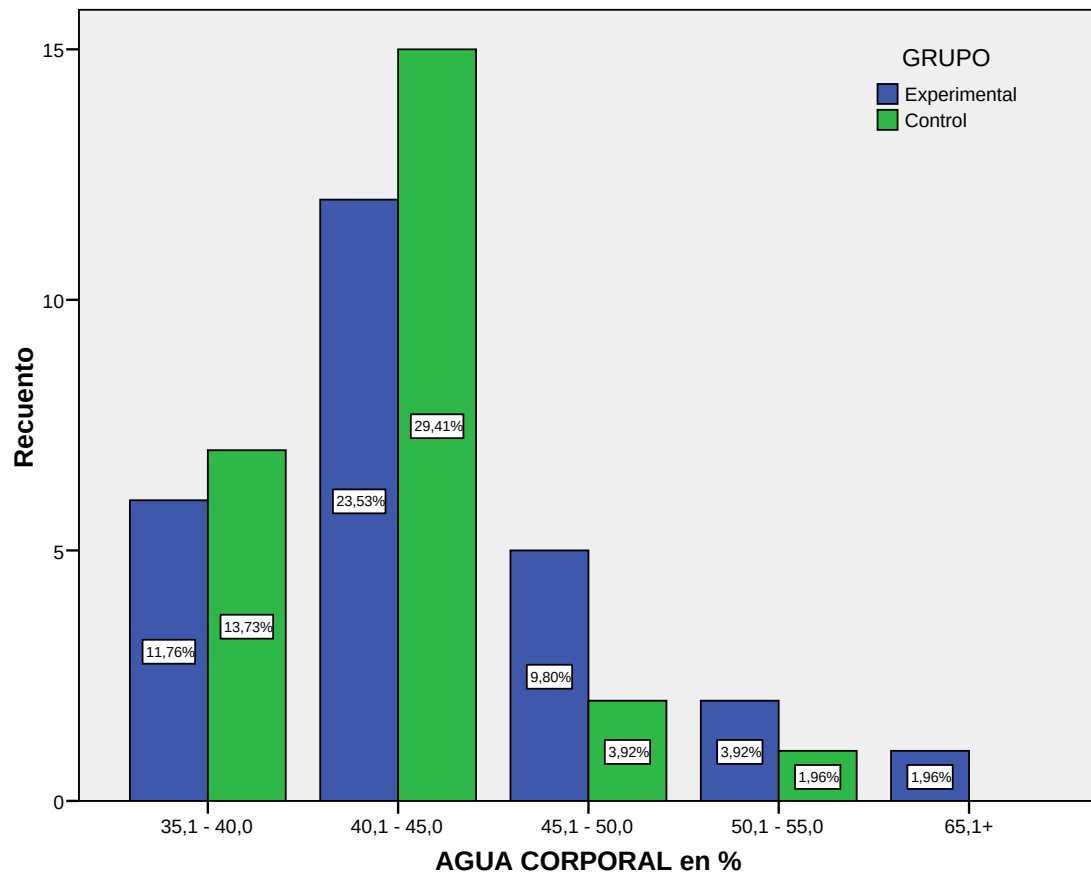
El comportamiento de esta variable es (se ha perdido una observación en el grupo control):

Tabla de contingencia AGUA CORPORAL en % * GRUPO

AGUA CORPORAL en %		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
35,1 - 40,0	Recuento	6	7	13
	% de GRUPO	23,1%	28,0%	25,5%
40,1 - 45,0	Recuento	12	15	27
	% de GRUPO	46,2%	60,0%	52,9%
45,1 - 50,0	Recuento	5	2	7
	% de GRUPO	19,2%	8,0%	13,7%
50,1 - 55,0	Recuento	2	1	3
	% de GRUPO	7,7%	4,0%	5,9%
65,1+	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	2,0%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

El resumen de estadísticos asociados a esta variable se presenta en la siguiente tabla:

AGUA CORPORAL en %	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	42,97	41,96	43,94
Error típico	0,68	0,64	1,16
Mediana	42	41,1	42,4
Moda	41,1	41,1	45,2
Desviación estándar	4,84	3,18	5,93
Varianza de la muestra	23,41	10,12	35,12
Curtosis	8,82	2,23	6,35
Coficiente de asimetría	2,50	1,33	2,25
Rango	28,8	14	28,5
Mínimo	36,6	36,6	36,9
Máximo	65,4	50,6	65,4



Se admite normalidad de la variable en los grupos control y experimental (p-valores de 0.488 y 0.110 respectivamente). La prueba de igualdad e varianzas de Levene nos permite concluir de forma positiva (p-valor de 0.115). La prueba de igualdad e medias de la variable en los grupos control y experimental nos lleva a aceptar esta (p-valor 0.146), concluyendo con la afirmación de homogeneidad e la variable en los grupos considerados.

A.2.9. Variable masa muscular

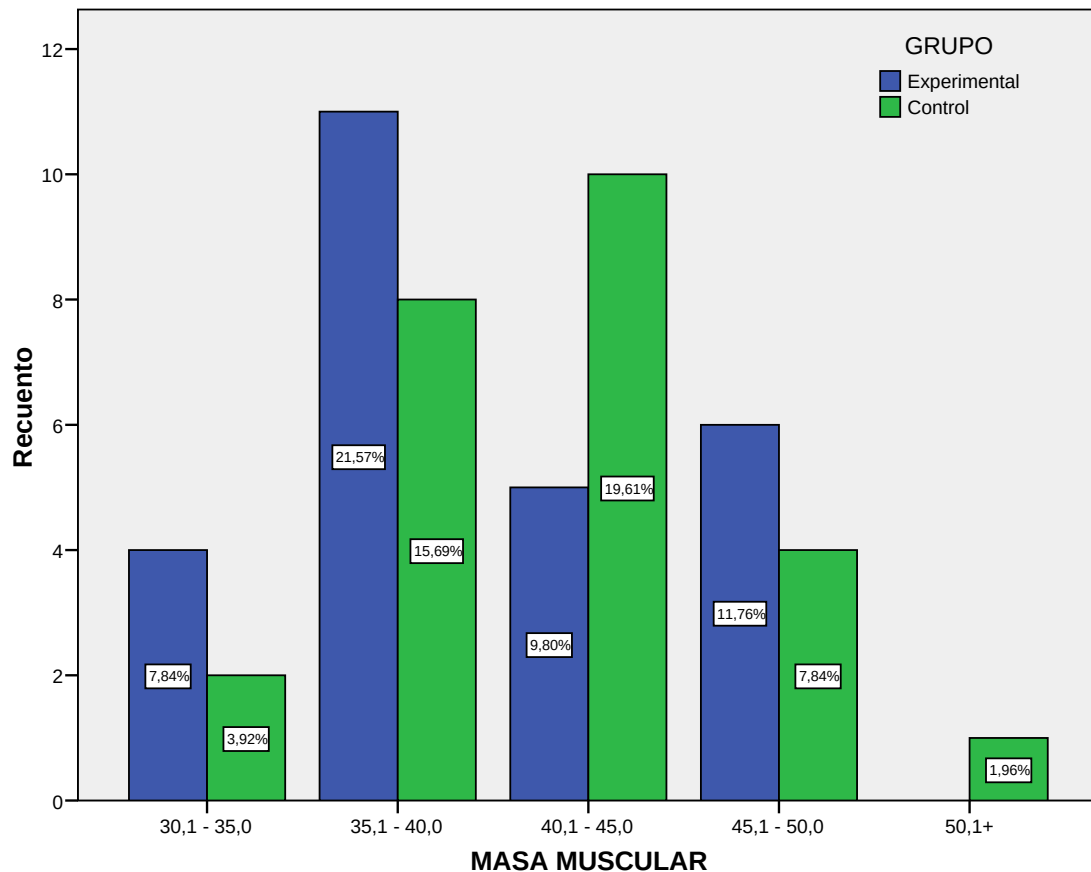
En esta variable se ha perdido una observación en el grupo control. El comportamiento de las restantes observaciones se resume en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia MASA MUSCULAR * GRUPO

MASA MUSCULAR		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
30,1 - 35,0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	8,0%	11,8%
35,1 - 40,0	Recuento	11	8	19
	% de GRUPO	42,3%	32,0%	37,3%
40,1 - 45,0	Recuento	5	10	15
	% de GRUPO	19,2%	40,0%	29,4%
45,1 - 50,0	Recuento	6	4	10
	% de GRUPO	23,1%	16,0%	19,6%
50,1+	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%	2,0%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

El resumen de características asociadas a esta variable se presenta en la siguiente tabla:

MASA MUSCULAR	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	40,79	41,23	40,37
Error típico	0,65	0,84	1,00
Mediana	40,1	41,1	39,05
Moda	45,4		38
Desviación estándar	4,63	4,18	5,08
Varianza de la muestra	21,46	17,44	25,79
Curtosis	-0,35	0,28	-0,62
Coefficiente de asimetría	0,40	0,55	0,43
Rango	19,8	17	17,9
Mínimo	31,8	34,6	31,8
Máximo	51,6	51,6	49,7



De nuevo es válida la hipótesis de normalidad (p-valor de 0.946 y 0.666 para grupo control y experimental). Las varianzas se pueden considerar iguales (prueba de Levene con p-valor de 0.251) y la prueba de igualdad de medias basado en el estadístico t nos da un p-valor de 0.510, por lo que podemos admitir medias iguales.

A.2.10. Variable nivel de grasa visceral

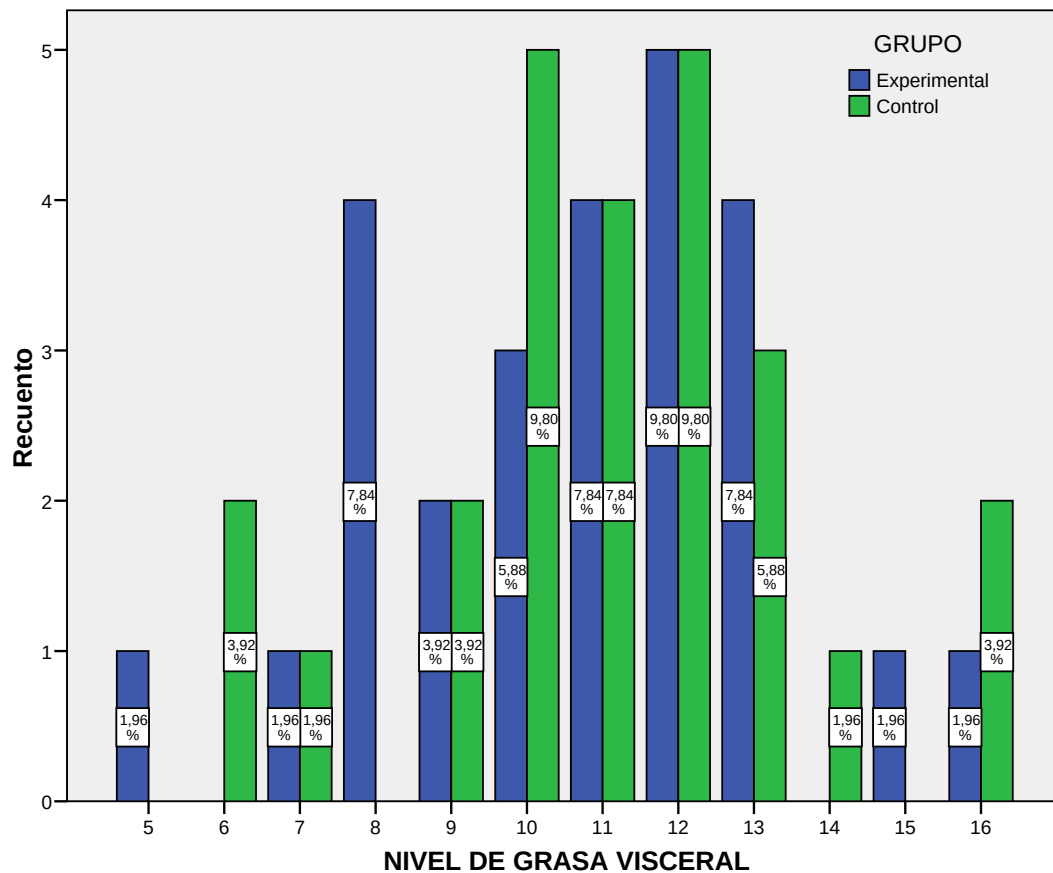
Para la variable nivel de grasa visceral, el comportamiento está recogido en la siguiente tabla (se ha perdido un dato en el grupo control):

Tabla de contingencia NIVEL DE GRASA VISCERAL * GRUPO

NIVEL DE VISCERAL	GRASA	GRUPO		Total
		Experimental	Control	
5	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	2,0%
6	Recuento	0	2	2
	% de GRUPO	,0%	8,0%	3,9%
7	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	4,0%	3,9%
8	Recuento	4	0	4
	% de GRUPO	15,4%	,0%	7,8%
9	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	8,0%	7,8%
10	Recuento	3	5	8
	% de GRUPO	11,5%	20,0%	15,7%
11	Recuento	4	4	8
	% de GRUPO	15,4%	16,0%	15,7%
12	Recuento	5	5	10
	% de GRUPO	19,2%	20,0%	19,6%
13	Recuento	4	3	7
	% de GRUPO	15,4%	12,0%	13,7%
14	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%	2,0%
15	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	2,0%
16	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	8,0%	5,9%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Se presenta en la siguiente tabla las características resumen de la variable nivel de grasa visceral:

NIVEL DE GRASA VISCERAL	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	10,88	11,04	10,73
Error típico	0,35	0,51	0,49
Mediana	11	11	11
Moda	12	12	12
Desviación estándar	2,51	2,54	2,52
Varianza de la muestra	6,31	6,46	6,36
Curtosis	0,05	0,35	0,04
Coefficiente de asimetría	-0,13	-0,13	-0,14
Rango	11	10	11
Mínimo	5	6	5
Máximo	16	16	16



La variable nivel de grasa visceral observada en los grupos control y experimental puede aceptarse normalmente distribuida (p-valor de la prueba de Kolmogorov-Smirnov de 0.702 y 0.852 respectivamente). Por otra parte, las varianzas se consideran iguales (prueba de Levene, con p-valor de 0.789). Y la prueba de igualdad de medias basada en el estadístico t (p-valor de 0.665) nos permite concluir con la homogeneidad de la variable nivel de grasa visceral entre los grupos control y experimental.

A.2.11. Variable masa grasa

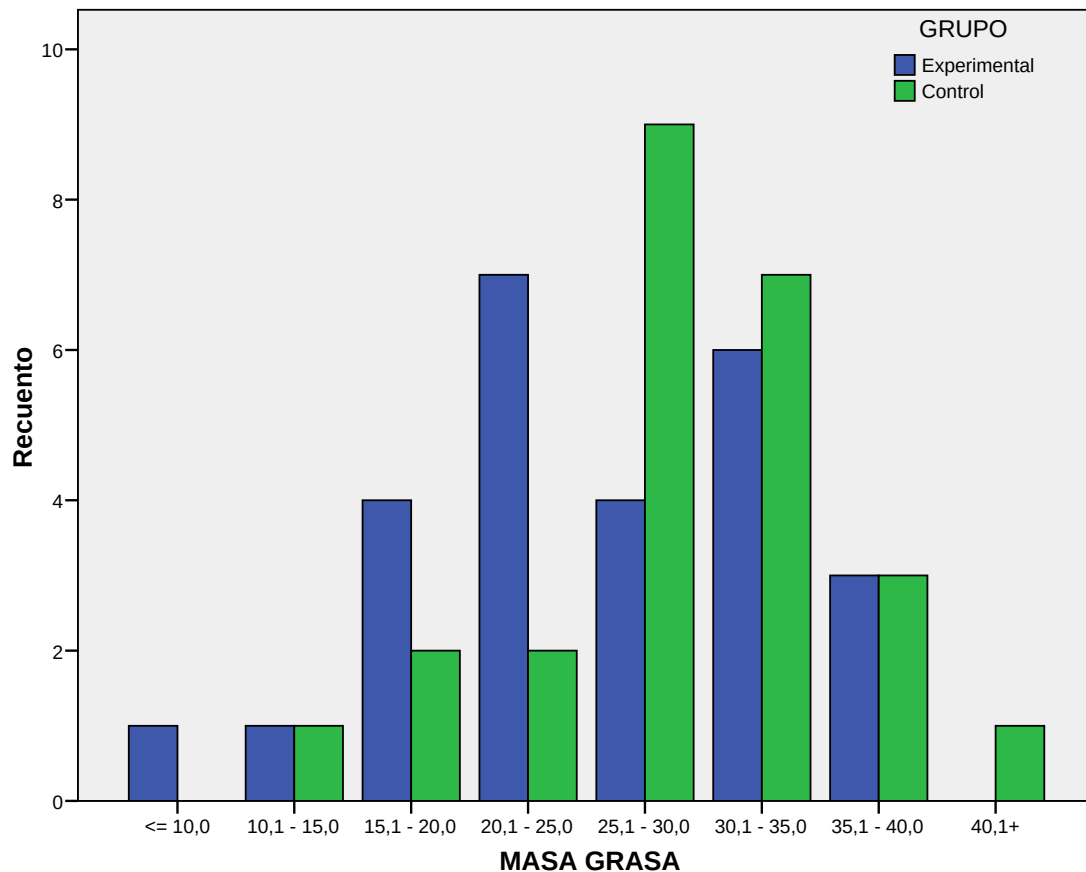
La variable masa grasa arroja el siguiente comportamiento (se ha perdido un dato en el grupo control):

Tabla de contingencia MASA GRASA * GRUPO

MASA GRASA	GRUPO		Total	
	Experimental	Control		
<= 10,0	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	2,0%
10,1 - 15,0	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	4,0%	3,9%
15,1 - 20,0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	8,0%	11,8%
20,1 - 25,0	Recuento	7	2	9
	% de GRUPO	26,9%	8,0%	17,6%
25,1 - 30,0	Recuento	4	9	13
	% de GRUPO	15,4%	36,0%	25,5%
30,1 - 35,0	Recuento	6	7	13
	% de GRUPO	23,1%	28,0%	25,5%
35,1 - 40,0	Recuento	3	3	6
	% de GRUPO	11,5%	12,0%	11,8%
40,1+	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%	2,0%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Los estadísticos que resumen el comportamiento de esta variable son:

MASA GRASA	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	26,95	28,96	25,01
Error típico	1,15	1,42	1,72
Mediana	27,7	28,9	24,9
Moda	28,9	28,9	
Desviación estándar	8,18	7,11	8,79
Varianza de la muestra	66,87	50,60	77,21
Curtosis	0,55	0,36	0,45
Coefficiente de asimetría	-0,62	-0,48	-0,55
Rango	40,8	29,6	36,8
Mínimo	1,4	12,6	1,4
Máximo	42,2	42,2	38,2



Podemos considerar como normalmente distribuida la variable masa grasa en los grupos control y experimental, con una significación de 0.801 y 0.982 respectivamente tras aplicar la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov. Por otra parte, la prueba de Levene nos permite asumir la varianza de la variable en ambos grupos como iguales (p-valor de 0.177). Por último, la prueba de igualdad de medias nos lleva a aceptar esta en los grupos considerados (p-valor de 0.085).

A.2.12. Variable masa libre de grasa

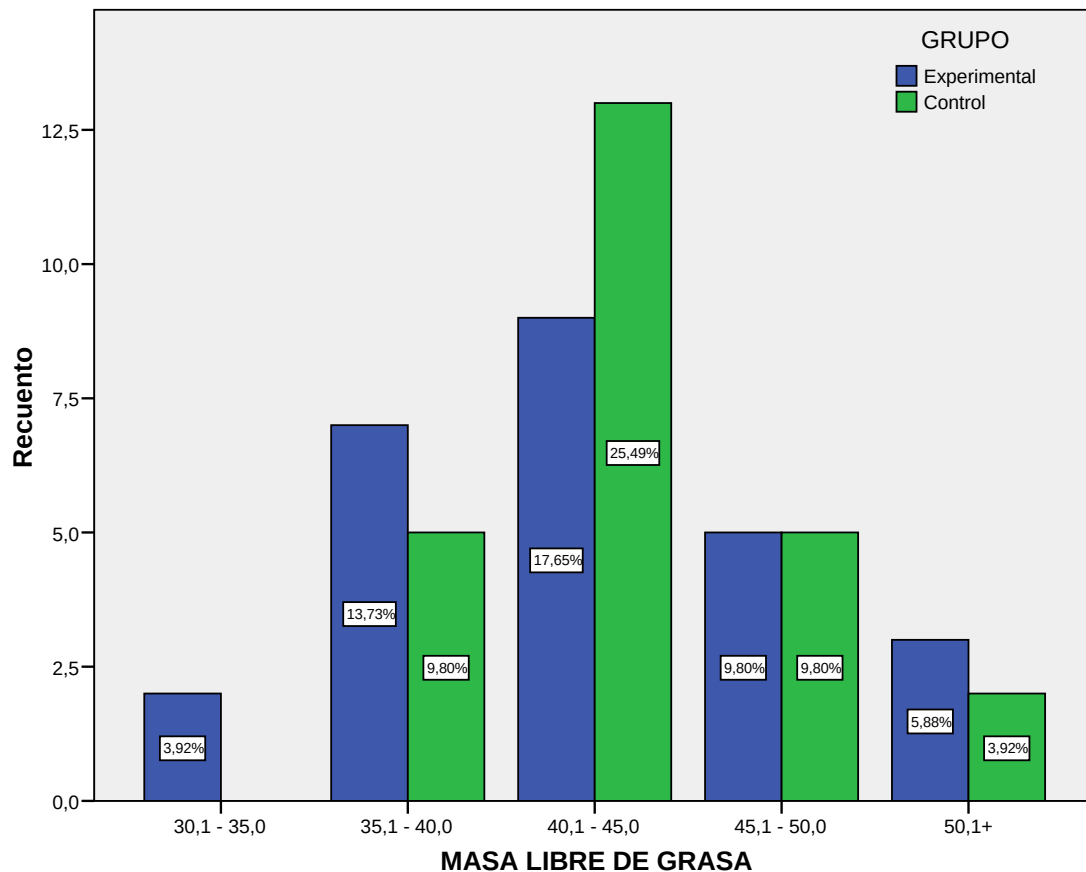
Para la variable masa libre de grasa obtenemos (se ha perdido un dato en el grupo control):

Tabla de contingencia MASA LIBRE DE GRASA * GRUPO

MASA LIBRE DE GRASA		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
30,1 - 35,0	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,9%
35,1 - 40,0	Recuento	7	5	12
	% de GRUPO	26,9%	20,0%	23,5%
40,1 - 45,0	Recuento	9	13	22
	% de GRUPO	34,6%	52,0%	43,1%
45,1 - 50,0	Recuento	5	5	10
	% de GRUPO	19,2%	20,0%	19,6%
50,1+	Recuento	3	2	5
	% de GRUPO	11,5%	8,0%	9,8%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Resumimos el comportamiento de esta variable con los estadísticos recogidos en la siguiente tabla:

MASA LIBRE DE GRASA	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	42,98	43,44	42,53
Error típico	0,68	0,88	1,05
Mediana	42,3	43,3	41,15
Moda	47,8		40
Desviación estándar	4,87	4,39	5,34
Varianza de la muestra	23,68	19,24	28,47
Curtosis	-0,35	0,32	-0,62
Coefficiente de asimetría	0,40	0,56	0,42
Rango	20,9	17,9	18,8
Mínimo	33,5	36,5	33,5
Máximo	54,4	54,4	52,3



Superada la prueba de normalidad en los grupos control y experimental de la variable masa libre de grasa (p-valor de 0.934 y 0.670 respectivamente), aplicamos la prueba de Levene de igualdad de medias, obteniendo un resultado positivo (significación de 0.249), para concluir, con la prueba de igualdad de medias (p-valor de 0.507) con que estas son iguales entre los grupos control y experimental.

A.2.13. Variable masa ósea

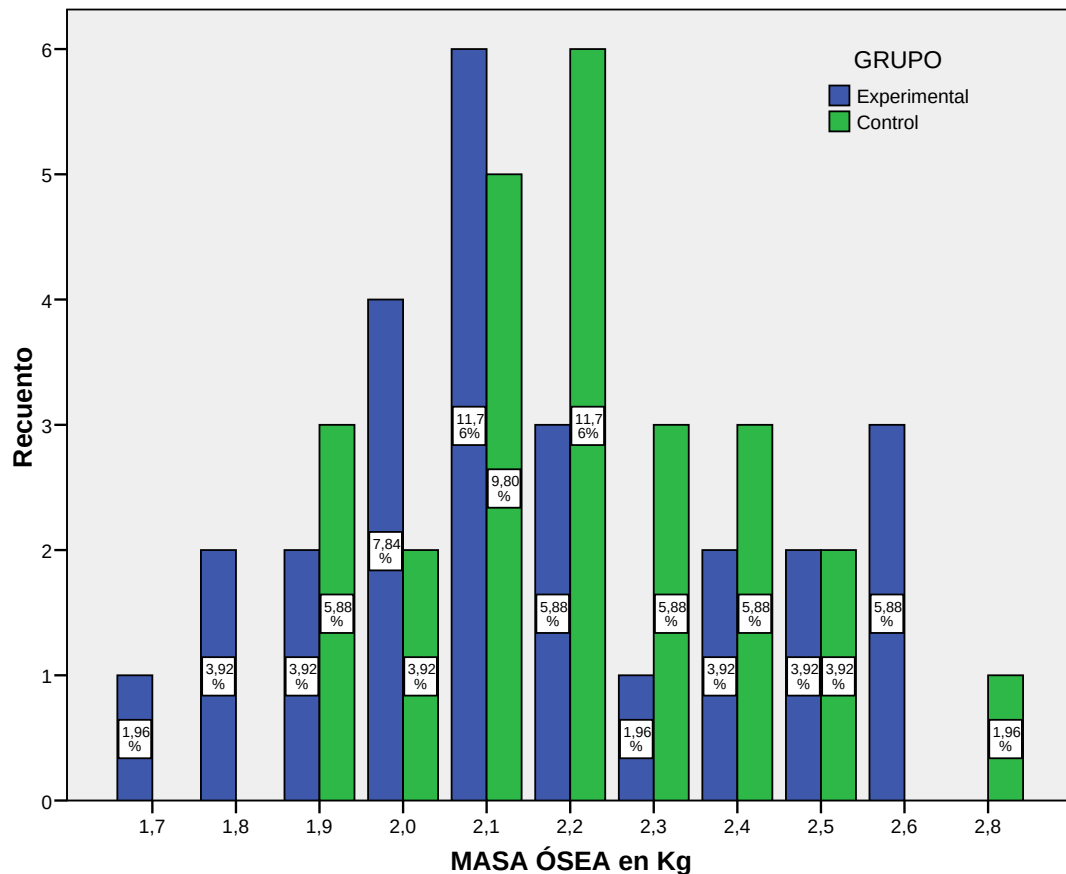
La variable masa ósea describe el siguiente comportamiento (se ha perdido un dato en el grupo control):

Tabla de contingencia MASA ÓSEA en Kg * GRUPO

MASA ÓSEA		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
1,7	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	2,0%
1,8	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,9%
1,9	Recuento	2	3	5
	% de GRUPO	7,7%	12,0%	9,8%
2,0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	8,0%	11,8%
2,1	Recuento	6	5	11
	% de GRUPO	23,1%	20,0%	21,6%
2,2	Recuento	3	6	9
	% de GRUPO	11,5%	24,0%	17,6%
2,3	Recuento	1	3	4
	% de GRUPO	3,8%	12,0%	7,8%
2,4	Recuento	2	3	5
	% de GRUPO	7,7%	12,0%	9,8%
2,5	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	8,0%	7,8%
2,6	Recuento	3	0	3
	% de GRUPO	11,5%	,0%	5,9%
2,8	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	4,0%	2,0%
Total	Recuento	26	25	51
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Un resumen del comportamiento de esta variable se recoge en la siguiente tabla:

MASA ÓSEA	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	2,19	2,21	2,16
Error típico	0,03	0,04	0,05
Mediana	2,2	2,2	2,1
Moda	2,1	2,2	2,1
Desviación estándar	0,24	0,21	0,26
Varianza de la muestra	0,06	0,05	0,07
Curtosis	-0,16	1,04	-0,75
Coficiente de asimetría	0,36	0,73	0,28
Rango	1,1	0,9	0,9
Mínimo	1,7	1,9	1,7
Máximo	2,8	2,8	2,6



En la prueba de homogeneidad del comportamiento de la variable masa ósea en las participantes de los grupos control y experimental, observamos, inicialmente, que dicha variable puede considerarse normalmente distribuida en ambos grupos (p-valores de 0.524 y 0.435 respectivamente). La prueba de Levene nos lleva también a admitir la igualdad de varianzas (p-valor de 0.215) y finalmente, la prueba de igualdad de medias basada en el estadístico t nos permite concluir (p-valor de 0.452) con la homogeneidad de estas en los grupos control y experimental.

A.3. Variables asociadas a pruebas de condición física

A.3.1. Variable asociada al CHAIR STAND TEST

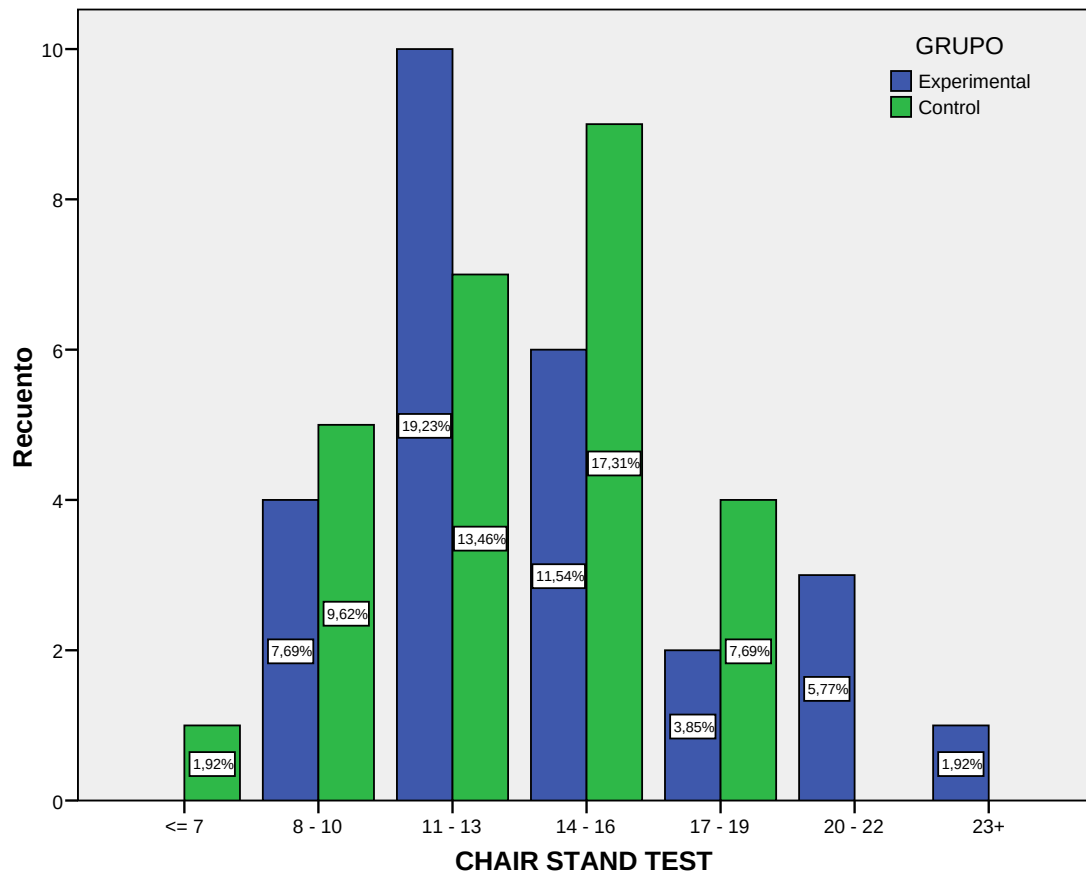
El comportamiento de la variable asociada al CHAIR STAND TEST en el conjunto de observaciones realizadas y el mismo para las mujeres clasificadas en los grupos control y experimental se presenta en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CHAIR STAND TEST * GRUPO

CHAIR STAND TEST	GRUPO		Total
	Experimental	Control	
<= 7	Recuento	0	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%
8 - 10	Recuento	4	5
	% de GRUPO	15,4%	19,2%
11 - 13	Recuento	10	7
	% de GRUPO	38,5%	26,9%
14 - 16	Recuento	6	9
	% de GRUPO	23,1%	34,6%
17 - 19	Recuento	2	4
	% de GRUPO	7,7%	15,4%
20 - 22	Recuento	3	0
	% de GRUPO	11,5%	,0%
23+	Recuento	1	0
	% de GRUPO	3,8%	,0%
Total	Recuento	26	26
	% de GRUPO	100,0%	100,0%

La siguiente tabla presenta algunas características que resumen el comportamiento de la variable:

CHAIR STAND TEST	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	13,69	13,42	13,96
Error típico	0,51	0,62	0,81
Mediana	13	13,5	13
Moda	15	15	11
Desviación estándar	3,66	3,18	4,13
Varianza de la muestra	13,38	10,09	17,06
Curtosis	-0,17	-0,47	-0,40
Coefficiente de asimetría	0,56	0,08	0,70
Rango	16	12	15
Mínimo	7	7	8
Máximo	23	19	23



Para esta variable, la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov nos permite afirmar dicho comportamiento en ambos grupos (p-valores de 0,865 y 0,620 para grupo control y experimental respectivamente). De nuevo aceptamos también la igualdad de medias (p-valor de 0,189) obteniendo que la prueba de igualdad de medias entre los grupos control y experimental para esta variable (prueba t) nos permite trabajar con medias iguales (p-valor de 0,601), concluyendo con la homogeneidad de la variable CHAIR STAND TEST en los grupos observados.

A.3.2. Variable test de equilibrio estático monopodal con visión - pie derecho

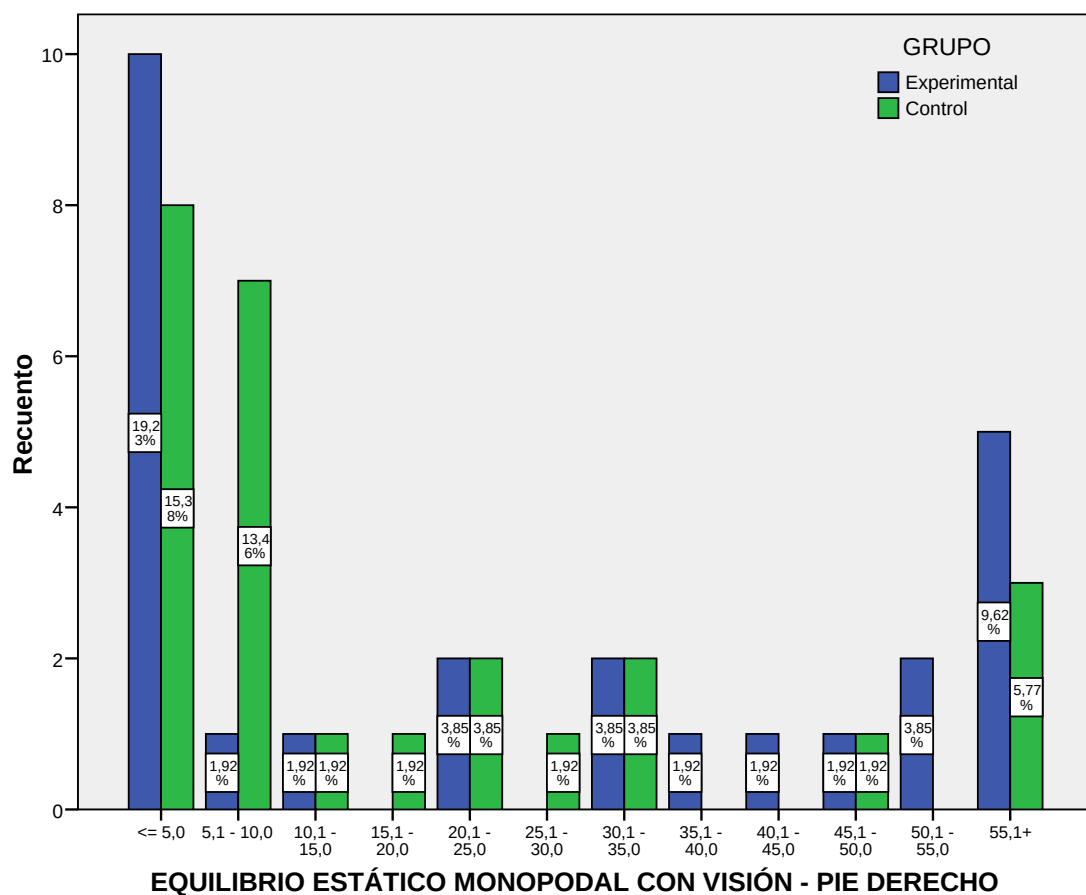
Los resultados obtenidos para la variable que recoge el tiempo de equilibrio estático monopodal con visión con el pie derecho se resumen en la siguiente tabla de contingencia:

Tabla de contingencia EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN – PIE DERECHO * GRUPO

EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN – PIE DERECHO		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
<= 5,0	Recuento	10	8	18
	% de GRUPO	38,5%	30,8%	34,6%
5,1 - 10,0	Recuento	1	7	8
	% de GRUPO	3,8%	26,9%	15,4%
10,1 - 15,0	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
15,1 - 20,0	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
20,1 - 25,0	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
25,1 - 30,0	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
30,1 - 35,0	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
35,1 - 40,0	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
40,1 - 45,0	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
45,1 - 50,0	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
50,1 - 55,0	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
55,1+	Recuento	5	3	8
	% de GRUPO	19,2%	11,5%	15,4%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Resumimos el comportamiento de esta variable con las siguientes características:

EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN - PIE DERECHO	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	22,02	17,68	26,35
Error típico	3,02	3,71	4,68
Mediana	9,6	7,75	20,85
Moda	60	60	60
Desviación estándar	21,76	18,90	23,86
Varianza de la muestra	473,42	357,18	569,52
Curtosis	-1,07	0,48	-1,68
Coefficiente de asimetría	0,74	1,31	0,31
Rango	58,9	57,6	58,9
Mínimo	1,1	2,4	1,1
Máximo	60	60	60



Aceptamos normalidad en el comportamiento de la variable en los grupos control y experimental (p-valores de 0,054 y 0,187 respectivamente), rechazando la igualdad de varianzas, según concluimos al aplicar la prueba de Levene (con una significación de 0,025). En este caso el estadístico t adaptado a la prueba de igualdad de medias con varianzas distintas en los grupos, nos

lleva a concluir aceptando que las medias de la variable equilibrio monopodal del pie derecho en los grupos control y experimental son iguales (p-valor de 0,153). Luego, de nuevo, la variable es homogénea en los dos grupos.

A.3.3. Variable test de equilibrio estático monopodal con visión - pie izquierdo

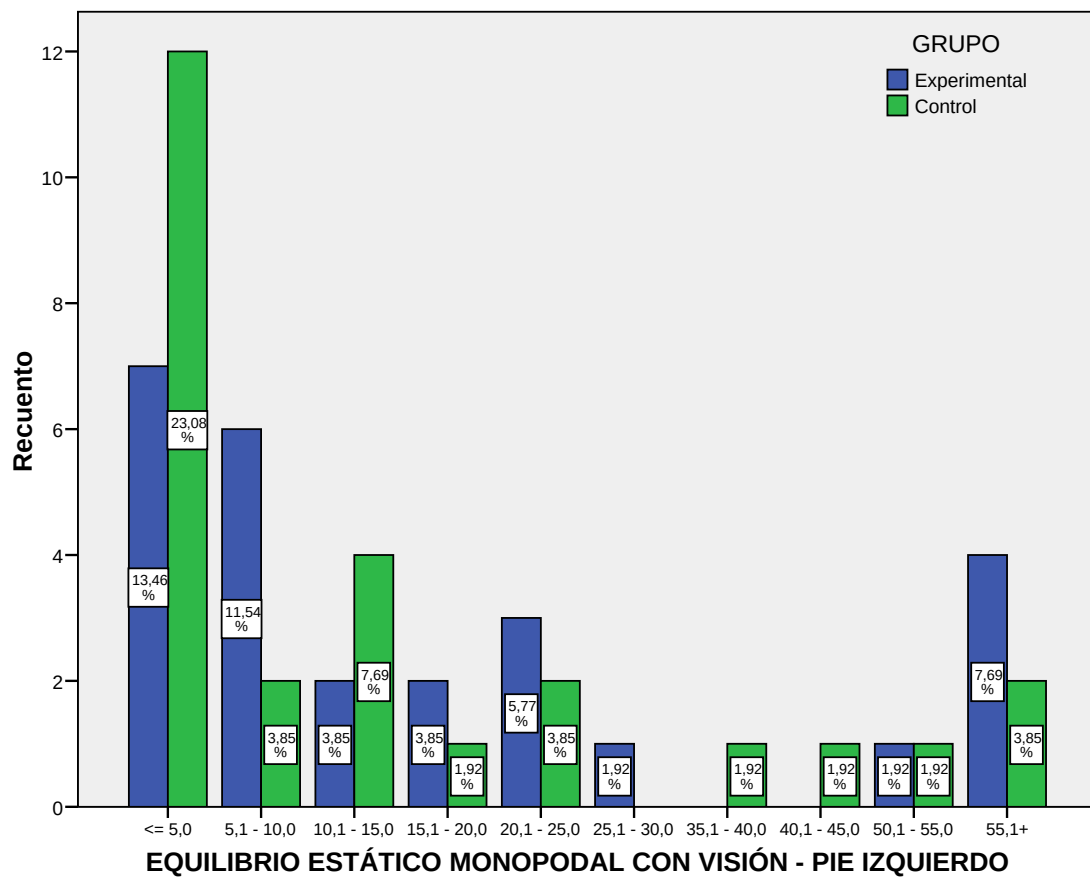
El comportamiento de la variable equilibrio estático monopodal con visión con pie izquierdo para las mujeres observadas tanto en el grupo experimental como en el control se resume en la siguiente tabla:

**Tabla de contingencia EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN - PIE IZQUIERDO *
GRUPO**

EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN - PIE IZQUIERDO		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
<= 5,0	Recuento	7	12	19
	% de GRUPO	26,9%	46,2%	36,5%
5,1 - 10,0	Recuento	6	2	8
	% de GRUPO	23,1%	7,7%	15,4%
10,1 - 15,0	Recuento	2	4	6
	% de GRUPO	7,7%	15,4%	11,5%
15,1 - 20,0	Recuento	2	1	3
	% de GRUPO	7,7%	3,8%	5,8%
20,1 - 25,0	Recuento	3	2	5
	% de GRUPO	11,5%	7,7%	9,6%
25,1 - 30,0	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
35,1 - 40,0	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
40,1 - 45,0	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
50,1 - 55,0	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
55,1+	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	7,7%	11,5%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Un resumen del comportamiento de la variable se recoge en la siguiente tabla:

EQUILIBRIO ESTÁTICO MONOPODAL CON VISIÓN - PIE IZQUIERDO	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	17,92	16,23	19,60
Error típico	2,74	3,70	4,08
Mediana	7,95	7,75	9,35
Moda	60	10,6	60
Desviación estándar	19,74	18,86	20,81
Varianza de la muestra	389,57	355,77	433,08
Curtosis	0,27	0,84	0,05
Coefficiente de asimetría	1,30	1,46	1,23
Rango	58,6	58,5	58,6
Mínimo	1,4	1,5	1,4
Máximo	60	60	60



La prueba de Kolmogorov-Smirnov de normalidad en la variable nos lleva, por un lado, a aceptar esta como la distribución que describe su comportamiento en el grupo experimental (p-valor de 0,176), pero tal hipótesis es rechazada en el caso del grupo control (significación de 0,049). Aunque podríamos trabajar con normalidad en ambos grupos (aproximada debido al tamaño muestral o simplemente aceptada debido al p-valor de 0,049 que genera cierta duda en cuanto a tal hipótesis),

pensamos que podemos seguir tres estrategias para el análisis de la homogeneidad de dicha variable en ambos grupos: la primera consiste en considerar un comportamiento normal (exacto o aproximado) en ambos grupos y realizar el contraste de igualdad de medias como se ha desarrollado en los apartados anteriores; la segunda consiste en aplicar una técnica no paramétrica como la prueba de Mann-Whitney, que no requiere de normalidad inicial y que prueba el comportamiento de la variable en ambos grupos respecto de un parámetro de tendencia central (mediana); o, la tercera usar la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes, que la calificaríamos como una prueba de homogeneidad entre los grupos con una intención de carácter general no focalizada hacia ningún parámetro en particular.

Nosotros consideraremos las tres opciones haciendo uso de ellas como complementarias.

En el primer caso, asumiendo normalidad e igualdad de varianzas (prueba de Levene con un p-valor de 0,639), obtenemos que la prueba basada en el estadístico t proporciona un p-valor de 0,544, lo que nos lleva a admitir homogeneidad en las medias de la variable observada en ambos grupos.

Para la segunda estrategia, no asumimos normalidad, la prueba de Mann-Whitney nos proporciona un p-valor de 0,458, por lo que la variable es homogénea en ambos grupos.

Por último, para el tercer procedimiento, el test de Kolmogov-Smirnov para dos muestras independientes nos permite concluir, con un p-valor de 0,722, con la homogeneidad de ambas poblaciones.

En cualquiera de los casos, y con la estrategia que optemos, siempre concluiremos con la homogeneidad de la variable en los grupos control y experimental.

A.3.4. Variable asociada al CHAIR-SIT and REACH TEST

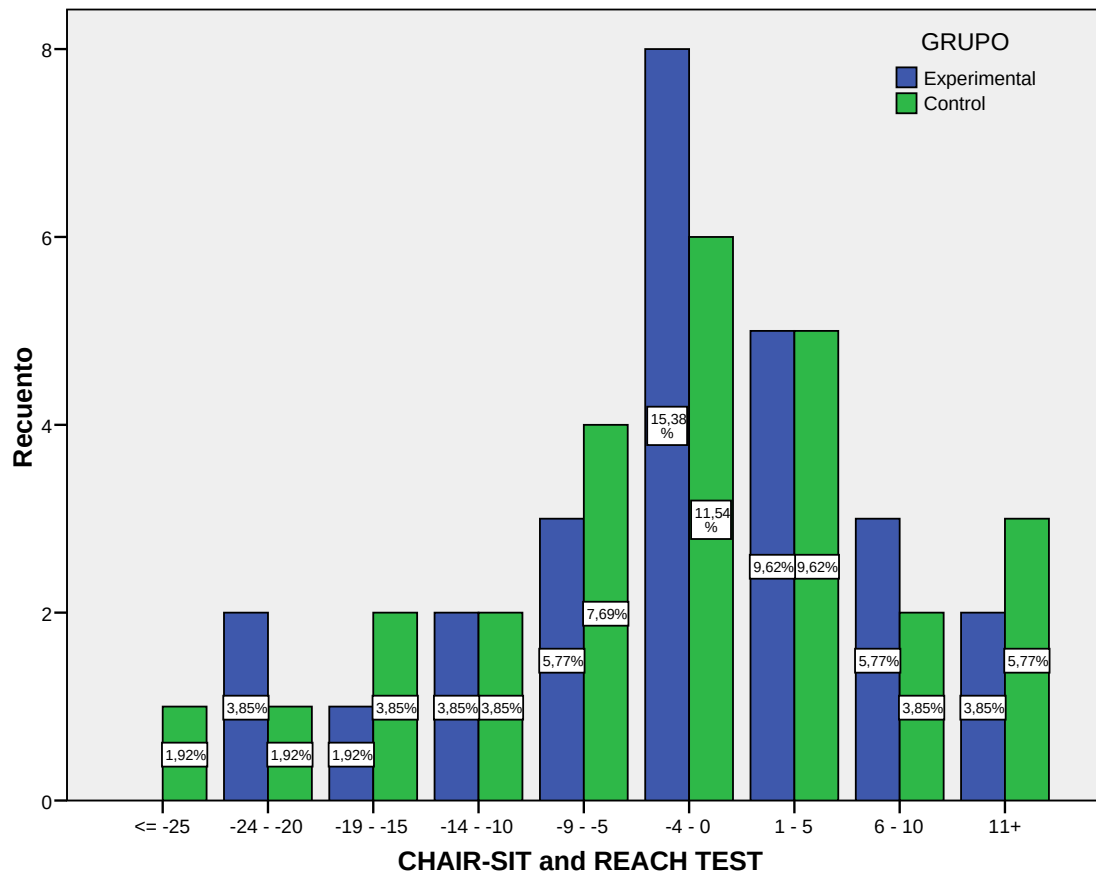
El resumen de los valores observados en el conjunto de mujeres de la variable asociada al CHAIR-SIT and REACH TEST se presenta en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CHAIR-SIT and REACH TEST * GRUPO

CHAIR-SIT and REACH TEST		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
<= -25	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
-24 - -20	Recuento	2	1	3
	% de GRUPO	7,7%	3,8%	5,8%
-19 - -15	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
-14 - -10	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
-9 - -5	Recuento	3	4	7
	% de GRUPO	11,5%	15,4%	13,5%
-4 - 0	Recuento	8	6	14
	% de GRUPO	30,8%	23,1%	26,9%
1 - 5	Recuento	5	5	10
	% de GRUPO	19,2%	19,2%	19,2%
6 - 10	Recuento	3	2	5
	% de GRUPO	11,5%	7,7%	9,6%
11+	Recuento	2	3	5
	% de GRUPO	7,7%	11,5%	9,6%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Resumimos el comportamiento de la variable considerando las siguientes características:

CHAIR-SIT and REACH TEST	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	-2,38	-2,58	-2,19
Error típico	1,33	1,99	1,80
Mediana	-1	-0,5	-2,5
Moda	-3	0	-3
Desviación estándar	9,57	10,13	9,18
Varianza de la muestra	91,61	102,57	84,24
Curtosis	0,12	-0,06	0,69
Coefficiente de asimetría	-0,46	-0,35	-0,62
Rango	40	40	38
Mínimo	-25	-25	-24
Máximo	15	15	14



La variable asociada al CHAIR-SIT and REACH TEST se puede considerar normalmente distribuida en los grupos control y experimental p-valores de la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov de 0,698 y 0,610 respectivamente). A su vez, la prueba de Levene nos permite trabajar con varianzas iguales (p-valor de 0,495), por lo que aplicamos el test de igualdad de medias entre los grupos basado en el estadístico t, arrojando un p-valor de 0,886, que nos lleva a concluir con la homogeneidad de las medias de ambos grupos.

A.3.5. Variable asociada al FOOT UP -and- GO TEST

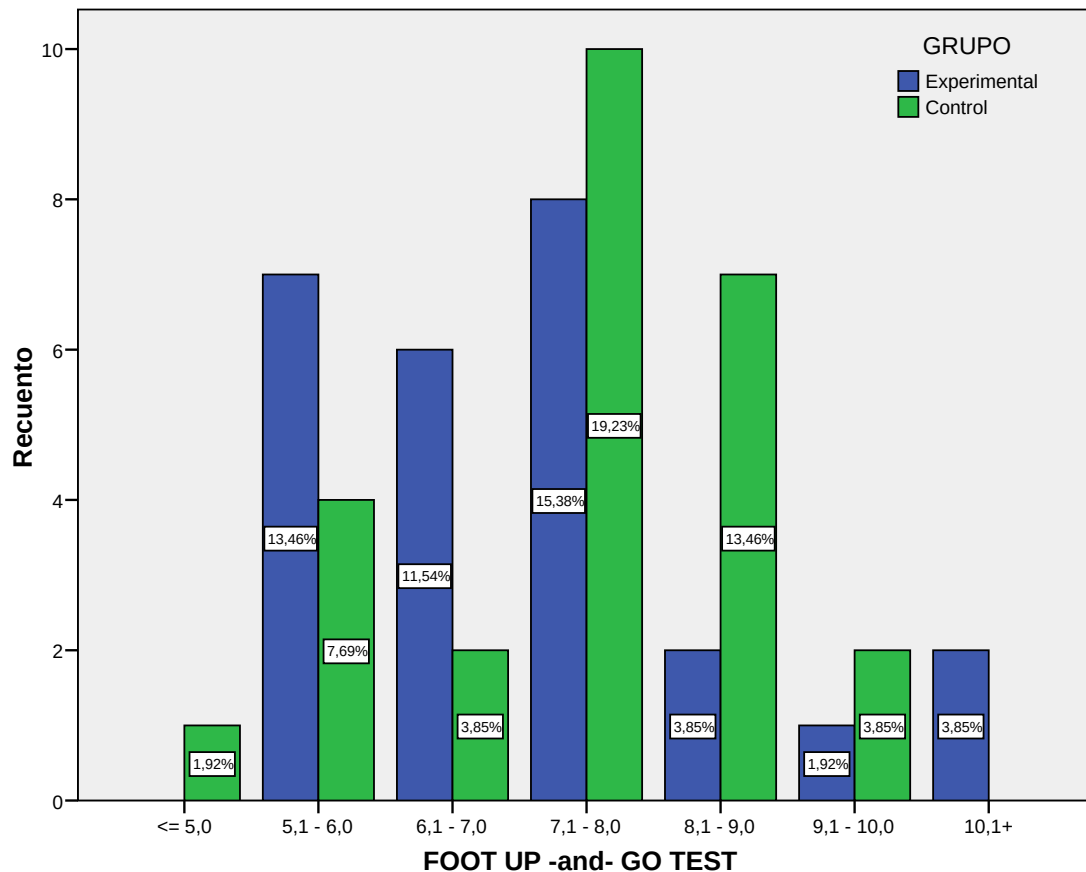
Los resultados registrados para la variable asociada al FOOT UP -and- GO TEST para el total de mujeres observadas y clasificadas en los grupos control y experimental se presentan en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia FOOT UP -and- GO TEST * GRUPO

FOOT UP -and- GO TEST (segundos)		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
<= 5,0	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
5,1 - 6,0	Recuento	7	4	11
	% de GRUPO	26,9%	15,4%	21,2%
6,1 - 7,0	Recuento	6	2	8
	% de GRUPO	23,1%	7,7%	15,4%
7,1 - 8,0	Recuento	8	10	18
	% de GRUPO	30,8%	38,5%	34,6%
8,1 - 9,0	Recuento	2	7	9
	% de GRUPO	7,7%	26,9%	17,3%
9,1 - 10,0	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
10,1+	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Resumimos el comportamiento de la variable considerando las siguientes características:

FOOT UP -and- GO TEST	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	7,31	7,52	7,10
Error típico	0,18	0,23	0,27
Mediana	7,4	7,9	6,95
Moda	7,4	8	7,5
Desviación estándar	1,28	1,17	1,38
Varianza de la muestra	1,65	1,36	1,90
Curtosis	-0,21	-0,35	0,94
Coefficiente de asimetría	0,29	-0,72	1,08
Rango	5,6	4,2	5,1
Mínimo	5	5	5,5
Máximo	10,6	9,2	10,6



De nuevo admitimos la hipótesis de normalidad en los grupos control y experimental de la variable asociada al FOOT UP -and- GO TEST, con p-valores de 0,521 y 0,550. Las varianzas las consideramos iguales (p-valor asociado a la prueba de Levene de 0,613) y por último, encontramos, tras la aplicación del test basado en el estadístico t de Student, concluimos con la homogeneidad en las medias de la variable en ambos grupos (p-valor de 0,247).

A.3.7. Variable fuerza máxima isométrica de prensión manual (mano derecha)

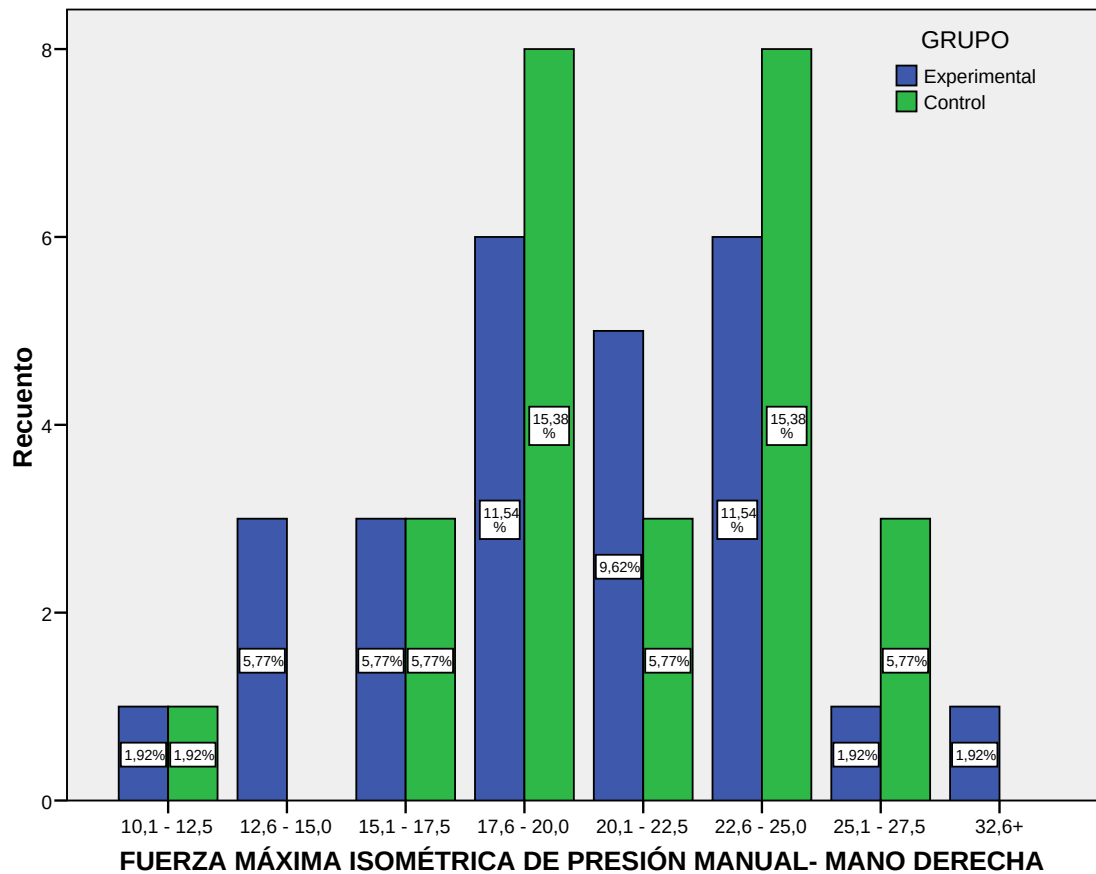
Los resultados asociados a la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual de la mano derecha se recogen en la siguiente tabla:

**Tabla de contingencia FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL (MANO DERECHA)
* GRUPO**

FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL (MANO DERECHA)		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
10,1 - 12,5	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
12,6 - 15,0	Recuento	3	0	3
	% de GRUPO	11,5%	,0%	5,8%
15,1 - 17,5	Recuento	3	3	6
	% de GRUPO	11,5%	11,5%	11,5%
17,6 - 20,0	Recuento	6	8	14
	% de GRUPO	23,1%	30,8%	26,9%
20,1 - 22,5	Recuento	5	3	8
	% de GRUPO	19,2%	11,5%	15,4%
22,6 - 25,0	Recuento	6	8	14
	% de GRUPO	23,1%	30,8%	26,9%
25,1 - 27,5	Recuento	1	3	4
	% de GRUPO	3,8%	11,5%	7,7%
32,6+	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Resumimos el comportamiento de la variable considerando las siguientes características:

FUERZA ISOMÉTRICA DE MANUAL DERECHA)	MÁXIMA DE PRENSIÓN (MANO	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media		20,50	20,73	20,27
Error típico		0,58	0,71	0,92
Mediana		20,35	20,6	19,85
Moda		23,6	20,6	23,6
Desviación estándar		4,17	3,64	4,71
Varianza de la muestra		17,40	13,25	22,14
Curtosis		0,71	-0,03	1,06
Coficiente de asimetría	de	0,15	-0,39	0,47
Rango		21,9	15,4	21,3
Mínimo		11,5	11,5	12,1
Máximo		33,4	26,9	33,4



El comportamiento de la variable fuerza máxima isométrica de presión manual de la mano derecha es asumido como normal (p-valores asociados a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov de 0,621 y 0,894 para los grupos control y experimental, respectivamente). Por otro lado, la prueba de Levene nos permite trabajar con varianzas iguales (p-valor de 0,361), así que la prueba de igualdad de medias nos lleva a aceptar la hipótesis con un p-valor de 0,697.

A.3.8. Variable fuerza máxima isométrica de presión manual (mano izquierda)

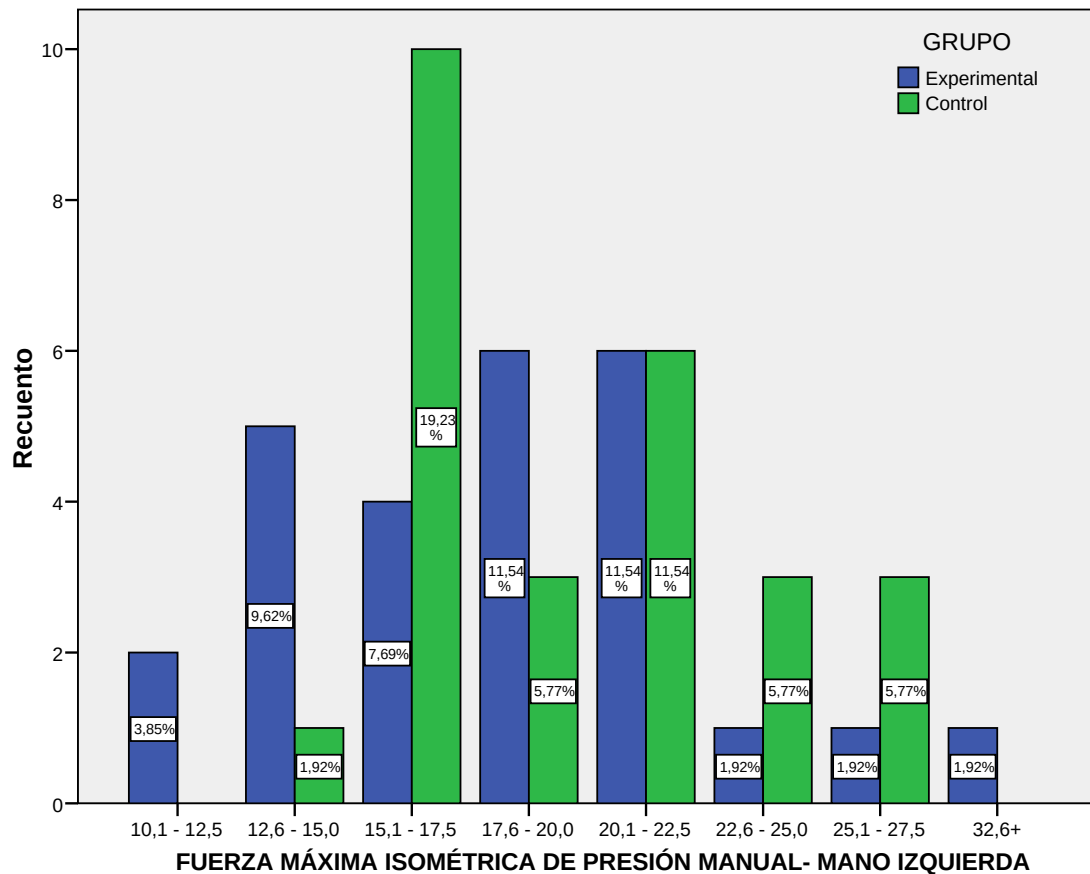
La tabla siguiente recoge los resultados registrados para la variable fuerza máxima isométrica de presión manual de la mano izquierda:

**Tabla de contingencia FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL (MANO IZQUIERDA)
* GRUPO**

FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN MANUAL (MANO IZQUIERDA)		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
10,1 - 12,5	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
12,6 - 15,0	Recuento	5	1	6
	% de GRUPO	19,2%	3,8%	11,5%
15,1 - 17,5	Recuento	4	10	14
	% de GRUPO	15,4%	38,5%	26,9%
17,6 - 20,0	Recuento	6	3	9
	% de GRUPO	23,1%	11,5%	17,3%
20,1 - 22,5	Recuento	6	6	12
	% de GRUPO	23,1%	23,1%	23,1%
22,6 - 25,0	Recuento	1	3	4
	% de GRUPO	3,8%	11,5%	7,7%
25,1 - 27,5	Recuento	1	3	4
	% de GRUPO	3,8%	11,5%	7,7%
32,6+	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Resumimos el comportamiento de la variable considerando las siguientes características:

FUERZA MÁXIMA ISOMÉTRICA DE PRENSIÓN (MANO IZQUIERDA)	MÁXIMA DE MANUAL	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media		19,09	19,73	18,46
Error típico		0,59	0,72	0,92
Mediana		18,1	19,05	18,05
Moda		17	21,3	21,7
Desviación estándar		4,23	3,67	4,71
Varianza de la muestra		17,89	13,43	22,23
Curtosis		0,70	-1,14	1,92
Coefficiente de asimetría		0,68	0,35	1,05
Rango		20,8	12,2	20,8
Mínimo		11,9	14,9	11,9
Máximo		32,7	27,1	32,7



Encontramos normalidad para describir el comportamiento de la variable fuerza máxima isométrica de prensión manual de la mano izquierda en los grupos control y experimental (p-valores de 0,364 y 0,865), de la misma manera que podemos trabajar con varianzas iguales en ambos grupos (prueba de Levene con p-valor de 0,564). El test basado en el estadístico t de Student nos lleva a aceptar la hipótesis de igualdad de medias en los grupos (p-valor de 0,285).

A.4. Variables asociadas a pruebas de escalas (cuestionarios)

A.4.1. Variable asociada a la escala verbal numérica de dolor

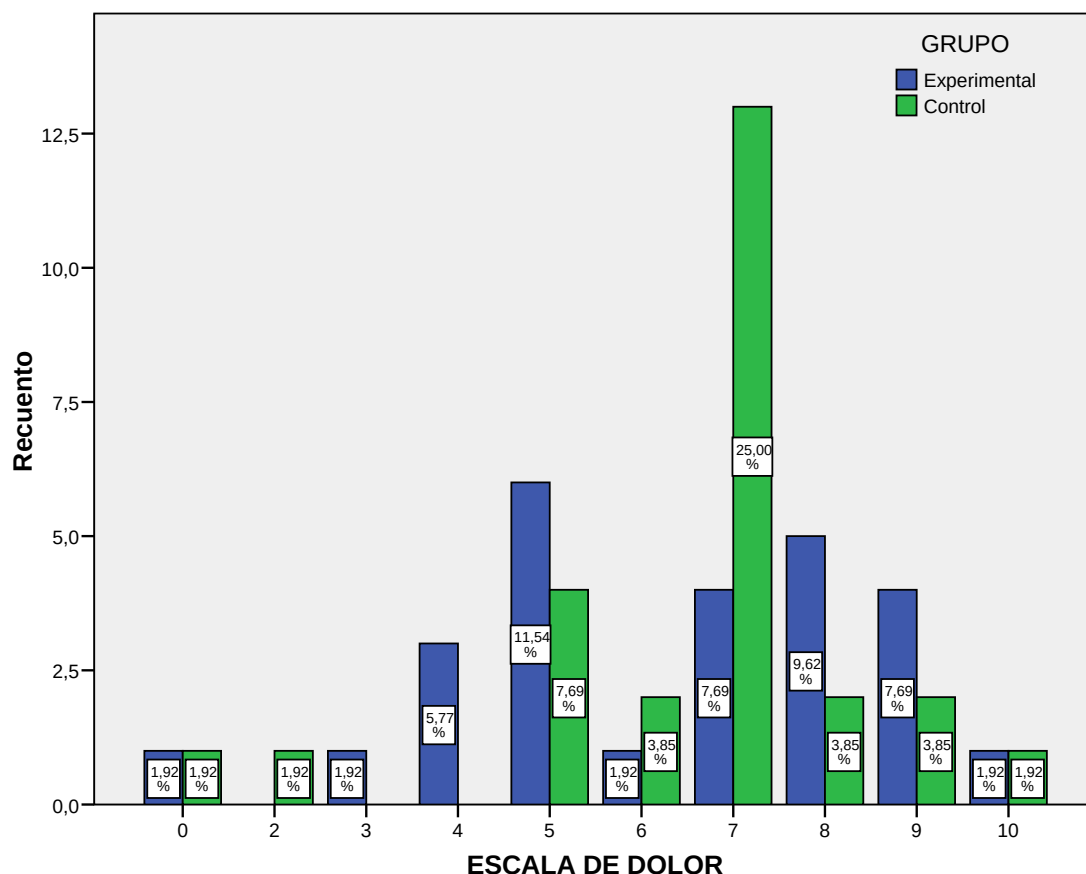
El comportamiento de la variable asociada a la escala verbal numérica de dolor en el conjunto de mujeres observadas y clasificadas en los grupos control y experimental se resume en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia ESCALA VERBAL NUMÉRICA DE DOLOR * GRUPO

ESCALA DE DOLOR		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
0	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
2	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
3	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
4	Recuento	3	0	3
	% de GRUPO	11,5%	,0%	5,8%
5	Recuento	6	4	10
	% de GRUPO	23,1%	15,4%	19,2%
6	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
7	Recuento	4	13	17
	% de GRUPO	15,4%	50,0%	32,7%
8	Recuento	5	2	7
	% de GRUPO	19,2%	7,7%	13,5%
9	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	7,7%	11,5%
10	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Resumimos el comportamiento de la variable considerando las siguientes características:

ESCALA DE DOLOR	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	6,42	6,50	6,35
Error típico	0,30	0,40	0,46
Mediana	7	7	7
Moda	7	7	5
Desviación estándar	2,17	2,04	2,33
Varianza de la muestra	4,72	4,18	5,44
Curtosis	1,48	3,75	0,52
Coefficiente de asimetría	-1,00	-1,51	-0,68
Rango	10	10	10
Mínimo	0	0	0
Máximo	10	10	10



Al abordar un estudio del comportamiento comparado de la variable en los grupos control y experimental, comenzando con la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov, observamos que si bien en el grupo experimental, el comportamiento de esta puede asumirse como normal (p-valor de 0,612), esto no es evidente en el grupo control, dado que obtenemos un p-valor asociado a la prueba de 0,026. Por ello, la consecuente prueba de igualdad de medias basada en el estadístico t de Student podemos pensar que carece de valor. Por ello, como alternativa a esta podremos usar la prueba no paramétrica de Mann-Whitney o la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras (o las dos a la vez como complementarias). Sin embargo, no abandonamos del todo la posibilidad del uso de la prueba de igualdad de medias, dado que el valor de significación obtenido no es excesivamente pequeño y que el tamaño de la muestra es suficientemente grande (por lo que podemos asumir una normalidad aproximada en los estadísticos medias muestrales).

Si comenzamos con la prueba basada en el estadístico t de Student, admitiendo igualdad de varianzas (prueba de Levene con p-valor de 0,152), observamos que las medias en ambos grupos pueden admitirse como iguales (p-valor de 0,801).

Por otro lado la prueba de Mann-Whitney nos reporta un p-valor de 0,866, que de nuevo nos permite afirmar la homogeneidad (respecto de la mediana) en el comportamiento de la variable en ambos grupos.

Por último, el test de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras nos confirma las conclusiones alcanzadas anteriormente (p-valor de 0,722).

Por todo ello, podemos admitir la homogeneidad de la variable en los grupos control y experimental.

A.4.2. Variable asociada al cuestionario ICIQ-SF

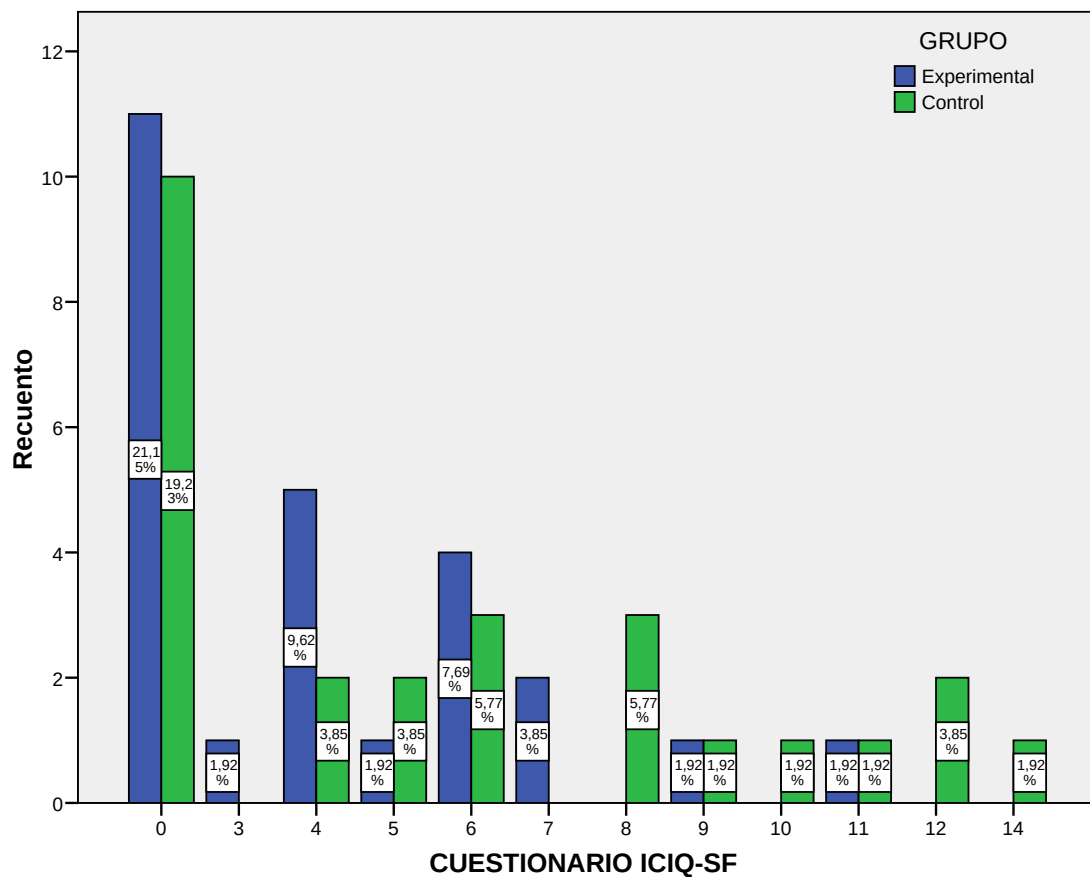
Los resultados obtenidos tras la aplicación del cuestionario ICIQ-SF en las mujeres observadas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CUESTIONARIO ICIQ-SF * GRUPO

CUESTIONARIO ICIQ-SF		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
0	Recuento	11	10	21
	% de GRUPO	42,3%	38,5%	40,4%
3	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
4	Recuento	5	2	7
	% de GRUPO	19,2%	7,7%	13,5%
5	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
6	Recuento	4	3	7
	% de GRUPO	15,4%	11,5%	13,5%
7	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
8	Recuento	0	3	3
	% de GRUPO	,0%	11,5%	5,8%
9	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
10	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
11	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
12	Recuento	0	2	2
	% de GRUPO	,0%	7,7%	3,8%
14	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Un resumen del comportamiento de la variable para el total y los grupos observados se presenta con las características recogidas en la siguiente tabla:

CUESTIONARIO ICIQ-SF	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	4,12	4,92	3,31
Error típico	0,56	0,91	0,65
Mediana	4	5	4
Moda	0	0	0
Desviación estándar	4,07	4,64	3,31
Varianza de la muestra	16,57	21,51	10,94
Curtosis	-0,69	-1,17	-0,65
Coefficiente de asimetría	0,56	0,34	0,51
Rango	14	14	11
Mínimo	0	0	0
Máximo	14	14	11



El comportamiento de la variable en los grupos control y experimental se puede admitir como relatado por una distribución normal (p-valores asociados a la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov de 0,099 y 0,053 respectivamente). Por otra parte, asumimos igualdad de varianzas (prueba de Levene con p-valor de 0,053), con lo que la prueba de igualdad de medias entre los grupos nos permite aceptar la hipótesis con un p-valor de 0,154.

A.4.3. Variable asociada al cuestionario CACV (síntomas)

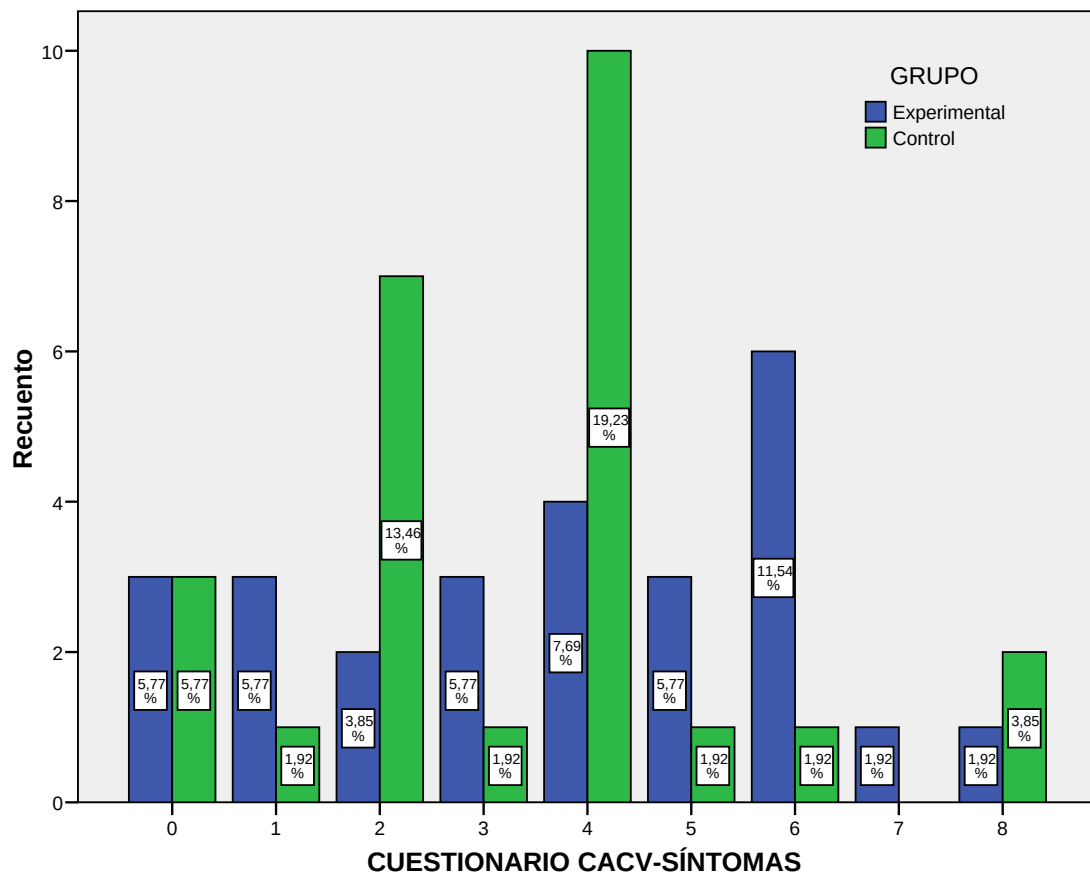
Los resultados obtenidos asociados a la variable que registra los valores del cuestionario de CACV (síntomas) se presentan en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CUESTIONARIO CACV (SÍNTOMAS) * GRUPO

CUESTIONARIO CACV (SÍNTOMAS)		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
0	Recuento	3	3	6
	% de GRUPO	11,5%	11,5%	11,5%
1	Recuento	3	1	4
	% de GRUPO	11,5%	3,8%	7,7%
2	Recuento	2	7	9
	% de GRUPO	7,7%	26,9%	17,3%
3	Recuento	3	1	4
	% de GRUPO	11,5%	3,8%	7,7%
4	Recuento	4	10	14
	% de GRUPO	15,4%	38,5%	26,9%
5	Recuento	3	1	4
	% de GRUPO	11,5%	3,8%	7,7%
6	Recuento	6	1	7
	% de GRUPO	23,1%	3,8%	13,5%
7	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
8	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Se resume el comportamiento de esta variable con las características contenidas en la tabla:

CUESTIONARIO CACV (SÍNTOMAS)	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	3,52	3,27	3,77
Error típico	0,31	0,41	0,46
Mediana	4	4	4
Moda	4	4	6
Desviación estándar	2,21	2,09	2,34
Varianza de la muestra	4,88	4,36	5,46
Curtosis	-0,62	0,49	-1,03
Coficiente de asimetría	0,14	0,52	-0,19
Rango	8	8	8
Mínimo	0	0	0
Máximo	8	8	8



El comportamiento de la variable asociada al cuestionario CACV (síntomas) puede asumirse como relatado por una distribución normal (p-valor para el grupo control de 0,204 y para el grupo experimental de 0,708). Así mismo, asumimos igualdad de varianzas (prueba de Levene con p-valor de 0,348) y el contraste de igualdad de medias basado en el estadístico t nos permite concluir con que estas son iguales en los grupos (p-valor de 0,420).

A.4.4. Variable asociada al cuestionario CACV (molestias)

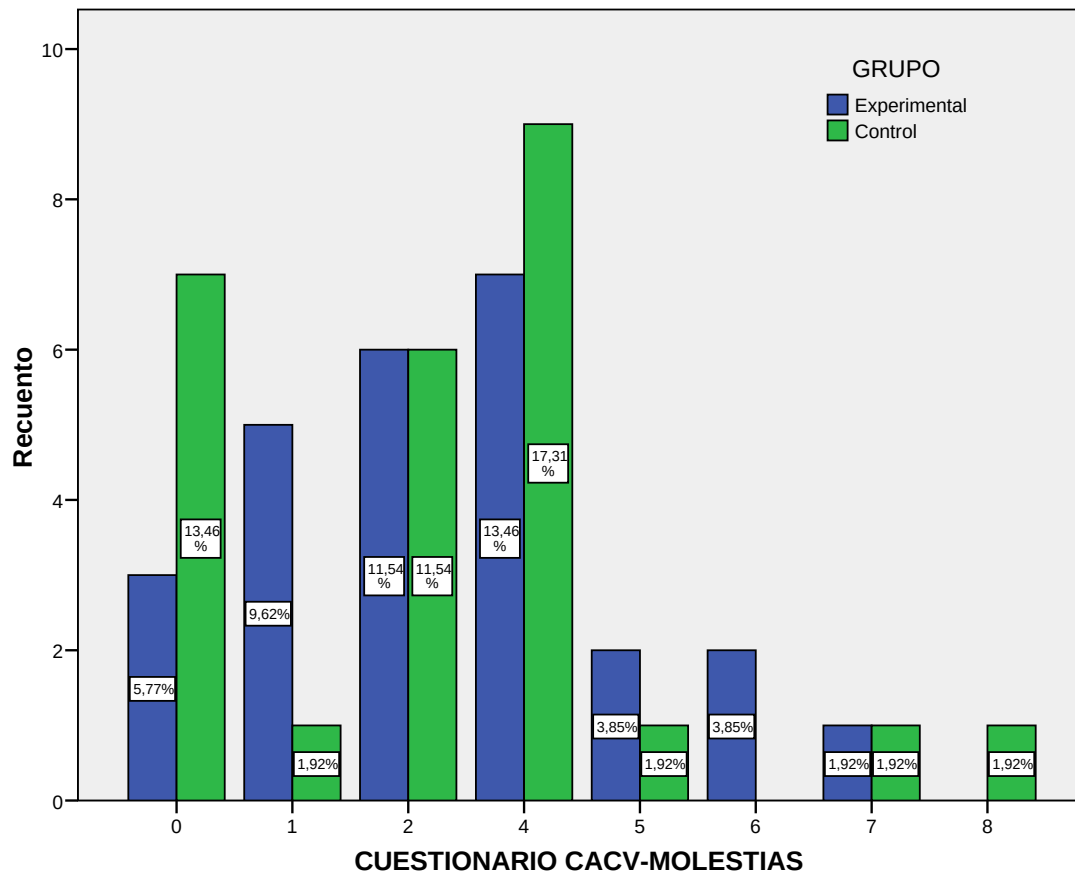
Los resultados registrados en las mujeres como consecuencia de la aplicación del cuestionario de control de vejiga (molestias) se adjuntan en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CUESTIONARIO CACV (MOLESTIAS) * GRUPO

CUESTIONARIO CACV (MOLESTIAS)		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
0	Recuento	3	7	10
	% de GRUPO	11,5%	26,9%	19,2%
1	Recuento	5	1	6
	% de GRUPO	19,2%	3,8%	11,5%
2	Recuento	6	6	12
	% de GRUPO	23,1%	23,1%	23,1%
4	Recuento	7	9	16
	% de GRUPO	26,9%	34,6%	30,8%
5	Recuento	2	1	3
	% de GRUPO	7,7%	3,8%	5,8%
6	Recuento	2	0	2
	% de GRUPO	7,7%	,0%	3,8%
7	Recuento	1	1	2
	% de GRUPO	3,8%	3,8%	3,8%
8	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Para la variable que recoge los resultados del CACV (molestias) presentamos una serie de estadísticos que resumen su comportamiento:

CUESTIONARIO (MOLESTIAS)	CACV	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media		2,75	2,65	2,85
Error típico		0,29	0,44	0,39
Mediana		2	2	2
Moda		4	4	4
Desviación estándar		2,10	2,23	2,01
Varianza de la muestra		4,43	4,96	4,06
Curtosis		-0,50	-0,10	-0,89
Coefficiente asimetría	de	0,41	0,52	0,32
Rango		8	8	7
Mínimo		0	0	0
Máximo		8	8	7



La variable asociada al cuestionario control de vejiga (molestias) se asume normal en los grupos control y experimental (p-valores de 0,312 y 0,243 respectivamente para la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov). Además, asumimos igualdad de varianzas (p-valor de la prueba de Levene de 0,731). Por último, admitimos la igualdad de las medias de esta variable en ambos grupos dado que la correspondiente prueba reporta un p-valor de 0,745.

A.4.5. Variable asociada al cuestionario de PITTSBURG

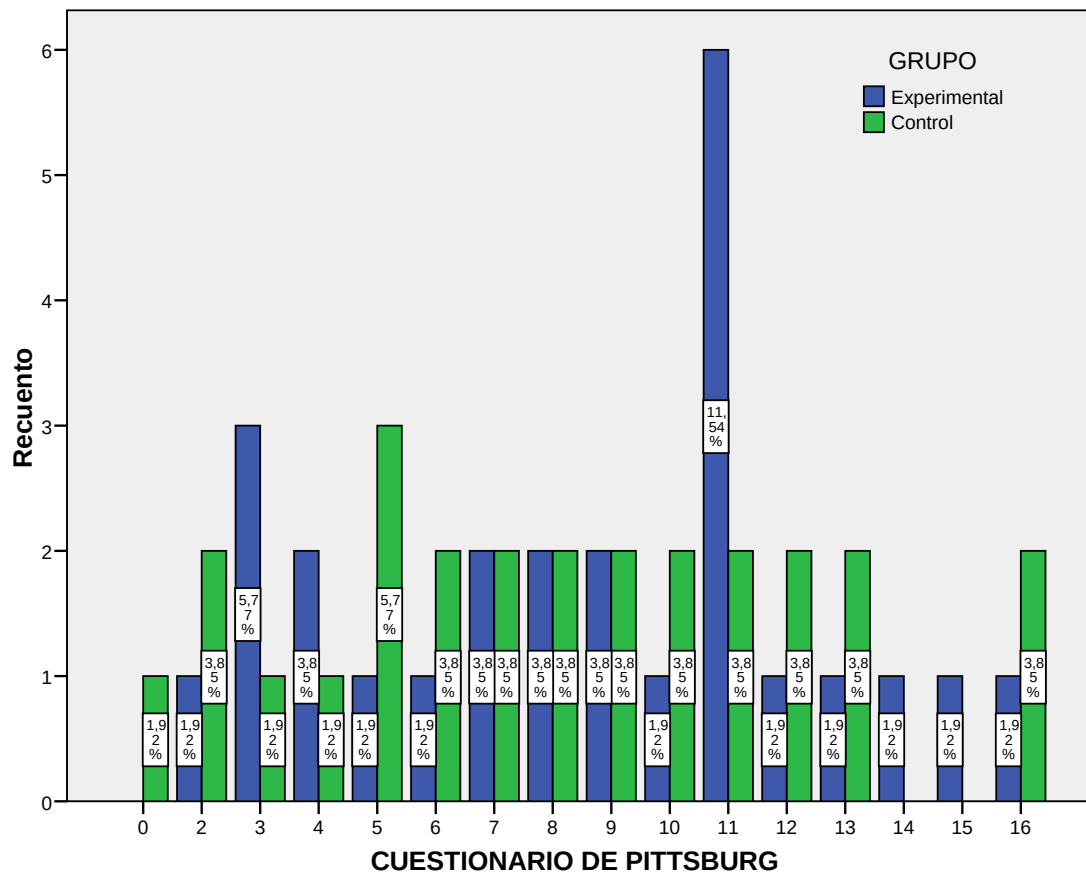
Tras la aplicación del cuestionario de PITTSBURG se han obtenido en las mujeres observadas los valores distribuidos como se recogen en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CUESTIONARIO DE PITTSBURG * GRUPO

CUESTIONARIO DE PITTSBURG		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
0	Recuento	0	1	1
	% de GRUPO	,0%	3,8%	1,9%
2	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
3	Recuento	3	1	4
	% de GRUPO	11,5%	3,8%	7,7%
4	Recuento	2	1	3
	% de GRUPO	7,7%	3,8%	5,8%
5	Recuento	1	3	4
	% de GRUPO	3,8%	11,5%	7,7%
6	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
7	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
8	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
9	Recuento	2	2	4
	% de GRUPO	7,7%	7,7%	7,7%
10	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
11	Recuento	6	2	8
	% de GRUPO	23,1%	7,7%	15,4%
12	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
13	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
14	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
15	Recuento	1	0	1
	% de GRUPO	3,8%	,0%	1,9%
16	Recuento	1	2	3
	% de GRUPO	3,8%	7,7%	5,8%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Se presentan en la tabla siguiente un conjunto de estadísticos que resumen el comportamiento de la variable:

CUESTIONARIO DE PITTSBURG	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	8,35	8,08	8,62
Error típico	0,57	0,83	0,78
Mediana	8,5	8	9
Moda	11	5	11
Desviación estándar	4,09	4,25	3,99
Varianza de la muestra	16,74	18,07	15,93
Curtosis	-0,80	-0,60	-0,95
Coefficiente de asimetría	0,01	0,08	-0,04
Rango	16	16	14
Mínimo	0	0	2
Máximo	16	16	16



Admitimos normalidad de la variable en los grupos (p-valor de 0,999 en el grupo control y p-valor de 0,619 en el grupo experimental). Las varianzas, según la prueba de Levene, se pueden asumir iguales (p-valor de 0,834) y por último, la prueba de igualdad de medias de la variable entre los grupos nos permite concluir con la homogeneidad de estas (p-valor de 0,640)

A.4.6. Variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental)

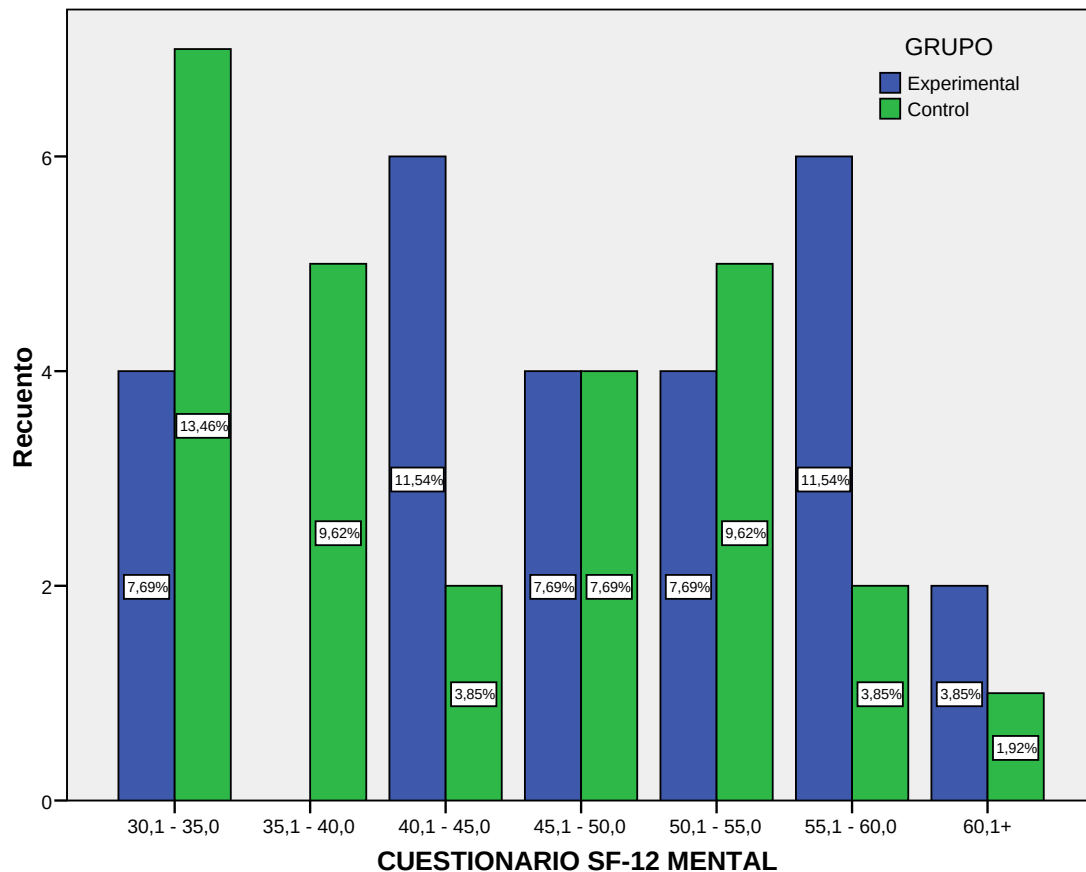
Los resultados registrados tras la aplicación del cuestionario SF-12 (dimensión mental) se presentan en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN MENTAL) * GRUPO

CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN MENTAL)	GRUPO		Total	
	Experimental	Control		
30,1 - 35,0	Recuento	4	7	11
	% de GRUPO	15,4%	26,9%	21,2%
35,1 - 40,0	Recuento	0	5	5
	% de GRUPO	,0%	19,2%	9,6%
40,1 - 45,0	Recuento	6	2	8
	% de GRUPO	23,1%	7,7%	15,4%
45,1 - 50,0	Recuento	4	4	8
	% de GRUPO	15,4%	15,4%	15,4%
50,1 - 55,0	Recuento	4	5	9
	% de GRUPO	15,4%	19,2%	17,3%
55,1 - 60,0	Recuento	6	2	8
	% de GRUPO	23,1%	7,7%	15,4%
60,1+	Recuento	2	1	3
	% de GRUPO	7,7%	3,8%	5,8%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Algunos estadísticos asociados a la variable se presentan en la siguiente tabla:

CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN MENTAL)	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	46,18	43,82	48,55
Error típico	1,34	1,87	1,85
Mediana	47,65	44,05	49,8
Moda	33,4	48,5	59,4
Desviación estándar	9,69	9,55	9,42
Varianza de la muestra	93,93	91,17	88,77
Curtosis	-1,33	-1,38	-1,12
Coficiente de asimetría	-0,09	0,16	-0,35
Rango	30,3	30,3	28,4
Mínimo	30,5	30,5	32,4
Máximo	60,8	60,8	60,8



La distribución normal puede ser asumida para relatar el comportamiento de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión mental) en los grupos control y experimental (p-valores de 0,741 y 0,919 respectivamente), admitiendo a la vez igualdad de varianzas (prueba de Levene con p-valor de 0,721). Por último, la prueba basada en el estadístico t nos permite concluir con igualdad de las medias (p-valor de 0,078).

A.4.7. Variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física)

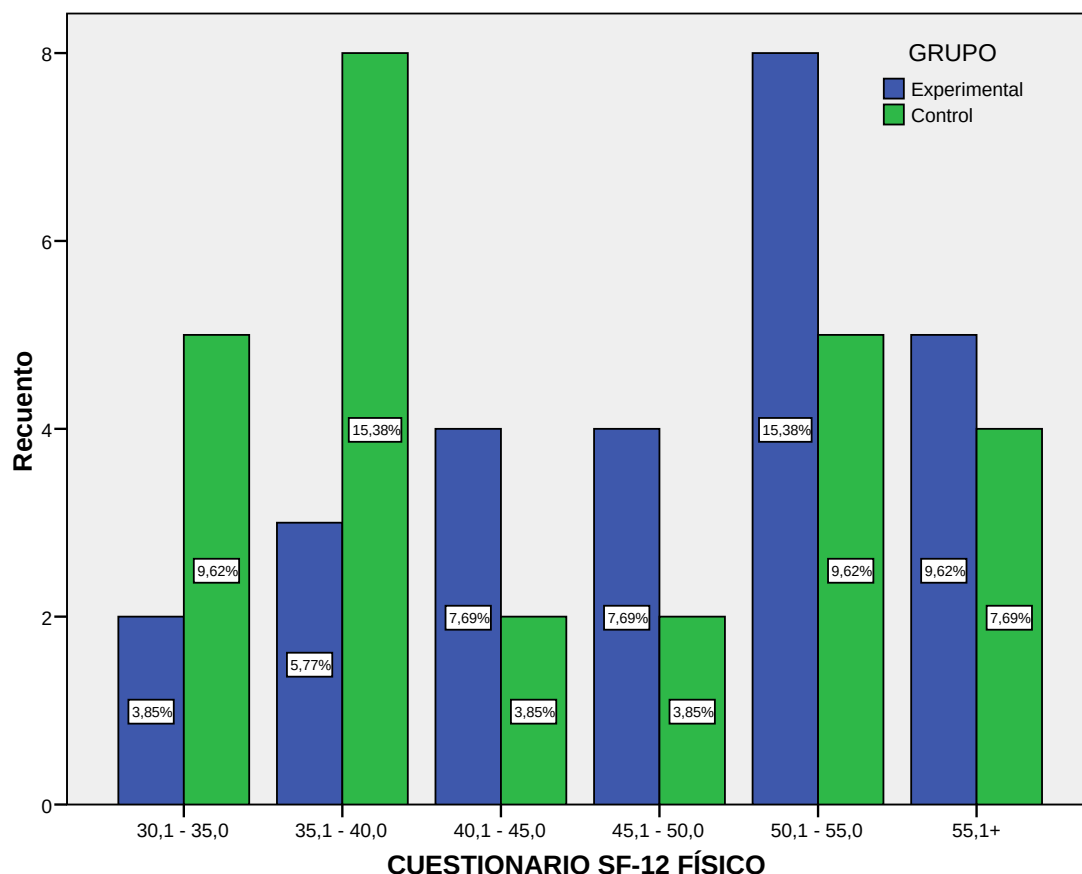
Los resultados registrados tras la aplicación del cuestionario SF-12 (dimensión física) se presentan en la siguiente tabla:

Tabla de contingencia CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN FÍSICA) * GRUPO

CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN FÍSICA)		GRUPO		Total
		Experimental	Control	
30,1 - 35,0	Recuento	2	5	7
	% de GRUPO	7,7%	19,2%	13,5%
35,1 - 40,0	Recuento	3	8	11
	% de GRUPO	11,5%	30,8%	21,2%
40,1 - 45,0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	7,7%	11,5%
45,1 - 50,0	Recuento	4	2	6
	% de GRUPO	15,4%	7,7%	11,5%
50,1 - 55,0	Recuento	8	5	13
	% de GRUPO	30,8%	19,2%	25,0%
55,1+	Recuento	5	4	9
	% de GRUPO	19,2%	15,4%	17,3%
Total	Recuento	26	26	52
	% de GRUPO	100,0%	100,0%	100,0%

Se presentan a continuación algunas características de la variable:

CUESTIONARIO SF-12 (DIMENSIÓN FÍSICA)	TOTAL	G. Control	G. Experimental
Media	45,76	43,42	48,10
Error típico	1,19	1,81	1,45
Mediana	47,85	40,15	49,8
Moda	50,4	36,5	55,3
Desviación estándar	8,60	9,22	7,39
Varianza de la muestra	74,00	84,96	54,61
Curtosis	-1,34	-1,46	-0,88
Coficiente de asimetría	-0,20	0,21	-0,52
Rango	28,1	27,8	24,6
Mínimo	30,1	30,1	33,6
Máximo	58,2	57,9	58,2



De nuevo encontramos que la distribución normal puede ser asumida para relatar el comportamiento de la variable asociada al cuestionario SF-12 (dimensión física) en los grupos control y experimental (p-valores de 0,451 y 0,714 respectivamente para la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov). Las varianzas se pueden asumir iguales (prueba de Levene con p-valor de 0,058), sin embargo, la prueba de igualdad de medias nos arroja un p-valor de 0,049, que nos hace dudar de la igualdad entre ellas.

Por otro lado, el intervalo de confianza para la diferencia de medias al 95% es (0,0271;9,3345) compatible con el p-valor reportado anteriormente y que nos permite intuir que las medias se encuentran próximas a la igualdad.

Si a lo anteriormente razonado adjuntamos los resultados de la prueba de Mann-Whitney (p-valor de 0,061), orientada a comparar los grupos respecto una característica de tendencia central (mediana) y que nos permite afirmar la igualdad de estos, podemos mantener la intuición en cuanto a la homogeneidad de ellos.

Por último, y para insistir en la misma idea, observamos que la prueba de Kolmogorov-Smirnov para dos muestras independientes, sin orientación específica en cuanto a la comparación de los grupos, sino basada en la comparación de la distribución de estos, nos reporta un p-valor de 0,089, lo que nos lleva a insistir en la homogeneidad intuida de la variable en los grupos control y experimental.

