



# UNIVERSIDAD DE JAÉN

---

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

## TESIS DOCTORAL

•••

### FACTORES DE RENDIMIENTO FÍSICO EN LA COMPETICIÓN DE JUDO

PRESENTADA POR:  
**Víctor Serrano Huete**

DIRIGIDA POR:  
**Dr. Juan A. Párraga Montilla**  
**Dr. José A. Morcillo Losa**

JAÉN 2017





**Universidad de Jaén**

**INFORME DE LOS DIRECTORES DE TESIS**

**D. Juan A. Párraga Montilla y D. José A. Morcillo Losa**, profesores Titulares del Departamento de Didáctica de la Expresión Musical, Plástica y Corporal de la Universidad de Jaén, como directores de la Tesis Doctoral: **“FACTORES DE RENDIMIENTO FÍSICO EN LA COMPETICIÓN DE JUDO”** de la que es autor **D. Víctor Serrano Huete**.

**HACEN CONSTAR:** Que la presente Tesis Doctoral ha sido realizada bajo nuestra dirección y cumple los requisitos necesarios para acceder al grado de Doctor.

Y para que conste, se expide el presente en Jaén a 2 de junio de 2017.

Fdo.: D. Juan A. Párraga Montilla

Fdo.: D. José A. Morcillo Losa



*A la memoria de dos de mis ángeles de la guarda que partieron en su último viaje durante la elaboración de esta tesis:*

*A mi primo Alejandro, gracias por tantos momentos vividos juntos, superaron con creces a los que se quedaron en proyectos.*

*A mi abuela Carmen, gracias por cuidar de nosotros aun desde la distancia, siempre te sentí muy cerca.*



---

## AGRADECIMIENTOS

---

Me gustaría empezar este capítulo agradeciendo a mi director de tesis, D. Juan Antonio Párraga Montilla, por sus enseñanzas tanto durante mi formación universitaria como en la realización de esta tesis. Gracias también por descubrirme la aplicación de la investigación en el deporte, por tu incondicional ayuda en este trabajo y por hacer en todo momento que me sienta como uno de los vuestros, además de ser el mejor ejemplo profesional al que poder aspirar. A mi otro director de tesis y mentor en materia de investigación, D. José Alfonso Morcillo Losa, porque tu profesionalidad y tu personalidad encendieron en mí la llama de la búsqueda constante de mejora en mi profesión, viéndose culminada en la realización de este trabajo. Gracias por hacerme pensar en cómo hacer mejor y distinta mi tesis y por tu fraternalidad hacia mí desde el primer día.

A Pedro A. Latorre, por su implicación en la publicación de los primeros artículos, así como por introducirme en el “maravilloso” mundo de la estadística. A mi gran amigo, Felipe García, por volcar tus incalculables conocimientos en mi, y por prestarme una ayuda imprescindible e inagotable, digna de elogio y alabanza, a lo que sumar tu amistad. A Rafael Moreno, por continuar enseñándome fuera de las aulas, añadiendo a ello su amabilidad y fraternalidad y a Pedro Jiménez, por su ayuda con la mayor de las simpatías, desde la distancia siempre que la necesité. A Emilio J. Martínez, por ayudarme de manera tan amable y elegante a materializar mi estancia en Beja, abriéndome camino en el productivo mundo de las Relaciones Internacionales; ten por seguro que cuidaré tanto de ellas como me enseñaste. A Alberto, por haber sido el primer y más importante eslabón en dicha estancia y por los cafés con sus respectivas charlas tan enriquecedoras.

Al Servicio de deportes de la Universidad de Jaén, en la persona de Javier García, por poner a nuestra disposición las instalaciones de dicha universidad con la mayor de las facilidades, rapidez y amabilidad. Siempre es un placer tratar contigo.

Al Instituto Politécnico de Beja por acogerme tan gentilmente durante mi estancia. Agradecer personalmente a Nuno Loureiro sus enseñanzas y su maravilloso trato durante todo este tiempo, haciéndome sentir como en mi propia casa y posibilitando mi desarrollo profesional. Gracias por involucrarme en vuestros proyectos. Gracias también a Luis, Vania, Paulo y Pedro por atenderme de manera excepcional durante el mismo tiempo, así como por enseñarme los secretos del café portugués.

Al Jaén Paraíso Interior de Fútbol-Sala, equipo con el que “debuté” en el mundo de la investigación aplicada al deporte. Gracias a Jesús Torres, Dani Rodríguez, Jesús Roca y Jesús Chanivet por todo lo que he aprendido a vuestro lado y por permitirme vivir tan de cerca momentos únicos en la historia del club. A todos los jugadores que han pasado por el club en estos años, por permitirme trabajar y aprender con vosotros.

A todos mis amigos judokas que participaron como sujetos en cada uno de los estudios de esta tesis y a la “participación internacional” de mi amigo Bartek Kizior (była przyjemność mieć cię w Jaén kilku miesięcy). Gracias por vuestro interés y vuestra ayuda desinteresada, pese a los largos desplazamientos que realizasteis para poder participar. Gracias también a vuestros entrenadores Juan Bonitch, Francisco Rodríguez, Ricardo Calero, Santi Bernárdez, Juanjo Pino, José Ángel Rubio, Salva Callejas y Raúl Marchena por su ayuda, necesaria en el desarrollo de las pruebas.

A todos los judokas del Club Deportivo Athenas Jaén, tanto por vuestra participación como sujetos, como por vuestra colaboración en el desarrollo durante todas las pruebas. Entre todos formáis la mejor de las familias, quedando plasmado en este trabajo vuestro esfuerzo e ilusión en lo que hacéis. Cada vez que se os necesita, acudís. Gracias. Y cómo no a su entrenador Diego García, por implicarse activamente en que las mediciones necesarias para esta tesis pudieran realizarse, incluso más que si fuera su propio trabajo. Gracias por haber ejercido de mi “hermano mayor” en tantos entrenamientos, viajes y campeonatos y por volcar en mi tus incalculables conocimientos de este deporte. Me tienes entregado. A mi primer profesor de Judo,

Fernando Jiménez, por enseñarme desde pequeño este divertido y apasionante deporte, el significado de la “familia del judo” y por seguir queriendo compartir entrenamientos, actividades y viajes. Es para mí un placer.

A todos los profesor@s que he tenido durante mi formación, todos influyeron de alguna manera. Especialmente a los buenos: José Morente, Isabel Herrera, Eloy Pinillos, y Manuela Gálvez. A los ya citados Juan Párraga, José Alfonso Morcillo, Rafael Moreno, Pedro Latorre, Emilio Martínez y Javier García. Y a “la seño Puri”, allá donde esté. Igualmente, a mis alumn@s y deportistas, a todos los que he tenido todos estos años. Todos me han hecho aprender y mejorar día a día, siendo esta la mejor formación práctica que jamás pude tener. Gracias por ponerme tantos retos y por impedirme ser una persona inmovilista.

A Manuel Ibáñez, porque tu profesionalidad me hizo recobrar el rumbo de mi vida. Sin tu ayuda y tu empatía, no podría haber abarcado este apasionante proyecto, ni otros tantos. Nos sigue quedando un partido de fútbol pendiente en el cual me toque marcarte...

A mis amigos, Luismi, Miguel Ángel, Elena, Virginia, Álvaro, Moi, Ángel y Fer, por los momentos de evasión necesarios para retomar con más fuerza e ilusión, si cabe, la realización de este trabajo, y por mostrarme el significado de la palabra amistad en su máxima expresión. Igualmente, a Carlos y Manolo por las charlas y los consejos de sabios, imprescindibles e impresionantes. A Jaime, estés donde estés. Gracias por haberme tocado con la barita mágica de tu amistad y por haberme dejado conocerte.

Por último, gracias a los más importantes: mi familia, el motor de mi vida. A mi tía Paqui, por su apoyo e interés desde la distancia, por ser el mejor ejemplo que jamás vi de vocación en su trabajo y por motivarme en el mío. A mis prim@s Manoli, Manolo, Inma (sigue luchando siempre) y Laura por vuestro inagotable cariño y apoyo, con el que ha sido mucho más sencillo no solo trabajar en esta tesis, sino afrontar las dificultades que la vida nos plantea, por insalvables que parezcan ser.

A mis padres, Gabriel y Mari Carmen, por la infancia que me regalasteis (la mejor, no la cambiaría por nada) y por la formación académica que tengo hoy en día, fruto de vuestro esfuerzo y sacrificio. Gracias también por apuntarme a judo con 4 años para combatir mi hiperactividad, lo que me convirtió en quien soy hoy. Gracias Papá, por ser el mejor ejemplo que siempre tuve y por permitirme tener a quien admirar. Siempre he querido ser como tú. Gracias Mamá, por tu incondicional dedicación, por esperarme tras cada viaje y contagiarme tu optimismo frente a la vida, resaltando los buenos momentos frente a los menos buenos. A mi hermano Gabriel, por ser el perfecto hermano mayor. Siempre que te he necesitado, has acudido a mi llamada. Algunas veces hasta antes de que te lo pida. Puede que a veces la distancia no nos haya permitido disfrutarnos tanto, pero te he sentido siempre igual de cerca.

A Eva, la que en pocos días se convertirá en mi mujer, pero que hace tiempo se convirtió en la mujer de mi vida. Gracias por entrar con tanta fuerza en mi mundo poniéndome las cosas tan fáciles y por haberme dicho que sí aquel día en los jardines de la Alhambra. Tu aporte motivacional, sentimental, emocional, anímico y de diversión me ha hecho trabajar en esta tesis con más ahínco si cabe, por el beneficio que pueda traer a nuestros planes. Hiciste verdad la frase: <<cuando te llega la tuya te das cuenta>>. Gracias por cada uno de los momentos tan especiales y únicos vividos hasta ahora, y sobre todo gracias por el futuro tan ilusionante que nos espera juntos y por enseñarme a ser mejor persona.

Gracias a tod@s.

# ÍNDICE

<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS. ....</b>	<b>17</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>19</b>
<b>ÍNDICE DE IMÁGENES. ....</b>	<b>23</b>
<b>RESUMEN DE ABREVIATURAS.....</b>	<b>25</b>
<b>0. CONSIDERACIONES PREVIAS .....</b>	<b>31</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN. MARCO TEÓRICO. ....</b>	<b>37</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>37</b>
1.1.1. INTRODUCCIÓN. CONCEPTOS BÁSICOS. ....	37
1.1.2. LA COMPETICIÓN DE JUDO.....	38
1.1.2.1. Reglamento.....	39
1.1.3. LA FUERZA. FACTORES QUE DETERMINAN SU RENDIMIENTO EN JUDO.....	40
1.1.3.1. Factores de los que depende la fuerza .....	46
1.1.3.2. Fuerza dinámica .....	47
1.1.3.2. Fuerza estática .....	51
1.1.3.3. Potencia .....	55
1.1.3.4. Fuerza en el deporte .....	59
Fuerza aplicada .....	59
Relación fuerza-tiempo.....	60
Relación fuerza – velocidad .....	62
Relación fuerza – velocidad y potencia.....	63
Paradigma fuerza – velocidad y rendimiento deportivo.....	64
1.3.5. FUERZA EN JUDO. ....	66
<b>1.1.4. NECESIDADES METABÓLICAS DE LA COMPETICIÓN EN JUDO .....</b>	<b>68</b>
1.1.4.1. BASES FISIOLÓGICAS DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO.....	68
Sistemas energéticos .....	69
Desarrollo del sistema aeróbico .....	71
Desarrollo del sistema anaeróbico .....	73
1.1.4.2. Demandas energéticas de la competición de Judo.....	75
1.1.4.3. Indicadores fisiológicos del impacto en la competición de Judo .....	79
Ácido láctico.....	79
Frecuencia cardíaca .....	85

Percepción subjetiva del esfuerzo .....	86
<b>1.2. JUSTIFICACIÓN DE LOS DISTINTOS ESTUDIOS.....</b>	<b>90</b>
1.2.1. FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL RENDIMIENTO EN JUDO.....	90
1.2.1.1. Perfil de Fuerza – Velocidad en judokas de competición (Estudio 1). ....	92
1.2.1.2. Parámetros musculares de rendimiento y respuesta fisiológica (Estudio 2). ....	95
1.2.1.3. Pérdida de las capacidades de fuerza (Estudio 3) .....	96
1.2.1.4. Equilibrio (Estudio 4).....	97
1.2.1.5. Diferencias físicas entre categorías junior y senior (Estudio 5) .....	98
1.2.1.6. Intervención sobre los descansos entre combates (Estudio 6).....	99
<b>2. AIMS.....</b>	<b>103</b>
<b>2.1. GENERAL.....</b>	<b>103</b>
<b>2.2. SPECIFICS .....</b>	<b>103</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>104</b>
<b>2.1. GENERALES .....</b>	<b>104</b>
<b>2.2. ESPECÍFICOS .....</b>	<b>104</b>
<b>2.3 HIPÓTESIS .....</b>	<b>105</b>
2.3.1. GENERALES.....	105
2.3.2. ESPECÍFICAS.....	105
<b>3. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>109</b>
<b>3.1. PARTICIPANTES. ....</b>	<b>111</b>
3.1.1. POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	111
3.1.2. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	111
<b>3.2. ASPECTOS ÉTICOS. ....</b>	<b>112</b>
<b>3.3. MATERIALES. <i>MATHERIALS</i> .....</b>	<b>113</b>
3.3.1. ANTROPOMETRÍA Y COMPOSICIÓN CORPORAL.....	113
3.3.2. FRECUENCIA CARDÍACA.....	115
3.3.3. PERCEPCIÓN SUBJETIVA DEL ESFUERZO.....	116
3.3.4. LACTATO.....	117
3.3.5. POTENCIA MUSCULAR , .....	118
3.3.6. FUERZA DINÁMICA MÁXIMA.....	120
3.3.7. FUERZA ISOMÉTRICA MANUAL.....	122
3.3.8. HABILIDAD DE EQUILIBRIO.....	122
<b>3.4. VARIABLES DE INVESTIGACIÓN. PROCEDIMIENTO. ....</b>	<b>124</b>
3.4.1. ANTROPOMETRÍA Y COMPOSICIÓN CORPORAL.....	124
3.4.2. PERFIL FUERZA – VELOCIDAD.....	124
3.4.3. FRECUENCIA CARDÍACA.....	126

3.4.4. PERCEPCIÓN SUBJETIVA DEL ESFUERZO.....	126
3.4.5. LACTATO.....	127
3.4.6. POTENCIA MUSCULAR.....	128
3.4.7. FUERZA DINÁMICA MÁXIMA.....	129
3.4.8. FUERZA ISOMÉTRICA MANUAL.....	130
3.4.9. HABILIDAD DE EQUILIBRIO.....	131
3.4.10. TABLA RESUMEN DE VARIABLES.....	132
<b>3.5. ESTUDIO 1: PERFIL DE FUERZA/VELOCIDAD EN JUDOKAS DE CATEGORÍA NACIONAL.....</b>	<b>135</b>
3.5.1. PARTICIPANTES.....	135
3.5.2. DISEÑO.....	135
3.5.3. VARIABLES.....	136
3.5.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	137
<b>3.6. ESTUDIO 2: EFECTO AGUDO DE LA COMPETICIÓN DE JUDO SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR Y LA RESPUESTA FISIOLÓGICA.....</b>	<b>137</b>
3.6.1. PARTICIPANTES.....	137
3.6.2. DISEÑO.....	138
3.6.3. VARIABLES.....	139
3.6.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	140
<b>3.7. ESTUDIO 3: PÉRDIDA DE FUERZA EN LA COMPETICIÓN DE JUDO ASOCIADA A PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR.....</b>	<b>141</b>
3.7.1. PARTICIPANTES.....	141
3.7.2. DISEÑO.....	141
3.7.3. VARIABLES.....	142
3.7.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	143
<b>3.8. ESTUDIO 4: EVOLUCIÓN DE LA HABILIDAD DE EQUILIBRIO DURANTE LA COMPETICIÓN DE JUDO.....</b>	<b>144</b>
3.8.1. PARTICIPANTES.....	144
3.8.2. DISEÑO.....	144
3.8.3. VARIABLES.....	145
3.8.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	146
<b>3.9. ESTUDIO 5: COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y MUSCULARES DE RENDIMIENTO EN LA COMPETICIÓN DE JUDO ENTRE CATEGORÍAS JUNIOR Y SENIOR.....</b>	<b>147</b>
3.9.1. PARTICIPANTES.....	147
3.9.2. DISEÑO.....	148
3.9.3. VARIABLES.....	148
3.9.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	148
<b>3.10. ESTUDIO 6: MODELO DE INTERVENCIÓN ACTIVA SOBRE LA RECUPERACIÓN EN LOS DESCANSOS ENTRE COMBATES EN LA COMPETICIÓN DE JUDO.....</b>	<b>149</b>
3.10.1. PARTICIPANTES.....	149

3.10.2. DISEÑO.....	150
3.10.3. VARIABLES.....	151
3.10.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO. ....	151
<b>4. RESULTADOS .....</b>	<b>155</b>
<b>4.1. ESTUDIO 1: PERFIL DE FUERZA/VELOCIDAD EN JUDOKAS DE CATEGORÍA NACIONAL. ....</b>	<b>155</b>
<b>4.2. ESTUDIO 2: EFECTO AGUDO DE LA COMPETICIÓN DE JUDO SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR Y LA RESPUESTA FISIOLÓGICA .....</b>	<b>157</b>
4.2.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA.....	157
4.2.2. PARÁMETROS MUSCULARES DE RENDIMIENTO. ....	160
<b>4.3. ESTUDIO 3: PÉRDIDA DE FUERZA EN LA COMPETICIÓN DE JUDO ASOCIADA A PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR.....</b>	<b>163</b>
<b>4.4. ESTUDIO 4: EVOLUCIÓN DE LA HABILIDAD DE EQUILIBRIO DURANTE LA COMPETICIÓN DE JUDO. ....</b>	<b>168</b>
<b>4.5. ESTUDIO 5: COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y MUSCULARES DE RENDIMIENTO EN UNA COMPETICIÓN DE JUDO ENTRE CATEGORÍAS JUNIOR Y SENIOR. ....</b>	<b>173</b>
4.5.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA.....	173
4.5.2. PARÁMETROS MUSCULARES DE RENDIMIENTO .....	175
<b>4.6. ESTUDIO 6: MODELO DE INTERVENCIÓN ACTIVA SOBRE LA RECUPERACIÓN EN LOS DESCANSOS ENTRE COMBATES EN LA COMPETICIÓN DE JUDO. ....</b>	<b>177</b>
4.6.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA.....	177
4.6.2. PARÁMETROS MUSCULARES DE RENDIMIENTO. ....	182
<b>5. DISCUSIÓN. ....</b>	<b>189</b>
<b>5.1. ESTUDIO 1: PERFIL DE FUERZA-VELOCIDAD EN JUDOKAS DE CATEGORÍA NACIONAL .....</b>	<b>189</b>
<b>5.2. ESTUDIO 2: EFECTO AGUDO DE LA COMPETICIÓN DE JUDO SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR Y LA RESPUESTA FISIOLÓGICA .....</b>	<b>190</b>
5.2.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA.....	191
5.2.2. PARÁMETROS MUSCULARES DE RENDIMIENTO .....	192
<b>5.3. ESTUDIO 3: PÉRDIDA DE FUERZA EN LA COMPETICIÓN DE JUDO ASOCIADA A PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR.....</b>	<b>194</b>
<b>5.4. ESTUDIO 4: EVOLUCIÓN DE LA HABILIDAD DE EQUILIBRIO DURANTE LA COMPETICIÓN DE JUDO</b>	<b>197</b>
<b>5.5. ESTUDIO 5: COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y MUSCULARES DE RENDIMIENTO EN LA COMPETICIÓN DE JUDO ENTRE LAS CATEGORÍAS JUNIOR Y SENIOR.....</b>	<b>199</b>
5.5.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA.....	199
5.5.2. PARÁMETROS MUSCULARES DE RENDIMIENTO .....	201
<b>5.6. ESTUDIO 6: MODELO DE INTERVENCIÓN ACTIVA SOBRE LA RECUPERACIÓN EN LOS DESCANSOS ENTRE COMBATES EN LA COMPETICIÓN DE JUDO .....</b>	<b>203</b>

---

5.6.1. RESPUESTA FISIOLÓGICA .....	203
5.6.2. PARÁMETROS MUSCULARES DE RENDIMIENTO .....	205
<b>6. CONCLUSIONS .....</b>	<b>209</b>
6.1. GENERAL. ....	209
6.2. SPECIFICS. ....	209
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>211</b>
6.1. GENERALES.....	211
6.2. ESPECÍFICAS.....	211
<b>7. APLICACIONES PRÁCTICAS.....</b>	<b>215</b>
7.1. ESTUDIO 1: PERFIL DE FUERZA-VELOCIDAD EN JUDOKAS DE CATEGORÍA NACIONAL .....	215
7.2. ESTUDIO 2: EFECTO AGUDO DE LA COMPETICIÓN DE JUDO SOBRE PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR Y LA RESPUESTA FISIOLÓGICA. ....	216
7.3. ESTUDIO 3: PÉRDIDA DE FUERZA EN LA COMPETICIÓN DE JUDO ASOCIADA A PARÁMETROS DE RENDIMIENTO MUSCULAR.....	217
7.4. ESTUDIO 4: EVOLUCIÓN DE LA HABILIDAD DE EQUILIBRIO DURANTE LA COMPETICIÓN DE JUDO	218
7.5. ESTUDIO 5: COMPARACIÓN DE PARÁMETROS FISIOLÓGICOS Y MUSCULARES DE RENDIMIENTO EN LA COMPETICIÓN DE JUDO ENTRE LAS CATEGORÍAS JUNIOR Y SENIOR.....	219
7.6. ESTUDIO 6: MODELO DE INTERVENCIÓN ACTIVA SOBRE LA RECUPERACIÓN EN LOS DESCANSOS ENTRE COMBATES EN LA COMPETICIÓN DE JUDO .....	220
<b>8. PROSPECTIVAS .....</b>	<b>223</b>
8.1. PERSPECTIVAS DE FUTURO .....	223
8.2. LIMITACIONES DEL ESTUDIO .....	224
<b>9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....</b>	<b>227</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>249</b>

---



# ÍNDICE DE TABLAS.

---

**Tabla 0:** resumen de los estudios que componen la presente tesis.

**Tabla 1.1:** valores de 1RM en judokas de diferentes niveles.

**Tabla 1.2:** resumen de estudios que evalúan la FIM en judokas.

**Tabla 1.3:** valor medio de velocidad media acelerativa (velocidad media) y % de 1RM con el que se alcanza la potencia media máxima en el ejercicio de sentadilla.

**Tabla 1.4:** capacidad energética de los sistemas anaeróbico láctico, anaeróbico aláctico y aeróbico.

**Tabla 1.5:** adaptaciones para la optimización de la producción de energía del sistema aeróbico.

**Tabla 1.6:** adaptaciones para la optimización de la producción de energía del sistema anaeróbico.

**Tabla 1.7:** intensidad del ejercicio físico a través del LAC y su relación con el correspondiente sistema energético.

**Tabla 1.8:** referencias de los valores medios de lactato en situación de competición.

**Tabla 1.9:** media de valores máximos de lactato en tres estudios acerca de las implicaciones del lactato en el rendimiento.

**Tabla 1.10:** escala de Borg y su comparativa con las pulsaciones por minuto, % de la intensidad del esfuerzo y equivalencia con una escala de esfuerzo de 1 a 10.

**Tabla 1.11:** relación de la escala de Borg con distintos parámetros fisiológicos.

**Tabla 1.12:** relación de la Escala de Borg Category Rating 10 con las distintas manifestaciones de la resistencia.

**Tabla 3.1:** resumen de los principales aspectos metodológicos incluidos en los distintos estudios que componen la presente tesis doctoral.

**Tabla 3.2:** resumen de los sujetos participantes en cada uno de los estudios que forman la presente tesis.

**Tabla 3.3:** variables del perfil de fuerza – velocidad.

**Tabla 3.4:** resumen de las variables de investigación utilizadas en la presente tesis doctoral.

**Tabla 3.5:** variables de investigación analizadas en el estudio 1.

**Tabla 3.6:** variables de investigación analizadas en el estudio 2.

**Tabla 3.7:** variables de investigación analizadas en el estudio 3.

**Tabla 3.8:** variables de investigación analizadas en el estudio 4.

**Tabla 4.1:** resultados de las variables del perfil fuerza-velocidad (F-V).

**Tabla 4.2:** resultados de los parámetros musculares de rendimiento tras cada combate y su nivel de significación en el estudio 2.

**Tabla 4.3:** resultados de los parámetros musculares de rendimiento tras cada combate y su nivel de significación en el estudio 3. Media (DE).

**Tabla 4.4:** resultados de los parámetros relacionados con el equilibrio tras cada combate y su nivel de significación en el estudio 4. Media (DE).

**Tabla 4.5:** resultados de los parámetros musculares de rendimiento en los test postcombate y su nivel de significación para las categorías junior y senior.

**Tabla 4.6:** resultados de los parámetros fisiológicos en los test postcombate y su nivel de significación.

**Tabla 4.7:** resultados de los parámetros musculares de rendimiento y correlaciones entre ambos grupos de investigación.

# ÍNDICE DE FIGURAS

---

**Figura 1.1:** tipos de contracciones musculares.

**Figura 1.2:** manifestaciones de la fuerza.

**Figura 1.3:** fuerza como capacidad física central.

**Figura 1.4:** fuerza como capacidad física central y su relación con el resto de capacidades físicas básicas.

**Figura 1.5:** ejemplos de curva fuerza – tiempo.

**Figura 1.6:** distintos valores de potencia en el área bajo la curva fuerza – velocidad.

**Figura 1.7:** sistemas de obtención de energía.

**Figura 1.8:** ejemplo de cantidad de energía máxima por unidad de tiempo que el sistema aeróbico puede producir mediante el  $VO_2$  máximo del deportista.

**Figura 1.9:** tipos de entrenamientos aeróbicos y sus efectos en los correspondientes parámetros fisiológicos.

**Figura 1.10:** tipos de entrenamientos anaeróbicos y sus efectos en los correspondientes parámetros fisiológicos.

**Figura 1.11:** ejemplo del cálculo de la frecuencia cardíaca relativa.

**Figura 1.12:** fórmula para obtener la frecuencia cardíaca relativa.

**Figura 1.13:** fórmula de la potencia máxima.

**Figura 1.14:** fórmula del máximo salto hipotético, teniendo en cuenta un óptimo perfil de fuerza – velocidad y a partir de los valores potencia óptima (PO), potencia máxima (P max) y H (altura del salto).

**Figura 3.1:** diseño de investigación del Estudio 1.

**Figura 3.2:** diseño de investigación del Estudio 2.

**Figura 3.3:** diseño de investigación del Estudio 3.

**Figura 3.4:** diseño de investigación del Estudio 4.

**Figura 3.5:** diseño de investigación del Estudio 6.

**Figura 4.1:** comparativa entre fuerza (F) y potencia (P) en la ejecución de SJ.

**Figura 4.2:** perfil de fuerza-velocidad (F-V) grupal de los sujetos.

**Figura 4.3:** perfil de fuerza-velocidad (F-V) individual para cada deportista.

**Figura 4.4:** valores de LAC durante la competición de Judo (combates y descansos).

**Figura 4.5:** respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) durante la competición.

**Figura 4.6:** percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) inmediatamente al finalizar cada combate.

**Figura 4.7:** porcentajes (%) de fuerza isométrica manual (FI) durante la competición de Judo.

**Figura 4.8:** porcentajes (%) de potencia muscular del tren inferior (PMTI) en CMJ durante los sucesivos combates de la competición de Judo.

**Figura 4.9:** porcentajes (%) de fuerza dinámica máxima (FDM) en press de banca durante la competición de Judo.

**Figura 4.10:** porcentajes (%) de pérdida de superficie de la elipse del área (EA) en un test de equilibrio durante la competición de Judo.

**Figura 4.11:** porcentajes (%) de pérdida de longitud de Sway (LS) durante la competición de Judo.

**Figura 4.12:** porcentajes (%) de pérdida de la velocidad media (VM) durante la competición de Judo.

**Figura 4.13:** valores de LAC durante la competición de Judo (combates y descansos).

**Figura 4.14:** respuesta de la frecuencia cardiaca (FC) durante la competición.

**Figura 4.15:** percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) inmediatamente al finalizar cada combate.

**Figura 4.16:** evolución del lactato (LAC) tanto durante los combates como en los descansos.

**Figura 4.17:** comparativa de los valores de la PSE entre el grupo de control (GC) grupo experimental (GE) durante los sucesivos combates.

**Figura 4.18:** evolución de la frecuencia cardíaca (FC) y sus distintos parámetros

durante los sucesivos combates de Judo y el tiempo de descanso entre ellos.

**Figura 4.19:** evolución de la potencia muscular del tren inferior (PMTI), expresada en porcentajes de pérdida tras cada combate, para ambos grupos.

**Figura 4.20:** evolución de la fuerza isométrica (FI), expresada en porcentajes de pérdida tras cada combate, para ambos grupos de investigación (GI) durante la competición de Judo.

**Figura 4.21:** evolución de la FDM, expresada en porcentajes de pérdida tras cada combate, y todas sus variables.



## ÍNDICE DE IMÁGENES.

---

**Imagen 3.1:** sistema Tanita® 330 S Portable.

**Imagen 3.2:** software Suite Lite.

**Imagen 3.3:** dispositivo Polar Team<sup>2</sup>®.

**Imagen 3.4:** imagen del Software propio del sistema Polar Team<sup>2</sup>® en la que se muestra gráficamente la evolución de la Frecuencia Cardíaca (FC) durante la competición de judo simulada.

**Imagen 3.5:** escala de Percepción Subjetiva del Esfuerzo.

**Imagen 3.6:** dispositivo Lactate Scout®.

**Imagen 3.7:** dispositivo OptoGait, Microgate®.

**Imagen 3.8:** software del dispositivo OptoGait®.

**Imagen 3.9:** dispositivo T – Force®.

**Imagen 3.10:** software del dispositivo T – Force®.

**Imagen 3.11:** dispositivo Psymtec TTK – 5101®.

**Imagen 3.12:** dispositivo FreeMed® Base.

**Imagen 3.13:** software FreeStep® Standard 3.0.

**Imagen 3.14:** colocación del pulsómetro sobre el sujeto.

**Imagen 3.15:** protocolo de extracción de la muestra de sangre capilar para el posterior análisis de lactato (LAC).

**Imagen 3.16:** secuencia de la ejecución correspondiente al salto CMJ.

**Imagen 3.17:** secuencia de la ejecución correspondiente al ejercicio de pres de banca.

**Imagen 3.18:** secuencia de la ejecución de una contracción isométrica máxima manual.

**Imagen 3.19:** secuencia de la ejecución del test de equilibrio.



## RESUMEN DE ABREVIATURAS

---

**Δ:** incremento.

**1RM:** una repetición máxima. Máxima carga con la que el sujeto puede ejecutar una única repetición de un ejercicio.

**AB:** salto Abalakov, salto con contramovimiento y acción de brazos.

**AM:** amonio.

**ANT:** valores antropométricos

**AR:** active rest (recuperación activa).

**ATP:** adenosin Tri – Fosfato.

**AU:** ácido úrico.

**C1ms:** carga desplazada por el sujeto a la velocidad de  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  en el ejercicio de sentadilla completa.

**CAE:** ciclo de acortamiento-estiramiento.

**CCI:** coeficiente de correlación interclase

**Cf – t:** curva fuerza – tiempo.

**Cf – v:** curva fuerza – velocidad.

**CK:** creatinquinasa.

**CM:** centímetros.

**CMJ:** countermovement jump. Salto con contramovimiento.

**CMJA:** CMJ con acción de brazos.

**CMJO:** salto con contramovimiento en reposo.

**CMJc:** altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento con la carga máxima que el sujeto pueda alcanzar una altura mínima de 20cm.

**CMJn:** salto con contramovimiento tras el combate n.

**CMJpc:** CMJ con carga equivalente a la categoría de la competición.

**CP:** centro de presiones.

**DFV:** déficit de Velocidad Fuerza

**DIST1:** distancia vertical entre el suelo y el trocánter mayor de la pierna derecha en un ángulo de posición en cuclillas.

**DIST2:** distancia desde la cadera hasta la punta del pie en posición de tumbado supino.

**E:** equilibrio.

**EA:** elipse del área.

**EA2:** elipse del área ambas piernas.

**EAD:** elipse del área pierna dominante.

**EAND:** elipse del área pierna no dominante.

**F0:** fuerza.

**FC:** frecuencia cardíaca.

**FCAm:** frecuencia cardíaca media grupo descansos activos.

**FCAx:** frecuencia cardíaca máxima grupo descansos activos.

**FCc:** frecuencia cardíaca durante combates.

**FCd:** FC durante descansos.

**FCJx:** frecuencia cardíaca máxima grupo junior

**FCJm:** frecuencia cardíaca media grupo junior

**FCm:** frecuencia cardíaca media.

**FCPm:** frecuencia cardíaca media grupo descansos pasivos.

**FCPx:** frecuencia cardíaca máxima grupo descansos pasivos.

**FCSx:** frecuencia cardíaca máxima grupo senior.

**FCSm:** frecuencia cardíaca media grupo senior.

**FCx:** frecuencia cardíaca máxima.

**FD:** fuerza dinámica.

**FDM:** fuerza dinámica máxima.

**FE:** fuerza estática,

**FEX:** fuerza explosiva.

**FEXMx:** fuerza explosiva máxima.

**FFK:** fosfofructokinasa.

**FI:** fuerza isométrica.

**FIDO:** fuerza isométrica manual mano dominante en reposo.

**FIDn:** fuerza isométrica manual mano dominante tras el combate n.

**FIDA:** fuerza isométrica mano dominante grupo descansos activos.

**FIDP:** fuerza isométrica mano dominante grupo descansos pasivos.

**FINDO:** fuerza isométrica manual mano no dominante en reposo.

**FINDn:** fuerza isométrica manual mano no dominante tras el combate n.

**FINDA:** fuerza isométrica mano no dominante grupo descansos activos.

**FINDP:** fuerza isométrica mano no dominante grupo descansos pasivos.

**FIM:** fuerza isométrica máxima.

**FMD:** fuerza media.

**FMDa:** fuerza media grupo descansos activos.

**FMDp:** fuerza media grupo descansos pasivos.

**FMS:** fuerza muscular.

**FMX:** fuerza máxima.

**FMXa:** fuerza máxima grupo descansos activos.

**FMXp:** fuerza máxima grupo descansos pasivos.

**FT:** fibras rápidas (musculares).

F – V: fuerza – velocidad.

**GC:** grupo control.

**GEDA:** grupo experimental descansos activos.

**GEJ:** grupo experimental junior.

**GES:** grupo experimental senior.

**H:** altura.

**HIIT:** trabajo de alta intensidad y esfuerzos intermitentes.

**HR:** hear rate (frecuencia cardíaca).

**IJF:** International Judo Federation.  
Federación Internacional de Judo.

**IMC:** índice de masa corporal.

**JSFT:** Judo Special Fitness Test.

**Kcal:** kilocalorias.

**KGF:** kilogramos de fuerza.

**LAC:** lactato.

**LACa:** medida de LAC tomada 3' después de un combate.

**LACb:** medida de LAC tomada 1' antes de un combate.

**LS:** longitud de Sway.

**LS2:** longitud de Sway ambas piernas.

**LSD:** longitud de Sway pierna dominante.

**LSND:** longitud de Sway pierna no dominante.

**MC:** masa corporal.

**MG:** masa grasa.

**MM:** masa muscular.

**MV:** mean velocity. Velocidad media

**M/S:** metro partido por segundo.  
Unidad de velocidad.

**N:** newton.

**P:** potencia.

**Pa:** nivel de significación de LACa.

**Pb:** nivel de significación de LACb.

**PC:** postcombate (test).

**PCm:** nivel de significación de FCcm.

**PCx:** nivel de significación de FCcx.

**PCR:** fosfocreatina.

**PM:** potencia muscular.

**PMD:** potencia media.

**PMDa:** potencia media grupo descansos activos.

**PMDp:** potencia media grupo descansos pasivos

**PMF:** pico máximo de fuerza.

**PMTI:** potencia muscular del tren inferior.

**PMX:** potencia máxima.

**PMXa:** potencia máxima grupo descansos activos.

**PMXp:** potencia máxima grupo descansos pasivos.

**PPM:** pulsaciones por minuto.

**PO:** potencia óptima.

**PR:** passive rest (recuperación pasiva).

**PSE:** percepción subjetiva del esfuerzo.

**REP:** repetición.

**RPE:** rate of perceived exertion. Escala de esfuerzo percibido.

**SJ:** squat jump. Salto desde flexión de piernas a 90°.

**SFV:** derivada del producto fuerza por velocidad.

**SSC:** short – stretching cycle. Ciclo de acortamiento – estiramiento.

**ST:** fibras lentas (musculares).

**TE:** tamańo del efecto

**TR:** test en reposo

**VE:** velocidad de ejecuci3n.

**VO:** velocidad.

**VM:** velocidad media.

**VMP0:** velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca en reposo.

**VMPa:** velocidad media propulsiva grupo descansos activos.

**VMPn:** velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca tras el combate n.

**VMPp:** velocidad media propulsiva grupo descansos pasivos.

**VMX:** velocidad m1xima.

**VO<sub>2</sub>:** volumen de ox3geno. Unidad de medida del consumo de ox3geno.

**VR:** variable.

**WG Test:** Wingate test

A photograph of two judo athletes in a sparring position on a mat. One athlete is wearing a white gi and is in a high, dynamic pose, while the other is wearing a black gi and is in a lower, more grounded position. The background shows a wooden floor and a green mat.

# 0. CONSIDERACIONES PREVIAS



## 0. CONSIDERACIONES PREVIAS

---

Debido al continuo e incansable intento por mejorar y optimizar el rendimiento deportivo, en disciplinas deportivas en las que predomina el carácter intermitente (como ocurre en Judo) es de vital importancia la permanente adaptación del organismo a esos cambios continuos que se suceden durante la práctica deportiva, lo que nos sugiere diversos interrogantes:

- *¿Conocemos las exigencias físicas que supone para el deportista la competición de Judo? y en consecuencia, ¿conocemos el estímulo ideal a prescribir (tanto cuantitativa como cualitativamente) para mejorar el rendimiento?*
- *¿Se cuenta con los instrumentos de evaluación idóneos, que proporcionen información real y objetiva del estado del deportista, así como cuál debería ser su nivel de rendimiento óptimo?*
- *¿Qué niveles de fuerza, fuerza – velocidad y potencia tienen los judokas de competición en la actualidad? ¿Cuál sería el perfil óptimo?*
- *¿Qué factores, tanto fisiológicos como musculares, intervienen en el rendimiento en Judo?*
- *¿Cómo evolucionan las capacidades relacionadas con la fuerza muscular y la potencia durante una competición de Judo?*
- *¿Qué niveles de equilibrio demanda una competición de Judo?*
- *¿Existen diferencias fisiológicas y musculares entre las categorías junior y senior? ¿Los judokas junior están realmente preparados y tienen una base de condición física mínima o suficiente para poder competir en categoría senior?*
- *¿Se puede actuar de manera activa sobre los descansos de los combates para minimizar el impacto de la misma en los deportistas?*

El propósito principal de esta Tesis Doctoral es conocer los factores de rendimiento físico intrínsecos a la competición de Judo, así como cuantificar las exigencias físicas que ésta imprime a sus deportistas. Para ello se llevaron a cabo 6 estudios (tabla 0) en los que se evalúan aspectos fisiológicos, musculares y la habilidad de equilibrio asociados al rendimiento, así como la relación que éstos tienen con otras variables de interés como la categoría deportiva, la edad y la posibilidad de que un descanso activo entre combates tenga influencia sobre el rendimiento físico en una competición de Judo.

Tabla 0: Listado de estudios que componen la presente Tesis Doctoral

ESTUDIO	AUTORES	TÍTULO	ESTADO
1	Serrano.Huete, V Jiménez-Reyes, P García-Pinillos, F Morcillo-Losa, J. A. Párraga-Montilla, J. A.	Force-velocity profile in national category judoist <i>Perfil de fuerza-velocidad en judokas de categoría nacional</i>	Sometido a revisión
2	Serrano-Huete, V Latorre-Román, P. A García-Pinillos, F. Morcillo-Losa, J. A. Moreno-Del Castillo, R Párraga-Montilla, J. A.	Acute effect of a judo contest on muscular performance parameters and physiological response <i>Efecto agudo de la competición de judo sobre parámetros musculares de rendimiento y la respuesta fisiológica</i>	Publicado en International Journal of Kinesiology & Sports Science (2016)
3	Serrano-Huete, V Jiménez-Reyes, P Latorre-Román, P. A García-Pinillos, F. Morcillo-Losa, J. A. Párraga-Montilla, J. A.	Strength loss percentages associated with muscular performance parameters during judo contest <i>Porcentajes de pérdida de fuerza asociados a los parámetros musculares de rendimiento durante la competición de judo</i>	Sometido a revisión
4	Serrano-Huete, V García-Pinillos, F. Morcillo-Losa, J. A. Párraga-Montilla, J. A.	Changes in balance ability during judo contest <i>Cambios en la habilidad de equilibrio durante la competición de judo</i>	Sometido a revisión
5	Serrano-Huete, V García-Pinillos, F. Morcillo-Losa, J. A. Párraga-Montilla, J. A.	Comparison of physiological response and muscular performance parameters between junior and senior categories in judo contest <i>Comparación de la respuesta fisiológica y los parámetros musculares de rendimiento entre categorías junior y senior en el judo de competición</i>	Sometido a revisión
6	Serrano-Huete, V García-Pinillos, F. Morcillo-Losa, J. A. Párraga-Montilla, J. A.	A model of active-rest time intervention between bouts in judo contest <i>Modelo activo de intervención sobre el tiempo de descanso entre combates en una competición de judo</i>	Sometido a revisión

Cronológicamente, para el desarrollo de la presente Tesis Doctoral se realizó una aproximación general al problema de estudio, revisando para ello la literatura existente y formulando los objetivos de investigación, tanto generales como específicos, de los 6 estudios que componen el trabajo. Una vez definidos los distintos estudios, se procedió a diseñar la metodología general y de cada uno de ellos, así como los materiales, baterías de pruebas y test a realizar y el análisis estadístico llevado a cabo. A continuación, se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los estudios, complementándose mediante tablas y figuras en las que se exponen tanto los datos en reposo como los obtenidos al finalizar cada combate de las distintas competiciones realizadas para tal efecto. Seguidamente, se presenta la discusión de dichos resultados, siendo éstos contrastados con los antecedentes de investigación de estudios con un objetivo similar y, por último, fueron redactadas las conclusiones que dan respuesta a los objetivos planteados. A partir de las conclusiones, se proponen futuras líneas de investigación que den continuidad al trabajo de investigación realizado. En último lugar, se muestran las referencias bibliográficas utilizadas para la elaboración del presente documento así como los anexos.



A photograph of two judo athletes in a struggle on a green mat. One athlete is wearing a blue gi and the other a white gi. They are in a dynamic, low-to-the-ground position. The background is a dark, textured wall with a red and white striped horizontal line. The text '1. INTRODUCCIÓN. MARCO TEÓRICO' is overlaid in large white letters.

# 1. INTRODUCCIÓN. MARCO TEÓRICO



# 1. INTRODUCCIÓN. MARCO TEÓRICO.

---

## 1.1. Antecedentes de investigación

### 1.1.1. Introducción. Conceptos básicos.

Según la historia aportada por Taira <sup>1</sup>, Jigoro Kano, joven estudiante de la Facultad de Literatura de la Universidad de Tokio, sentía desde hacía tiempo una gran inquietud acerca de un método antiguo de lucha: ju-jutsu. Como había sido siempre un muchacho de constitución física pobre y achacosa pensaba que tal arte marcial podría ser la solución de su problema de inferioridad física. Pero a pesar de encontrar en este sistema algunos aspectos negativos e ilógicos, si se mejoraba y rectificaba, podría servir prácticamente como una forma de educación física y cultural para su pueblo y el resto del mundo. Con esta idea, en 1882, Kano creó su propia escuela (Kodokan: casa que enseña el camino) de lo que llamó Judo (Ju : camino, via; Do: suavidad: Judo: camino de la suavidad). Su perspectiva filosófica incluía los siguientes principios <sup>2</sup>:

<<No debemos resistirnos a la fuerza de un adversario. Por el contrario, debemos absorberla y aprovecharla para vencer>>.

<<Máxima eficacia en el uso de la fuerza (Seiryoku Zenyo)>>.

<<Progreso mutuo (Jita Kyohei)>>.

<<El judo es el camino más eficaz para el fortalecimiento tanto físico como mental. Con el entrenamiento, se disciplina y prepara el cuerpo y el espíritu mediante la práctica de las técnicas de ataque y defensa; con ello conoceremos lo esencial de este camino. La utilización continua de estas técnicas es la meta fundamental del judo; superándose uno mismo hasta la perfección en beneficio del mundo>>.

### 1.1.2. La competición de Judo.

El judo se clasifica como un deporte de lucha con agarre, sobre un judogui, con la intervención de variables de orden físico (fisiológico, neuromusculares, metabólico), técnico, táctico, estratégico y psicológico que ocasionan elevados niveles de fatiga<sup>3-7</sup>.

Otro aspecto importante intrínseco al Judo es su carácter acíclico e intermitente<sup>5,8-10</sup>, ya que está protagonizado por dos deportistas enfrentados cuerpo a cuerpo, donde ambos intentan conseguir el mismo objetivo: derrotar a su oponente (a través de sanciones, proyecciones, estrangulaciones o luxaciones sobre el codo)<sup>11,12</sup>. En él se alternan periodos de pausa con periodos de actividad en la que de manera no establecida se alternan acciones a diferentes niveles de intensidad. Esto hace que haya una participación relevante de las diferentes manifestaciones metabólicas, tanto aeróbicas como anaeróbicas<sup>13</sup>.

Analizando los parámetros temporales del combate de Judo<sup>14</sup>, y teniendo en cuenta las modificaciones realizadas en el presente año por parte de la International Judo Federation (IJF)<sup>15</sup> el número y la duración de las pausas disminuyeron y la duración total del tiempo de trabajo en el combate aumentó, por lo que se hace necesario ajustar el perfil físico de los judokas de competición<sup>16</sup>. Concretamente, la estructura temporal de un combate de Judo intercala períodos de intenso trabajo de 20 – 30 segundos de media con períodos de descanso de 5 – 10 segundos<sup>17,18</sup> sobre un total de 5 minutos, que corresponde al tiempo total del combate.

Se pueden definir a los judokas de competición como deportistas con altos niveles técnicos; grandes dosis de fuerza y de resistencia o con unas ideas muy claras en el aspecto táctico<sup>19</sup>. Si nos remitiéramos a los años setenta u ochenta, en palabras del mismo autor, podríamos identificar algunos campeones internacionales sólo con alguna de esas facetas. Sin embargo, en la actualidad esto parece casi imposible. De hecho, una buena preparación física va a ser parte fundamental del éxito competitivo de cualquier judoca. Es por ello que en la línea del autor citado anteriormente, hay que establecer

qué tipo de manifestaciones de las distintas variables de entrenamiento deben ser consideradas como elementos específicos y cuáles deben serlo como elementos de carácter general.

Por todo esto, el perfil judoka de competición debe encaminarse en la línea de un deportista capaz de soportar las alternancias del esfuerzo que supone un combate de Judo sin que éstas provoquen desajustes motores importantes, con una gran capacidad de gestión de recursos técnicos y tácticos y con la suficiente habilidad táctica y estratégica que le permita controlar la incertidumbre propia del combate<sup>20</sup>.

#### **1.1.2.1. Reglamento.**

Con las últimas modificaciones que vienen a complementar y matizar el reglamento de la competición de Judo por parte de la IJF<sup>15</sup>, las distintas formas de ganar un combate de Judo son<sup>12</sup>:

1. Proyección en la lucha de pie (posible valoración parcial: waza ari y puntuación máxima: ippon. En ese momento se acaba el combate).
2. Control del cuello en el suelo (estrangular: shime waza).
3. Control del codo en el suelo (luxar: kansetsu waza).
4. Inmovilizar (osae komi) durante la lucha en suelo (máx. 20 seg. Posible valoración parcial: 10 – 19 = waza ari).
5. Hacer que el contrario acumule tres sanciones leves (shido) como máximo o una grave (hansoku make).

### 1.1.3. La fuerza. Factores que determinan su rendimiento en Judo.

Podemos considerar a la fuerza, desde el punto de vista de la mecánica, como toda causa capaz de modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, así como la causa capaz de deformar los cuerpos, bien por presión (compresión o intento de unir las moléculas de un cuerpo) o por estiramiento o tensión (intento de separar las moléculas de un cuerpo) <sup>21-23</sup>.

Desde el punto de vista fisiológico, la fuerza se entiende como la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse <sup>21</sup>, capacidad que se relaciona directamente con una serie de factores: número de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina <sup>24</sup>, número de sarcómeros en paralelo, tensión específica o fuerza que una fibra muscular puede ejercer por unidad de sección transversal <sup>25</sup>, la longitud de la fibra y del músculo, el tipo de fibra y los factores facilitadores e inhibidores de la contracción muscular. En relación con estas cuestiones, el mismo autor señala que aspectos como el ángulo articular donde se genera la tensión muscular, el tipo de activación y la velocidad del movimiento son también determinantes en la producción de tensión muscular <sup>26</sup>.

Por su parte, el concepto de fuerza muscular (FMS) se entiende como la capacidad motora del hombre que le permite vencer una resistencia u oponerse a ésta mediante una acción tensora de la musculatura <sup>13</sup> o el grado de tensión que el músculo manifiesta durante la contracción <sup>27</sup>. Cuando fruto de una contracción se produce una variación dinámica respecto a la longitud inicial del músculo se denomina fuerza dinámica (FD) y cuando no existe esta variación se denomina fuerza estática (FE) <sup>28</sup>. Desde otra concepción, se entiende la fuerza como la habilidad para generar tensión bajo determinadas condiciones definidas por la posición corporal, el movimiento en el que se aplica la fuerza, el tipo de activación (concéntrica, excéntrica, isométrica y pliométrica) (figura 1.1) y la velocidad de movimiento <sup>26</sup>.



Figura 1.1: Tipos de contracciones musculares <sup>28</sup>.

Aunque tradicionalmente las acciones musculares se han clasificado en acciones isométricas, cuando el músculo produce una tensión sin que exista modificación en su longitud (longitud muscular constante), e isotónicas, cuando se produce una tensión muscular constante, ambas manifestaciones son compatibles entre sí ya que podría producirse una contracción isométrica al mantenerse la misma longitud en sus inserciones y otra isotónica al mantenerse la misma tensión en el músculo <sup>28</sup>.

Los términos isométrico e isotónico (figura 1.2) se han prestado a confusión, desvirtuándose el concepto de los mismos. Tradicionalmente, una contracción isométrica voluntaria supone el mantenimiento de la misma longitud muscular, algo no del todo correcto ya que para que se lleve a cabo una contracción muscular se necesita el acortamiento de las unidades del sarcómero de la fibra muscular y una producción energética para el trabajo muscular <sup>28</sup>. Por ello, el autor citado anteriormente hace referencia a la acción muscular estática como la condición de trabajo en tensión muscular isométrica.



Figura 1.2: Manifestaciones de la fuerza <sup>28</sup>.

El término isotónico, entendiéndolo como una acción muscular de tensión constante, también se presta a confusión, ya que dicha condición difícilmente se produce y no refleja en su totalidad a las acciones de contracción excéntrica y concéntrica, como tradicionalmente se consideró una contracción isotónica <sup>28</sup>. En una contracción excéntrica se produce una elongación del músculo <sup>29</sup> y una deceleración del movimiento, lo que produce que se separen las inserciones musculares <sup>30</sup>. En la contracción concéntrica, al contrario de lo que sucede en la excéntrica, se produce un acortamiento del músculo <sup>29</sup> seguido de una aceleración, acercándose las inserciones musculares <sup>30</sup>. El estudio de las acciones musculares concéntricas y excéntricas ha puesto de manifiesto que la fuerza desarrollada durante una acción concéntrica máxima es 1,3 veces menor que la fuerza desarrollada durante una acción muscular excéntrica <sup>28</sup>. El mismo autor incide en que el ejercicio excéntrico implica alargamiento forzado de los músculos activos, de tal manera que la acción muscular se traduce en presentar una resistencia de la fuerza externa impuesta por medio de una carga, e implicando una absorción de energía externa por parte del sistema contráctil, produciéndose un frenado del movimiento y la protección de estructuras neuromusculares.

Estos términos nos llevan a plantearnos que en ambos tipos de contracciones se produce un desplazamiento de la carga con una variación del ángulo articular, una variación de la longitud del músculo y una variación del ángulo de inserción muscular, de manera que es difícil que se pueda mantener constante la tensión desarrollada a lo largo del movimiento <sup>28</sup>. Así, se comprende la mayor restricción del término isotónico respecto al isométrico, proponiéndose para esta condición de la actividad muscular el término auxotónico, considerado como la acción muscular con tensión y longitud muscular variable o el de acción muscular dinámica <sup>28</sup>.

A continuación, se expone una clasificación de los diferentes tipos de acción muscular en función del tipo de ejercicio que realiza, aunque pueden darse más tipos de ejercicios si consideramos que los términos estático y dinámico expresan fielmente una condición de acción muscular referida a la presencia o ausencia de variación de movimiento de segmento o cuerpo sobre el cual actúan las fuerzas procedentes del músculo <sup>31</sup>:

- **Ejercicio dinámico:**
  - Acción muscular concéntrica: disminuye la longitud del músculo.
  - Acción muscular excéntrica: incrementa la longitud del músculo.
  - Acción muscular excéntrica-concéntrica: disminuye-incrementa la longitud del músculo.
- **Ejercicio estático:**
  - Acción muscular isométrica: no cambia la longitud del músculo.

Según el concepto de sistema deportista <sup>32</sup>, para producir el movimiento o gesto deportivo se requiere de un conjunto de estructuras y reglas, que enlazadas entre sí, forman una unidad de funcionamiento en el sistema biológico que es el cuerpo humano. Por ello, parece generalizada la aceptación de la necesidad de una mínima cantidad de fuerza para que pueda existir dicho movimiento o gesto deportivo, para que haya movimiento tiene que existir tensión muscular y, por tanto, fuerza. De ahí que muchos autores hablen de la fuerza como la capacidad central (figura 1.3) de la que dependen el

resto<sup>28,32</sup>

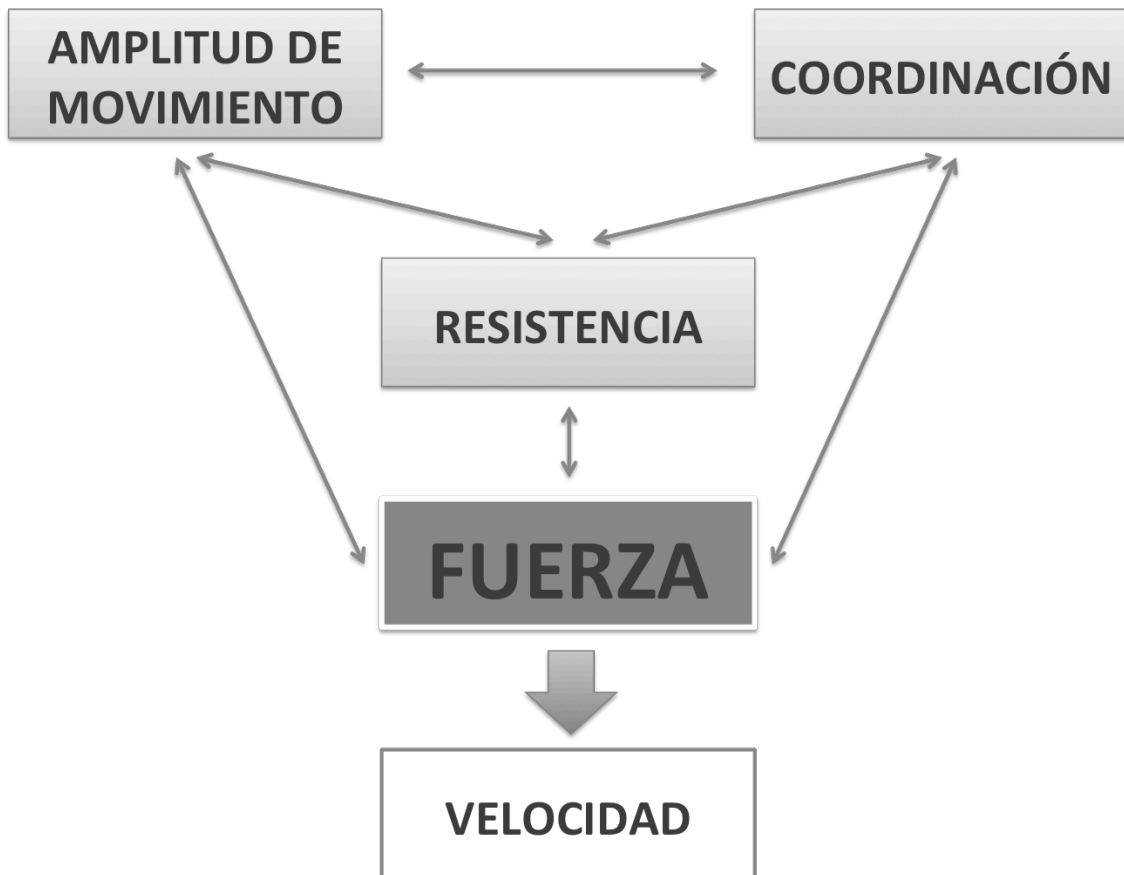


Figura 1.3: Fuerza como capacidad física central<sup>33</sup>.

Otra concepción de la fuerza como la capacidad física central<sup>34</sup> muestra su relación, no solo con el resto de cualidades físicas básicas, si no la implicación e incidencia de cada una de ellas sobre la fuerza (figura 1.4). Es decir que según sean las características de la manifestación de la tensión muscular (fuerza) podemos hablar de otras capacidades físicas, existiendo una relación permanente entre todas ellas, donde en función de las demandas existirá más o menos protagonismo de unas u otras.

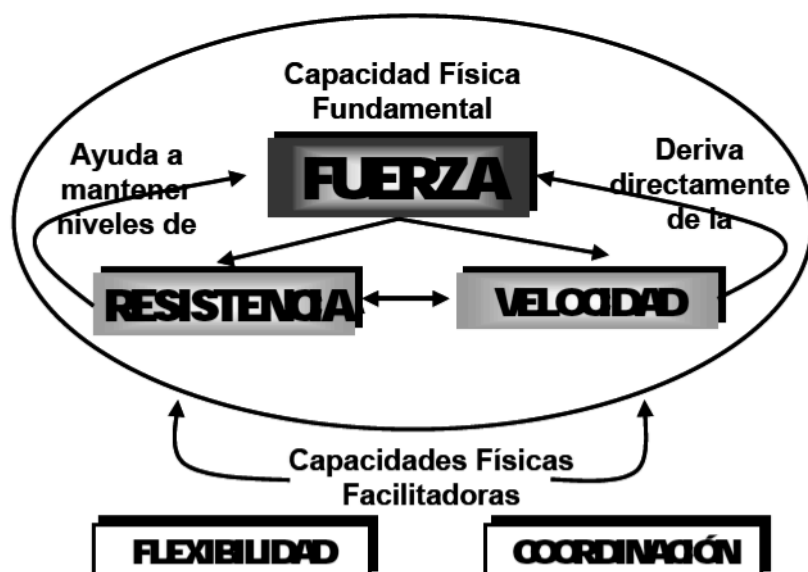


Figura 1.4: Fuerza como capacidad física central y su relación con el resto de capacidades físicas básicas <sup>34</sup>.

La capacidad del sistema neuromuscular para producir fuerza es determinante para la mayoría de las modalidades deportivas <sup>35</sup>. Concretamente, a la capacidad de dicho sistema para producir fuerza <sup>36,37</sup> en régimen excéntrico, concéntrico o isométrico <sup>38</sup> se denomina fuerza máxima (FMX). Ahora bien, esta capacidad de generar fuerza es difícilmente cuantificable, por lo que cuando hablamos de evaluación de la fuerza lo que obtenemos son los picos de fuerza máximos alcanzados y el tiempo necesario para ello. Esto se muestra gráficamente en las curvas de fuerza-velocidad (C f-v) y fuerza-tiempo (C f-t) (figura 1.5), tal y como indican varios autores <sup>21</sup>:

- C f-t: lo que es lo mismo, fuerza explosiva (FEX), que corresponde al resultado de la relación entre la fuerza producida (manifestada o aplicada) y el tiempo necesario para ello). Puede utilizarse tanto para mediciones estáticas como dinámicas.
- C f-v: resultado de la manifestación de la fuerza a la máxima velocidad. Sólo para mediciones dinámicas.

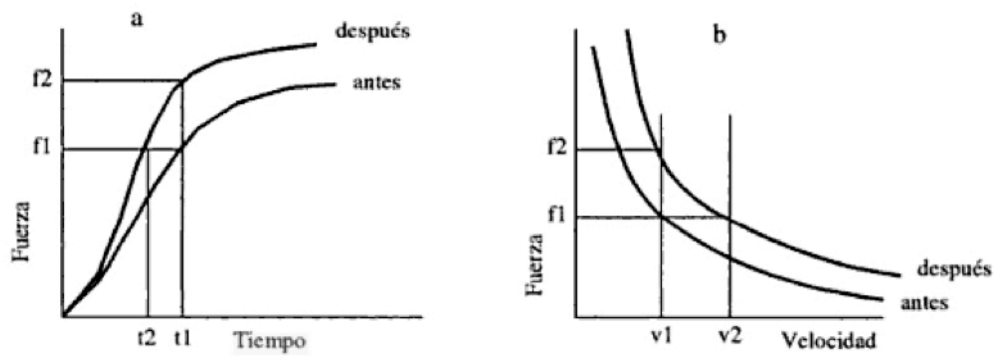


Figura 1.5: curvas de fuerza-tiempo (C f-t) y fuerza-velocidad (C f-v)<sup>21</sup>. Los cambios producidos en la C f-t son equivalentes a los producidos en la C f-v. Gráfica a (izquierda): la fuerza 1 ( $f_1$ ) se manifiesta en menos tiempo ( $t_2$ ) que al principio ( $t_1$ ). Esto es equivalente, en la gráfica b (derecha), a desplazar la misma fuerza o resistencia ( $f_1$ ) a mayor velocidad ( $v_2$ ) que al principio ( $v_1$ ). En la gráfica a (izquierda): en el mismo tiempo ( $t_1$ ) se alcanza mayor fuerza ( $f_2$ ) que al principio ( $f_1$ ). Esto es equivalente, en la gráfica b (derecha), a desplazar a la misma velocidad ( $v_1$ ) una resistencia mayor ( $f_2$ ) que al principio ( $f_1$ ).

### 1.1.3.1. Factores de los que depende la fuerza

La fuerza está condicionada por factores de distintos tipos<sup>28</sup>:

- Morfológicos: hipertrofia muscular, tipo y características de las fibras musculares.
- Nerviosos: reclutamiento de unidades motrices, coordinación intramuscular y coordinación intermuscular.
- De estiramiento-acortamiento: reflejo miotático y utilización de propiedades elásticas.
- Químicos-hormonales: balance anabólico hormona de crecimiento, testosterona y cortisol.

### 1.1.3.2. Fuerza dinámica

La fuerza máxima (FMX) se puede definir como la capacidad de desarrollar fuerza que permite movilizar una carga máxima que no permite modular la velocidad de ejecución<sup>39</sup> o la máxima torsión que un músculo o grupos musculares pueden generar a una velocidad determinada<sup>40</sup>, siendo la que genera en la mayoría de los movimientos deportivos y expresada cuando la resistencia que hay que vencer es desplazada por lo menos una vez y pudiendo ser medida en la  $Cf - t$ <sup>22</sup>. Otros autores<sup>13,41</sup> añaden que es la fuerza más alta que puede desarrollar el sistema neuromuscular en una contracción máxima espontánea (voluntaria). En el caso de los judokas se complementa con la idea de que la fuerza máxima de agarre es crucial para la realización de maniobras tanto defensivas como ofensivas, basada en la fuerza máxima del antebrazo<sup>42</sup>. Depende de la capacidad del sistema nervioso de reclutar unidades motoras la capacidad del músculo de utilizar la energía anaeróbica (ATP, cantidad de reservas de ATP que hay y capacidad de utilización y la capacidad de reposición una vez gastado) para las contracciones musculares<sup>43</sup>.

Ahora bien, es importante diferenciar entre fuerza máxima (FMX) y fuerza dinámica máxima (FDM) como elementos objetivos dentro de un combate de judo<sup>5</sup>. Las dos se obtienen cuando se produce una tensión muscular motivada por la oposición o intento de desplazamiento de una carga límite. Cuando no es posible desplazar esta carga, y por tanto se realiza una tensión máxima en la que no existen cambios en la longitud de las fibras, estamos ante una contracción de tipo isométrico (estático). Cuando es posible desplazar la carga una vez en todo su recorrido estamos ante una contracción de tipo isotónico o dinámico (figura 1.4). La fuerza ejercida en el primer caso, cuando realizamos el máximo esfuerzo para intentar desplazar la carga, aunque no lo hagamos, representa el valor de FMX o fuerza isométrica máxima (FIM, apartado 1.3.2.1). La fuerza ejercida en el segundo caso representará la FDM (1RM)<sup>19</sup>.

En relación con la FDM, otra corriente<sup>21</sup> del estudio de la fuerza muscular la

define como aquella que se expresa en la mayoría de los movimientos deportivos cuando la resistencia que hay que vencer es desplazada por lo menos una vez, pudiendo ser medida en la Cf - t (apartado 1.5.4). Para varias mediciones con cargas inferiores a la FDM, se obtendrán valores relativos con relación a la FDM, surgiendo de esta manera el concepto de fuerza dinámica máxima relativa <sup>22</sup>. Además, la medición con instrumentos adecuados nos proporcionaría la Cf - t dinámica. En caso de no contar con ellos, se puede expresar en kg, pero desconoceríamos la fuerza aplicada, por lo que se suele considerar como el valor de 1RM. Ahora bien, puede ser complicado en ocasiones medir la capacidad de fuerza, ya que es un valor que cambia a cada momento según el nivel de tensión, la velocidad, la participación de fibras musculares, etc. son diferentes a cada instante. De esta forma, en la actualidad uno de los métodos mas fiables para estimar la capacidad de producción de fuerza es a través de la velocidad de ejecución (VE).

De la misma manera, podemos considerar la fuerza dinámica máxima como la que aparece al mover, sin limitación de tiempo, la mayor carga posible, en un solo movimiento. Es una manifestación de un elevado valor de fuerza, la velocidad de desplazamiento de la carga es lenta <sup>5</sup>. Otros estudios <sup>44</sup> obtienen valores de mediciones de la fuerza en máquinas específicas de judo, que proporcionan una perspectiva más realista y específica de este deporte. A esto, habría que añadir que las pruebas isocinéticas, aunque sin ser específicas respecto a los movimientos de judo, establecen relaciones con los momentos de rotación y la fuerza del respectivo músculo con acciones antagonistas y diferentes velocidades de movimiento <sup>3</sup>. En judo, al generarse movimientos explosivos, un parámetro muy importante para medir la intervención neuromuscular es el tiempo de desarrollo de la fuerza <sup>45</sup>. Al respecto, García-García <sup>19</sup> postuló la siguiente reflexión:

<<El 1RM va a determinar el peso con el que hay que trabajar cuando se emplea como elemento de magnitud de la carga el porcentaje sobre la carga máxima. No hay que confundir dicha magnitud porcentual con la intensidad, aunque a veces tengan valores aproximados. La consecución del efecto deseado cuando programamos entrenamientos de fuerza, está supeditada a la correcta medición del 1RM. En judo esta situación debe ser

tenida en cuenta de manera muy particular. Pongamos un ejemplo concreto: supongamos que tenemos a un judoca que compite en el marco del alto rendimiento; supongamos igualmente que queremos mejorar su fuerza dinámica máxima pero tenemos el inconveniente de que el peso actual de ese judoca está algo por encima con respecto al de su categoría de peso en competición. Tampoco queremos trabajar con cargas muy altas. Solución: diseñar un entrenamiento de fuerza de carácter no hipertrófico y con cargas submáximas. Por ejemplo el que dispone un trabajo con cargas cercanas al 85% de la carga máxima. Hasta ahí, correcto el planteamiento. De hecho, si hubiéramos medido correctamente el 1RM y el diseño del entrenamiento fuera el adecuado, observaríamos en pocas semanas un aumento gradual de los valores pretendidos sin incidencia en el aumento de la sección transversal de la musculatura, con lo que hubiéramos cumplido nuestro objetivo. Ahora bien, supongamos que el valor del 1RM medido no hubiera sido el real, sino un valor incorrecto, incorrecto porque el protocolo de búsqueda de ese 1RM no ha sido el acertado, porque las series progresivas no hayan sido las adecuadas, por falta de motivación del testado, o por falta de técnica en la ejecución del ejercicio por parte del deportista. Cualquiera de estas causas va a dar como resultado un 1RM equivocado. ¿Y cómo sabemos que ese valor no es el 1RM real?>>

<<Cada ejercicio tiene un rango de velocidad donde se manifiesta su 1RM. Por ejemplo, en el ejercicio de press de banca ese rango se sitúa entre 0,12 y 0,17  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Es difícil encontrar deportistas que muevan una carga máxima con este ejercicio realizado correctamente con velocidades por debajo de 0,10  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ahora bien, si nosotros encontramos deportistas que desplazan su 1RM a velocidades superiores a 0,22  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  podemos afirmar que ese deportista podría al menos mover una carga algo mayor, y por lo tanto mejorar sus valores de fuerza dinámica máxima y de 1RM>>.

Otros autores <sup>46</sup> también proponen la evaluación del 1RM (tabla 1.1) para definir el perfil condicional del judoca, y se preguntan sobre la correlación entre el rendimiento en este test y el nivel de rendimiento en judo. En el caso del equipo nacional brasileño de Judo del año 2002, encuentran valores medios de Fuerza en Remo inclinado (45°) de  $1,21 \pm 0,10$  kg/kg pc y  $1,16 \pm 0,14$  kg/kg pc (fuerza máxima relativa al peso corporal en grupos Élite A (Equipo Nacional Brasileño olímpico; N = 7) y Élite B (Equipo Nacional Brasileño de reserva; N = 15), respectivamente), pero no hallan diferencias significativas entre los dos grupos de nivel. Puesto que su investigación incluye también el Pres de Banca con idénticos resultados, parece que, al menos cuando se trata de deportistas muy formados y de similar nivel, no queda clara la validez de la Fuerza Máxima del tren superior, expresada kg/kg pc, para discriminar claramente el nivel de los deportistas.

Tabla 1.1: Valores de 1RM en press de banca judocas de diferentes niveles <sup>43</sup>.

AUTOR/ES	CARACTERÍSTICAS ATLETAS	1RM (KG)
Thomas, Cox, Legal, et al <sup>47</sup>	Selección Canadiense masculina 1989 (n = 22)	100 ± 21
Fagerlund and Häkkinen <sup>48</sup>	Judocas finlandeses masculinos nivel internacional (n = 7)	96 ± 20
	Judocas finlandeses masculinos nivel nacional (n = 7)	96 ± 12
	Judocas finlandeses masculinos nivel recreacional (n = 7)	87 ± 20
Bonitch-Góngora <sup>5</sup>	Judocas de nivel nacional (n = 12)	80,42±14,99
Franchini, Nunes, Moraes y Del Vecchio <sup>46</sup>	Selección brasileña masculina equipo principal 2002 (n = 7)	110 ± 25
	Selección brasileña masculina equipo secundario 2002 (n = 13)	110 ± 23
Sbriccoli, Bazzucchi, Di Mario, et al <sup>49</sup>	Selección olímpica italiana masculina 2004 (n = 6)	160 ± 30
	Selección olímpica italiana femenina 2004 (n = 5)	74 ± 13

Siguiendo la misma línea de investigación y, aunque sin relación con la tracción, otros autores <sup>6</sup> utilizan como elemento de evaluación el *press de Banca* medido sólo en su fase concéntrica y encuentran valores de FDM de  $80,4 \pm 14,9$  kg (60 - 105) y FDM relativa al peso corporal de  $1,08 \pm 0,14$  kg/kg, añadiéndose en otro estudio <sup>5</sup> importantes correlaciones de estos valores con el área muscular de los brazos (0,807; p = 0,003) o el bíceps contraído (0,835; p = 0,001). Dado que los judocas son de nivel inferior a otros estudios <sup>50</sup> para el mismo ejercicio, y los valores de FDM también, parece que se cumple que esta capacidad presenta valores más altos con judocas más experimentados, cuando la evaluación se realiza entre grupos de nivel claramente diferente.

Se puede concluir este apartado señalando que la correcta medición e interpretación de los datos en la evaluación de la fuerza es fundamental a la hora de planificar correctamente los ciclos de entrenamiento de la misma, ya que una mala interpretación de dicha información va a ir en detrimento de la progresión del atleta <sup>19</sup>. Esto tiene una importancia vital en el control del entrenamiento en deportes con categorías de peso. En judo, una incorrecta medición del 1RM puede suponer (aunque el diseño del entrenamiento sea el correcto) unos resultados inadecuados ya que, p. ej. en el caso de un judoca programado bajo una estructura de trabajo basada en el 85% del 1RM, pretendiendo actuar sobre el tejido muscular de manera que este no respondiera con un aumento de su sección transversal, realmente no fuera el 85% del valor real del 1RM, estaríamos posiblemente trabajando con un porcentaje menor, y seguramente implicaría actuar sobre la zona de carga hipertrófica del judoca. Éste aumentaría su fuerza dinámica máxima, pero también aumentaría su peso corporal, premisa que no aceptamos cuando diseñamos el entrenamiento. Esta desviación de los objetivos programados puede suponer un verdadero contratiempo en la evolución del entrenamiento durante ese ciclo, e inferir negativamente en la estructura de los siguientes, con lo que nos podría llevar a un magno deterioro, si ésta situación se nos diera en mesociclos de rasgos competitivos y más en el marco del alto rendimiento <sup>19</sup>. Ahora bien, la diferencia entre usar el 1RM y algunas de las medidas de control de velocidad de la barra es que en el segundo caso priorizamos el control de la velocidad de contracción muscular y por tanto la implicación neuromuscular. Algo que está acorde a las exigencias y características de deportes como el Judo.

### **1.1.3.2. Fuerza estática**

En este tipo de contracciones existe tensión muscular, pero al encontrarse con una resistencia insalvable o cuando la resistencia no nos vence a nosotros y aunque haya tensión muscular, no se genera movimiento ni acortamiento de fibras <sup>30</sup>.

El PMF que se mide cuando no hay movimiento es el valor de la FIM <sup>22</sup>. Esta

fuerza es la máxima voluntaria que un sujeto puede aplicar cuando la carga a desplazar es insuperable <sup>51</sup>. La medición de esta fuerza dará lugar a la Cf - t isométrica o estática, expresada en newton (N). Cuando se produce una acción isométrica, no hay ningún cambio en la longitud muscular. Por ello, aunque la fuerza se ha producido, como no se produce movimiento, no se realiza el trabajo <sup>52</sup>. Otros autores <sup>19</sup> se refieren a la FIM como factor limitante en el rendimiento deportivo de los deportes con agarre, debido a las tensiones isométricas que se producen continuamente sobre la musculatura prensora del antebrazo, ya que de ella depende en gran parte el éxito de la acción tanto atacante (cuando intento derribar a mi contrincante) como de defensa (cuando éste quiere hacerlo conmigo).

De cara al estudio y evaluación de esta capacidad, las medidas isométricas suelen ofrecer buena fiabilidad <sup>21</sup>. Se han ofrecido coeficientes de correlación intraclase (CCI) que oscilan entre 0,85 a 0,99 <sup>21,53</sup>.

En el desarrollo de un combate de judo se vienen realizando contracciones isométricas y anisométricas (auxotónicas, siendo la forma más frecuente de contracción en el ámbito deportivo <sup>54</sup>) de entre 10'' a 40'' de duración y repetidas no menos de 15 a 20 veces por combate, sin un descanso ni intervalos de pausa regular y con distinta intensidad y nivel de tensión, por lo que el entrenamiento sobre esta capacidad tiene una vital importancia ya que su deterioro durante el combate puede suponer una estrategia para la resolución de un combate complicado, y más si éste acaba en empate y se prosigue con el golden score (tiempo extra) <sup>19</sup>.

Debido a que el judo es un deporte de lucha donde el primer objetivo consiste en agarrar el judogui del adversario para sujetarlo <sup>55</sup>, son múltiples los trabajos que se han centrado en el estudio de la fuerza isométrica aplicada al judo (tabla 1.2) <sup>4,7,11,50,56-64</sup>. En relación con esta idea, la correlación entre la masa corporal de los judokas y su respectivos niveles de fuerza de agarre isométrica (al judogui) es de  $r = 0,76$  <sup>47</sup>.

Tabla 1.2: Resumen de estudios que evaluaron la FIM en judokas. Modificado de <sup>3</sup>.

CARACTERÍSTICAS ATLETAS	MANO DER (kgf)	MANO IZQ (kgf)
<b>Franchini, Takito, Kiss, et al <sup>65</sup>.</b>		
Selección brasileña masculina élite (n = 26)	51,0 ± 10,0	49,0 ± 10,0
Selección brasileña masculina no élite (n = 66)	42,0 ± 11,0	40,0 ± 10,0
<b>Franchini, Takito y Bertuzzi <sup>65</sup></b>		
Selección universitaria masculina brasileña 2000 (n = 13)	54,3 ± 8,3	53,2 ± 7,4
<b>Franchini, Takito, Matheus et al <sup>66</sup>.</b>		
Selección universitaria masculina brasileña 1996 (n = 6)	49,5 ± 12,8	47,2 ± 12,4
Selección universitaria femenina brasileña 1996 (n = 7)	32,3 ± 7,6	32,2 ± 7,8
<b>Thomas, Cox, Legal et al <sup>47</sup>.</b>		
Selección canadiense masculina (n = 22)	56,4 ± 6,6	55,7 ± 6,6
<b>Little <sup>9</sup>.</b>		
Selección canadiense junior femenina (n = 9)	32,1 ± 3,5	29,3 ± 5,3
Selección canadiense senior femenina (n = 8)	31,8 ± 5,8	30,6 ± 5,4
Selección canadiense cadete masculina (n = 17)	39,8 ± 12,7	39,4 ± 10,0
Selección canadiense junior masculina (n = 9)	52,0 ± 8,3	50,6 ± 8,5
Selección canadiense senior masculina (n = 17)	57,7 ± 9,0	54,0 ± 10,4
<b>Bonitch-Góngora, Bonitch-Domínguez, Padial, et al <sup>61</sup>.</b>		
Medallistas nacionales españoles y franceses en diferentes categorías de edad (n = 12) tras 4 combates	MD	MDN
Combate 1	575,85 ± 69,14N	554,26 ± 74,20N
Combate 2	525,24 ± 76,84N	517,97 ± 73,45N
Combate 3	528,35 ± 75,89N	494,83 ± 68,03N
Combate 4	527,29 ± 92,38N	490,58 ± 75,70N
<b>Carballeira e Iglesias <sup>7</sup>.</b>		
Selección gallega senior masculina (n = 8) tras un combate		
Pre-combate	52,75 ± 10,39	56,40 ± 10,88
Post-combate	50,84 ± 9,71	52,96 ± 10,42
<b>Serrano-Huete, García-Pinillos, Latorre-Roman, et al <sup>64</sup>.</b>		
Judokas de nivel nacional (n = 29)	MD	MND
Combate 1	44,96 ± 5,22	48,14 ± 30,68
Combate 2	44,02 ± 5,84	43,25 ± 30,82
Combate 3	42,30 ± 5,60	35,43 ± 29,11
Combate 4	40,82 ± 6,70	29,68 ± 25,96
Combate 5	41,20 ± 6,70	27,93 ± 23,97
<b>Franchini, Branco, Agostinho et al <sup>57</sup>.</b>		
Judokas de nivel regional (Brasil) n = 13	49,6 ± 8,3	51,1 ± 8,0

Kgf: kilogramos de fuerza. MD: mano dominante. MND: mano no dominante. N: Newton.

Diversos autores <sup>11</sup> obtuvieron un descenso significativo en los valores de dinamometría manual, tanto en la mano derecha como en la izquierda, tras sucesivos combates de judo. Esta reducción significativa post esfuerzo de la fuerza de agarre ya fue probada con anterioridad <sup>67</sup>, hecho que puede ser explicado al observar que la lucha por el agarre se mantiene a lo largo de todo el combate, mientras que las acciones de carácter explosivo tienen lugar con menor frecuencia <sup>11</sup>.

En otra investigación acerca de los efectos físicos de un combate de Judo <sup>7</sup>, se mostró que la mano que tenía más fuerza al principio del enfrentamiento sufrió una fatiga mayor después del combate, indicando que sobre la mano dominante de los judokas se demandó gran cantidad de fuerza isométrica y que éstos tienen una posición relativa de combate bastante definida. En el mismo estudio quedó probada la disminución en la FIM a lo largo de los combates, debido posiblemente a la fatiga acumulada. Nuevamente, se obtuvieron resultados similares en una competición simulada de 4 combates de Judo en sendos estudios <sup>5,61</sup>. En la actualidad se siguen obteniendo resultados que muestran el declive de esta capacidad en la competición de Judo, siendo insuficientes los 10 minutos de descanso mínimo que establece la IJF <sup>15</sup> para la recuperación del judoka de cara a un próximo combate <sup>57,58,64</sup>, lo que nos lleva a pensar que con recuperaciones situadas en estas franjas de tiempo no es suficiente para que el Judoka comience el siguiente combate al mismo nivel de FIM que el anterior.

Según los resultados obtenidos en estudios acerca de la fuerza isométrica de la musculatura prensora del antebrazo <sup>68</sup> se podría recapitular que dicha capacidad se considera como un factor limitante del éxito en la competición encuadrada en el alto rendimiento deportivo, ya que los judokas que antes perdían sus mejores resultados de resistencia a la fuerza isométrica eran los judokas más atacados y que atacaban menos. Así mismo, la eficacia de las técnicas realizadas tenía una gran relación con el descenso de los niveles de dicha capacidad.

### 1.1.3.3. Potencia

Tradicionalmente, la intensidad de los ejercicios de fuerza y otras variables ha sido comúnmente asociada con el porcentaje de peso utilizado<sup>69</sup>. Cuando además del peso se consideraba la velocidad, la intensidad de los esfuerzos musculares puede estimarse con mayor precisión por medio de la potencia mecánica producida<sup>70</sup>. Específicamente en Judo, la potencia muscular está relacionada con un mayor número de ataques eficaces<sup>7</sup>. Este término es, sin duda uno de los que más se habla hoy en día en el mundo del entrenamiento de fuerza<sup>71</sup> ya que existen infinidad de estudios que giran en torno a la mejora de la potencia muscular, ejercicios destinados a incrementar la potencia de los deportistas e incluso existen aplicaciones para medir la potencia en ejercicios de pesas con la mayoría de dispositivos móviles. Sin embargo, pese a su popularidad, los mismos autores inciden en que la potencia es un término engañoso.

La potencia muscular (PM) se puede definir como la cantidad de trabajo realizado en la unidad de tiempo o como el producto de la fuerza y la velocidad, cada una de las cuales está influenciada por las propiedades intrínsecas del músculo<sup>72,73</sup>, como son las relaciones longitud - tensión y fuerza - velocidad. También puede ser considerada como una manera explosiva de producir fuerza, ya que en muchos deportes el rendimiento depende de la potencia generada en determinadas acciones<sup>74</sup>. Es por ello que se utiliza como indicador de la condición física de un deportista, puesto que es una de las manifestaciones de fuerza fundamentales para conseguir un mayor rendimiento deportivo<sup>75,76</sup>. Concretamente la potencia mecánica producida en los ejercicios de fuerza con pesos constituye un parámetro de gran relevancia para controlar el rendimiento, siendo sus fluctuaciones relacionadas con las adaptaciones funcionales causadas por programas de entrenamiento con diferentes orientaciones<sup>77</sup>.

Matemáticamente, la potencia es el resultado de multiplicar la fuerza por la velocidad de ejecución en un determinado ejercicio (es decir,  $P=F \times V$ ), lo que significa que un mismo valor de potencia puede obtenerse desplazando muy poco peso muy

rápido, o movilizándolo muchos kg muy despacio<sup>71</sup>. Por ello la forma de la C f-p es una especie de U invertida en la que todos los valores de potencia, salvo uno (el de potencia máxima), se pueden conseguir con cargas muy distintas tal y como se explica con mayor detenimiento en el apartado 1.5.4.3. Siguiendo la misma línea<sup>51</sup>, dado que la potencia depende de la fuerza y de la velocidad, la vía para desarrollarla sería mejorar una de estas variables mientras se mantiene la otra, o mejorar ambas (aunque, realmente, ante una misma carga la velocidad no se puede mejorar si no se aplica más fuerza).

De esta forma, la velocidad a la que se alcanza la potencia media máxima en la ejecución de cualquier movimiento deportivo determinará la carga a emplear durante el entrenamiento previo a la competición. Todo lo indicado viene a sugerir que para conseguir unos objetivos concretos hay que seleccionar la velocidad adecuada. Por tanto, la velocidad de ejecución es importante y decisiva para alcanzar el máximo rendimiento deportivo, y por ello es probable que sea muy útil como valor de referencia para expresar y dosificar las cargas de entrenamiento y/u obtener valores de referencia de la manifestación de la fuerza en competición.

La potencia máxima (PMX) es la producción más alta de potencia pico que uno es capaz de generar bajo ciertas condiciones tales como el estado de entrenamiento o el tipo de ejercicio<sup>78</sup>. Por lo tanto, la producción de potencia es probablemente el factor más importante que se debe tener en cuenta para clasificar los rendimientos deportivos, esto es, puede ser un predictor de quien gana y quien pierde. Aunque la producción promedio de potencia puede estar asociada con el rendimiento en los eventos de resistencia, para las actividades explosivas tales como los saltos, los sprints y los movimientos de levantamiento de pesas, la PMX está fuertemente correlacionada con el éxito<sup>78</sup>.

En el entrenamiento deportivo, para generar más potencia es necesario aplicar cada vez mayor fuerza ante las mismas resistencias en tiempos cada vez más pequeños, ya que a medida que mejora el rendimiento, el tiempo disponible para aplicar fuerza se reduce<sup>21</sup>. En el caso en concreto del judo, las resistencias a las que se opone el deportista no son siempre las mismas, ya que hablamos de un deporte de oposición

directa, con continua interacción aleatoria. Así, aparte de vencer la resistencia que opone el propio peso corporal en estado de movimiento, habrá que vencer la que ejerza el oponente en cada momento determinado <sup>51</sup>.

En un estudio previo <sup>79</sup> se probó una relación inversamente proporcional entre el análisis creciente de las categorías de peso en judo y la potencia aeróbica, ya que los judocas más pesados tienden a desplazarse menos en el desarrollo de un combate, mientras que los judocas de pesos inferiores, más ligeros, poseen mayor movilidad sobre el tatami <sup>80,81</sup>.

Analizando la capacidad de potencia antes y después de un combate de judo, diversos autores <sup>11</sup> realizaron el test de Abalakov (AB: salto con contramovimiento y acción de brazos) y el CMJpc (CMJ con sobrecarga equivalente a la categoría de la competición), obteniendo que los valores antes y después del combate eran muy similares incluso al pretest. Por su parte, en un estudio posterior <sup>82</sup> se cuantifica la evolución de la potencia máxima y la máxima producción de fuerza del tren inferior en sucesivos combates de judo y su relación con valores de lactacidemia. El mismo señala que no se produce un descenso en el rendimiento de la fuerza explosiva del miembro inferior por efecto de los combates.

En otro estudio similar <sup>7</sup> se corrobora la misma línea de los resultados anteriores, ya que fue demostrado que la capacidad de generar fuerza explosiva en CMJ de los judocas no se ve afectada por el transcurso del combate. Esto puede ser debido a que las acciones explosivas a lo largo del enfrentamiento se van sucediendo de forma intermitente, y con suficiente tiempo para que se produzca una recuperación de los sustratos energéticos que requieren esta manifestación de la fuerza. Incluso la mejora del rendimiento postcombate se puede deber a un efecto potenciador de la preactivación nerviosa de los mecanismos reguladores de la producción de fuerza.

Centrados en el miembro superior y tronco, en un estudio llevado a cabo con el equipo olímpico japonés<sup>83</sup> se obtuvo un 92% de valoración en el test de extensión de codo. Otros estudios en judokas masculinos<sup>79</sup> ya habían reportado con anterioridad valores similares entre la musculatura extensora - flexora de los hombros (71 - 77%) y de la rodilla (74%). En cuanto a la flexión del tronco, se han obtenido resultados<sup>84</sup> de un 71 - 81% de valoración en cuanto a la extensión de dicha musculatura. En el mismo estudio se afirma que al ser la mayoría de judokas diestros (la mano derecha agarra la solapa del judogui) al realizar una rotación del tronco hacia la izquierda en muchas de las técnicas de judo, no se observaron diferencias significativas entre las partes implicadas, por lo que se sugiere que el dominio de dicha rotación parece estar determinada por la coordinación y, por tanto por aspectos neuromusculares, ya que la coordinación depende de dichos aspectos así como de la capacidad de sincronizar los impulsos nerviosos y regular el nivel de tensión y velocidad necesaria en cada momento y en sincronización en el músculo y entre diferentes grupos musculares más que por la fuerza. La relevancia del salto vertical se puede deducir de un estudio que presenta una correlación positiva entre el porcentaje de victorias en Copas del Mundo y Europeas y el salto vertical en judokas masculinos ( $r = 0,69$ ). Esto puede ser un indicador de que un menor consumo de energía es altamente importante para un alto rendimiento en judo, probablemente debido a que se demandan cantidades de fuerza para poder proyectar en determinadas técnicas<sup>65</sup>.

Para concluir en relación a la potencia, consideramos preciso realizar una serie de consideraciones. De esta forma, habría que hacer una primera consideración cuando se habla de potencia: la mejora de la potencia en términos absolutos no es un indicador de la mejora del rendimiento<sup>71</sup>. La segunda consideración es que, debido a lo anterior expuesto por los mismos autores, sólo interesa la mejora de la potencia ante una misma carga, o lo que es lo mismo, sólo interesa mejorar el factor velocidad dejando intacto el factor fuerza (la carga) en la ecuación  $P=F \times V$ . De esta forma, se puede concluir que es incorrecto hablar de “un entrenamiento destinado a la mejora de la potencia” pues, dado que el objetivo del entrenamiento de la inmensa mayoría de los deportes es movilizar una misma carga más rápido todos los entrenamientos están destinados a la mejora de la potencia ante una misma carga<sup>71</sup>.

#### 1.1.3.4. Fuerza en el deporte

##### *Fuerza aplicada*

Para conocer el concepto de fuerza y su relación con el deporte, habría que tener en cuenta dos acepciones de dicha capacidad. Desde un punto de vista mecánico, la fuerza es considerada como cualquier causa capaz de modificar el estado de reposo o movimiento de un cuerpo, así como la causa capaz de deformar un cuerpo, bien por presión (compresión o unión de las moléculas de un cuerpo) o por estiramiento o tensión (intento de separar las moléculas de un cuerpo)<sup>21,22</sup>. Por otra parte, teniendo en cuenta la acepción fisiológica de la fuerza, hablaríamos de la capacidad de producir tensión que tiene el músculo al activarse<sup>23</sup>, para lo que intervienen diversos factores: números de puentes cruzados de miosina que pueden interactuar con los filamentos de actina<sup>24</sup>, el número de sarcómeros en paralelo, la tensión específica o fuerza que una fibra muscular puede ejercer por unidad de sección transversal ( $N \cdot cm^2$ )<sup>25</sup>, la longitud de la fibra y del músculo, el tipo de fibra y los factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular. De igual manera, el ángulo articular donde se genera la tensión muscular, el tipo de activación y la velocidad del movimiento también influyen activamente en la producción de tensión en el músculo<sup>26</sup>.

Existen dos tipos de fuerzas que interactúan permanentemente: las fuerzas internas, producidas por los músculos esqueléticos y las fuerzas externas, producidas por la resistencia (fuerza) de los cuerpos a modificar su inercia (estado de reposo o movimiento)<sup>71,85</sup>. Como resultado de esta interacción surge el concepto de fuerza aplicada, acepción que se usa sobre todo en ciencias el deporte<sup>21,22</sup>. Algunos autores hacen referencia a ella mediante el resultado de la acción muscular sobre una resistencia externa, que puede ser el peso corporal o cualquier otra resistencia o artefacto ajeno al sujeto<sup>71</sup>. Podemos definirla como aquella manifestación externa que se hace de la tensión interna generada en el músculo o grupo de músculos a una velocidad determinada<sup>86</sup> o en un tiempo determinado<sup>21,22</sup>. Los mismos autores señalan

que si la fuerza aplicada se realiza en condiciones específicas de tiempo y velocidad propias del ejercicio de competición, se obtendrá la fuerza útil del sujeto.

La cantidad de tensión generada por un músculo no se corresponde con los niveles de fuerza medidos externamente (fuerza aplicada), ya que si estimulamos eléctricamente dicho músculo, la máxima tensión (estática) se produce a una longitud ligeramente superior a la de reposo <sup>71</sup>. Por otro lado, los mismos autores afirman que la resistencia que ofrece una fuerza externa (carga) sobre la musculatura agonista no es la misma durante todo el recorrido de la articulación o articulaciones que intervienen en un movimiento, ya que la mayor cantidad de resistencia a dicha fuerza se genera en el máximo momento de fuerza que se origina a lo largo de todo el recorrido articular. Por ejemplo, al realizar una flexión de codo en posición vertical y con peso libre el máximo momento de fuerza se produce coincidiendo con un ángulo de 90°.

La máxima fuerza aplicada a la máxima velocidad o el pico de potencia alcanzado puede ser soportado por la musculatura durante sólo tres segundos o menos <sup>87,88</sup>. Para que la duración de los esfuerzos máximos se pueda prolongar, las fuerzas aplicadas por el sistema musculoesquelético se van reduciendo de forma progresiva <sup>89</sup>, lo que indica la aparición de la fatiga. Uno de los mecanismos de la fatiga en este tipo de actividades intermitentes y de máxima intensidad es una insuficiente resíntesis de los fosfatos intramusculares de alta energía <sup>90</sup>.

### ***Relación fuerza-tiempo***

En relación al concepto de fuerza explosiva (cantidad de fuerza producida en una cantidad de tiempo determinada) parece importante señalar que cuanto mayor es el tiempo del que se dispone para la aplicación de una determinada cantidad de fuerza (hasta 0,5 – 3 seg. aprox.) mayor es la posibilidad de poder aplicarla <sup>22</sup>. En multitud de ocasiones el rendimiento deportivo se favorece por la velocidad en la que se ejecutan diferentes tipos de acciones, por lo que mientras más alto sea el nivel deportivo o la exigencia del mismo (alto rendimiento, nivel internacional, olimpiadas...) peores serán a

priori las condiciones para aplicar fuerza, ya que el deportista cada vez tendrá menos tiempo para aplicar fuerza, debido a la alta velocidad a la que ésta debería ser aplicada. Una solución a este compromiso podría ser mejorar la relación fuerza – tiempo, es decir, aplicar más fuerza en menos tiempo <sup>21,22</sup>.

La relación fuerza – tiempo se expresa gráficamente a través de la C f-t (figura 1.5) <sup>91</sup>. Se empiezan a obtener beneficios en la C f-t cuando la curva se desplaza hacia arriba y a la izquierda, lo que significa que se produce la misma fuerza en menos tiempo o que en el mismo tiempo se genera mayor cantidad de fuerza <sup>71</sup>. El mismo autor señala que cualquier modificación que se produzca en la C f-t tendrá repercusión también en la C f-v y viceversa, ya que producir la misma fuerza en menos tiempo (C f-t) es lo mismo que desplazar la misma resistencia a mayor velocidad (C f-v) y alcanzar más fuerza en el mismo tiempo es lo mismo que desplazar una resistencia mayor a la misma velocidad.

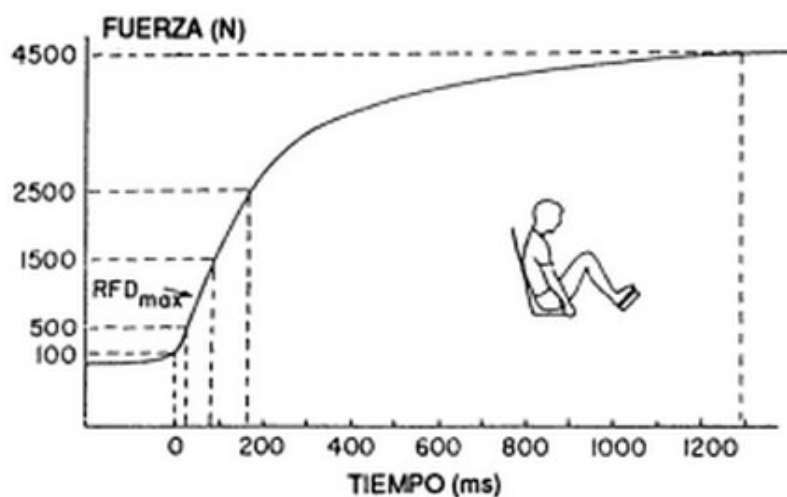


Figura 1.5: Ejemplo de curva fuerza – tiempo (C f-t) <sup>91</sup>. La fuerza explosiva máxima (RFD máx. = Maximal Rate of force development) se consigue alrededor del 30% del PMF (pico máximo de fuerza), o más o menos a los 100-150ms y el PMF se suele alcanzar a los 800-1000ms.

Más importante que generar un pico de fuerza máxima será el resultado de la relación entre la fuerza producida (fuerza aplicada) y el tiempo necesario para ello, ya que mientras sea mayor esta relación, mayor será la pendiente en la C f-t. <sup>71</sup>. Esta relación adquiere el término de fuerza explosiva (FEX) <sup>72,92-94</sup>, expresada como la pendiente de la C f-t y medida en  $N \cdot s^{-1}$  <sup>36,72,91,95-99</sup>.

En cuanto a la fuerza explosiva máxima (FEXMx), diversos autores <sup>21,22</sup> la consideran como la mayor cantidad de fuerza generada por unidad de tiempo de toda la C f-t, siendo por tanto la mejor relación fuerza – tiempo de dicha curva y el punto de máxima pendiente. Esta manifestación de fuerza tiene una característica especial y diferenciadora, ya que en el momento de alcanzar la referida máxima producción de fuerza por unidad de tiempo se manifiesta una fuerza cercana al 30% de la FIM que el deportista alcanzará en esa misma activación voluntaria máxima <sup>23,91</sup>.

### ***Relación fuerza – velocidad***

La relación fuerza – velocidad sobre la musculatura esquelética es de tipo inverso, es decir, cuanta más velocidad de acortamiento se le demande a un músculo, menor será su capacidad para generar fuerza <sup>71</sup>. Siguiendo esta línea, el grado de acortamiento de un músculo y el tiempo en el que lo realiza proporciona el valor para la C f-v. Cuando un músculo genera un grado determinado y submáximo de fuerza y se aumenta la velocidad de acortamiento, disminuye la capacidad de fuerza que puede generar, por lo que mientras mayor sea la velocidad menor será la fuerza que pueda generar (C f-v), ya que cuando se demanda una alta velocidad de deslizamiento entre los miofilamentos de miosina y actina disminuye el número de puentes cruzados disponibles <sup>21,100</sup>.

Por el contrario, la velocidad disminuirá cuanto mayor sea el número de puentes cruzados activos. Por ejemplo, cuando un deportista trata de desplazar una carga a la mayor velocidad posible, pero aumenta el número de puentes cruzados que se puedan

formar, significa que la carga que desplaza ha aumentado y por tanto la velocidad será menor. Si se produjera una situación inversa, es decir, un aumento de la velocidad, se requerirá un menor número de puentes cruzados activos para poder ejecutar el desplazamiento de la carga. Pero si la velocidad aumenta hasta niveles absolutos (máxima velocidad sin una resistencia externa) el número de puentes cruzados deja de ser relevante para la velocidad. Por ello, cuando la carga es 0 o próxima, la velocidad de acortamiento es independiente del número de puentes cruzados activos <sup>100</sup>, lo que implica que la velocidad absoluta de acortamiento es independiente del grado de acortamiento – estiramiento del músculo.

### ***Relación fuerza – velocidad y potencia.***

Una característica importante de la C f-v es que el área bajo la curva indica la potencia muscular (figura 1.6). El objetivo del entrenamiento debe ser desviar la curva hacia a la derecha y hacia arriba, ya que de esta manera aumentará el área bajo la curva y, por tanto, la potencia. Conociendo la cantidad de potencia necesaria para la ejecución de un ejercicio, la C f-v nos proporcionará un índice muy aproximado a las condiciones óptimas para obtener el máximo rendimiento deportivo <sup>101</sup>.

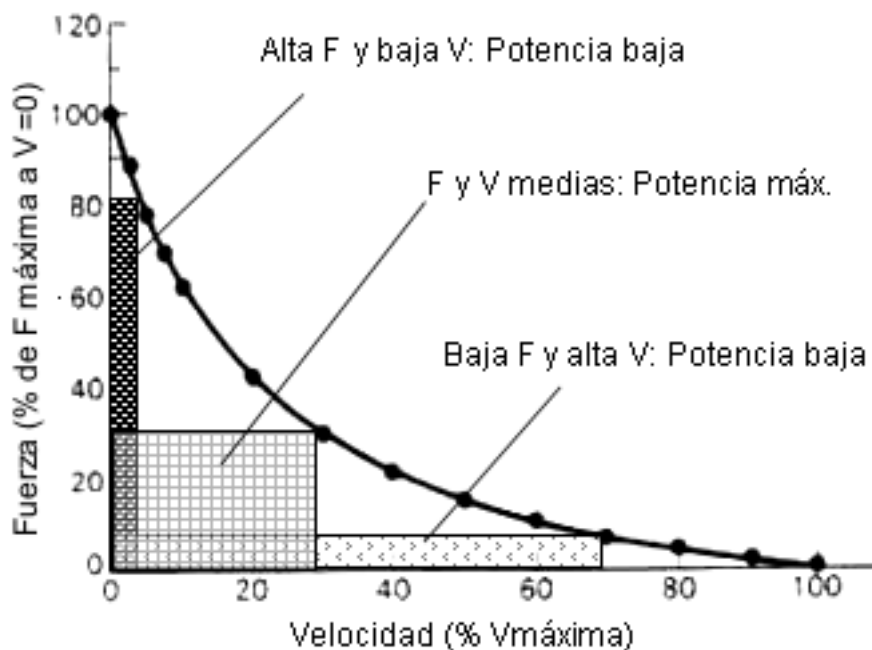


Figura 1.6: Distintos valores de potencia en el área bajo la curva fuerza – velocidad (C f-v). F: fuerza. V: velocidad)<sup>21</sup>.

La potencia máxima que puede llegar a generar un deportista está en relación directa con el tanto por ciento de fibras rápidas (FT) y lentas (ST) que posea<sup>102</sup>. Por lo general, cuando se analiza la C f-v se observa que el pico de máxima potencia se obtiene con una carga cercana al 30% de la FIM<sup>102,103</sup> y velocidades de ejecución próximas al 30% de la máxima velocidad absoluta (VMX)<sup>52,104</sup>. Por ello, el factor diferencial para mejorar la potencia muscular consta de dos posibilidades principales (aunque con múltiples combinaciones entre ellas): aumentar la FMD o la VM.

### ***Paradigma fuerza – velocidad y rendimiento deportivo***

Uno de los indicadores más importantes del rendimiento físico de un deportista es su nivel de potencia, ya que es una de las manifestaciones de la fuerza más importante que existe<sup>75,76</sup>. La potencia puede ser definida como la cantidad de trabajo realizado en una unidad de tiempo o como el producto de la fuerza por la velocidad<sup>105</sup>, influenciada cada una de estas capacidades por las cualidades intrínsecas del músculo

<sup>72,73</sup> como son las relaciones longitud – tensión y fuerza – velocidad. En relación a las ciencias de la actividad física, la potencia puede ser considerada como una forma explosiva de producir fuerza <sup>106</sup>.

La evolución de la potencia en el deporte y su efecto sobre el rendimiento siempre ha sido objeto de estudio por parte de entrenadores y preparadores físicos <sup>105</sup>, ya que en determinados deportes el éxito depende de la potencia generada en determinadas acciones. Una de estas acciones es el salto vertical, ya que depende de la potencia muscular del tren inferior <sup>107,108</sup>, estando asociada la fuerza muscular del tren inferior con la altura del salto vertical <sup>109-113</sup> y con los factores de rendimiento en velocidad <sup>114</sup>. Por esta razón, diversos estudios han sido diseñados para mejorar los niveles de fuerza del tren inferior y valorar cual era el más efectivo para incidir en el rendimiento. Destacan los métodos pliométricos <sup>115-120</sup>, el entrenamiento con pesas <sup>121-126</sup>, la electroestimulación <sup>127-130</sup> y la combinación de dos o más de estos métodos <sup>130-133</sup>.

Centrándonos en el entrenamiento de la potencia, para generar mayor cantidad es necesario aplicar cada vez mayor fuerza ante las mismas resistencias en tiempos cada vez menores, ya que a medida que mejora el rendimiento el tiempo para aplicar fuerza se reduce <sup>21</sup>. Algunas de las modalidades deportivas donde se produce esta aplicación de potencia en el menor tiempo posible son las que demandan lanzamientos, saltos, aceleraciones, cambios de dirección, etc. <sup>85</sup>.

Debido a que la potencia depende de la fuerza y la velocidad, para aumentar sus valores habría que mejorar una de las dos variables mientras se mantiene la otra constante o mejorar ambas (aunque ante una misma carga la velocidad no se puede mejorar si no se aplica más fuerza). Al respecto, se habla que para mejorar la máxima potencia en acciones concéntricas, la intensidad más idónea es el 30% de la fuerza isométrica máxima <sup>134</sup>, lo que está relacionado con el hecho de que cuando se desplaza una resistencia próxima al 30% de la fuerza isométrica máxima es cuando se alcanza la máxima potencia mecánica en un movimiento dado <sup>102,103</sup>. Por otro lado, la velocidad a

la que se alcanza la máxima potencia mecánica es del 30 – 31% de la máxima velocidad absoluta de acortamiento muscular sin cargas o resistencias que vencer<sup>52,104</sup>.

Debido a que la evaluación de la fuerza isométrica máxima conlleva ciertos inconvenientes (ángulo de realización de la contracción, material necesario, adaptación...) es habitual trabajar en la actualidad tomando como referencia el valor de 1RM en acciones dinámicas concéntricas, al presentar mayor relación los ejercicios dinámicos con el rendimiento deportivo<sup>53</sup>. Son varios los factores que inciden en los porcentajes de 1RM con los que se alcanza la máxima potencia, dependiendo del tipo de ejercicio, la experiencia de los sujetos y el tipo de entrenamiento realizado<sup>35,92,135-140</sup>.

### **1.3.5. Fuerza en Judo.**

Además de las demandas energéticas, los factores musculares desempeñan un papel importante en el rendimiento en Judo<sup>16</sup>, ya que durante el desarrollo del combate se suceden múltiples secuencias dinámicas debido al desplazamiento e interacción de los judokas, lo que requiere una combinación de fuerza y resistencia a la misma para mantener la distancia con el oponente<sup>50</sup>. A lo anterior tendríamos que añadir que, concretamente en las acciones de ataque y para la realización de algunas técnicas de proyección, se necesitan elevados niveles de potencia muscular del tren inferior<sup>3,141</sup>.

Hoy en día se hace determinante conocer las demandas de la carga interna previo al momento de la planificación para poder llevar a cabo una adecuada planificación del entrenamiento de cara a la competición de Judo. Para ello se hace necesario conocer el impacto que producen las acciones explosivas del judo de competición sobre elevados niveles de fuerza isométrica, la suma de estas acciones de fuerza combinadas a lo largo de sucesivos combates, la suma del coste de éstos durante la competición, etc<sup>6</sup>. De esta forma, una vertiente holística e integradora nos permitirá especificar los objetivos, métodos y comportamientos para que, de esta forma, sean similares a la competición<sup>142</sup>. Por ello, se necesita hoy en día un mayor control y análisis

tanto de la carga como de los efectos de la misma y, como resultado, un mayor ajuste de la carga de trabajo para la optimización del rendimiento deportivo <sup>51</sup>.

Profundizando más en la complejidad de este deporte, son varios los autores que distinguen el trabajo en judo pié, con altos requerimientos de fuerza isométrica (máxima y submáxima) en los miembros superiores <sup>19,43,46,57,143</sup> combinado con esfuerzos dinámicos y explosivos en los miembros inferiores <sup>19,144</sup> del trabajo en judo suelo, con predominancia del trabajo isométrico para aumentar el control sobre el oponente <sup>18,43</sup> y de potencia muscular para ejecutar las técnicas de proyección con altos niveles de explosividad <sup>19,44</sup>.

También es cierto que una pérdida considerable en los niveles de fuerza puede ser provocada por el acúmulo de fatiga muscular, haciéndose responsable del deterioro técnico <sup>145</sup> y es que, debido a la gran complejidad de este deporte, podemos considerar la técnica como el factor principal <sup>146</sup>. No obstante, este factor por sí solo no es suficiente para asegurar el éxito, ya que necesitará de la capacidad de fuerza como factor prioritario de las capacidades físicas. Además, sin altos niveles de fuerza, los judokas tendrán dificultades para aplicar su gesto técnico en competición.

En cuanto a las contracciones sostenidas, la musculatura de la parte superior del cuerpo las realiza en mayor medida, aunque las piernas y las caderas también tienen un papel importante en los movimientos de potencia del combate <sup>6</sup>. Así, la musculatura del tren superior e inferior tienen un comportamiento diferente debido a la naturaleza de los distintos gestos técnicos y sus diferentes demandas metabólicas <sup>5,82,147</sup>.

## 1.1.4. Necesidades metabólicas de la competición en judo

### 1.1.4.1. Bases fisiológicas del entrenamiento deportivo

Parece aceptado por la literatura actual la preponderancia del sistema energético específico en cada modalidad deportiva, debido al continuo solapamiento o funcionamiento integrado y coordinado entre estos sistemas <sup>5</sup>. Así, se habla en la actualidad <sup>6</sup> de la inclusión de los modelos teóricos explicativos que forman el “continuo energético” sobre la base de los principios fisiológicos <sup>148,149</sup> y de los del entrenamiento físico <sup>150,151</sup>. Profundizando esta idea, se establecen cuatro premisas relacionadas con el éxito deportivo en un programa de entrenamiento según las exigencias del Judo de competición <sup>152</sup>:

- A. Altos valores de fuerza y potencia muscular, así como de resistencia muscular local.
- B. Tolerancia a la acidosis y producción de fuerza explosiva con fatiga metabólica.
- C. Previsión, cuidado y recuperación de lesiones.
- D. Control del peso y la ingesta energética (relacionada con las máximas prestaciones musculares), durante el período de entrenamiento y competición.

### Sistemas energéticos

Parece obvio que la realización de cualquier trabajo físico exige un gasto de energía por parte del deportista, obtenida a través del adenosin trifosfato (ATP) sustancia celular que se encuentra en pequeñas cantidades y que es el único combustible que utiliza la fibra muscular para obtener energía<sup>153</sup>. Siguiendo la teoría del mismo autor, ya que la cantidad de ATP en las células musculares es muy escasa (6mMl) no es posible mantener el mecanismo de contracción-relajación más allá de 4-6 segundos. Por esta razón, se hace necesaria la re-síntesis continua de ATP (para que los músculos puedan trabajar durante más tiempo) realizada como consecuencia de las reacciones bioquímicas basadas en dos sistemas de obtención de energía (figura 1.7).

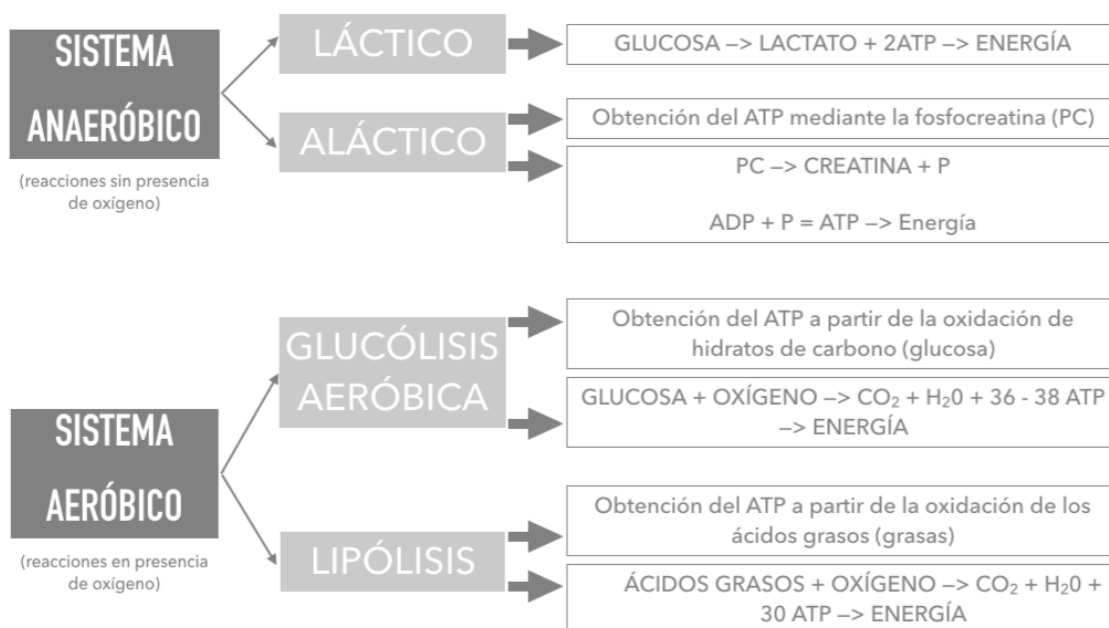


Figura 1.7: Sistemas de obtención de energía<sup>153</sup>. PC: fosfocreatina

A ambos sistemas energéticos se le pueden asociar tres conceptos fundamentales<sup>153</sup>:

1. **Capacidad:** cantidad total de energía de que se dispone en un sistema. Se incrementa con el aumento de sustratos energéticos que emplea el sistema para la obtención de energía. Por ejemplo, cuando a través de las adaptaciones que produce el entrenamiento aumenta la cantidad de fosfocreatina, se incrementa la capacidad del sistema anaeróbico aláctico. Esta idea a su vez se relaciona con el tiempo que el sistema puede proporcionar energía a niveles muy altos pero no máximos, es decir, el tiempo durante el cual se puede mantener una potencia determinada (tabla 1.4).

Tabla 1.4: Capacidad energética de los sistemas aeróbico, aeróbico láctico y anaeróbico aláctico<sup>153</sup>.

SISTEMAS ENERGÉTICOS	Anaeróbico aláctico	Anaeróbico láctico	Aeróbico
<b>Inercia (comienzo)</b>	Inmediata	De 20"	A partir de 2'30" – 3
<b>Final (saturación)</b>	Aprox. 15 – 20"	Aprox. 2'30"	Horas

2. **Potencia:** indica la mayor cantidad de energía por unidad de tiempo que un sistema energético puede producir y que el deportista puede gastar. Por ejemplo, la potencia aeróbica máxima de un jugador es la cantidad máxima de energía por unidad de tiempo que su sistema aeróbico puede proporcionarle. Aproximadamente, cuando un jugador trabaja a intensidades de VO<sub>2</sub> máximo, el carburante utilizado es la glucosa y cada litro de oxígeno que se consume le proporciona aproximadamente 5kcal<sup>154</sup>. Así, podemos calcular fácilmente la cantidad de energía máxima por unidad de tiempo que el sistema aeróbico puede producir a través del VO<sub>2</sub> máximo del deportista (figura 1.8).

1 litro de oxígeno proporciona 5kcal (1 ml. de oxígeno = 5 cal.)

Un deportista de 70kg. presenta un  $\text{VO}_2$  máx. relativo de 60ml/kg/min

y uno absoluto de  $(60\text{ml/kg/min} \times 70\text{kg})/1000 \text{ ml} = 4,2 \text{ l/min.}$

Su potencia aeróbica se obtiene multiplicando el  $\text{VO}_2$  máx. absoluto x 5 Kcal

21 kcal/min

21 kcal/min es la cantidad de energía máxima que el sistema aeróbico puede proporcionar y que el jugador es capaz de gastar realizando un trabajo mecánico

Figura 1.8: Ejemplo de cantidad de energía máxima por unidad de tiempo que el sistema aeróbico puede producir mediante el  $\text{VO}_2$  máximo del deportista<sup>153</sup>.

- Eficiencia:** indica en qué medida la energía liberada por el sistema es utilizada para la realización de un trabajo específico. En este concepto se implica de forma directa la técnica y hace referencia a la economía del esfuerzo, es decir, gastar menos energía ante una misma intensidad.

### ***Desarrollo del sistema aeróbico***

La optimización, en cuanto la producción de energía de un sistema, pasa por provocar (mediante el entrenamiento) de una serie de adaptaciones tanto a nivel central como periférico que se concretan a distintos niveles (tabla 1.5).

Tabla 1.5: Adaptaciones para la optimización de la producción de energía del sistema aeróbico <sup>54 153</sup>.

---

<b>ADAPTACIONES DEL SISTEMA AERÓBICO</b>
<b>A nivel de la célula muscular:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Aumento del glucógeno muscular de 200 a 400 gr. del glucógeno hepático de 60 a 120 gr. y de los triglicéridos musculares de 800 a 1200 gr.</li><li>2. Incremento de la actividad enzimática, de las mitocondrias (50%) y aumento de las hormonas reguladoras.</li></ol>
<b>A nivel del corazón:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Aumento de la cavidad del corazón de 650 a 900 – 1000 ml.</li><li>2. Hipertrofia del músculo cardíaco con aumento del peso del corazón de 250 a 350 – 500 gr.</li><li>3. Aumento del rango de trabajo de la frecuencia cardíaca.</li><li>4. Aumento del volumen mínimo cardíaco (20 a 30 – 40l/min).</li></ol>
<b>A nivel de la sangre:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Aumento de la cantidad de sangre de 5 a 6 litros.</li><li>2. Aumento del número total de glóbulos rojos.</li><li>3. Optimización de la capacidad de transporte de oxígeno entre otras funciones (p. ej: mejora de la regulación de la temperatura).</li></ol>
<b>Vasos sanguíneos:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Aumento de los capilares.</li><li>2. Incremento de la superficie de intercambio gaseoso.</li><li>3. Optimización del intercambio gaseoso.</li><li>4. Optimización de la distribución de la sangre (vasoconstricción de vasos sanguíneos en la musculatura no activa y más riego en la activa).</li></ol>
<b>A nivel respiratorio:</b>
<ol style="list-style-type: none"><li>1. Mayor paso de oxígeno hacia la sangre de una cantidad por volumen de aire inspirado.</li><li>2. Mayor superficie de intercambio de gases.</li><li>3. Mejora de la capacidad difusora alveolo – capilar para el oxígeno.</li></ol>

---

Estas adaptaciones se consiguen aplicando cargas de entrenamiento que presenten un volumen entre moderado y elevado y una intensidad que oscile aproximadamente entre el 65 y el 100% del consumo de oxígeno<sup>153</sup>. Siguiendo la teoría del mismo autor, en función de las características del volumen y la intensidad como componentes de la carga se conseguirá uno u otro tipo de respuesta adaptativa.

La teoría del entrenamiento ha propuesto, a partir de la intensidad<sup>155</sup>, diferentes tipos de entrenamientos aeróbicos, pudiéndose estructurar estos en tres niveles<sup>153</sup> y relacionándose cada uno de ellos con un parámetro fisiológico (figura 1.9).



Figura 1.9: Tipos de entrenamientos aeróbicos y sus efectos en los correspondientes parámetros fisiológicos<sup>153</sup>.

### ***Desarrollo del sistema anaeróbico***

Al igual que el sistema aeróbico, la optimización en cuanto a la producción de energía del sistema anaeróbico láctico pasa por provocar una serie de adaptaciones a través del entrenamiento. En este caso las adaptaciones se concretan en la tabla 1.6<sup>153</sup>.

Tabla 1.6: Adaptaciones para la optimización de la producción de energía del sistema anaeróbico <sup>153</sup>.

<b>ADAPTACIONES DEL SISTEMA ANAERÓBICO</b>
<p style="text-align: center;"><b>Aumento de las reservas de sustratos</b></p> <p>Incremento significativo de los compuestos fosforados: ATP, CP, creatina, glucógeno... 156.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Aumento de las enzimas anaeróbicas Fosfofructokinasa (FFK) y Creatinkinasa (CK)</b></p> <p>Incremento de las enzimas claves de la fase anaeróbica de la glucólisis. Las modificaciones observadas en las fibras rápidas no son tan importantes como las constatadas en las fibras lentas después de un entrenamiento aeróbico <sup>157</sup>.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Aumento de la capacidad de amortiguar el efecto del lactato</b></p> <p>Incremento de sustancias taponadoras como el bicarbonato plasmático, la hemoglobina y determinadas proteínas plasmáticas <sup>54</sup>.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Aumento de la capacidad de producir una gran cantidad de ácido láctico</b></p> <p>Debido al aumento de la concentración de enzimas de la glucólisis y de la glucogenolisis.</p>

FFK: Fosfofructokinasa; CK Creatinkinasa.

Estas adaptaciones del sistema anaeróbico láctico se consiguen básicamente aplicando cargas de entrenamiento que presenten un volumen entre moderado y bajo y una intensidad que oscila entre el 85 y 100% de la velocidad máxima de la distancia <sup>153</sup>. En palabras del mismo autor, en función de las características de estos dos componentes de la carga (volumen, intensidad y densidad) conseguiremos con mayor o menor facilidad uno u otro tipo de respuesta adaptativa.

Al igual que el sistema aeróbico, la teoría del entrenamiento ha propuesto a partir de la intensidad a la que se realiza el ejercicio diferentes tipos de entrenamientos anaeróbicos (figura 1.10), ya que cada tipo de entrenamiento se relaciona directamente con la cantidad de ácido láctico acumulado <sup>153</sup>.



Figura 1.10: Tipos de entrenamientos anaeróbicos y sus efectos en los correspondientes parámetros fisiológicos<sup>153</sup>.

#### 1.1.4.2. Demandas energéticas de la competición de Judo

Existe una corriente encaminada a estudiar las necesidades condicionales de los judocas, concretamente los factores fisiológicos relacionados con el rendimiento en judo. Estos son la cuantificación del grado de participación de los sistemas energéticos y sus consecuencias sobre la fatiga, así como que afecte por separado a miembros superiores e inferiores<sup>5,7,11,60,61,64,82,143,145,158,159</sup>. Por otra parte, ya que desde la competición de judo se demanda que ambos sistemas deben funcionar de forma acoplada, el entrenamiento se debe basar en el uso sinérgico de los mismos<sup>33,145,152,160-163</sup>. Por tanto, la competición exige que todos los sistemas hayan aprendido a complementarse con la mayor eficiencia, lo que supondría además asegurar una óptima armonía entre las diferentes manifestaciones de la fuerza<sup>6</sup>.

Ya que hablamos de que en Judo existe una alternancia en los períodos de trabajo y pausa debido a su carácter intermitente, tanto en el propio combate como en el tiempo entre ellos<sup>5,64</sup>, las acciones explosivas y cortas disminuyen considerablemente los niveles de ATP y de fosfocreatina en el músculo, así como de glucógeno (reflejado

por una alta acumulaci3n de lactato en sangre) <sup>164</sup>. Por ello, durante un combate de judo, se intercalan peŕodos de esfuerzos ḿximos con tramos cortos de descanso <sup>5,143,165</sup>, de ah́ la importancia de la capacidad de aclaramiento de lactato durante el propio combate y en el peŕodo de descanso entre los mismos.

Para estos esfuerzos ḿximos pero breves se suministra enerǵa principalmente del metabolismo anaer3bico <sup>47,57</sup>, que se complementa con la participaci3n del metabolismo aer3bico en el mantenimiento del trabajo intermitente durante los periodos de trabajo y descanso que se suceden en un combate <sup>3,143</sup>. La participaci3n de dicho metabolismo aer3bico tambi3n se produce al favorecer una recuperaci3n efectiva entre los sucesivos combates <sup>43,143,166,167</sup>. Apoyando la teoŕa de la participaci3n de ambos metabolismos se encuentran en la literatura diversos estudios al respecto <sup>5,168</sup>. Habŕa que ańadir que los intervalos de esfuerzo y pausa no son uniformes <sup>6</sup>, por lo que no sucede lo mismo en cada intervalo, ni se recupera igual en una pausa ḿs larga que en una de 3, 4 o 5 segundos.

En cuanto a la soliciaci3n del metabolismo aer3bico de un ejercicio intermitente parece tener un papel importante para la formaci3n de enerǵa en actividades de mayor duraci3n <sup>90</sup> y en est́mulos donde el tiempo entre intervalos es insuficiente para la reśntesis completa de CP <sup>169,170</sup>.

Existe una explicaci3n para la contribuci3n aer3bica en los ejercicios intermitentes de elevada intensidad: su relaci3n con la correlaci3n entre las elevadas concentraciones de hidrogeniones o protones (H<sup>+</sup>), o el aumento de la actividad de la enzima piruvato deshidrogenasa <sup>171</sup>. Los mismos autores indican que el principal factor para el decrecimiento de la potencia generada durante los 3ltimos momentos del ejercicio se debe al cambio que se produce al entrar en juego el metabolismo aer3bico en los estadios finales de un ejercicio intermitente de elevada intensidad, en correspondencia con una disminuci3n de la enerǵa por v́a anaer3bica.

En un estudio sobre requerimientos energ3ticos de un combate de judo <sup>168</sup>, llegan a la conclusi3n de que induce el metabolismo de las protéinas y el de los ĺpidos,

incluso si el sistema anaeróbico entra en acción con niveles medios de lactato en plasma de 12,3 mmol/l. Por tanto, el glucógeno del músculo no es el único sustrato utilizado durante un combate de judo. Varios factores como la disponibilidad de hidratos de carbono, la adaptación al entrenamiento y el estrés metabólico pueden influir en el uso de estas sustancias. Ello se relaciona con que cada ataque o esquiva solicita la vía anaeróbica aláctica, aunque si consideramos que las acciones se suceden durante un período de 5 min., es posible que el metabolismo anaeróbico láctico sea el predominante, lo que conlleva la producción de ácido láctico y posterior acumulación en la musculatura del judoca, siendo este un factor limitante del rendimiento <sup>6</sup> (apartado 1.4.1.1).

Las demandas fisiológicas de la competición de judo solicitan tanto el metabolismo anaeróbico como aeróbico <sup>47</sup>, ya que el sistema anaeróbico proporciona la energía en los movimientos de máxima potencia durante el combate, mientras que el sistema aeróbico contribuye a la capacidad del atleta para mantener el esfuerzo durante el tiempo que dura el mismo y recuperarse durante los cortos periodos de descanso o durante la disminución del esfuerzo <sup>143,172</sup>. Por tanto, estos dos sistemas energéticos se van acoplado durante el desarrollo del combate, determinando su utilización la intensidad del mismo <sup>5</sup>. Concretamente, el mismo autor indica que cuando los judocas inician un combate, la mayor parte de la energía proviene de las fuentes aeróbicas. Posteriormente, intenta controlar a su oponente con su agarre y, rápidamente, las demandas energéticas de los brazos y de la parte superior del cuerpo se desplazan hacia las fuentes anaeróbicas, mientras que las piernas y la mayor parte del cuerpo posiblemente aún obtiene la energía fundamentalmente de las vías aeróbicas. Además, cuando se realiza un ataque explosivo, las demandas energéticas de las piernas en ese momento se desplazan fuertemente hacia el ATP - PC, con el fin de conseguir la velocidad y la potencia necesaria <sup>152</sup>.

Tras analizar las necesidades musculares de la competición de Judo, se hace necesario determinar los requerimientos metabólicos de la misma <sup>5,6</sup>. El análisis de las demandas específicas de cada deporte establece un punto de partida indispensable y

necesario para el establecimiento y diseño de líneas de intervención en el entrenamiento <sup>11</sup>. Específicamente en Judo, cada categoría de peso implica ciertas diferencias en aspectos fisiológicos y de composición corporal entre los competidores de dichas categorías, influyendo directamente en algunos aspectos clave de la preparación de los judocas <sup>43</sup>.

En cuanto a la evolución de los sistemas implicados durante un combate de Judo, al inicio del combate los sistemas aeróbicos son los que aportan mayor cantidad de energía <sup>6</sup>. Seguidamente, y sin posibilidad de recuperación alguna, la misma autora señala que el sistema anaeróbico incide sobre los brazos en particular, y el tren superior de manera general durante la lucha de agarres, produciendo altas concentraciones (12 – 14 mmol.L<sup>-1</sup>) de lactato en sangre <sup>14,141,166,173,174</sup> y continuando el sistema aeróbico actuando sobre el tren inferior. Por otro lado, el ATP – PC entra en juego cuando se efectúa un ataque a explosividad máxima <sup>147</sup>. Otros autores entienden el Judo como un deporte con grandes demandas anaeróbicas no solo de capacidad, sino también de potencia, que encajan en un sistema aeróbico <sup>47</sup>, añadiendo las distintas manifestaciones de la fuerza <sup>46,175</sup>.

En otro estudio acerca de los requerimientos energéticos de un combate de judo <sup>168</sup> se concluyó que factores tales como la disponibilidad de hidratos de carbono, la adaptación al entrenamiento y el estrés metabólico influye en el uso de un metabolismo u otro. Esto es: un ataque o esquivas del mismo requiere de la vía anaeróbica aláctica, aunque al suceder estas durante los 5 minutos que dura el combate, se entiende que el metabolismo anaeróbico láctico sea el predominante, generando y acumulando ácido láctico en el judoka.

En conclusión, es difícil de entender la participación única de uno de estos sistemas en un combate de Judo, por lo que en realidad se debería hablar de un continuo energético debido al solapamiento constante que ocurre entre ambos sistemas <sup>5</sup> atendiendo al principio de unidad funcional: nuestro organismo funciona como un todo, de manera tal que todos los órganos y sistemas están interrelacionados de tal forma que si uno falla es imposible continuar. Por eso, el entrenamiento debe

contemplar el desarrollo de todos los sistemas, como así también la manera en que se relacionan.

#### 1.1.4.3. Indicadores fisiológicos del impacto en la competición de Judo

Existen diversos métodos para el control de la intensidad del ejercicio, tanto en competición como durante el período de entrenamiento<sup>153</sup>. Los más comunes son:

- **Frecuencia cardíaca (FC)** <sup>5,6,18,43,49,64,153,176</sup>.
- **Lactato (LAC)** <sup>5-7,18,43,64,143,153,158,177</sup>.
- **Percepción subjetiva del esfuerzo (PSE)** <sup>5,7,64,82,178</sup>.
- **Ácido úrico (AU)** <sup>168</sup>.
- **Amonio (AM)** <sup>14,179</sup>.
- **Consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>)** <sup>153,180</sup>.

El control de la intensidad de un determinado ejercicio físico no se debe realizar únicamente con uno de los parámetros anteriores, si no que hoy en día, dicho control tiende a realizarse de manera múltiple, relacionando cuantos más parámetros fisiológicos se pueda <sup>5,6,64,153</sup>. Este procedimiento es más costoso y cuenta con mayor dificultad pero sin duda permite una mayor precisión en la cuantificación del control de la intensidad del ejercicio físico. En la presente tesis, nos centraremos en LAC, FC y PSE.

#### ***Ácido láctico.***

Los valores de ácido láctico (LAC) en sangre es una manera sencilla de medir la intensidad que supone un determinado ejercicio físico <sup>153</sup> (tabla 1.7). Esta medición se hace de vital importancia ya que se considera al LAC como un factor limitante del

rendimiento <sup>168</sup>. Es por ello que se extraen tres objetivos principales acerca del uso de los valores de lactato <sup>6</sup>:

1. Determinación del umbral anaeróbico del deportista.
2. Producción y tolerancia láctica.
3. Capacidad de recuperación.

Tabla 1.7: Intensidad del ejercicio físico a través del LAC y su relación con el correspondiente sistema energético <sup>153</sup>.

<b>Mmol/l</b>	<b>Sistema energético</b>	<b>Intensidad</b>
<b>2 – 3</b>	Aeróbico: lipólisis	Baja
<b>4</b>	Aeróbico: glucólisis aeróbica	Intermedia
<b>5 – 8</b>	Aeróbico – anaeróbico láctico	Media
<b>8 – 12</b>	Anaeróbico láctico	Submáxima
<b>+12</b>	Anaeróbico láctico	Máxima

Son diversos los estudios que demuestran que en una competición de Judo se obtienen mayores niveles de lactato que en deportes cíclicos y continuos debido a la implicación de grandes grupos musculares <sup>43,57,64,158,181</sup>, aunque sin obviar la implicación del sistema aeróbico <sup>5,64</sup>.

Se considera que ante la imposibilidad de medir el VO<sub>2</sub> en los combates, las lactacidemias postcombate son mejor indicador que los registros de las frecuencias cardíacas <sup>182</sup>. Afinando un poco más sobre esta teoría, la utilización del lactato como parámetro de la intensidad del entrenamiento es un indicador bastante objetivo de la misma <sup>183</sup>. Sin embargo, se debe tener en cuenta las diferentes posibles interferencias y sus limitaciones a la hora de llevar a cabo la interpretación de los datos, así como considerar las diferencias entre los individuos. Además, cuando se realizan trabajos de carácter científico en los que se busca definir intensidades, se debe utilizar la

concentración de lactato como un valor relativo y que se comporta a distintos niveles entre las personas, pero con iguales tendencias<sup>6</sup>.

El judo de competición es un deporte donde los procesos de obtención de energía se realizan en gran parte en ausencia de oxígeno<sup>19</sup>, ya que al realizarse esfuerzos muy intensos durante un combate y los intervalos de descanso no ser lo suficientemente largos, la resíntesis de ATP por la vía oxidativa es inviable, y los esfuerzos se hacen dependientes de la vía glucolítica<sup>184</sup>. Es común encontrar al final de un combate de judo realizado en el marco del alto rendimiento y en competiciones de gran trascendencia, valores de lactato superiores a 18mmol/l. Son cifras asiduas en la alta competición aquellas que se sitúan entre 12 y 18 mmol/l<sup>7,168,185-189</sup>, siendo las féminas las que albergan menores valores. Los judokas de mayor peso (125 y 150 kg.), como consecuencia de la forma de actuar durante sus combates, en los que suelen predominar el uso de la fuerza sobre el resto de capacidades, y donde el componente aeróbico es muy alto, reducen en un porcentaje estimable los valores antes expuestos; siendo normales valores de entre 9 y 14 mmol/l<sup>19</sup> (tabla 1.8).

A lo anterior, el mismo autor añade que si importante es el valor máximo de acumulación de lactato en sangre, en judo lo es más, la capacidad de aclaración del mismo y el grado de tolerancia que el judoka tiene para combatir con garantías, aunque los niveles de acumulación sean grandes. De hecho, un objetivo específico en el entrenamiento condicional de una programación de judo es el que tiene que ver con la tolerancia y aclaración de lactato.

Tabla 1.8: Referencias de valores medios de lactato en situación de competición. Modificado de <sup>18</sup>.

AUTORES	CARACTERÍSTICAS	MEDIA ± DS (mmol/l)	OBSERVACIONES
<b>Serrano-Huete, García-Pinillos, Latorre-Román, et al.</b> <sup>64</sup>	Nivel nacional (n = 29)	1: 10,5 ± 2,1 2: 11,4 ± 2,3 3: 12,1 ± 2,9 4: 12,7 ± 3,1 5: 13,1 ± 3,2	Competición simulada de 4 combates
<b>Franchini, Branco, Agostinho, et al.</b> <sup>57</sup>	Nivel regional brasileño (n = 13)	Pre 1: 11,74 ± 1,97 Post 1: 11,47 ± 3,22 Pre 2: 10,95 ± 2,21 Post 2: 11,42 ± 1,27 Pre 3: 11,64 ± 2,54 Post 3: 11,41 ± 2,39	Competición simulada de 3 combates
<b>Bonitch-Góngora, Bonitch-Domínguez, Padial, et al.</b> <sup>61</sup>	Medallistas nacionales españoles y franceses en alguna categoría de edad (n = 12)	1: 18,1 ± 4,4 2: 16,9 ± 3,6 3: 15,3 ± 4,5 4: 14,6 ± 3,6	Competición simulada de 4 combates
<b>Bonitch-Domínguez, Bonitch-Góngora, Padial, et al.</b> <sup>141</sup>	Nivel nacional español	1: 14,6 ± 4,0 2: 14,9 ± 4,0 3: 13,9 ± 2,8 4: 12,6 ± 3,5	Competición simulada de 4 combates
<b>Sbricoli, Bazzuchi, Di Maria, et al.</b> <sup>49</sup>	Equipo Olímpico Italiano	Masculino: 10,3 ± 2,6 Femenino: 9,2 ± 2,0	1 combate de entrenamiento
<b>Bonitch-Góngora</b> <sup>5</sup>	Medallistas nacionales españoles y franceses en alguna categoría de edad (n = 12)	1: 16,42 ± 3,29 2: 16,63 ± 3,66 3: 14,87 ± 4,58 4: 14,00 ± 3,18	Competición simulada de 4 combates
<b>Carballeira e Iglesias.</b> <sup>7</sup>	Selección gallega senior (n = 8)	Pre: 5,39 ± 1,91 Post: 13,75 ± 3,09	1 combate de entrenamiento
<b>Santos, Prieto y González.</b> <sup>159</sup>	----	7,2 - 17,9	Revisión bibl. autor
<b>Bonitch-Domínguez.</b> <sup>82</sup>	Simulación: 44 ctes. a tiempo límite (11 judocas)	14,39 ± 3,16	El hecho de realizar un ejercicio de squat pre y post combate puede suponer una activación extra que explique lo alto de los valores
<b>Artioli, Coelho, Benatti, et al.</b> <sup>165</sup>	18 judocas 21,5 ± 3 años % grasa: 6 ± 1,5	L5 tras 1ª serie: 12,1 ± 3,7 L5 tras 2ª serie: 15,99 ± 5,5 3ª serie no escrita Sin correlac. con rto.	3 series del SJFT con 5 min. entre ellas por judoca. L5' final y pre - serie
<b>Troitiño, Huelín, Cancela y Gutiérrez.</b> <sup>190</sup>	Cto. Internacional Vigo 2002, 12 combates. 5 judocas, 12 ± 2,5 años Brasil (3 ctes. x 25)	10,64 ± 2,29 (eliminados 2 ctes. por tp inferior a 15'')	Alta correlación entre lactato y EP (r = 0,843; <0,001)
<b>Franchini, Takito y Bertuzzi.</b> <sup>65</sup>	10 judocas elite (A y R) 15 judocas no elite (A y R)	1A = 9,45 ± 2,36; 1B = 10,08 ± 2,14 2A = 12,52 ± 2,81; 2B = 12,67 ± 2,85	Rec. A = activa; B = pasiva Diferencias en función del nivel deportivo
<b>Franchini, Takito, Nakamura, et al.</b> <sup>143</sup>	34 ctes. a tp límite a) Internac (n = 5) b) Nacional (n = 7) c) Comarcal (n = 5)	A1) 10,5 ± 2,5; A2) 9,8 ± 1,3 B1) 10,1 ± 2,0; B2) 10,4 ± 1,9 C1) 10,2 ± 1,8; C2) 9,5 ± 1,5 (cita como referencia general valores de 10 a 17 mmol)	Estudio complejo en el que los 2 combates van seguidos del Test de Wingate para mmss.
<b>Franchini, Takito, Lima, et al.</b> <sup>188</sup>	a) Juvenil (n = 5) b) Júnior (n = 5) c) Sénior (n = 3)	a) 10,24 ± 2,52 - 10,95 ± 3,27 - 9,23 ± 1,7 b) 10,68 ± 1,19 - 10,48 ± 1,32 - 9,8 ± 2,62 c) 11,77 ± 3,93 - 11,23 ± 2,17 - 1,2 ± 4,5	Tres combates cada uno, valores comparados entre sí.

En un estudio sobre simulaciones de combates de Judo <sup>7</sup> se obtuvieron unos niveles de lactademia de  $13,75 \pm 3,09$  mmol/l, lo que apunta una importante utilización de la glucólisis anaeróbica. Además, la diferencia precombate y postcombate en el lactato en sangre fue muy significativa ( $p < 0,001$ ). De esta forma, resulta evidente que un acúmulo de desechos va a ser un factor de importancia vital en el desarrollo de la competición, ya que además de los síntomas propios que produce el estar trabajando con un alto grado ácido, las consecuencias que esto conlleva en el desarrollo de los procesos de contracción y de respuesta ejecutiva óptima de la habilidad, van a suponer un evidente contratiempo durante la realización del combate <sup>19</sup>.

La aclaración del lactato en sangre antes de un nuevo combate es un punto de vital importancia en cuanto a la preparación de una competición de alto nivel (sucesión de combates), ya que se han hallado <sup>185</sup> valores de lactacidemia en una competición oficial de 10,3, 13,3, 15,9 y 17,2 mmol/l respectivamente en cuatro combates sucesivos, mostrando una elevación progresiva a lo largo de la competición, atribuible a un aclaramiento insuficiente del lactato al comienzo de cada enfrentamiento.

Los judocas deben realizar varios combates el mismo día, a veces con períodos de tiempo muy cortos entre ellos (10 - 30 min en los campeonatos nacionales de España), tiempo que, según los datos obtenidos, resulta insuficiente para promover una adecuada eliminación del lactato <sup>191</sup> y, como consecuencia, el deportista empieza el siguiente combate en una situación de fatiga acumulada. Así, la eliminación del lactato después del esfuerzo es un elemento importante a tener en cuenta para mejorar el posterior rendimiento, principalmente cuando el ejercicio realizado es de gran intensidad <sup>162,192</sup>. En este sentido, varios autores establecieron <sup>143</sup> que el aclaramiento láctico mejora con el descanso activo comparado con el descanso pasivo, pero no mejora el rendimiento posterior de un ejercicio anaeróbico intermitente.

En un estudio previo <sup>66</sup> (tabla 1.9), se evalúa el rendimiento tomando toda la curva de aclaramiento tras un esfuerzo, con recogida de muestras en los minutos 1, 3, 5, 10 y 15, en dos series seguidas de tres tipos de esfuerzos diferentes: el test Wingate, el

test específico de judo SJFT <sup>193</sup> y el propio combate de judo. Al acabar el primer test, se realizó una recuperación activa con una carrera continua al 70% del UNAM (según test previo en cinta), mientras que la recuperación es pasiva tras el segundo test. La recuperación activa acelera el aclaramiento, pero tras 15 minutos, la cantidad de lactato residual no afecta al rendimiento en las series siguientes.

Tabla 1.9: Media de valores máximos de lactato en tres estudios acerca de las implicaciones del lactato en el rendimiento <sup>66</sup>

TEST	Estudio 1: WG TTest (n = 16)		Estudio 2: JSFT (n = 9)		Estudio 3: Combate judo (n = 12)	
	AR	PR	AR	PR	AR	PR
Lac. máx	11,14 ± 2,32	11,46 ± 2,65	11,12 ± 2,41	12,47 ± 3,12	12,90 ± 5,19	12,47 ± 4,95
Lac. tras 15'	4,46 ± 2,27	6,59 ± 2,44	4,10 ± 1,26	7,48 ± 2,99	5,23 ± 2,92	7,26 ± 3,47

WG Test: Wingate test; JSFT: Judo Special Fitness Test. AR: Active rest (recuperación activa); PR: Passive Rest (recuperación pasiva).

De esta forma, se hace importante conocer la producción y aclaramiento de lactato en situación de fatiga específica, como por ejemplo antes y tras cada combate de una competición de control <sup>68</sup>. En un estudio posterior <sup>82</sup>, tras analizar los valores de potencia y fuerza máxima antes y después de 44 combates (realizados con el sistema de tiempo libre, a 4 combates por judoca), no se encontraron correlación entre la potencia máxima en el ejercicio Squat 90º después de los combates y la concentración de ácido láctico obtenida. Y tampoco entre los valores de máxima producción de fuerza post combates (fuerza explosiva) en ese mismo ejercicio y la concentración de lactato. En otro estudio de estructura muy similar pero centrado en la fuerza y el comportamiento muscular del miembro superior tras sucesivos combates de judo <sup>5</sup>, tampoco se encuentra correlación entre la Potencia Máxima post - combate y el lactato.

Recapitulando este apartado, se pueden asociar valores altos de lactato máximos (lactato pico) con una mejor capacidad para rendir al máximo y ser capaz de producir elevados valores de fuerza, a pesar de unas elevadas tasas de acidosis y ph bajos <sup>6</sup>. Por el contrario, parece que valores bajos de lactato en deportistas de nivel se puede

interpretar como que no trabajó al límite de sus posibilidades, dejando para ello un margen de sus fibras musculares sin implicarse hasta el agotamiento.

### Frecuencia cardíaca

La FC es uno de los parámetros no invasivos más utilizados en el análisis y en la valoración de la actividad cardíaca <sup>194</sup>. Es una vía de representación y control de la intensidad del ejercicio <sup>176</sup> dentro de un cierto rango de valores donde se obtiene una relación lineal entre ellos. Al igual que con otros indicadores (tales como el consumo de oxígeno) para que la FC sea representativa de la intensidad del esfuerzo es necesario que se haya alcanzado una estabilización <sup>153</sup>.

Por ejemplo, un deportista con una frecuencia basal de 60 pulsaciones por minuto (ppm) y una máxima de 200ppm obtiene de media 185ppm. La intensidad relativa del ejercicio que está ejecutando en función de su FC es de:

$$\text{FC Relativa} = \frac{185 - 60}{200 - 60} \times 100 = 89\%$$

Figura 1.11: Ejemplo del cálculo de la frecuencia cardíaca relativa. <sup>153</sup>. FC: frecuencia cardíaca.

Como se observa en la figura 1.11 la FC relativa aporta la intensidad relativa del esfuerzo <sup>153</sup> y se calcula mediante la fórmula expuesta en la figura 1.12 <sup>195</sup>:

$$\text{FC Relativa} = \frac{\text{FC de trabajo} - \text{FC basal}}{\text{FC máx.} - \text{FC basal}} \times 100$$

Figura 1.12: Fórmula para obtener la frecuencia cardíaca relativa<sup>195</sup>. FC: frecuencia cardíaca.

En una simulación de combates de judo se obtuvo el promedio de frecuencia cardíaca, que fue de  $175,89 \pm 5,69$  ppm<sup>7</sup>, lo que supuso un 92,65% de la frecuencia cardíaca máxima y un 95% de la frecuencia de reserva<sup>11,196</sup>. Estos datos son sensiblemente mayores a los aportados por otros autores<sup>47,196,197</sup> que sitúan la frecuencia cardíaca durante el combate de judo en torno al 85 - 90% de la frecuencia cardíaca máxima. En cuanto a pulsaciones por minuto y sus intervalos, en distintos se obtuvieron valores entre  $179 \pm 6,21$  y  $184 \pm 7,71$ ppm<sup>5</sup>; entre  $179 \pm 13,72$ ppm y  $188 \pm 8,02$ ppm<sup>82</sup>, entre  $151 \pm 11$  y  $181 \pm 23$ ppm<sup>161</sup> y entre  $177,17 \pm 10,92$  y  $185,69 \pm 13,10$ <sup>64</sup>. Por su parte, se obtuvo un valor medio de FC de  $180 \pm 11$ ppm tras un único combate<sup>49</sup>. Finalmente, en un estudio<sup>57</sup> que consistió en una competición simulada de 3 combates se obtuvieron resultados medios de  $177 \pm 14$ ,  $179 \pm 4$  y  $175 \pm 17$  ppm tras el 1º, 2º y 3º combate, respectivamente.

### ***Percepción subjetiva del esfuerzo***

Con el objetivo de facilitar el control cotidiano de los entrenamientos, en multitud de ocasiones se ha intentado asociar la intensidad de los esfuerzos con la percepción subjetiva de esfuerzo<sup>198</sup>, definiéndose la percepción del esfuerzo como la intensidad subjetiva del esfuerzo, estrés, disconformidad o grado de fatiga que se siente durante el ejercicio<sup>199</sup>. Esto se basa en la Rating of Perceived Effort (RPE; en castellano Percepción Subjetiva del Esfuerzo (PSE)) o escala de Borg<sup>200</sup>, instrumento que consiste en una escala entre 6 y 20, colocados verticalmente y acompañados de valoraciones cualitativas tales como muy fácil, fácil, medio, duro, muy duro... (tabla

1.10). La valoración de la PSE es una descripción del conjunto de sensaciones que se producen, y que parten de señales fisiológicas periféricas, cardiorrespiratorias y metabólicas (tensión en músculos y articulaciones, estado de los sistemas energéticos, concentración percibida del lactato, etc.)<sup>179</sup>.

Tabla 1.10: Escala de Borg y su comparativa con las pulsaciones por minuto, % de la intensidad del esfuerzo y equivalencia con una escala de esfuerzo de 1 a 10<sup>201</sup>.

ESCALA DE ESFUERZO PERCIBIDO DE BORG		EQUIVALENCIA APROXIMADA EN PULSACIONES POR MINUTO	GRADO DE INTENSIDAD DEL ESFUERZO (%)	EQUIVALENCIA CON UNA ESCALA DE ESFUERZO DE 1 A 10 PUNTOS
6		60 - 80	10	0
7	Muy, muy suave	70 - 90		1
8		80 - 100	20	2
9	Muy suave	90 - 110		3
10		100 - 120	30	3
11	Bastante suave	110 - 130		4
12		120 - 140	40	4
13	Algo duro	130 - 150		5
14		140 - 160	60	6
15	Duro	150 - 170		7
16		160 - 180	80	8
17	Muy duro	170 - 190		9
18		180 - 200	90	9
19	Muy, muy duro	190 - 210		10
20		200 - 220		

En la tabla 1.11 se relaciona la escala de Borg <sup>200</sup> con otras variables fisiológicas utilizadas para el control de la intensidad del ejercicio <sup>202</sup>.

Tabla 1.11: Relación de la escala de Borg con distintos parámetros fisiológicos <sup>202</sup>

<b>FC max</b>	<b>VO<sub>2</sub> max</b>	<b>Escala de percepción del esfuerzo</b>	<b>Clasificación de la intensidad</b>
<b>&lt;35%</b>	<b>&lt;30 %</b>	<b>&lt;10</b>	<b>Muy liviana</b>
<b>35 – 59 %</b>	<b>30 – 49 %</b>	<b>10 – 11</b>	<b>Liviana</b>
<b>60 – 70 %</b>	<b>50 – 74 %</b>	<b>12 – 13</b>	<b>Moderada</b>
<b>71 – 89 %</b>	<b>75 – 84 %</b>	<b>14 – 16</b>	<b>Fuerte</b>
<b>&gt;90 %</b>	<b>&gt;85 %</b>	<b>&gt;16</b>	<b>Muy fuerte</b>

Actualmente, existe una corriente que relaciona la PSE de la escala de Borg Category Rating 10 <sup>199</sup> (modificada de la original, los valores oscilan de 0 a 10) con las diferentes manifestaciones de la resistencia <sup>153</sup> (tabla 1.12).

Tabla 1.12: Relación de la Escala de Borg Category Rating 10 con las distintas manifestaciones de la resistencia <sup>153</sup>.

<b>Valor escala Borg</b>	<b>Manifestación de la resistencia</b>
<b>2 – 3</b>	<b>Eficiencia aeróbica</b>
<b>4 – 6</b>	<b>Capacidad aeróbica</b>
<b>7 – 8</b>	<b>Potencia aeróbica</b>
<b>9 – 10</b>	<b>Capacidad y potencia anaeróbica</b>

La sensación de estrés creada por una carga de trabajo físico responde tanto al peso utilizado (en caso de la fuerza) como al volumen de repeticiones o trabajo efectuado, respecto a la mayor cantidad que es posible realizar llegando al fallo muscular <sup>203</sup>. En esta línea, varios autores alcanzaron el objetivo de su estudio en el que analizaban si existen relaciones entre la PSE y la magnitud del peso movilizado <sup>204</sup>.

En un estudio previo <sup>205</sup> se obtuvo la correlación entre el esfuerzo percibido y la acumulación de lactato en la propia competición, con independencia de la duración del combate. Sobre este resultado, los mismos autores justifican la validez de la escala del esfuerzo percibido para los deportes de combate, como por ejemplo el judo. Posteriormente, varios autores <sup>190</sup> añadieron que para interpretar la intensidad del combate de Judo hay que tener en cuenta datos complementarios como el tiempo, la carga subjetiva, el resultado, etc; encontrándose en su estudio una alta correlación entre los valores de lactato y el esfuerzo percibido post combate.

Otras investigaciones se centran en la relación entre el esfuerzo percibido y la frecuencia cardíaca alcanzada durante la competición, con alta correlación (0,86 y 0,88; correlaciones del esfuerzo percibido) entre ambas <sup>178</sup>. Por el contrario, en un estudio posterior <sup>82</sup> y con una media del PSE de entre  $15,82 \pm 1,44$  y  $17,09 \pm 2,28$ , no se encontró una correlación significativa entre la PSE y la concentración máxima de lactato post-combates. En otro estudio posterior <sup>57</sup> fueron reportados valores de  $17 \pm 3$ ,  $16 \pm 2$  y  $16 \pm 3$  tras el 1º, 2º y 3º combate, respectivamente. Siguiendo la misma tendencia, varios autores <sup>64</sup> obtuvieron en una competición simulada de 5 combates unos valores de  $16 \pm 1,45$  tras el 1º,  $16,03 \pm 1,56$  tras el 2º,  $16,79 \pm 1,67$  después del 3º combate,  $17,10 \pm 1,82$  tras el 4º y  $17,31 \pm 2,03$  después del último combate.

Pese a ser un indicador subjetivo y ajeno a los nuevos conocimientos en fisiología, podemos concluir con la idea de algunos autores <sup>6</sup> acerca de que la percepción subjetiva del esfuerzo es el indicador que mejor está resistiendo las críticas y cambios a los que se encuentran sometidos indicadores biológicos como la frecuencia cardíaca y el lactato. Además, si se realiza un proceso de aprendizaje correcto en él, su uso como herramienta evaluadora puede ser muy eficaz para interpretar el coste individual del esfuerzo <sup>178,190</sup>.

## 1.2. Justificación de los distintos estudios

### 1.2.1. Factores que intervienen en el rendimiento en Judo

El entrenamiento deportivo de alto nivel constituye actualmente una tarea complicada que exige unos niveles de sofisticación técnica, científica y tecnológica mayores, y una formación del entrenador acorde con estas demandas<sup>51</sup>. Esta es la razón por la que en los últimos años la aplicación de la metodología científica para mejorar el rendimiento del deportista ha recibido gran atención.

Algunas modalidades permiten un análisis directo e inmediato del perfil del rendimiento, pero no es el caso de los deportes complejos y acíclicos como el judo, deporte sociomotriz donde la incertidumbre afecta prácticamente a todas las variables<sup>6</sup>. La misma autora señala que solo desde una perspectiva global se pueden analizar aspectos como el impacto del esfuerzo sobre el deportista, los tiempos necesarios para su asimilación, la fatiga real en cada momento, la dinámica de la recuperación individual, etc. Y de la misma forma, sólo desde este nivel de conocimiento integral del propio deporte (en nuestro caso el judo) se puede plantear una buena evaluación condicional: una evaluación que defina realmente el nivel de rendimiento y preparación de los judocas frente a las máximas exigencias.

La evaluación es sin duda, manteniendo a la misma autora como referente en este aspecto, uno de los aspectos más importantes en el proceso de entrenamiento. En los últimos años se han producido grandes avances en la tecnología y en consecuencia en relación al conocimiento propio de este campo, y ello nos ha permitido afinar los objetivos específicos para cada deporte, y la interpretación de sus resultados<sup>6</sup>. Sin embargo, para que la evaluación cumpla sus dos finalidades fundamentales (adquirir y organizar información referida al estado del deportista y al proceso de entrenamiento<sup>182</sup>, resulta evidente que debe acercarse al máximo a las respuestas del individuo ante el esfuerzo tal y como se producen en competición. Los mismos autores que defienden el

entrenamiento integral, abogan a su vez por sistemas de evaluación integrales. El entrenamiento no puede ser controlado ni evaluado desde la comparación con modelos externos al sujeto, pues lo que debemos evaluar es el nivel de auto - organización a través de cómo el deportista es capaz de interpretar sus acciones en cualquier episodio y desde cualquier perspectiva del deporte que practica<sup>206</sup>.

El presente trabajo de investigación se sitúa en la línea de análisis del perfil de exigencia física de una modalidad deportiva en alto rendimiento deportivo, en este caso en Judo. Se pretende identificar indicadores relevantes que permitan elevar la performance deportiva del judoca en competición. El conocimiento de las exigencias físicas, tanto metabólicas como estructurales y de capacidades, permitirá disponer de información para mejorar el proceso de entrenamiento deportivo y el rendimiento en competición del más alto nivel.

La evaluación de capacidades físicas ha sido objeto de estudio en numerosas investigaciones en Judo<sup>3,8,16,18,46,50,60,181</sup>, si bien no se ha abordado suficientemente desde la propia competición, ya que gran parte de los trabajos se han realizado en condiciones de laboratorio. Esto que supone ciertas limitaciones para obtener información fiable de las exigencias concretas de una modalidad deportiva en situación real de competición. Algunos de los estudios más destacados en esta línea<sup>4,5,43,207-209</sup> han permitido identificar variables en momentos previos y al final de la competición. El siguiente paso está en poder profundizar en mayor medida en la identificación de referencias válidas en un contexto real, comprobando la respuesta del deportista en la competición y comprobando las diferencias como consecuencia de diferentes variables de interés, tales como la categoría de edad, el tipo de recuperación en los descansos entre combates en una competición, la respuesta fisiológica y muscular que tienen los deportistas en una competición, la pérdida de fuerza y la habilidad de equilibrio que ocurre en la misma.

El judo es un deporte de adversario sujeto a múltiples variables, entre las que destacan las relacionadas con la perspectiva biomecánica, la perspectiva psicológica y la perspectiva fisiológica. Pero además, la propia dinámica de cada competición hace que cada situación sea diferente, adquiriendo especial relevancia la fatiga acumulada, como consecuencia de los diferentes combates que debe afrontar el deportista. Dicha fatiga parece tener un importante efecto sobre parámetros técnicos y tácticos que en competición se traducen en un descenso significativo del rendimiento, como consecuencia del déficit de capacidades físicas por fatiga.

Considerando diversos estudios previos <sup>11,64</sup> las altas demandas físicas de un combate de Judo se deben a que en el ocurren un alto número de acciones con una importante implicación de las capacidades de fuerza, que tienen lugar en condiciones metabólicas desfavorables.

#### **1.2.1.1. Perfil de Fuerza – Velocidad en judokas de competición (Estudio 1).**

En las acciones explosivas como por ejemplo el salto, la capacidad de generar fuerza en la unidad de tiempo menor, es uno de los factores determinantes del rendimiento deportivo, sobre todo en el contexto del alto rendimiento o élite, donde el tiempo para ejecutar estas acciones es reducido <sup>21</sup>. Por esta razón, se hace determinante investigar los factores que inciden sobre el rendimiento en acciones explosivas y valorar si en la capacidad mecánica del sistema neuromuscular resulta más determinante la fuerza o la velocidad <sup>210,211</sup>. Con ese fin, se intenta clarificar el paradigma: para alcanzar el máximo rendimiento en los movimientos balísticos, es mejor ser más fuerte o más rápido? <sup>211</sup>, lo que podría favorecer la comprensión de la relación entre las propiedades mecánicas del sistema neuromuscular y el rendimiento funcional, ya sea para explorar los comportamientos motores <sup>212,213</sup> o para programar el entrenamiento atlético <sup>105,214,215</sup>.

Para poder establecer relaciones entre estos términos, se propuso un índice de comparación entre perfiles de f-v en atletas <sup>216</sup>. Para calcular este índice, es necesario dividir la altura del salto con una carga adicional (100% de la masa corporal) por la altura del salto sin carga. Cuanto mayor sea este índice, mayor serán las capacidades de la fuerza en comparación con las de velocidad <sup>85</sup>. Ahora bien, este autor afirma que este índice no permite la orientación de las cargas de entrenamiento de acuerdo a los aspectos a mejorar y a mantener, según las características del movimiento a analizar.

Al considerar el judo como un deporte de alta intensidad, son numerosas las acciones en las que se demanda una aplicación de la mayor fuerza en régimen de velocidad <sup>67</sup>. Aunque tradicionalmente ha sido la determinación de la repetición máxima (1RM) como indicador de máxima fuerza que un sujeto puede aplicar ante una determinada carga y bajo las exigencias de una modalidad deportiva, con las nuevas tendencias de entrenamiento es imprescindible conocer la velocidad a la que se aplica dicha fuerza (manifestación fuerza – velocidad), donde los aspectos neuromusculares son determinantes <sup>71</sup>.

En la ejecución de un salto vertical y refiriéndonos a la fuerza (F0), se considera el valor máximo teórico obtenido que las extremidades inferiores pueden producir durante una extensión a nula teórico vY (en relación a la masa (N/kg) que se mueve <sup>217</sup>. La velocidad (v0), considerando el valor máximo teórico de vY en la que los miembros inferiores pueden extenderse durante una extensión bajo la influencia de la acción del músculo en una condición sin carga teórica (m/s) O P; la Potencia máxima (PMX), máxima PY que las extremidades inferiores pueden producir durante un empuje de despegue (W/kg), la derivada del Producto fuerza por Velocidad (SFV), pendiente de F-v relación lineal (N.s/m/kg), el déficit de Velocidad Fuerza (DFV) (%) y el squat jump (SJ) (m) o salto sin contramovimiento, en el que el deportista parte desde una posición estática con bloqueo de los brazos y con una flexión de piernas de 90° y todo el movimiento se realiza en sentido ascendente <sup>211,218</sup>.

$$P_{\max} = \frac{F_0 \cdot v_0}{4}$$

Figura 1.13: fórmula de la potencia máxima (PMX) <sup>217</sup>.

De nuevo teniendo en cuenta la ejecución de un salto vertical, el máximo salto hipotético que cada sujeto podría alcanzar si se presenta un óptimo perfil de fuerza – velocidad ( $h_{\max}$ , en m) se calcula a partir de sus valores reales PO P max y H, y el uso de la siguiente ecuación <sup>210</sup>:

$$h_{\max} = \frac{h_{PO}^2}{2g} \left( \sqrt{\frac{S_{Fv, opt}^2}{4} + \frac{2}{h_{PO}} (2\sqrt{-\bar{P}_{\max}} S_{Fv, opt} - g) + \frac{S_{Fv, opt}}{2}} \right)^2$$

Figura 1.14: fórmula del máximo salto hipotético, teniendo en cuenta un óptimo perfil de fuerza – velocidad y a partir de los valores potencia óptima (PO), potencia máxima (PMX) y H (altura del salto) <sup>210</sup>.

Los mismos autores señalan que la pérdida teórica de rendimiento debido al desequilibrio de la F-v se calcula como la diferencia porcentual entre la altura del salto real y la  $h_{\max}$ . Para entender el concepto de potencia en el deporte en nuestros días es esencial hacerlo desde una nueva perspectiva en la que no solo es el resultado de la fuerza por velocidad, si no la interacción de los múltiples componentes de la fuerza y los de la velocidad, destacando la relación con las características musculares para poder así generar altos valores de potencia <sup>210,211</sup>.

Por ello, son varios los autores que desarrollaron recientemente un perfil de f-v <sup>210,211,219</sup> que integra las características musculares individualizadas para cada sujeto, destacando la interacción de la fuerza y la velocidad como responsables del sistema neuromuscular para optimizar el rendimiento de las acciones explosivas. Es por ello que este perfil representa el perfecto equilibrio entre la máxima capacidad de fuerza y las máximas posibilidades de velocidad del deportista, con una estrecha relación con el rendimiento. Existe un perfil f-v óptimo que permite la interacción del sistema neuromuscular del sujeto para que interfiera de manera óptima en la capacidad de

generar potencia según sus características individuales y el estado de forma, modificable por tanto con un óptimo entrenamiento y con la posibilidad de paliar las deficiencias en dicho perfil y en pro de alcanzar los niveles óptimos del mismo <sup>85</sup>.

El nivel competitivo de los judokas influye en el perfil de F – V, ya que ha sido pribado <sup>48</sup> que aquellos que tenían mejor perfil de F – V pertenecían a un grupo de nivel competitivo mayor.

### **1.2.1.2. Parámetros musculares de rendimiento y respuesta fisiológica (Estudio 2).**

Debido a la imposibilidad de realizar pruebas de evaluación durante una competición oficial de Judo <sup>220</sup>, son abundantes los estudios encontrados en la literatura que estudian los requerimientos físicos en judo en condiciones de laboratorio <sup>18,50,60,63,221</sup>. Sus resultados deben ser entendidos con cautela, puesto que mediante ellos no se pueden establecer las demandas específicas de situaciones reales de competición <sup>64</sup>.

Ahora bien, se hace necesario cuantificar cuanto afectan sucesivos combates de judo (tal y como ocurre en una competición real) a los niveles de fuerza y de las capacidades fisiológicas asociadas al rendimiento, de cara a obtener información real para conocer el desgaste físico de una competición y para establecer programas de entrenamiento que tengan en cuenta estas demandas reales de la competición <sup>222</sup>.

Son diversos los estudios en los que se han obtenido datos acerca de los efectos de varios combates de Judo, como por ejemplo sobre variables de rendimiento muscular tales como FDM <sup>5,64</sup>, FI <sup>5,64,141,177</sup> y P <sup>5,64,82,158</sup> y relativos a las capacidades fisiológicas, como por ejemplo FC <sup>5,64,166,177</sup>, LAC <sup>5,18,50,64,82,141,158,166</sup> y PSE <sup>5,64,141,223–225</sup>.

En un reciente estudio <sup>64</sup> en el que se analizan conjuntamente parámetros musculares de rendimiento, tanto del tren superior (FI y FDM) como del inferior (P) y marcadores fisiológicos (durante el combate y en los tiempos de recuperación entre los mismos) se obtuvieron diferencias significativas entre los valores de las variables anteriormente citadas al comparar el test en reposo (previo a los combates) y el test tras cada uno de los 5 combates que formaban la competición.

Por el contrario, en otro estudio correspondiente a una competición simulada de 3 combates <sup>57</sup> no hubo diferencias significativas entre los valores fisiológicos de FC, PSE y LAC.

### **1.2.1.3. Pérdida de las capacidades de fuerza (Estudio 3)**

Analizando las acciones específicas que suceden en un combate de Judo, se observan continuamente contracciones explosivas excéntricas–concéntricas (ciclo de acortamiento – estiramiento: CAE) <sup>8,226</sup>. Este tipo de acciones generan una elevada carga mecánica, produciendo un elevado estrés en las estructuras musculares <sup>227,228</sup>.

Concretamente, un combate de Judo induce fatiga en el tren inferior, pudiendo ésta ser determinada mediante un test que involucre al CAE, como por ejemplo un salto con contramovimiento (CMJ) <sup>158</sup>. Además, gran parte del tiempo de combate se emplea en la lucha por el agarre, requiriendo altos niveles de resistencia a la fuerza dinámica e isométrica, especialmente en ambos antebrazos <sup>18,61</sup>. Por otra parte, los gestos técnicos de proyección ejecutados a alta intensidad están relacionados con la potencia del tren inferior <sup>16,44</sup>, así como los movimientos de inmovilización en el suelo al oponente lo hacen con la FDM de todo el cuerpo <sup>3,18</sup>. Por lo tanto, los judocas de competición necesitan desarrollar una amplia gama de habilidades de fuerza para poder ejecutar las acciones técnicas necesarias para obtener alguna puntuación durante un combate <sup>18</sup>.

Son abundantes los estudios que involucran a diversos parámetros de rendimiento muscular testados durante diversos estudios consistentes en competencias simuladas de Judo <sup>5,64,82,141,158,166,177,220,224</sup>. Concretamente, uno de estos estudios <sup>177</sup> estudio la influencia de 4 combates (5 minutos cada uno de ellos) de Judo sobre la FI (testada al finalizar cada uno de los combates), obteniendo un considerable descenso en dicha capacidad, sobre todo tras el 3º y 4º combate al compararlos con los test previos. Otro estudio posterior consistente en 3 combates de 5 minutos cada uno de ellos evidenció una reducción en los niveles de fuerza <sup>57</sup> a partir del 2º combate, concluyendo en líneas similares a previos estudios <sup>3,18</sup> que la fuerza y la resistencia son potenciales indicadores del rendimiento en Judo.

Un reciente estudio <sup>64</sup> determinó la evolución de los parámetros musculares de rendimiento durante una competición simulada de judo con 5 combates a 5 minutos cada uno, obteniendo un 5,30% de pérdida de FDM entre el 1º combate y el test inicial.

#### **1.2.1.4. Equilibrio (Estudio 4)**

Es abundante la literatura en la que se muestra que varios de los parámetros que actúan como indicadores del riesgo de lesión son los relativos a la habilidad de equilibrio <sup>229-232</sup>. Se hace evidente por ello la importancia del equilibrio postural como predictor de lesiones futuras <sup>233</sup>. En esta misma línea, otros estudios han evaluado diferentes métodos de entrenamiento acerca del equilibrio postural, aportando los niveles de riesgo inherente de lesión y los tiempos de descanso necesarios para una recuperación total de los parámetros propioceptivos <sup>234-238</sup>. De esta forma, los entrenadores podrán considerar el riesgo de lesión con el que los atletas deben hacer frente en cada momento de la temporada para diseñar los planes de entrenamiento <sup>237</sup>.

Sin embargo, en la literatura no se han encontrado excesivos estudios acerca de los parámetros relacionados con la utilización del CAE <sup>234</sup>, asociado con el rendimiento físico y el riesgo de lesiones <sup>239-243</sup>.

No existen estudios acerca de los efectos de una competición de Judo (en un estudio de campo, en situación real) sobre las variables relacionadas con el equilibrio (E).

#### **1.2.1.5. Diferencias físicas entre categorías junior y senior (Estudio 5)**

Son varios los autores que señalan que no son los mismos requisitos técnicos y condicionales los que garantizan el éxito en las distintas categorías de edad en la competición de judo, ya que un judoka joven con madurez adelantada puede tener éxito en competiciones de categorías inferiores sin que su bagaje técnico sea el adecuado y sus capacidades de fuerza explosiva o de potencia (necesario para la alta competición)<sup>19</sup>. Es por ello el aumento de la edad, respecto a otras décadas, de los medallistas internacionales y/o olímpicos en Judo. Ya en edad absoluta (categoría sénior) tampoco son los mismos requisitos para el judoka que entra en la alta competición, comparados con otro que lleve más de 10 años en ella, ya que ni las cargas ni los contenidos del entrenamiento ni su densidad pueden ser comparados<sup>162</sup>.

En un estudio en el que se realizó un análisis de los combates (nº de determinadas acciones y el tiempo de duración de las mismas) clasificando los resultados en 4 categorías de edad (infantil, cadete, Junior y sénior)<sup>17</sup> se obtuvo que los judokas sénior e infantiles eran los que más tiempo de combate dedicaban a la lucha de agarre, siendo superior en la categoría sénior. Por otra parte, en el mismo estudio se muestran resultados del tiempo de pausa de combate, siendo nuevamente superior en las dos categorías anteriormente citadas. El tiempo de combate en el que se produjeron acciones de judo pie fue mayor en categoría sénior y junior. Por último, el trabajo previo a realizar un gesto técnico específico de judo fue mayor en categoría sénior, en la línea de lo indicado previamente por distintos autores<sup>19</sup>.

Otro estudio posterior <sup>244</sup> muestra que en cuanto a la FI los judokas de categoría infantil obtienen de media  $37,70 \pm 11,90$  kg y los de categoría sénior (22 años) de  $51,40 \pm 8,20$  kg, valores similares los de ésta última categoría a los de diversos estudios:  $57,60 \pm 6,90$  <sup>177</sup>;  $49,22 \pm 5,48$  <sup>64</sup>. En lo referente al CMJ, los judokas de categoría infantil (14,7 años) obtuvieron  $30,8 \pm 10,5$  cm <sup>244</sup>. Por el contrario, los judokas sénior obtuvieron en la misma prueba  $45,4 \pm 5,2$  (20,7 años) <sup>158</sup> y  $35,36 \pm 4,66$  (20,95 años) <sup>64</sup>.

Podemos recapitular que el hecho de que la edad de los deportistas de élite en Judo es mayor que la de hace una década, ya que el judo es un deporte complejo donde para adquirir la optimización de sus aspectos específicos y capacidades condicionales que en él concluyen es necesario un tiempo relativamente alto de entrenamiento de máximo nivel <sup>19</sup>. En palabras del mismo autor, esto se debe al gran número de tareas que el judoka debe dominar y al tiempo de adaptación que necesita para optimizar los recursos condicionales y el procesamiento de la información. Por ello, se ha visto incrementada la edad con la que los deportistas consiguen la medalla de oro en los últimos campeonatos internacionales de relevancia

#### **1.2.1.6. Intervención sobre los descansos entre combates (Estudio 6)**

La influencia del tipo de recuperación sobre el rendimiento en una situación real de competición no termina de consensuarse en la literatura <sup>245</sup>. Diversos autores <sup>246,247</sup> reportaron mejor rendimiento físico cuando se aplicó una recuperación activa frente a otra pasiva. Por el contrario, no siempre se han encontrado beneficios en el rendimiento físico cuando se han comparado ambos tipos de recuperación <sup>248</sup> e incluso en el estudio de <sup>249</sup> se encontró que el rendimiento aumentó tras un descanso pasivo entre actividad física de alta intensidad, frente a una recuperación activa.

En un reciente estudio <sup>64</sup> se concluyó que 15 minutos de descanso entre los combates es insuficiente para volver a los valores basales, acumulándose fatiga tras cada uno de ellos, hecho que se relaciona con los datos de LAC postcombate de un estudio previo  $12,3 \pm 0,8$ , que concluyó que para volver a los valores basales en esta capacidad se necesitan 1h de descanso e incluso 24h para otras variables biológicas como AU y AM <sup>168</sup>. Sobre esta teoría, se incide en que este escaso tiempo de recuperación entre el esfuerzo físico que supone un combate de Judo es insuficiente para la resíntesis completa de los sustratos energéticos <sup>7</sup>. Otros autores afirman que en una sucesión de 4 combates de Judo, aumentan los valores pico de LAC 2 mmol/l entre el 1º y 4º combate, aún con los correspondientes descansos entre los combates <sup>141,177</sup>, por lo que el aclarado es insuficiente <sup>185</sup>.

Por otra parte, varios autores <sup>143</sup> obtuvieron tras un combate de judo distintos valores de LAC según el tipo de recuperación: activa ( $11,5 \pm 1,1$ ) y pasiva ( $13,4 \pm 5,2$ ), concluyendo que el aclarado de LAC es más rápido con una recuperación activa.

En cuanto a la P del tren inferior, mediante la ejecución del CMJ, varios autores <sup>67</sup> obtuvieron como resultado que a partir del 3º combate decrecen los valores en este parámetro. En estudios recientes <sup>64</sup> se ha obtenido una disminución progresiva de esta capacidad con respecto a los test basales, con diferencias significativas entre dicho test y los valores postcombate, deduciéndose que tras el intenso ejercicio físico que supone un combate de Judo en los deportistas, los 15 minutos de descanso vuelven a ser insuficientes para recuperar los valores basales, al igual que en las capacidades fisiológicas referenciadas anteriormente.

# 2. OBJETIVOS





## 2. AIMS

---

### 2.1. General

The main purpose of this doctoral thesis is to know the physical performance profile in Judo contest, in all the physical capacities that compose it. For this aim, it establishes 6 secondary purposes derived.

### 2.2. Specifics

1. To define the strength-velocity profile in high performance judo athletes (study 2).
2. To quantify the evolution of physiological and muscle performance parameters during a Judo contest (study 2).
3. To confirm and compare the strength levels after successive judo bouts (study 3).
4. To know the behaviour of balance ability in judo players in successive bouts of a judo contest (study 4).
5. To compare the muscular and physiological parameters in competition between junior and senior judo athletes (study 5).
6. To assess the acute effect of active rest between bouts in Judo competition (study 6)

## 2. OBJETIVOS

---

### 2.1. Generales

El principal objetivo para la presente tesis doctoral es el de conocer el perfil de rendimiento físico en la competición de Judo, en todas las capacidades físicas y que lo componen. Para ello, se establecen 6 objetivos secundarios derivados.

### 2.2. Específicos

1. Definir el perfil de fuerza – velocidad en judokas de alto nivel (estudio 1).
2. Cuantificar la evolución de los parámetros fisiológicos y musculares de rendimiento durante una competición de Judo (estudio 2).
3. Comprobar y comparar los niveles de fuerza tras sucesivos combates de Judo (estudio 3).
4. Conocer el comportamiento de la capacidad de equilibrio del judoka en los sucesivos combates de una competición de Judo (estudio 4).
5. Comparar los parámetros fisiológicos y musculares en competición entre judokas junior y senior (estudio 5).
6. Valorar el efecto agudo que suponen los descansos activos entre combates en la competición de Judo (estudio 6).

## 2.3 Hipótesis

### 2.3.1. Generales

El perfil de rendimiento físico en el Judo de competición mostrará altos niveles de exigencia física, con esfuerzos intermitentes de alta intensidad, provocando fatiga que se incrementará de un combate al siguiente.

### 2.3.2. Específicas

1. Los judokas tendrán un perfil de f-v equilibrado, muy cerca del perfil óptimo teórico, al considerarse el judo un deporte completo que demanda la implicación de los grandes grupos musculares (estudio 1).
2. Los valores asociados a rendimiento muscular y fisiológico se verán afectados a medida que avanza la competición, produciéndose mayores niveles de fatiga. (estudio 2).
3. Durante el desarrollo de la competición de Judo se producirá una pérdida de la capacidad de fuerza gradual y acumulativa, con mayor incidencia en los últimos combates. (estudio 3).
4. La capacidad de equilibrio se verá afectada durante la competición de Judo. La sucesión de combates provocará una disminución de esta capacidad a medida que avanza la competición (estudio 4).
5. Al comparar deportistas senior con junior, se observará que los senior presentarán mayores niveles de fuerza y de variables fisiológicas al inicio de la competición. Siendo la evolución de los valores diferente en las dos categorías a lo largo de la competición, existiendo mayor nivel de fatiga en los junior. (estudio 5).
6. Un modelo de recuperación activa en los descansos entre los combates de Judo tendrá una mayor influencia sobre los procesos de recuperación que los producidos por un descanso pasivo. (estudio 6).



# 3. METODOLOGÍA





## 3. MATERIAL Y MÉTODO.

---

La metodología seguida en la presente Tesis Doctoral ha sido descrita brevemente de forma gráfica en la tabla 3.1. La información más detallada y específica de cada uno de los distintos estudios que la componen (participantes, diseño, test y procedimientos, análisis estadístico...). Por otro lado, los test y procedimientos que se repiten en los sucesivos estudios han sido descritos únicamente en el primer estudio en el que aparecen.

Tabla 3.1: Resumen de los principales aspectos metodológicos incluidos en los distintos estudios que componen la presente tesis doctoral.

ESTUDIO	TIPO DE ESTUDIO	DE MUESTRA	VARIABLES	DISEÑO	ANÁLISIS ESTADÍSTICO
<b>1. Perfil de Fuerza/Velocidad en judokas de categoría nacional</b>	Descriptivo	14 sujetos masculinos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIST1</li> <li>• DIST2</li> <li>• Peso</li> <li>• Altura</li> <li>• Sjc</li> </ul>	Test incremental de SJ con carga	ANOVA medidas repetidas
<b>2. Efecto agudo de la competición de Judo sobre parámetros de rendimiento muscular y la respuesta fisiológica</b>	Transversal. Estudio de campo	29 sujetos masculinos	PSE, LAC, FC, FI, FDM y P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de medidas repetidas</li> <li>• Competición simulada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANOVA medidas repetidas.</li> <li>• Bonferroni y Friedman y Wilcoxon</li> <li>• Incrementos</li> </ul>
<b>3. Pérdida de fuerza en la competición de Judo asociada a parámetros de rendimiento muscular</b>	Transversal. Estudio de campo	41 sujetos masculinos	FI, FDM y P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de medidas repetidas</li> <li>• Competición simulada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANOVA medidas repetidas.</li> <li>• Bonferroni y Friedman y Wilcoxon</li> <li>• Porcentajes</li> <li>• Incrementos</li> </ul>
<b>4. Evolución de la habilidad de equilibrio durante la competición de Judo</b>	Transversal. Estudio de campo	22 sujetos masculinos	EA, SL y MV (pierna izquierda y derecha)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de medidas repetidas</li> <li>• Competición simulada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANOVA medidas repetidas.</li> <li>• Bonferroni y Friedman y Wilcoxon</li> <li>• Incrementos</li> </ul>
<b>5. Comparación de parámetros fisiológicos y musculares de rendimiento en una competición de Judo entre categorías junior y senior</b>	Transversal. Estudio de campo	37 sujetos masculinos (GEJ 19; GES 18).	PSE, LAC, FC, FI, FDM y P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de medidas repetidas</li> <li>• Competición simulada</li> <li>• 2 Grupos Exp: GEJ y GES.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANOVA 2 VIAS medidas repetidas.</li> <li>• Bonferroni y Friedman y Wilcoxon</li> <li>• Incrementos</li> </ul>
<b>6. Modelo de intervención activa sobre la recuperación en los descansos entre combates en la competición de Judo</b>	Experimental	12 sujetos masculinos (GC: 6; GE: 6)	PSE, LAC, FC, FI, FDM y P	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Estudio de medidas repetidas</li> <li>• Competición simulada</li> <li>• 1 Grupo Exp: descansos activos.</li> <li>• 1 Grupo Control: descansos pasivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ANOVA 2 VIAS medidas repetidas.</li> <li>• Bonferroni y Friedman y Wilcoxon</li> <li>• Incrementos</li> </ul>

DIST1: distancia vertical entre el suelo y el trocánter mayor de la pierna derecha en un ángulo de posición en cuclillas. DIST2: distancia desde la cadera hasta la punta del pie en posición de tumbado supino. SJ: Squat Jump. PSE: percepción subjetiva del esfuerzo. LAC: lactato. FC: frecuencia cardíaca. FI: fuerza isométrica. FDM: fuerza dinámica máxima. P: potencia (tren inferior). EA: elipse del área. SL: longitud de Sway. MV: velocidad media.

## **3.1. Participantes.**

### **3.1.1. Población de estudio.**

La población objeto de estudio estuvo formada por los judokas pertenecientes a la selección andaluza de judo durante las temporadas 2014 – 2015 y 2015 – 2016, en categoría junior y senior. De entre todos estos deportistas, se seleccionó a la muestra final para cada estudio (tabla 3.2) atendiendo a los criterios de inclusión y exclusión en el momento de la realización de cada toma de datos, siguiendo un muestreo intencional

250

### **3.1.2. Criterios de inclusión y exclusión.**

Los criterios de inclusión que se tuvieron en cuenta a la hora de seleccionar la muestra para todos los estudios fueron:

- Judokas en categoría junior y sénior.
- Mínimo 10 años de práctica ininterrumpida en judo y 3 en judo de competición.
- Grado mínimo: cinturón marrón.
- Tiempo de entrenamiento mínimo a la semana: 8h.
- Ser en la temporada actual medallistas andaluces o participantes en la fase final del Campeonato de España en la temporada anterior.
- Firmar un consentimiento informado de participación en el estudio.

En cuanto a los criterios de exclusión en los distintos estudios, vienen a complementar a los de inclusión para que la selección de la muestra sea más efectiva. Principalmente son:

- No cumplir algún criterio de inclusión.
- Practicar otros deportes de manera habitual, reglada y/o competitiva.
- Haber sufrido una lesión que le imposibilite entrenar en un periodo superior a 1 semana en los últimos 6 meses antes de la toma de datos.

Tabla 3.2: Resumen de los sujetos participantes en cada uno de los estudios que forman la presente tesis.

ESTUDIO	Nº SUJETOS	EDAD	PESO (KG)	ALTURA (CM)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	GC (%)	MM (%)
1	12	20,30 ± 3,92	76,48 ± 10,43	179,4 ± 5,30	23,80 ± 1,85	12,74 ± 5,24	66,31 ± 7,39
2	29	20,95 ± 3,19	74,43 ± 8,53	174,0 ± 4,60	24,60 ± 2,07	11,80 ± 5,55	62,27 ± 7,08
3	35	22,35 ± 3,29	76,23 ± 6,22	176,9 ± 4,10	23,41 ± 1,89	10,47 ± 4,98	64,03 ± 5,83
4	22	21,05 ± 2,89	178,31 ± 7,95	173,7 ± 3,40	22,01 ± 1,64	10,65 ± 4,05	69,86 ± 5,45
5	GEJ: 19	18,24 ± 0,32	78,64 ± 7,45	176,81 ± 4,39	24,48 ± 2,05	11,31 ± 5,72	67,92 ± 6,35
	GES: 18	26,08 ± 4,60	80,21 ± 7,61	175,87 ± 5,62	25,38 ± 2,89	11,78 ± 5,98	69,12 ± 7,87
6	GC: 6	18,11 ± 0,48	79,12 ± 9,29	179,87 ± 4,91	23,89 ± 2,39	13,06 ± 6,12	69,07 ± 6,81
	GE: 6	18,07 ± 0,60	80,21 ± 8,98	180,06 ± 6,29	25,03 ± 3,15	13,62 ± 6,23	70,31 ± 8,24

Kg: kilogramos. CM: centímetros. IMC: índice de masa corporal. GC: grasa corporal. MM: masa muscular.

### 3.2. Aspectos éticos.

El presente trabajo de investigación cumplió con los más altos estándares de tratamiento de la información, seguridad y ética, así como con la normativa de la Universidad de Jaén para cuestiones éticas, ya que el trabajo fue previamente aprobado por el Comité de Bioética de dicha universidad. Además, se han seguido las directrices de la Asociación Médica Mundial en la Declaración de Helsinki (2008). Se siguieron las directrices de la Unión Europea para ensayos con humanos (111/3976/88; Julio 1990) y la legislación española acerca de ensayos clínicos con humanos (Real Decreto 561/1993). Todos los sujetos firmaron un consentimiento informado para participar en cada una de las tomas de datos. Los deportistas menores de edad tuvieron que entregar dicho consentimiento firmado por sus padres o tutores legales.

Se realizaron sesiones previas de familiarización con los aparatos de medida, para no desvirtuar los resultados obtenidos. De la misma manera, los entrenadores de los deportistas y seleccionadores fueron informados del propósito de cada una de las

tomas de datos realizadas. Se les entregó un informe pormenorizado del estado físico individual de cada uno de los deportistas, a modo de evaluación de varios aspectos relacionados con la condición física en el momento de realización de la prueba.

### 3.3. Materiales. *Materials*

#### 3.3.1. Antropometría y Composición Corporal.

Para la evaluación de la composición corporal se contó con el sistema Tanita® 330 S Portable (imagen 3.1). Se trata de un analizador de composición corporal cuyo principio de funcionamiento está basado en el método de medición bipolar mediante la Impedancia Bioeléctrica.



Imagen 3.1: Dispositivo Tanita® 330 S Portable para la valoración de la composición corporal.

Con capacidad para 270 kg., y graduación de 50g. (0 - 200kg) y 100g (201 - 270kg) mide parámetros tales como masa grasa (kg - %), nivel de grasa visceral, masa libre de grasa (kg - %), masa muscular (kg - %), agua corporal (kg - %), masa ósea estimada (kg - %), índice de masa corporal, peso, talla, metabolismo basal, edad metabólica, constitución física y valores de referencia.

Este dispositivo se conecta a un ordenador por medio del puerto RS232C y USB, mediante el software Suite Lite (imagen 3.2). Con calibración automática (hasta 300.000 pesadas) muestra los resultados en 20 segundos, pudiendo ser impresos con su Impresora Térmica integrada.

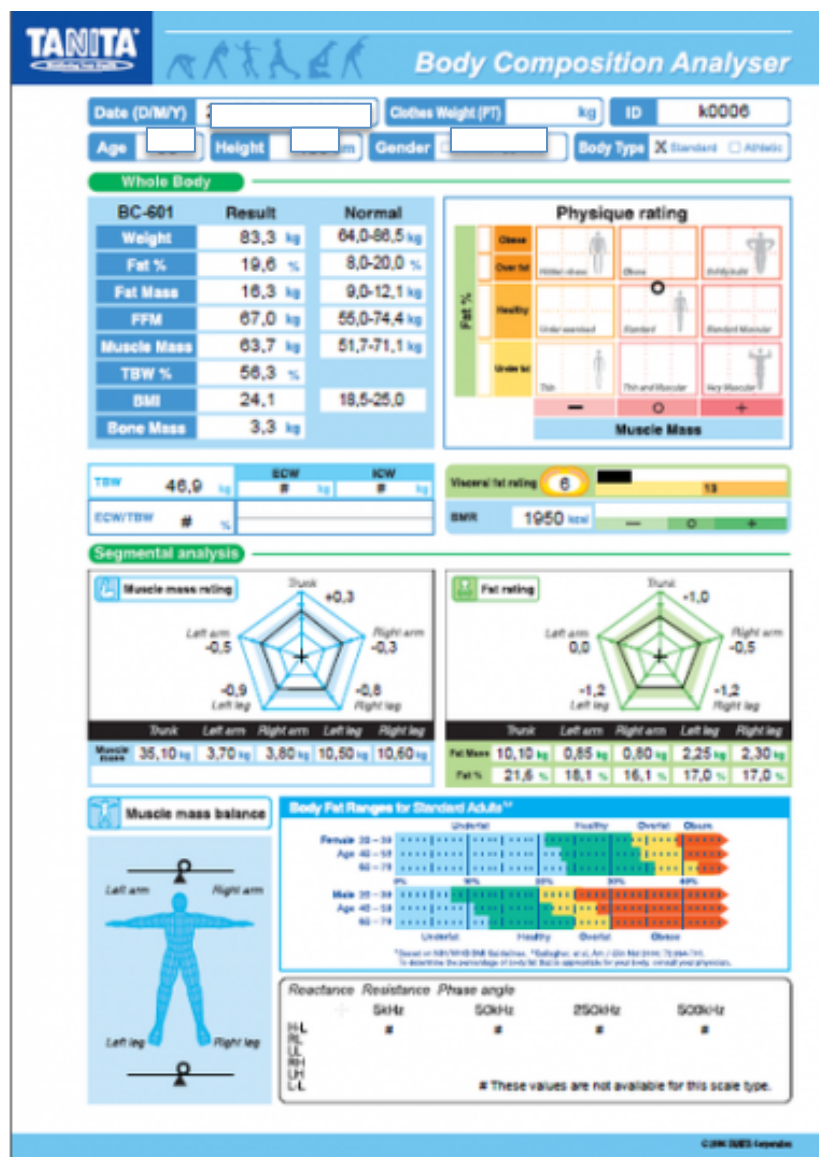


Imagen 3.2: Software Suite Lite.

### 3.3.2. Frecuencia Cardíaca.

Se registró la FC de los sujetos mediante la monitorización con el dispositivo Polar Team<sup>2</sup>® (imagen 3.3). Cuenta con registro codificado para evitar interferencias entre los distintos dispositivos utilizados simultáneamente durante los combates, sincronizados con un ordenador personal HP Pavilion dv6 el software propio del dispositivo (Imagen 3.4). Con este avanzado software, se obtienen registros a tiempo real, con la posibilidad de ser volcados al ordenador, para facilitar su procesamiento y tratado. Además, cabe la posibilidad de controlar al mismo tiempo hasta a 10 sujetos a tiempo real, por lo que de esta manera se pueden registrar y analizar los tiempos de descanso y la influencia de la frecuencia cardíaca en la recuperación de los mismos. La cinta de los pulsómetros fue fijada en el pecho de los sujetos con un ligero acolchado, para evitar molestias y posibles daños durante los combates.



Imagen 3.3: Dispositivo Polar Team<sup>2</sup>®.



Imagen 3.4: Imagen del Software propio del sistema Polar Team<sup>2</sup>® en la que se muestra gráficamente la evolución de la Frecuencia Cardíaca (FC) durante la competición de judo simulada.

### 3.3.3. Percepción Subjetiva del Esfuerzo.

El material usado para la evaluación de la percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) fue la Escala de Borg<sup>199</sup> (imagen 3.5). Es una escala de valoración del esfuerzo que supone cualquier tipo de actividad física, cuyos valores oscilan desde el 6 (esfuerzo mínimo) hasta el 20 (esfuerzo máximo: agotamiento).

	DESCRIPCIÓN
6	
7	MUY MUY SUAVE
8	
9	MUY SUAVE
10	
11	SUAVE
12	
13	ALGO INTENSO
14	
15	INTENSO
16	
17	MUY INTENSO
18	
19	MUY MUY INTENSO
20	MÁXIMO

Imagen 3.5: Escala de Percepción Subjetiva del Esfuerzo <sup>199</sup>.

#### 3.3.4. Lactato.

Como analizador de lactato fue empleado el Lactate Scout <sup>®</sup> (imagen 3.6), un pequeño aparato (85 gr) que utiliza unas tiras reactivas para el análisis del ácido láctico, usando para ello un biosensor enzimático-amperométrico como elemento de medición. La tira reactiva engloba y cubre la sangre absorbida, con lo que se reduce de forma importante el riesgo de infección.



Imagen 3.6: Dispositivo Lactate Scout®.

El rango de medición va desde 0,5 hasta 25,0 y como volumen de sangre precisa solo 0,5 microlitos ( $\mu\text{l}$ ) para su proceso analítico. Se han realizado diferentes estudios comparativos, encontrándose correlaciones por encima de 0,95 en los niveles más habituales de análisis de ácido láctico (cifras por debajo de 15 mmol/l) y un coeficiente de variación: 3% - 8% (dependiendo de la concentración), por lo que la fiabilidad de los resultados está garantizada.

Se cuenta con la ventaja de que en 10 segundos muestra el resultado, por lo que se controlaron de forma simultánea a varios deportistas y los datos fueron vertidos a un ordenador portátil mediante su puerto USB 2.0. Se trabajó con una capacidad de almacenamiento de 250 resultados, pudiéndose guardar el valor del ácido láctico junto con el día y la hora en que se realizó cada medición. Cuenta con certificación europea (CE 0483).

### 3.3.5. Potencia Muscular ,

Dicha potencia fue cuantificada gracias al sistema OptoGait de Microgate® (Bolzano, Italy) (imagen 3.7). Se trata de un sistema de obtención óptica de datos, compuesto de una barra óptica transmisora y una receptora, empleado en estudios similares<sup>251-253</sup>.



Imagen 3.7: Dispositivo OptoGait, Microgate®.

Cada una contiene 100 leds infrarrojos (1 cm. de resolución). Estos leds están ubicados sobre la barra transmisora y se comunican continuamente con otros leds ubicados en la barra receptora. El sistema detecta eventuales interrupciones y su duración. Esto permite la medición de los tiempos de vuelo y de contacto durante la ejecución de una serie de saltos, con una precisión de 1/1000 de segundo. Partiendo de esta base de datos fundamentales, el software propio (imagen 3.8) permite la obtención, con máxima precisión y en tiempo real, de una serie de parámetros ligados al rendimiento del atleta.



Imagen 3.8: Software del dispositivo OptoGait®.

Por otra parte la ausencia de las partes mecánicas en movimiento garantiza su precisión y fiabilidad. Así, cabe la posibilidad de realizar un test básico de salto para comprobar la eficiencia biomecánica. Además, con un test tradicional de CMJ, se verifica la máxima potencia en combinación con el ángulo de rotación pélvica.

### 3.3.6. Fuerza Dinámica Máxima.

El sistema empleado para la evaluación de la fuerza máxima fue el T - Force Dynamic Measurement System® (Imagen 3.9), siguiendo las indicaciones de estudios previos<sup>254,255</sup>. Se trata de un sistema dinámico de medida para la evaluación y entrenamiento de la fuerza muscular. El transductor de velocidad contiene en su interior un tacogenerador de alta precisión que mide la velocidad a la que se estira o retrae el cable de 2 metros que tiene incorporado. Por medio de este sensor, se obtiene una determinación directa de la velocidad a la que se desplaza la carga (peso) en cada ejecución. El sistema distingue automáticamente las distintas repeticiones y fases (excéntrica y concéntrica) dentro de una ejecución, permitiendo registrar múltiples series de un ejercicio.



Imagen 3.9: Dispositivo T – Force®.

Dicho dispositivo registra los parámetros mecánicos de cualquier movimiento realizado con peso libre (desplazamiento, velocidad, aceleración, fuerza, potencia, etc.). Datos como velocidad media, pico de fuerza, potencia media, tiempo de la fase acelerativa, máximo desplazamiento, etc. son automáticamente mostrados por pantalla y registrados para su análisis.

Entre sus características destaca ser un transductor lineal con medición directa de la velocidad de desplazamiento de las cargas, con frecuencia de 1KHz en la recogida de datos (1 dato cada ms). Estos se vuelcan automáticamente en el software propio (imagen 2.10) con el que se permite controlar los datos más importantes relativos a cada ejecución. De esta forma, hardware y software se conectan a través de un interface, el cual consta de una tarjeta electrónica de adquisición de datos dotada de un conversor A/D de 14 bits de resolución que transforma la señal analógica emitida por el transductor en una señal digital que es recibida por el software.

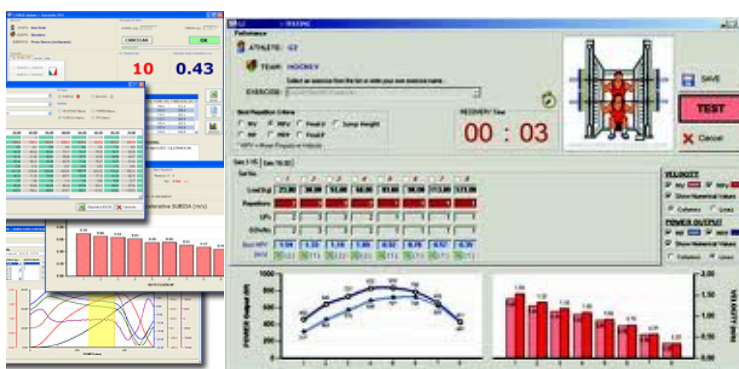


Imagen 3.10: Software del dispositivo T – Force®.

Los parámetros mecánicos (cinemáticos y dinámicos) de las diferentes series y repeticiones de cada deportista estuvieron disponibles automáticamente tras terminar cada ejecución, sin necesidad de cálculos adicionales, ahorrando una cantidad considerable de tiempo.

### 3.3.7. Fuerza Isométrica Manual.

La recogida de datos de la fuerza isométrica máxima se llevó a cabo con el dinamómetro digital Psymtéc TTK – 5101, teniendo en cuenta las consideraciones de diversos autores <sup>11,57,61,256</sup> (imagen 3.11). Fue empleado tanto en los test preliminares como durante de una competición (antes del 1º combate y tras cada uno de ellos). Con ello, se puede mostrar la medida de los valores máximos de la fuerza de flexión estática para ambas manos, para lo que se tiene un arco de medida de 0,5 a 100kgf, precisión de  $\pm 2,0$ kgf y unidad mínima de medida de 0,1 kgf.



Imagen 3.11: Dispositivo Psymtéc TTK – 5101®.

### 3.3.8. Habilidad de equilibrio.

El dispositivo baropodométrico FreeMed® Base (Sensormédica, Roma, Italia) fue el utilizado para obtener los parámetros estabilométricos (imagen 3.12). Cuenta con una plataforma es de 555 Å~ 420 mm, con una superficie activa de 400 Å~ 400 mm y 8 mm de grosor. Su eficacia ha sido probada en estudios previos <sup>240</sup>.



Imagen 3.12: Dispositivo FreeMed® Base.

Además, mediante el software FreeStep® Standard 3.0 software (Sensormédica) fue calculado el centro de presiones (CP) y el área ocupada en la realización de cada test (imagen 3.13).

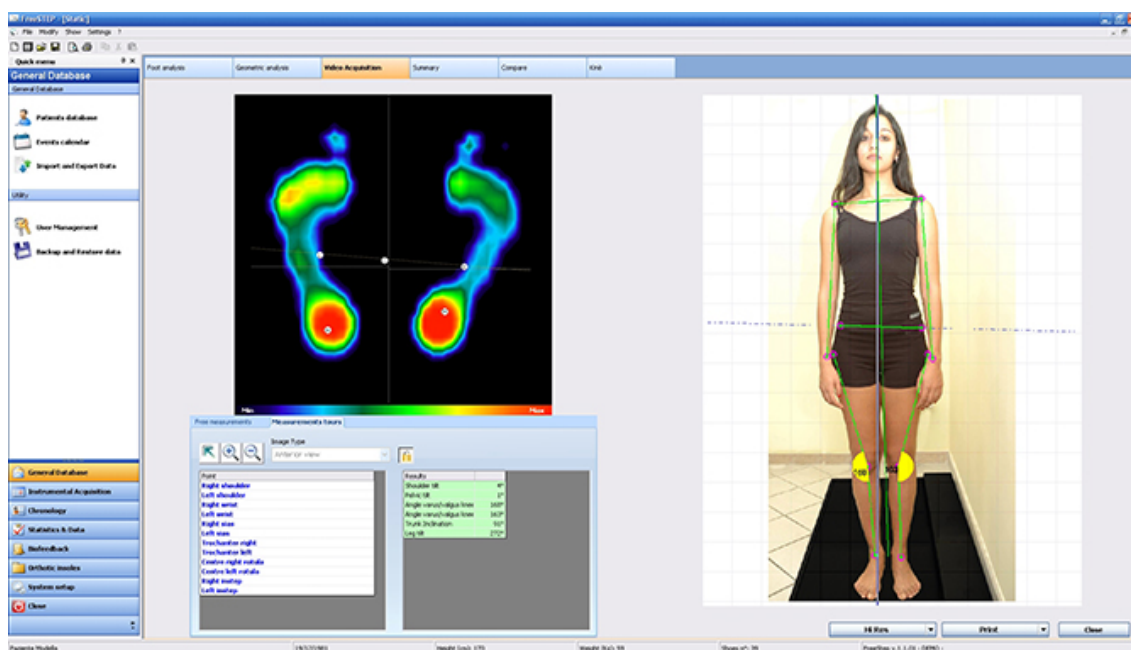


Imagen 3.13: Software FreeStep® Standard 3.0.

### **3.4. Variables de Investigaci3n. Procedimiento.**

#### **3.4.1. Antropometría y Composici3n Corporal.**

Para a la formaci3n de las categorías de peso de cara a las distintas jornadas de toma de datos se obtuvo tanto el peso de los sujetos (kg) como el índice de masa corporal (IMC) seg3n las normas establecidas por la IJF <sup>15</sup> para los controles de peso, esto es: en ropa interior y descalzo sobre la plataforma de pesado. Las tomas de datos del peso fue realizado en reposo, antes de realizar la prueba y junto con el peso se le entreg3 a los deportistas un informe pormenorizado de su composici3n corporal, a modo de evaluaci3n y control de la composici3n corporal.

Se realiz3 el control de peso a los judokas participantes con el material descrito anteriormente para obtener sus parámetros corporales y poder así encuadrarlos en grupos de peso similar. Para ello, se tuvieron en cuenta las siguientes variables: Masa Corporal (MC), Masa Grasa (MG) y Masa Muscular (MM). El procedimiento fue similar a otros estudios relacionados <sup>166,225</sup>.

#### **3.4.2. Perfil Fuerza – Velocidad.**

Para hallar el perfil de fuerza se sigui3 el protocolo específcico estandarizado para tal efecto <sup>210</sup>. Siguiendo las consideraciones expuestas por dichos autores, y al ser el CMJ un ejercicio com3n en el entrenamiento de los participantes y tener automatizada la acci3n t3cnica, se pretendía que la ejecuci3n de los saltos fuese lo más correcta posible y sin contramovimiento.

En la ejecución de cada repetición de SJ se pretendía que alcanzaran la máxima altura vertical en el salto, siguiendo el protocolo establecido para su correcta ejecución<sup>257</sup>. Los SJ se realizaron con peso libre, no empleándose máquinas con guías ni dispositivos similares. Para su ejecución, los sujetos se situaban con una barra sobre sus hombros para las condiciones de cargas adicionales o con las manos sobre las caderas en la condición sin carga. Después iniciaban el SJ con un movimiento hacia abajo hasta alcanzar un ángulo de 90° (rodilla en posición inicial flexionado), medida de antemano como la distancia vertical entre el suelo y el trocánter mayor de la pierna derecha y comprobados por el experimentador utilizando una regla vertical antes de los ensayos<sup>258</sup>. Después de mantener esta posición durante al menos 1 s (para evitar el contramovimiento), se les pidió que aplicaran la máxima fuerza tan rápidamente como fuera posible saltando la altura máxima sin separar las manos de las caderas y manteniendo los pies estirados una vez producido el despegue del suelo. En caso de no cumplirse estos requisitos, se repetía la ejecución.

Con este procedimiento, se obtuvieron las variables recogidas en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Variables de perfil de fuerza – velocidad.

ABREVIATURA	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA
<b>CMJO</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento en reposo	cm
<b>CMJc</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento con la carga máxima que el sujeto pueda alcanzar una altura mínima de 20cm.	cm
<b>C1ms</b>	Carga desplazada por el sujeto a la velocidad de $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ en el ejercicio de sentadilla completa.	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
<b>1RM</b>	Carga máxima desplazada por el sujeto en el ejercicio de sentadilla completa	kg
<b>F-V</b>	Perfil de Fuerza – Velocidad (déficit de fuerza – velocidad y pérdida de rendimiento)	
<b>VO</b>	Velocidad máxima de acortamiento muscular ante una carga nula	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
<b>FIM</b>	Fuerza máxima isométrica	N/kg
<b>PO</b>	Perfil óptimo: relación óptima entre las variables fuerza y velocidad	

### 3.4.3. Frecuencia Cardíaca.

Los sujetos realizaron cada una de las tomas de datos con un pulsómetro y su correspondiente banda sujeta firmemente sobre el pecho, a la altura del corazón (imagen 3.14), y lo mantuvieron durante el desarrollo de dicha prueba. Al estar sincronizado con la unidad central y esta a su vez con un ordenador, se obtuvieron a tiempo real los datos relativos a la FC (tanto en combate como en los descansos entre ellos).



Imagen 3.14: colocación del pulsómetro sobre el sujeto.

### 3.4.4. Percepción Subjetiva del Esfuerzo.

En cuanto al parámetro de la percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) fue obtenido inmediatamente al finalizar cada combate. Se le mostró a cada sujeto una escala (descrita en el apartado 3.4. Materiales) sobre la que debían indicar el grado de esfuerzo que dicho combate les había supuesto, así como el total de fatiga acumulada durante los sucesivos combates, siguiendo las consideraciones de estudios previos <sup>5,64,178</sup>.

Los sujetos utilizan con asiduidad esta escala en sus sesiones de entrenamiento e incluso en competiciones reales, por lo que estaban totalmente familiarizados con su uso y con sus diferentes niveles de dificultad.

### 3.4.5. Lactato.

Para la obtención de las muestras de sangre y su posterior análisis en busca de los valores de LAC se contó con una enfermera (imagen 3.15), que realizó dichas extracciones siguiendo los protocolos estandarizados y las consideraciones éticas pertinentes para tal efecto <sup>5,8,61,143,158,220,256,259-261</sup>. El procedimiento seguido para dicha obtención comenzaba con la limpieza y desinfección del dedo índice de la mano dominante de cada sujeto 3 minutos después de cada combate (LAC3), ya que desde el final del combate hasta pasado este tiempo los niveles de LAC no se mantienen estables, dejando de aumentar <sup>262</sup>. Con un leve pinchazo, se le extraía una gota de sangre capilar que sería retirada para volver a desinfectar la zona, extrayendo a continuación una nueva gota que sería depositada en la tira reactiva del analizador. Este procedimiento se repetía 1 minuto antes de que el sujeto realizara un nuevo combate (LAC1).



Imagen 3.15: protocolo de extracción de la muestra de sangre capilar para el posterior análisis de lactato (LAC).

### 3.4.6. Potencia Muscular.

En la actualidad se entiende que el CMJ sin cargas adicionales posee un alto nivel de fiabilidad, con un coeficiente de correlación intraclase (CCI) de 0,98<sup>263</sup>. La acción propulsora del tren inferior durante su ejecución puede ser tomada como un método de evaluación de las características explosivas (potencia, relación fuerza – velocidad...), no solo en sujetos sedentarios si no principalmente en deportistas de élite<sup>264-267</sup>.

El test de potencia muscular (PM) del tren inferior consistió en la realización de un CMJ<sup>257</sup> tras cada combate, siguiendo las consideraciones sobre la ejecución del mismo establecidas por diversos autores<sup>7,251</sup>. Es un salto vertical (imagen 3.16) que pretende alcanzar la máxima elevación del centro de gravedad mediante una flexo – extensión (hasta 90° aproximadamente) balística de las piernas, minimizando al máximo la transición entre las fases excéntrica y concéntrica del mismo<sup>101</sup> y probándose la correlación ( $r=0,928$ ) entre ambas variables<sup>268</sup>.

Además, los sujetos eran experimentados en la realización habitual de ejercicios pliométricos en sus sesiones de entrenamiento. No obstante, realizaron una sesión de familiarización acerca del CMJ y su correcta ejecución. En el día de la prueba, realizaron dos tentativas, con 15 segundos de recuperación entre ellos. El mejor resultado fue seleccionado para el análisis estadístico.



Imagen 3.16: Secuencia de la ejecución correspondiente al salto CMJ.

Las variables objeto de estudio relacionadas con la potencia muscular del tren inferior fueron CMJO (salto con contramovimiento en reposo) y CMJn (salto con contramovimiento tras el combate n).

#### 3.4.7. Fuerza Dinámica Máxima.

El ejercicio de press de banca se usó para calcular parámetros de rendimiento muscular del tren superior, específicamente la velocidad media propulsiva (VMP) de cada repetición. Este ejercicio (imagen 3.17) es familiar para los sujetos puesto que se realiza habitualmente en el entrenamiento físico de deportes de combate<sup>269</sup>. En un test incremental se requirió a los sujetos que realizaran una repetición con la máxima carga posible que les permitiera una velocidad de ejecución de al menos 1 m/s (60%–70% 1RM.)<sup>57,270</sup>, para poder aumentar la carga y determinar así la de las siguientes

repeticiones <sup>271</sup>. En el test postcombate, se realizó una única repetición, para no generar fatiga en los sujetos, con la carga determinada en los test previos.



Imagen 3.17: Secuencia de la ejecución correspondiente al ejercicio de pres de banca.

#### 3.4.8. Fuerza Isométrica Manual.

Para la evaluación de la FI se alentó a los sujetos a realizar 5 contracciones isométricas máximas, con cada mano, de 5 segundos de duración cada una con 15 segundos de descanso entre ellas. Para ello, debían realizarla con el brazo relajado, estirado a lo largo del cuerpo pero separado tanto de la cadera como del muslo (imagen 2.18). De ellos, el mejor resultado fue seleccionado para el posterior análisis estadístico. Los sujetos pudieron adaptar su agarre óptimo sobre el dinamómetro según la fórmula de calibración de varios autores <sup>272</sup>.



Imagen 3.18: Secuencia de la ejecución de una contracción isométrica máxima manual.

### 3.4.9. Habilidad de equilibrio

La habilidad de equilibrio fueron calculadas mediante un test estabilométrico monopodal (imagen 3.19) inmediatamente al finalizar cada combate (10 Å~ 400 m y 40 Å~ 100 m). En la ejecución de dicho test, los sujetos tenían que permanecer sobre una pierna durante 10 segundos, teniendo la otra flexionada en 90º hacia delante. Pasado ese tiempo, se realizó el test con la otra pierna. Los brazos permanecieron en el costado y con la cabeza erguida mirando hacia el frente. Este protocolo ha sido testado en estudios previos<sup>233,234,237,240</sup> Se obtuvo la longitud y el área de la superficie ocupada por el centro de presiones (CP), así como la velocidad de los movimientos en el CP (índice de Sway).



Imagen 3.19: Secuencia de la ejecuci3n del test de equilibrio.

#### 3.4.10. Tabla resumen de Variables.

A continuaci3n se resumen las variables de investigaci3n utilizadas en la presente tesis (tabla 3.4).

Tabla 3.4: resumen de las variables de investigación utilizadas en la presente tesis doctoral.

<b>ABREVIATURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>ESTUDIO</b>
<b>PSEn</b>	Percepción Subjetiva del Esfuerzo tras el combate n	6 - 20	2,5, y 6
<b>FCMCn</b>	Frecuencia cardíaca media durante el combate n	ppm	2,5, y 6
<b>FCMDn</b>	Frecuencia cardíaca media durante el descanso n	ppm	2,5, y 6
<b>FCMXCn</b>	Frecuencia cardíaca máxima durante el combate n	ppm	2,5, y 6
<b>FCMXDn</b>	Frecuencia cardíaca máxima durante el descanso n	ppm	2,5, y 6
<b>LACDn</b>	Lactato tras 3' del final del combate n	mmol/l	2,5, y 6
<b>LACAn</b>	Lactato 1' antes del combate n	mmol/l	2,5, y 6
<b>CMJO</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento en reposo	cm	1
<b>CMJn</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento tras el combate n	cm	2,3,5, y 6
<b>CMJc</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento con la carga máxima que el sujeto pueda alcanzar una altura mínima de 20cm.	cm	1
<b>C1ms</b>	Carga desplazada por el sujeto a la velocidad de $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ en el ejercicio de sentadilla completa.	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	1
<b>1RM</b>	Carga máxima desplazada por el sujeto en el ejercicio de sentadilla completa	kg	1
<b>F-V</b>	Perfil de Fuerza – Velocidad (déficit de fuerza – velocidad y pérdida de rendimiento)		1
<b>VO</b>	Velocidad máxima de acortamiento muscular ante una carga nula	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	1
<b>F0</b>	Fuerza máxima isométrica	N/kg	1
<b>P0</b>	Perfil óptimo: relación óptima entre las variables fuerza y velocidad		1
<b>VMPO</b>	Velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca en reposo	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	2,3,5 y 6
<b>VMPn</b>	Velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca tras el combate n.	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	2,3,5 y 6
<b>FIDO</b>	Fuerza isométrica manual mano derecha en reposo	kgf	2,3,5 y 6
<b>FIDn</b>	Fuerza isométrica manual mano derecha tras el combate n	kgf	2,3,5 y 6
<b>FII0</b>	Fuerza isométrica manual mano izquierda en reposo	kgf	2,3,5 y 6

<b>ABREVIATURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>	<b>ESTUDIO</b>
<b>FIIn</b>	Fuerza isométrica manual mano izquierda tras el combate n	kgf	2,3,5 y 6
<b>EAI0</b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie izquierdo en reposo	cm	4
<b>EAIIn</b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie izquierdo tras el combate n	cm	4
<b>EAD0</b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie derecho en reposo	cm	4
<b>EADn</b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie derecho tras el combate n	cm	4
<b>SLI0</b>	Longitud de Sway del pie izquierdo en reposo	cm	4
<b>SLIn</b>	Longitud de Sway del pie izquierdo tras el combate n	cm	4
<b>SLD0</b>	Longitud de Sway correspondiente al CP del pie derecho en reposo	cm	4
<b>SLDn</b>	Longitud de Sway correspondiente al CP del pie derecho tras el combate n	cm	4
<b>MVIO</b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie izquierdo en reposo	$m \cdot s^{-1}$	4
<b>MVIn</b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie izquierdo tras el combate n	$m \cdot s^{-1}$	4
<b>MVDO</b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie derecho en reposo	$m \cdot s^{-1}$	4
<b>MVDn</b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie derecho tras el combate n	$m \cdot s^{-1}$	4

cm: centímetros. kgf: kilogramos de fuerza.  $m \cdot s^{-1}$ : metro por segundo.

### **3.5. Estudio 1: Perfil de Fuerza/Velocidad en judokas de categoría nacional.**

#### **3.5.1. Participantes.**

14 judokas masculinos (edad:  $20.30 \pm 3.92$  años; peso:  $76.48 \pm 10.43$  kg; altura:  $179.4 \pm 5.30$  cm; IMC:  $23.80 \pm 1.85$  kg/m<sup>2</sup>; GC:  $12.74 \pm 5.24\%$ ; MM:  $66.31 \pm 7.39\%$ ), que participaron voluntariamente en presente estudio. Todos ellos aportaron un consentimiento informado (los menores de edad firmado por sus tutores legales), que se rigió por los estándares éticos descritos anteriormente. Previamente se realizó una reunión informativa pormenorizando las características del estudio, detallando los objetivos, procedimiento y aspectos relevantes del mismo.

#### **3.5.2. Diseño.**

Se utilizó un diseño de medidas repetidas (figura 3.1). En las 72 h anteriores al experimento no realizaron actividad física. Inicialmente se midió el peso, la talla, la distancia vertical entre el suelo y el trocánter mayor de la pierna derecha en un ángulo de posición en cuclillas, Rodilla 90 ° y la distancia desde la cadera hasta la punta del pie en posición de tumbado supino.

Previamente a la toma de datos, realizaron un calentamiento de 20 minutos de duración (10 minutos de ejercicios generales y 10 minutos de ejercicios de potenciación del tren inferior). Seguidamente ejecutaron 2 repeticiones del salto Squat Jump (SJ), siendo seleccionado el mejor resultado para el análisis en cada una de sus tentativas, siendo estas con cargas adicionales de 0, 25, 50, 75 y 100% de su masa corporal<sup>258</sup>. Se estableció un descanso de 2 minutos para cada repetición<sup>211</sup>.

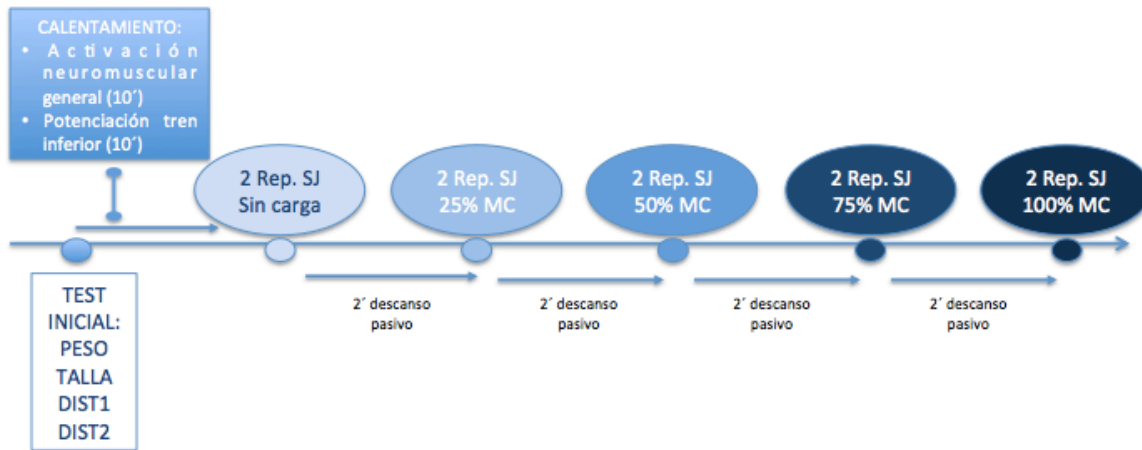


Figura 3.1: Diseño de investigación del Estudio 1. DIST1: distancia vertical entre el suelo y el trocánter mayor de la pierna derecha en un ángulo de posición en cuclillas. DIST2: distancia desde la cadera hasta la punta del pie en posición de tumbado supino. REP: repetición. SJ: Squat Jump.

### 3.5.3. Variables.

Las variables de investigación seleccionadas para el presente estudio se recogen en la tabla 3.5.

Tabla 3.5: resumen de las variables de investigación del estudio 1.

ABREVIATURA	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA
<b>CMJO</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento en reposo	cm
<b>CMJc</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento con la carga máxima que el sujeto pueda alcanzar una altura mínima de 20cm.	cm
<b>C1ms</b>	Carga desplazada por el sujeto a la velocidad de $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ en el ejercicio de sentadilla completa.	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
<b>1RM</b>	Carga máxima desplazada por el sujeto en el ejercicio de sentadilla completa	kg
<b>F-V</b>	Perfil de Fuerza – Velocidad (déficit de fuerza – velocidad y pérdida de rendimiento)	
<b>V0</b>	Velocidad máxima de acortamiento muscular ante una carga nula	$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
<b>FIM</b>	Fuerza máxima isométrica	kg
<b>PO</b>	Perfil óptimo: relación óptima entre las variables fuerza y velocidad	%

cm: centímetros. kgf: kilogramos de fuerza.  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ : metro por segundo.

#### **3.5.4. Análisis Estadístico.**

Para el análisis estadístico de los datos se empleó el programa informático SPSS, v.19.0 para Windows (SPSS Inc, Chicago, USA), obteniéndose con él un nivel de significación  $p < 0.05$ . Los datos fueron presentados como medias y desviación típicas. Se comprobó la normalidad de distribución y homogeneidad de la muestra con las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Levene. En cuanto al análisis de las diferencias entre grupos fue empleado un análisis de varianza (ANOVA).

### **3.6. Estudio 2: Efecto agudo de la competición de Judo sobre parámetros de rendimiento muscular y la respuesta fisiológica.**

#### **3.6.1. Participantes.**

La muestra de participantes en el presente estudio la formaron 29 judokas masculinos (edad:  $20.95 \pm 3.19$  años; peso:  $74.43 \pm 8.53$  kg; altura:  $174.0 \pm 4.6$  cm; IMC:  $24.60 \pm 2.03$  kg/m<sup>2</sup>; GC:  $11.80 \pm 5.55\%$ ; MM:  $62.27 \pm 7.08\%$  que participaron voluntariamente en él. Tras recibir detallada información de los objetivos del estudio y su procedimiento, los sujetos aportaron un consentimiento informado en concordancia con los estándares éticos descritos anteriormente, así como con los criterios de inclusión anteriormente descritos que permiten la participación en el presente estudio.

### 3.6.2. Diseño.

Se llevó a cabo un estudio de medidas repetidas (figura 3.2) que consistía en realizar una competición simulada de Judo compuesta por 5 combates de 5 minutos cada uno (de tiempo real, con el cronómetro parado en las interrupciones) para evaluar los efectos sobre el rendimiento físico durante y después de los combates. Si se marcaba un ippon (máxima puntuación: en ese momento, se acaba el combate. Reglamento Oficial <sup>15</sup>) el combate continuaba hasta el final del tiempo (5 minutos). 15 minutos de descanso pasivo separaban cada combate del siguiente para todos los deportistas, tal y como en otros protocolos similares de competiciones simuladas <sup>61,64,141,158,166</sup>.

El sistema de competición utilizado fue el oficial por la IJF para 6 judokas de la misma categoría de peso. Cada uno de ellos tuvo que realizar un combate con los otros 5 deportistas que conformaban su grupo. La evaluación se realizó en un momento de la temporada coincidente con el final del mesociclo inmediatamente anterior (2 semanas aproximadamente) a la primera fase del Campeonato de España Absoluto de Judo, encontrándose por ello los sujetos en un punto alto de su preparación.

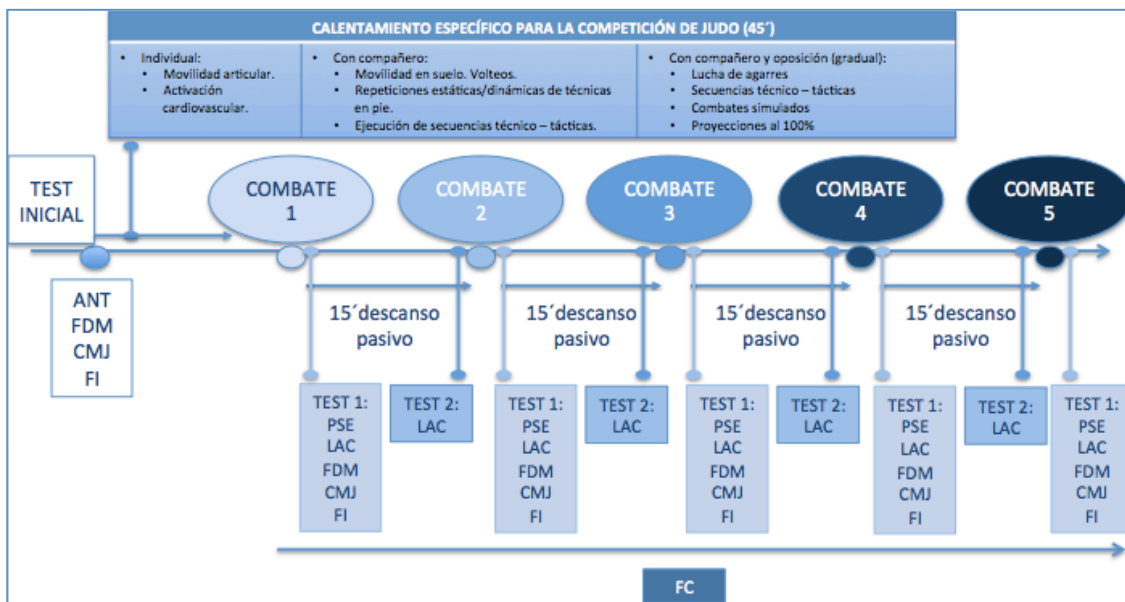


Figura 3.2: Diseño de investigación del Estudio 2. ANT: valores antropométricos, TEST 1: test realizados inmediatamente al finalizar el combate, excepto LAC, realizado 3' después), LAC: acumulación de lactato, PSE: percepción subjetiva del esfuerzo, FDM: fuerza dinámica máxima, CMJ: salto con contramovimiento, FI: fuerza isométrica manual, FC: frecuencia cardíaca. TEST 2: test realizado 1' antes del combate.

Los sujetos fueron encuadrados en grupos formados por categorías de peso sin que hubiera una diferencia entre ellos mayor de un 10%, siguiendo así las recomendaciones de varios estudios recientes<sup>57,158,166</sup>. Previamente a la realización de la competición simulada, se realizó un test en reposo para calcular el 100% en cada uno de las variables y así calcular el impacto de los sucesivos combates sobre las mismas. Se realizó antes incluso del calentamiento específico para la competición de judo para no incidir en la misma. En cuanto al desarrollo de la competición, se respetó el protocolo oficial de la IJF.

### **3.6.3. Variables.**

Con el objetivo de valorar el impacto de la competición de Judo sobre las demandas fisiológicas y de fuerza, distintos parámetros fueron medidos inmediatamente después de cada combate (tabla 3.6): Percepción Subjetiva del Esfuerzo (PSE), Fuerza Dinámica Máxima (FDM), Potencia del Tren Inferior (Salto con Contramovimiento: CMJ), y Fuerza Isométrica manual (FI). Los valores de Lactato en sangre (LAC) fueron medidos en dos ocasiones en cada combate: la primera a los 3 minutos de acabar el combate y la segunda 1 minuto antes de empezar el siguiente combate, para valorar la capacidad de aclarado durante el descanso. Por otra parte, se monitorizó la Frecuencia Cardíaca (FC) durante toda la competición, obteniendo datos máximos y medios tanto de los combates como de los descansos.

Tabla 3.6: Variables de investigación analizadas en el estudio 2.

<b>ABREVIATURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
<b>PSEn</b>	Percepción Subjetiva del Esfuerzo tras el combate n	6 - 20
<b>FCMCn</b>	Frecuencia cardíaca media durante el combate n	ppm
<b>FCMDn</b>	Frecuencia cardíaca media durante el descanso n	ppm
<b>FCMXCn</b>	Frecuencia cardíaca máxima durante el combate n	ppm
<b>FCMXDn</b>	Frecuencia cardíaca máxima durante el descanso n	ppm
<b>LACDn</b>	Lactato tras 3´del final del combate n	mmol/l
<b>LACAn</b>	Lactato 1´antes del combate n	mmol/l
<b>CMJO</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento en reposo	cm
<b>CMJn</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento tras el combate n	cm
<b>FIDO</b>	Fuerza isométrica manual mano derecha en reposo	kgf
<b>FIDn</b>	Fuerza isométrica manual mano derecha tras el combate n	kgf
<b>FIIO</b>	Fuerza isométrica manual mano izquierda en reposo	kgf
<b>FIIn</b>	Fuerza isométrica manual mano izquierda tras el combate n	kgf
<b>VMPO</b>	Velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca en reposo	m·s <sup>-1</sup>
<b>VMPn</b>	Velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca tras el combate n	m·s <sup>-1</sup>

cm: centímetros. kgf: kilogramos de fuerza. m·s<sup>-1</sup>: metro por segundo.

#### 3.6.4. Análisis estadístico.

Se utilizó el software estadístico SPSS® (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) en su versión 19.0 para Windows. El nivel de significación fue de  $p \leq 0.05$ , presentándose los datos como medias y desviaciones típicas. Para asegurarse la normalidad de los datos, se emplearon los test de Levene y Saphiro – Wilk. Además, un análisis de varianza (ANOVA) se realizó para comparar los datos post combate entre sí y con los del test inicial, el test Bonferroni para el análisis de las diferencias entre pares y el análisis de correlaciones de Pearson. Los datos de naturaleza ordinal (PSE) fueron evaluados usando las pruebas no paramétricas de contrastes de Friedman y Wilcoxon. Por último, se calcularon los

incrementos de todas las variables con la diferencia entre los resultados de los test postcombate 5 y los test iniciales ( $\Delta$ ).

### **3.7. Estudio 3: Pérdida de fuerza en la competición de Judo asociada a parámetros de rendimiento muscular.**

#### **3.7.1. Participantes.**

35 judokas masculinos ( $22.35 \pm 3.29$  años;  $76.23 \pm 6.22$  kg;  $176.7 \pm 4,1$  cm;  $23.41 \pm 1.89$  kg/m<sup>2</sup> IMC;  $10.47 \pm 4.98\%$  GC;  $64.03 \pm 5.83\%$  MM) participaron voluntariamente en este estudio. Tras recibir detallada información sobre los objetivos del mismo y su procedimiento, los participantes aportaron un consentimiento informado (los menores de edad lo adjuntaron firmado por sus tutores legales) en concordancia con los estándares éticos establecidos en el apartado que describe la muestra del estudio.

Todos los judokas participantes en el presente estudio han sido medallistas en el Campeonato Nacional de España en distintas categorías de edad durante los últimos 3 años. Los sujetos cumplían los criterios de inclusión y ninguno de los de exclusión, sin estar alguno de ellos inmerso en algún programa de pérdida de peso.

#### **3.7.2. Diseño.**

Se utilizó un diseño de medidas repetidas (figura 3.3) en presente estudio. Con el objeto de obtener el impacto de la competición de Judo sobre los parámetros musculares de rendimiento, se tuvieron en cuenta las variables FDM, CMJ y FIM.



Figura 3.3: Diseño de investigación del Estudio 3. ANT: valores antropométricos, TEST Cn: test realizados inmediatamente al finalizar el combate; FDM: fuerza dinámica máxima, CMJ: salto con contramovimiento, FI: fuerza isométrica manual.

Se empleó el sistema oficial de la IJF para 6 judokas de la misma categoría: sistema de liga en el que cada judoka tiene que hacer un combate con cada uno de los 5 judokas que forman dicho grupo, conformado por pesos, con una diferencia menor al 10% de MM<sup>158,166</sup>.

### 3.7.3. Variables.

Se establecieron las siguientes variables como parámetros de rendimiento muscular: Fuerza Dinámica Máxima (FDM), Potencia del Tren Inferior (Salto con Contramovimiento: CMJ), y Fuerza Isométrica manual (FI) (tabla 3.7).

Tabla 3.7: Variables de investigación analizadas en el estudio 3.

ABREVIATURA	DESCRIPCION	UNIDAD DE MEDIDA
<b>CMJO</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento en reposo	cm
<b>CMJn</b>	Altura alcanzada por el sujeto en un salto con contramovimiento tras el combate n	cm
<b>FIDO</b>	Fuerza isométrica manual mano derecha en reposo	kgf
<b>FIDn</b>	Fuerza isométrica manual mano derecha tras el combate n	kgf
<b>FIIO</b>	Fuerza isométrica manual mano izquierda en reposo	kgf
<b>FIIn</b>	Fuerza isométrica manual mano izquierda tras el combate n	kgf
<b>VMPO</b>	Velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca en reposo	m·s <sup>-1</sup>
<b>VMPn</b>	Velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca tras el combate n	m·s <sup>-1</sup>

cm: centímetros. kgf: kilogramos de fuerza. m·s<sup>-1</sup>: metro por segundo.

#### 3.7.4. Análisis estadístico.

Los datos se analizaron mediante el software SPSS® en su versión 19.0 para Windows (SPSS Inc., Chicago, IL, EEUU), obteniéndose medias y desviaciones típicas de ellos y un nivel de significación de  $p \leq 0.05$ . Para asegurar la normalidad de los datos, se aplicaron los filtros de Levene y Saphiro – Wilk. Se compararon los datos basales y postcombates mediante un análisis de varianza (ANOVA) y las diferencias entre pares (post hoc) mediante el test de Bonferroni. Adicionalmente, se aplicó en análisis de correlaciones de Pearson ya que el incremento entre los niveles basales y los del postcombate 5 fueron calculados ( $\Delta$ ). Por último, se tomó en consideración los valores basales de los sujetos como el 100% de sus capacidades, por lo que cada valor postcombate se correlacionó con el valor basal, para obtener de esta forma el % de pérdida de dichas capacidades tras cada combate.

## **3.8. Estudio 4: Evolución de la habilidad de equilibrio durante la competición de Judo.**

### **3.8.1. Participantes.**

22 judokas masculinos ( $21.05 \pm 2.89$  años;  $78.31 \pm 7.95$  kg;  $173.7 \pm 3.4$  cm;  $22.01 \pm 1.64$  kg/m<sup>2</sup> IMC;  $10.65 \pm 4.05\%$  GC;  $69.86 \pm 5.45\%$  MM) participaron de forma voluntaria en el presente estudio. En una primera reunión, tras recibir la detallada información acerca de los objetivos y procedimiento del estudio, los sujetos entregaron un consentimiento informado para participar en el mismo. Los menores de edad lo entregaron firmado por sus tutores legales, siguiendo las consideraciones éticas descritas anteriormente.

Los sujetos forman parte de la selección andaluza absoluta de Judo en la temporada 2005/06, por lo que fueron medallistas nacionales en distintas categorías de edad durante temporadas anteriores. Todos ellos cumplían los criterios de inclusión y ninguno de exclusión.

### **3.8.2. Diseño.**

Un diseño de medidas repetidas (figura 3.4) fue el utilizado en el presente estudio.

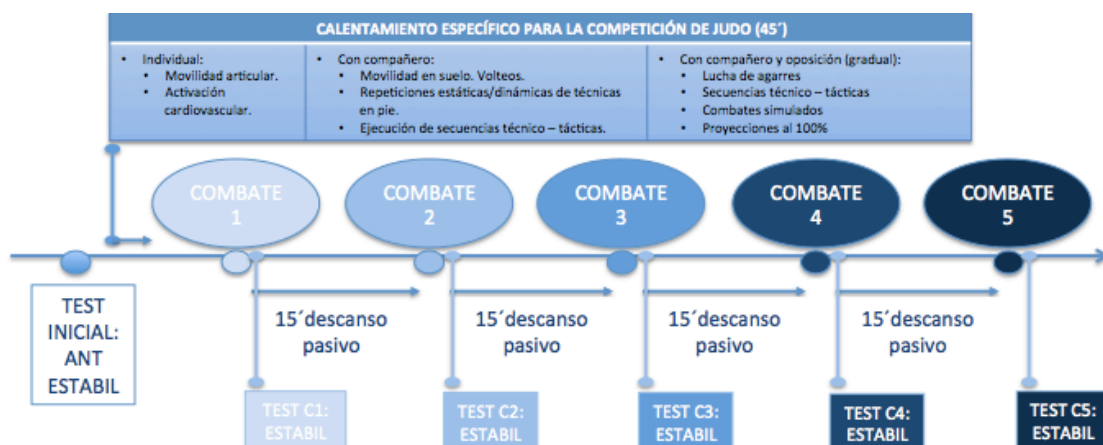


Figura 3.4: Diseño de investigación del Estudio 4. ANT: valores antropométricos, TEST Cn: test realizados inmediatamente al finalizar el combate<sub>n</sub>; ESTABIL: test de las habilidades de equilibrio.

Al igual que en otros protocolos del presente trabajo, para este estudio se utilizó el oficial de la IJF para competiciones en las que hay 6 judokas de la misma categoría de peso: cada competidor debe realizar un combate con los otros 5 restantes. Entre ellos, no había más de un 10% de diferencia de MM<sup>64,158,166</sup>.

### 3.8.3. Variables.

Las variables relacionadas con el equilibrio seleccionadas para el presente estudio, siguiendo las recomendaciones de estudios previos<sup>233,234,237,240</sup>, fueron: EA, SL y MV) (tabla 3.8).

Tabla 3.8: Variables de investigación analizadas en el estudio 4.

<b>ABREVIATURA</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UNIDAD DE MEDIDA</b>
<b>EAI0</b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie izquierdo en reposo	cm
<b>EAI<sub>n</sub></b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie izquierdo tras el combate n	cm
<b>EAD0</b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie derecho en reposo	cm
<b>EAD<sub>n</sub></b>	Elipse del área correspondiente al CP del pie derecho tras el combate n	cm
<b>SLI0</b>	Longitud de Sway del pie izquierdo en reposo	cm
<b>SLI<sub>n</sub></b>	Longitud de Sway del pie izquierdo tras el combate n	cm
<b>SLD0</b>	Longitud de Sway correspondiente al CP del pie derecho en reposo	cm
<b>SLD<sub>n</sub></b>	Longitud de Sway correspondiente al CP del pie derecho tras el combate n	cm
<b>MVI0</b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie izquierdo en reposo	m/s
<b>MVI<sub>n</sub></b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie izquierdo tras el combate n	m/s
<b>MVD0</b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie derecho en reposo	m/s
<b>MVD<sub>n</sub></b>	Velocidad media correspondiente al CP del pie derecho tras el combate n	m/s

CP: centro de presiones.

#### 3.8.4. Análisis estadístico.

Se empleo el paquete estadístico SPSS® (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) 19.0 para Windows, obteniéndose un nivel de significación de  $p \leq 0.05$  y tomándose los datos como medias y desviaciones típicas. Se aplicaron los test de Levene y Saphiro – Wilk para asegurar la normalidad de los datos. El análisis de varianza (ANOVA) se realizo para la comparación de los datos post combate entre sí y con los del test inicial. Por su parte, el test Bonferroni fue empleado para el análisis de las diferencias entre pares y el análisis de correlaciones de Pearson. Los incrementos de las variables correspondientes a CP fueron calculadas con la diferencia entre los resultados de los test postcombate 5 y los test iniciales ( $\Delta$ ).

### **3.9. Estudio 5: Comparación de parámetros fisiológicos y musculares de rendimiento en la competición de Judo entre categorías junior y senior.**

#### **3.9.1. Participantes.**

Un total de 37 judokas masculinos participaron voluntariamente en el presente estudio. Fueron encuadrados en 2 grupos:

- Grupo Experimental Junior (GEJ): 19 judokas (18.24±0.32 años; 78.64±7.45 kg; 176.21±4.39 cm; 24.48±2.05 kg/m<sup>2</sup> IMC, 11.31±5.72% GC; 67.92±6.35% MM).
- Grupo Experimental Senior (GES): 18 judokas (26.08±4.60 años; 80.21±7.61 kg; 178.87±5.62 cm; 25.38±2,89 kg/m<sup>2</sup> IMC, 11,78±5.98% GC; 69.12±7.87% MM).

Tras recibir detallada información sobre los objetivos y el procedimiento a seguir en el presente estudio aportaron un consentimiento informado (los menores de edad lo adjuntaron firmado por sus tutores legales) en concordancia con los estándares éticos establecidos para todos los estudios de este trabajo de investigación.

Los participantes han sido medallistas en el Campeonato Nacional de España en distintas categorías de edad durante los últimos 3 años, cumpliendo todos ellos los criterios de inclusión y ninguno de los de exclusión, sin estar alguno de ellos inmerso en algún proceso de pérdida de peso.

### **3.9.2. Diseño.**

Este estudio comparte el diseño del Estudio 2 (apartado 3.5.2; figura 3.2). La principal diferencia entre ambos estudios radica en la existencia de dos grupos experimentales (GEJ y GES) en el presente estudio y su posterior tratamiento estadístico (apartado 3.8.4).

### **3.9.3. Variables.**

Al igual que en el anterior apartado, y por las mismas razones que en él se exponen, las variables de investigación son compartidas entre el estudio 2 y el presente.

### **3.9.4. Análisis estadístico.**

Para el tratamiento estadístico de los datos se contó con el software SPSS® (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) 19.0 para Windows. Se obtuvo un nivel de significación de los datos (presentados como medias y desviaciones típicas) del  $p \leq 0.05$ . La normalidad de los datos fue asegurada mediante las pruebas de Levene y Saphiro – Wilk. Además, un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías se realizó para comparar los datos post combate entre sí y con los del test inicial, además de la comparación entre las categorías junior y senior. Para ello, mediante el test Bonferroni fue obtenido el análisis de las diferencias entre pares, mientras que el análisis de correlaciones se obtuvo mediante la prueba de Pearson. Las pruebas no paramétricas de contrastes de Friedman y Wilcoxon se emplearon en el tratamiento de los datos de tipo ordinal (PSE). La diferencia entre los resultados de los test postcombate 5 y los test iniciales fue calculada a través de los incrementos ( $\Delta$ ) de las distintas variables

### **3.10. Estudio 6: Modelo de intervención activa sobre la recuperación en los descansos entre combates en la competición de Judo.**

#### **3.10.1. Participantes.**

12 judokas masculinos participaron voluntariamente en el estudio, siendo divididos en dos grupos:

- Grupo Control (GC): 6 judokas (18.11±0.48 años; 79.12±9.29 kg; 179.87±4.91 cm; 23.89±2.39 kg/m<sup>2</sup> IMC, 13.06±6.12% GC; 69.07±6.81% MM).
- Grupo Experimental Descansos Activos (GEDA): 6 judokas (18.07±0.60 años; 80.21±8.98 kg; 180.06±6.79 cm; 25.03±3,15 kg/m<sup>2</sup> IMC, 13,62±6.23% GC; 70.31±8.24% MM).

Después de una reunión informativa acerca de los objetivos y el procedimiento del estudio, los participantes firmaron el consentimiento informado (los menores de edad lo adjuntaron firmado por sus tutores legales) atendiendo a los criterios éticos establecidos para todos los estudios que conforman el trabajo.

Para garantizar la veracidad de los combates, se seleccionó a judokas medallistas en el Campeonato Nacional de España en distintas categorías de edad durante los últimos 3 años, cumpliendo de esta forma todos ellos los criterios de inclusión y ninguno de los de exclusión. Ninguno de ellos se encontraba en algún programa de pérdida o ajuste de peso en el momento de la toma de datos del presente estudio.

### 3.10.2. Diseño.

Este estudio viene a complementar el diseño del estudio 2 (apartado 3.5.2), ya que pretende intervenir sobre la competición simulada realizada en el mismo (figura 3.5). Para ello, su actuación se centra en el tipo de recuperación que los judokas realizarán en el tiempo de descanso (15 minutos) entre los sucesivos combates. Por ello, el diseño de la competición simulada y los distintos test de evaluación son los mismos que en dicho estudio.

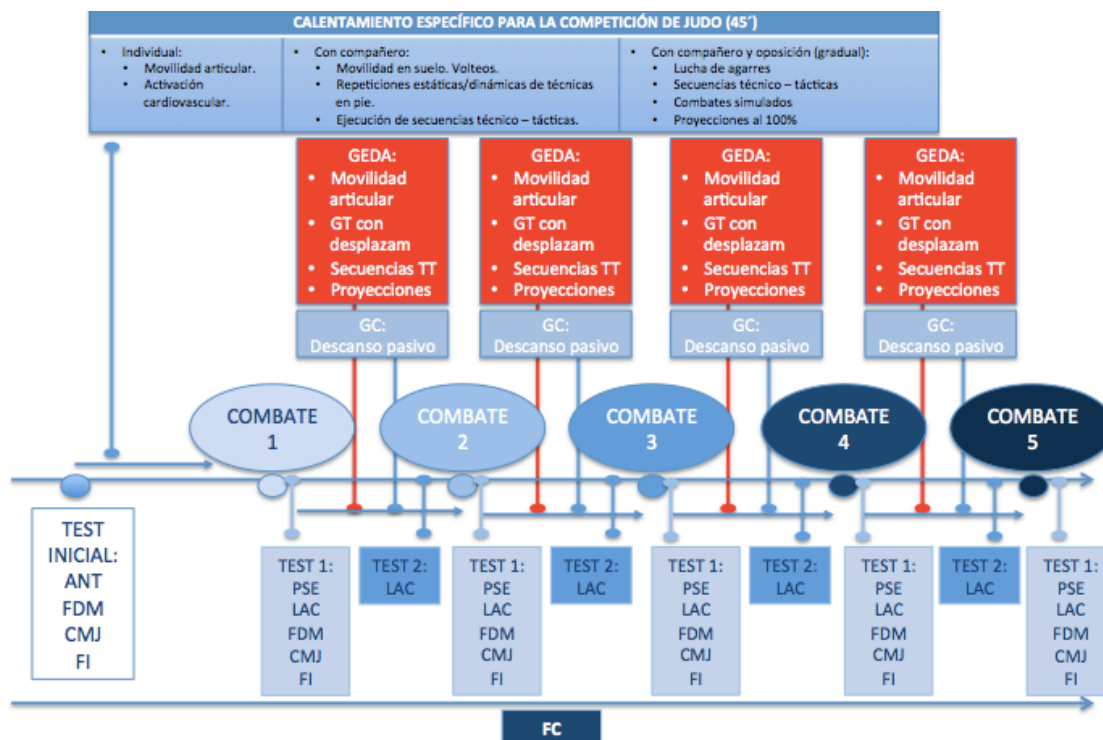


Figura 3.5: Diseño de investigación del Estudio 6. ANT: valores antropométricos, GEDA: grupo experimental con descansos activos, GC: grupo control, GT: gesto técnico, Secuencia TT: secuencia técnico – táctica, TEST 1: test realizados inmediatamente al finalizar el combate, excepto LAC, realizado 3´después), LAC: acumulación de lactato, PSE: percepción subjetiva del esfuerzo, FDM: fuerza dinámica máxima, CMJ: salto con contramovimiento, FI: fuerza isométrica manual, FC: frecuencia cardíaca. TEST 2: test realizado 1´antes del combate.

1. Grupo Control (GC): al finalizar los test, los sujetos pertenecientes a este grupo realizaron un descanso pasivo hasta la toma de LAC previa al siguiente combate.
2. Grupo Experimental Descansos Activos (GEDA): principalmente realizaron ejercicios que favorezcan la movilidad, el retorno sanguíneo y el aclaramiento de LAC. Con ese fin, se empleó el siguiente modelo de descanso:
  - a. Movilidad articular de todas las articulaciones.
  - b. Gestos técnicos con desplazamiento: secuencias de ataque sin oposición, movimientos a aplicar en los siguientes combates.
  - c. Secuencias técnico – tácticas: añadir a los gestos técnicos anteriores aspectos de agarre, desplazamientos, amagos... Realizar secuencias completas desde que ambos judokas están sin agarre.
  - d. Proyecciones de los gestos técnicos realizados anteriormente. Al realizar 4 – 5 repeticiones, se pretende conseguir una activación y explosividad de movimientos sin acumulación de fatiga, ni muscular ni cardiovascular.

### **3.10.3. Variables.**

Al complementar el diseño del Estudio 2 (apartado 3.6.2), se comparten las variables entre ambos estudios, por lo que estas son iguales que las descritas en el apartado 3.6.3.

### **3.10.4. Análisis estadístico.**

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el software SPSS® (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) 19.0 para Windows, obteniéndose un nivel de significación de los datos (presentados como medias y desviaciones típicas) del  $p \leq 0.05$ . Se aplicaron las pruebas

de Levene y Saphiro – Wilk para asegurar la normalidad de los datos. Por otro lado, y al igual que en el estudio anterior, un análisis de varianza (ANOVA) de dos vías (categorías junior y senior) se realizó para comparar los datos del test inicial con los datos post combate. Gracias a la prueba estadística de Bonferroni fue obtenido el análisis de las diferencias entre pares, mientras que el análisis de correlaciones se obtuvo mediante la prueba de Pearson. Los datos de tipo ordinal (PSE) se analizaron mediante las pruebas no paramétricas de contrastes de Friedman y Wilcoxon. Los incrementos ( $\Delta$ ) de las distintas variables fueron calculados con la diferencia entre los resultados de los test postcombate 5 y los test iniciales.

# 4. RESULTADOS





## 4. RESULTADOS

### 4.1. Estudio 1: Perfil de Fuerza/Velocidad en judokas de categoría nacional.

En la tabla 4.1 se presentan los resultados de las distintas variables del perfil de fuerza-velocidad, expresados en medias y sus desviaciones estándar.

Tabla 4.1: Resultados de las variables del perfil fuerza-velocidad (F-V).

Variables	Media (DE)
<b>F0 (N/kg)</b>	35,7 ± 5,1
<b>V0 (m/s)</b>	2,74 ± 0,44
<b>PMX (W/kg)</b>	24,14 ± 3,46
<b>SFv (N·s/m/kg)</b>	13,51 ± 3,63
<b>Deficit F-v (%)</b>	95,75 ± 25,80
<b>SJ (m)</b>	0,342 ± 0,05

F0: fuerza máxima isométrica. V0: velocidad máxima de acortamiento muscular ante una carga nula. PMX: potencia máxima. SFv: derivada del producto fuerza por velocidad. F-V: fuerza-velocidad. SJ: Squat Jump (salto sin contramovimiento desde 90° de flexión de piernas).

La figura 4.1 muestra la comparativa entre F y P en la ejecución de SJ.

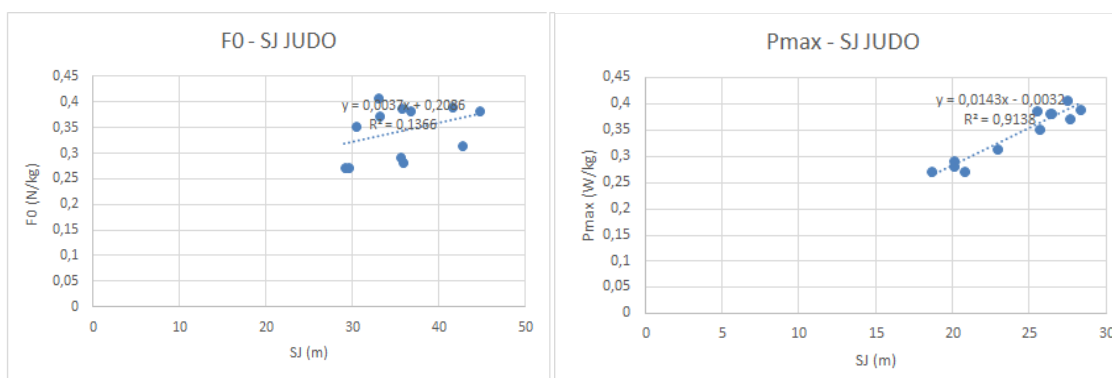


Figura 4.1: comparativa entre fuerza (F) y potencia (P) en la ejecución de SJ. F0: fuerza máxima isométrica. Pmax: potencia máxima. SJ: Squat Jump (salto sin contramovimiento desde 90° de flexión de piernas).

Por su parte, la figura 4.2 muestra el perfil grupal de F-V de todos los judokas evaluados en el presente estudio.

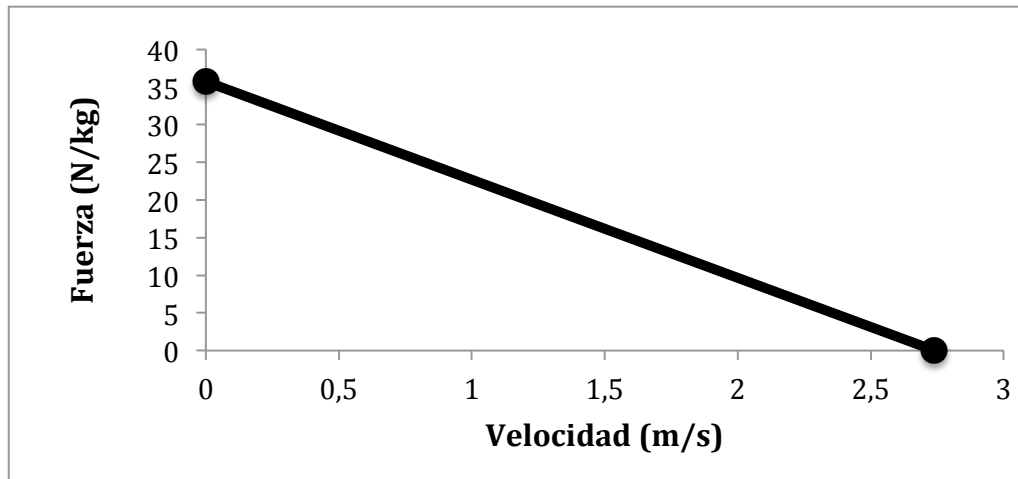


Figura 4.2: perfil de fuerza-velocidad (F-V) grupal de los sujetos. N: Newton. Kg: kilogramos. m/s: metro partido por segundo.

Por último, la figura 4.3 muestra el perfil individual de F-V y sus valores para cada uno de los sujetos.

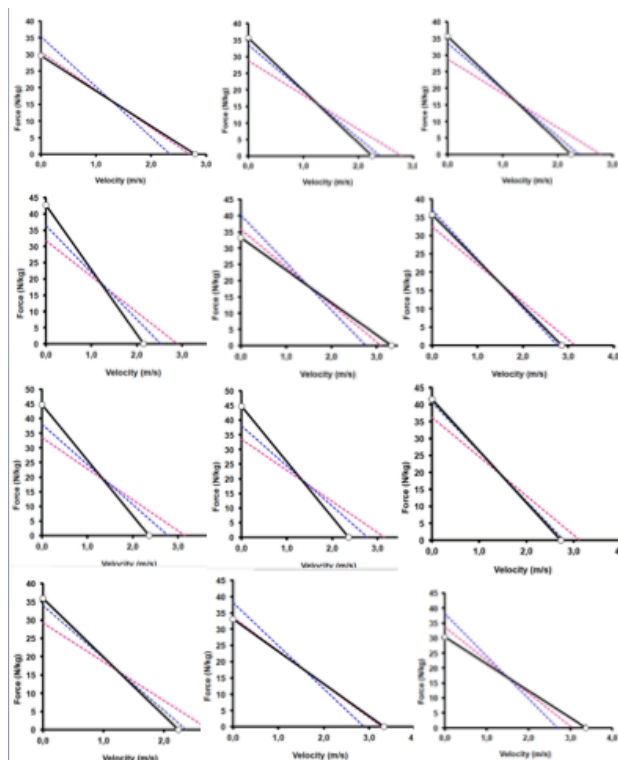


Figura 4.3: perfil de fuerza-velocidad (F-V) individual. N: Newton. Kg: kilogramos. m/s: metro partido por segundo. La línea negra muestra el perfil óptimo para el deportista. El color azul hace referencia a los valores de fuerza en el plano vertical. El color rosa hace referencia a la velocidad del sujeto, en cuanto a la primera aplicación de la fuerza.

## 4.2. Estudio 2: Efecto agudo de la competición de Judo sobre parámetros de rendimiento muscular y la respuesta fisiológica

### 4.2.1. Respuesta fisiológica.

Los valores de LAC (pre y postcombate) se presentan en la figura 4.4. LACa incrementa sus parámetros durante los sucesivos combates ( $p < 0,001$ ).

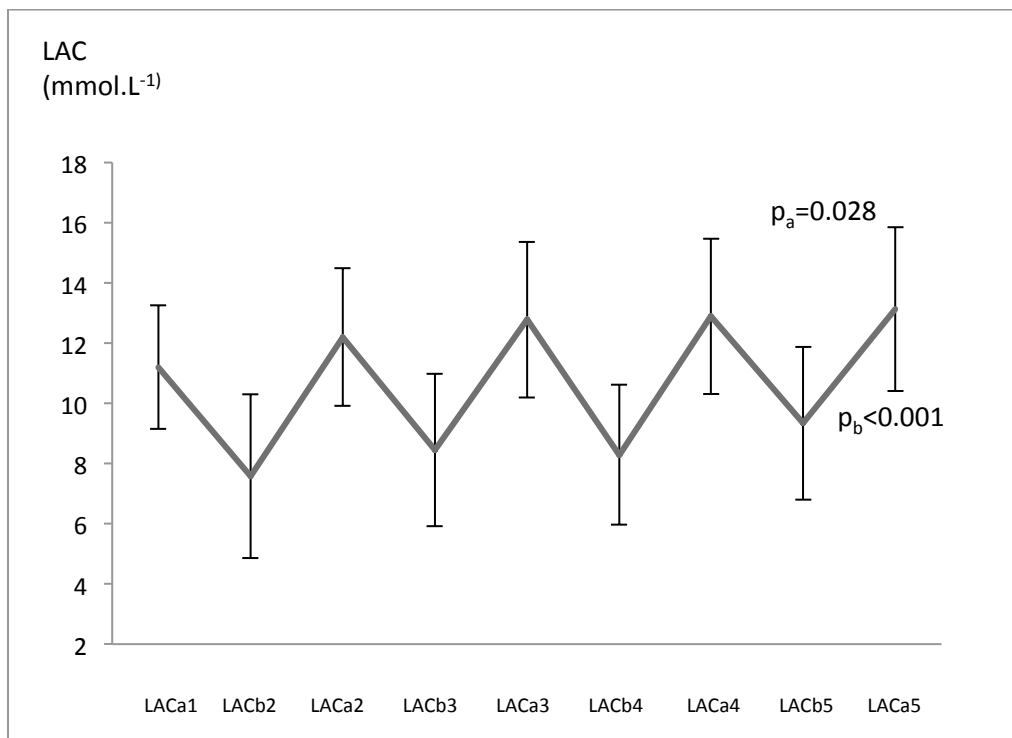


Figura 4.4. Valores de LAC durante la competición de Judo (combates y descansos). LACa: medida de LAC tomada 3' después de un combate; LACb: medida de LAC tomada 1' antes de un combate. P<sub>a</sub>: nivel de significación de LACa; P<sub>b</sub>: nivel de significación de LACb.

La figura 4.5 muestra los valores medios de la FC (FCm) y los valores máximos (FCx). En la FCx, se encontraron diferencias significativas con un incremento de los valores durante todo el protocolo de combates (FCc) (p=0.018) y durante los descansos (FCd) (p=0.025).

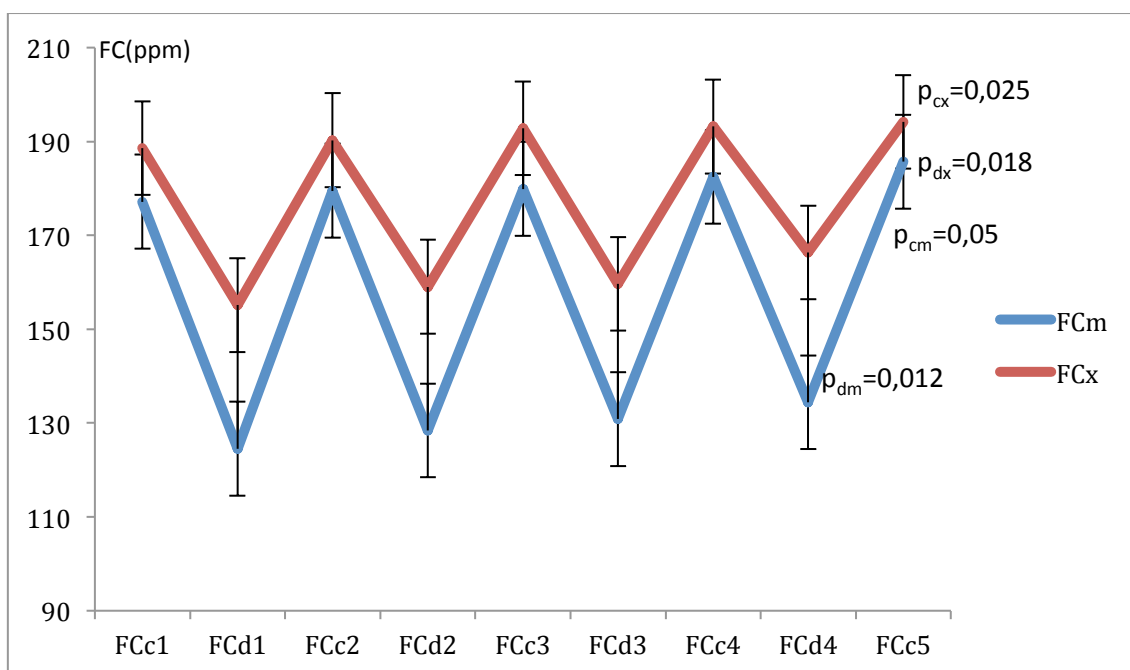


Figura 4.5. Respuesta de la frecuencia cardíaca (FC) durante la competición. FC: frecuencia cardíaca; FCc: FC durante un combate; FCd: FC durante un descanso; PPM: pulsaciones por minuto; FCm: FC media; FCx: FC máxima; Pcx: nivel de significancia de FCcx; Pdx: nivel de significancia de FCdx; PCm: nivel de significancia de FCcm; Pdm: nivel de significancia de FCdm. FCm: frecuencia cardíaca media. FCx: frecuencia cardíaca máxima.

Por su parte, la figura 4.6 muestra los resultados de la medida correspondiente a la PSE inmediatamente al finalizar cada combate. La prueba de ANOVA reveló diferencias significativas en PSE durante toda la competición ( $p < 0.001$ ) aumentando sus valores conforme se desarrollan los sucesivos combates de la competición.

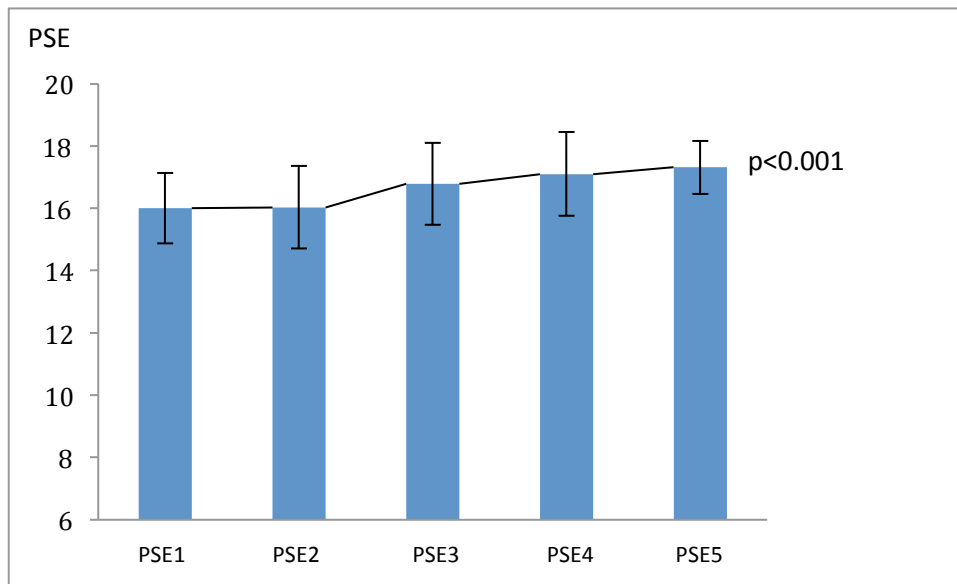


Figura 4.6. Percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) inmediatamente al finalizar cada combate.

El análisis de correlaciones de Pearson mostró correlaciones significativas entre distintas variables fisiológicas:  $\Delta$ PSE ( $r=-0.376$ ,  $p=0.044$ ) y  $\Delta$ LACd ( $r=0.437$ ,  $p=0.018$ );  $\Delta$ FCcm ( $r=0.394$ ,  $p=0.034$ ),  $\Delta$ LACb ( $r=0.415$ ,  $p=0.025$ ) y  $\Delta$ DHS ( $r=0.377$ ,  $p=0.044$ ).

#### 4.2.2. Parámetros musculares de rendimiento.

En cuanto al rendimiento de la FI, tal y como se muestra en la tabla 3.2, se produjo una disminución significativa durante los combates sucesivos tanto en la mano dominante (FID) (de  $49.22 \pm 5.48$  kgf en el test en reposo a  $41.20 \pm 6.70$  kgf después del combate 5) como en la no dominante (FIND) (de  $47.19 \text{kgf} \pm 5.10$  en el test en reposo a  $43.89 \text{kgf} \pm 5.98$  después del combate 5), con un nivel de significación en ambas manos de  $p < 0.001$ . El test de Pearson reveló correlaciones positivas entre FIND y el incremento ( $\Delta$ ) de VMP ( $r=0.368$ ,  $p=0.050$ ),  $\Delta$ fuerza media (FMD) ( $r=0.369$ ,  $p=0.050$ ) and  $\Delta$ FMX ( $r=0.405$ ,  $p=0.029$ ). También se encontraron correlaciones positivas de la FID y  $\Delta$ LACa

( $r=0.430$ ,  $p=0.020$ ),  $\Delta FMX$  ( $r=0.379$ ,  $p=0.043$ ),  $\Delta PMD$  ( $r=0.369$ ,  $p=0.050$ ) and  $\Delta PSE$  ( $r=0.456$ ,  $p=0.013$ ).

Para la PM del tren inferior se obtuvieron diferencias significativas ( $p<0.001$ ) durante todos los combates (de  $35.36\pm 4.66$  cm en el test en reposo a  $31.813\pm 4.37$  cm después del combate 5, tabla 4.2). El análisis de correlaciones de Pearson reveló diversas correlaciones positivas entre esta capacidad y las variables neuromusculares:  $\Delta PM$  ( $r=0.381$ ,  $p=0.041$ ),  $\Delta PMX$  ( $r=0.417$ ,  $p=0.024$ ),  $\Delta FM$  ( $r=0.423$ ,  $p=0.022$ ) y  $\Delta DHS$  ( $r=0.348$ ,  $p=0.040$ ).

Una vez analizadas la capacidad de FDM y sus variables (tabla 3.2) se obtuvieron diferencias significativas ( $p<0.001$ ) en la VMP (de  $0. \pm 0.09$  97m/s en el test en reposo a  $0.81 \pm 0.13$  m/s tras el combate 5). No hubo cambios significativos ( $p=0.129$ ) en FMD durante los sucesivos combates, ya que hubo solo una diferencia de 11,38N entre los valores tras el combate 5 y el test en reposo. Si se encontraron correlaciones significativas positivas entre FMD y  $\Delta FID$  ( $r=0.369$ ,  $p=0.049$ ). FMX mostró una disminución significativa ( $p<0.001$ ) en sus parámetros (de  $746.71\pm 144.69$  kgf en el test en reposo a  $691.77\pm 132.38$  kgf tras el combate 5). También fueron obtenidas correlaciones significativas de sentido positivo entre esta variable y otras fisiológicas, como  $\Delta PSE$ :  $r=0.376$ ,  $p=0.044$  y  $\Delta FCcm$ :  $r=0.405$ ,  $p=0.029$ ). En lo referente a la PMD se encontraron diferencias significativas ( $p<0.001$ ) entre todos los combates (de  $409.06\pm 69.76$  N en el test en reposo a  $349.11\pm 77.85$  después del combate 5). A su vez, la prueba de correlaciones de Pearson evidenció correlaciones significativas entre esta capacidad y  $\Delta PSE$  ( $r=0.528$ ,  $p=0.003$ ). Otra capacidad que arrojó diferencias significativas ( $p<0.001$ ) durante el desarrollo de la competición fue la PMX (de  $797.16\pm 132.33$  N en el test en reposo a  $692.04\pm 125.08$  kgf tras el combate 5).

Tabla 4.2. Resultados de los parámetros musculares de rendimiento tras cada combate y su nivel de significación en el estudio 2. Media (DE).

Variable	Test reposo Media (DE)	Post combate 1 Media (DE)	Post combate 2 Media (DE)	Post combate 3 Media (DE)	Post combate 4 Media (DE)	Post combate 5 Media (DE)	P Valor	Post hoc
FIND (kgf)	47.19 (5.10)	44.96 (5.22)	44.02 (5.84)	42.30 (5.60)	40.82 (6.70)	41.20 (6.70)	<0,001	B>1*,2**,3***,4***,5*** 1>B*,3**,5*** 2>B**,5** 3>B***,1** 4>B** 5>B***,1****,2**
FID (kgf)	49.22 (5.48)	47.21 (5.58)	46.05 (6.23)	45.97 (6,36)	44.79 (6,68)	43,89 (5,98)	<0,001	B>2*,3*4***,5*** 1>4*,5*** 2>B* 3>B*,5* 4>B**,1* 5>B***,1****,4*
PMTI (cm)	35.36 (4.66)	34.49 (4.66)	33.99 (4.87)	32.89 (4.85)	32.26 (4.64)	31,13 (4,37)	<0,001	B>1*,2**,3***,4***,5*** 1>B*,3**,4***,5*** 2>B**,3**,4***,5*** 3>B***,1**,2***,5*** 4>B***,1****,2***,5*** 5>B***,1****,2***,3*** 4***,5***
VMP (m/s)	0.97 (0.09)	0.93 (0.11)	0.91 (0.13)	0.88 (0.13)	0.86 (0.12)	0.81 (0.13)	<0,001	B>3**,4***,5*** 1>3*,4***,5*** 2>4**,5*** 3>B**,1*,5*** 4>B***,1**,2***,5** 5>B***,1****,2***,3***, 4**
FMD (N)	434.29 (70.67)	437.68 (73.81)	437.76 (73.82)	437.73 (73.73)	437.44 (73.61)	445.67 (70.18)	0,129	
FMX (N)	746.71 (144.69)	724.47 (151.35)	718.89 (149.65)	715.44 (150.15)	710.85 (156.93)	691.77 (132.38)	<0,001	B>3*,4*,5*** 1>5* 2>B*,5* 3>B* 4>B* 5>B***,1*
PMD (W)	409.06 (69.76)	389,91 (75,46)	380,51 (74,94)	375,76 (79,52)	367,11 (79,60)	349,11 (77,85)	<0,001	B>1*,2**,3***,4***,5*** 1>B*,3*,4**,5*** 2>B**,5*** 3>B***,1*,5*** 4>B***,1**,5* 5>B***,1****,2***,3***, 4*
PMX (W)	797.16 (132.33)	754.92 (133.52)	729.48 (144.06)	730.37 (159.85)	709.79 (143.57)	692.04 (125.08)	<0,001	B>2*,4***,5*** 1>5*** 2>B* 4>B*** 5>B***,1****

\*: p <0.05; \*\*: p <0.01; \*\*\* p <0.001. FIND: fuerza isométrica manual mano no dominante. FID: fuerza isométrica manual mano dominante. PMTI: potencia muscular del tren inferior. VMP: velocidad media propulsiva en el ejercicio de pres de banca. FMD: fuerza media. FMX: fuerza máxima. PMD: potencia media. PMX: potencia máxima.

### **4.3. Estudio 3: Pérdida de fuerza en la competición de Judo asociada a parámetros de rendimiento muscular.**

La tabla 4.3 resume los resultados de la prueba de medidas repetidas ANOVA para los distintos parámetros musculares. En ella se muestran diferencias significativas ( $p < 0.001$ ) entre la FI de ambas manos a través de la prueba post hoc, además de un descenso significativo de dicha capacidad. Expresado en porcentajes, la FIND perdió un 13,14% (figura 4.7) tras el combate 5 en relación con el test basal. En la misma línea, la FID obtuvo una disminución de un 11,29% en sus valores, teniendo en cuenta para ello el test basal. El test de correlaciones de Pearson arrojó una correlación significativa entre FIND y  $\Delta$ PMX ( $r=0.368$ ,  $p=0.050$ ).

Tabla 4.3. Resultados de los parámetros musculares de rendimiento tras cada combate y su nivel de significación en el estudio 3. Media (DE).

VR	TR Media (DE) Post hoc (a)	PC1 Media (DE) Post hoc (b)	PC2 Media (DE) Post hoc (c)	PC3 Media (DE) Post hoc (d)	PC4 Media (DE) Post hoc (e)	PC5 Media (DE) Post hoc (f)	P Valor	TE $\eta$
FIND (kgf)	46,18 (5,59) b,c,d,e,f	44,03 (5,64) a,d,e,f	43,20 (6,19) a,d,f	41,46 (5,82) a,c	40,03 (8,65) a,b	40,11 (6,75) a,b,c	<0,00 1	0.67 2
FID (kgf)	48,27 (6,41) c,d,e,f	46,42 (6,24) e,f	45,11 (6,84) a,f	44,95 (6,87) a,e,f	43,77 (6,95) a,b,d	42,82 (6,44) a,b,c,d	<0,00 1	0.72 5
PMTI (cm)	34,78 (4,50) c,d,e,f	33,95 (4,58) d,e,f	33,39 (4,87) a,d,f	32,23 (5,01) a,b,c,e,f	31,54 (4,91) a,b,d,f	30,35 (4,71) a,b,c,d,e	<0,00 1	0.84 8
VMP (m/s)	0,95 (0,08) c.d.e.f	0,91 (0,11) e,f	0,89 (0,11) a,e,f	0,88 (0,13) a,e,f	0,85 (0,12) a,b,c,d	0,83 (0,13) a,b,c,d,e	<0,00 1	0.56 7
FMD (N)	429,28 (67,96)	432,22 (70,79)	432,25 (70,83)	432,20 (70,71)	431,95 (70,59)	438,72 (68,33)	0,08	0.26 7
FMX (N)	735,57 (140,10) f	720,74 (148,95)	710,39 (143,19)	709,36 (145,45)	701,34 (151,82)	688,32 (127,43) a	0,001	0.50 2
PMD (W)	403,75 (67,67) c,d,e,f	390,77 (75,63) e,f	379,28 (70,65) a,f	377,70 (77,43) a,f	366,96 (74,32) a,b,f	352,16 (73,70) a,b,c,d,e	<0,00 1	0.60 7
PMX (W)	789,35 (129,58) c,d,e,f	764,84 (137,74) e,f	733,16 (135,48) a,b	736,55 (155,64) a,f	719,38 (136,19) a,b,f	707,24 (131,75) a,b	<0,00 1	0.59 8

VR: variable; TR: test en reposo; PC: post – combate; TE: tamaño del efecto; FIND: fuerza isométrica mano no dominante; FID: fuerza isométrica mano dominante; PMTI: potencia muscular tren inferior; VMP: velocidad media propulsiva; FMD: fuerza media; FMX: fuerza máxima; PMD: potencia media; PMX: potencia máxima. Post hoc: la misma letra en diferentes columnas indica diferencias significativas entre ambas, todas ellas por debajo de  $p < 0.05$ .

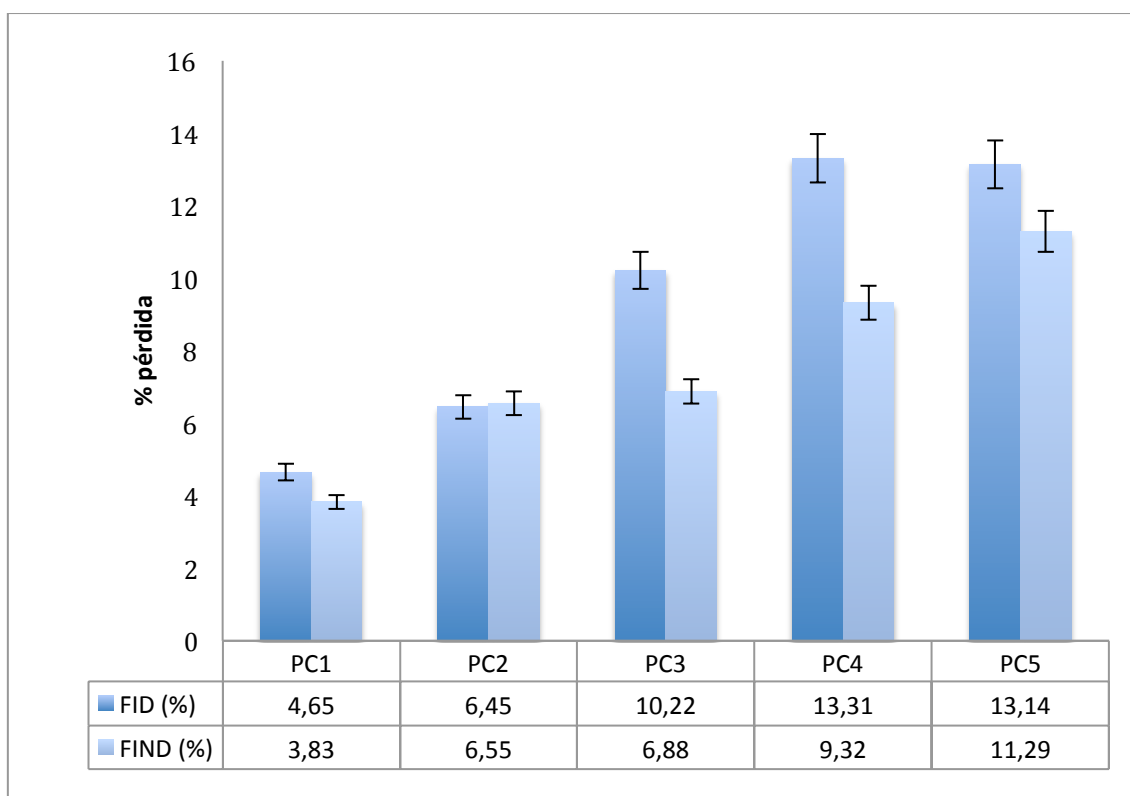


Figura 4.7. Porcentajes (%) de fuerza isométrica manual (FI) durante la competición de Judo. FID: fuerza isométrica mano dominante. FIND: fuerza isométrica mano no dominante. PC: postcombate (medida obtenida inmediatamente al finalizar el combate respecto al test basal (100%).

Respecto a los datos obtenidos de la potencia muscular del tren inferior (PMTI) se observan diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) durante las mediciones posteriores a cada combate, comparadas con las de los test en reposo, hecho que se pone de manifiesto con el porcentaje de pérdida de esta capacidad de 12.74% desde el test en reposo hasta el test postcombate 5 (figura 4.8).

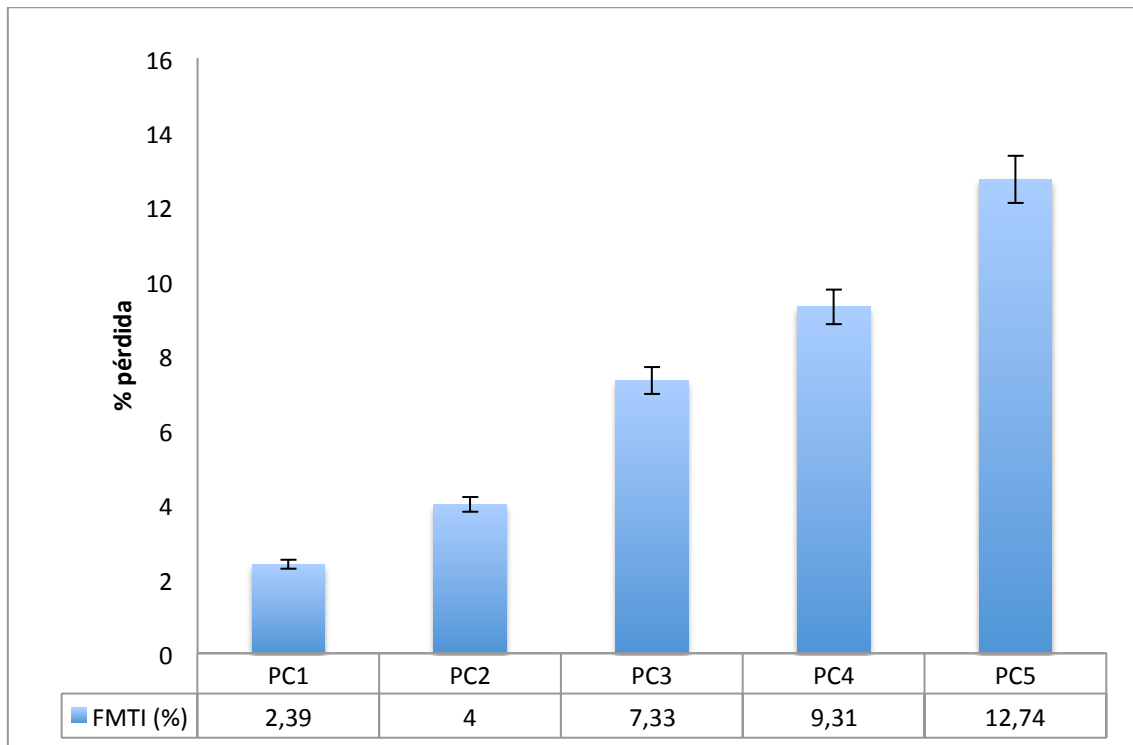


Figura 4.8. Porcentajes (%) de potencia muscular del tren inferior (PMTI) en CMJ durante los sucesivos combates de la competición de Judo. PC: postcombate (medida obtenida inmediatamente al finalizar el combate respecto al test basal (100%).

En lo referente a los resultados de la FDM, fueron encontradas diferencias significativas en VMP, FMX, PMD y PMX ( $p < 0.001$  en cada una de ellas). El valor de P para FMD fue de 0.08, decreciendo un 12.63% (figura 4.9) los parámetros de esta capacidad durante los sucesivos combates, tomando como referencia en test inicial en reposo. El test de correlaciones de Pearson reveló correlaciones positivas y significativas entre VMP y  $\Delta$ FMX ( $r = 0.528$ ,  $p = 0.001$ ) y entre VMP y  $\Delta$ FMX ( $r = 0.683$ ,  $p < 0.001$ ). Un porcentaje de 12.78% de pérdida en PMD fue obtenido en la comparativa con los valores iniciales en reposo. Los valores de la FMX experimentaron una disminución de 6.42%, comparándose para ello el test basal con el test postcombate 5, porcentaje que se eleva hasta un 10.40% en PMX. MPV obtuvo un porcentaje de pérdida de 12.63%, correlacionando significativamente con  $\Delta$ FMX ( $r = 0.528$ ,  $p = 0.001$ ) y  $\Delta$ PMD ( $r = 0.877$ ,  $p < 0.001$ ).

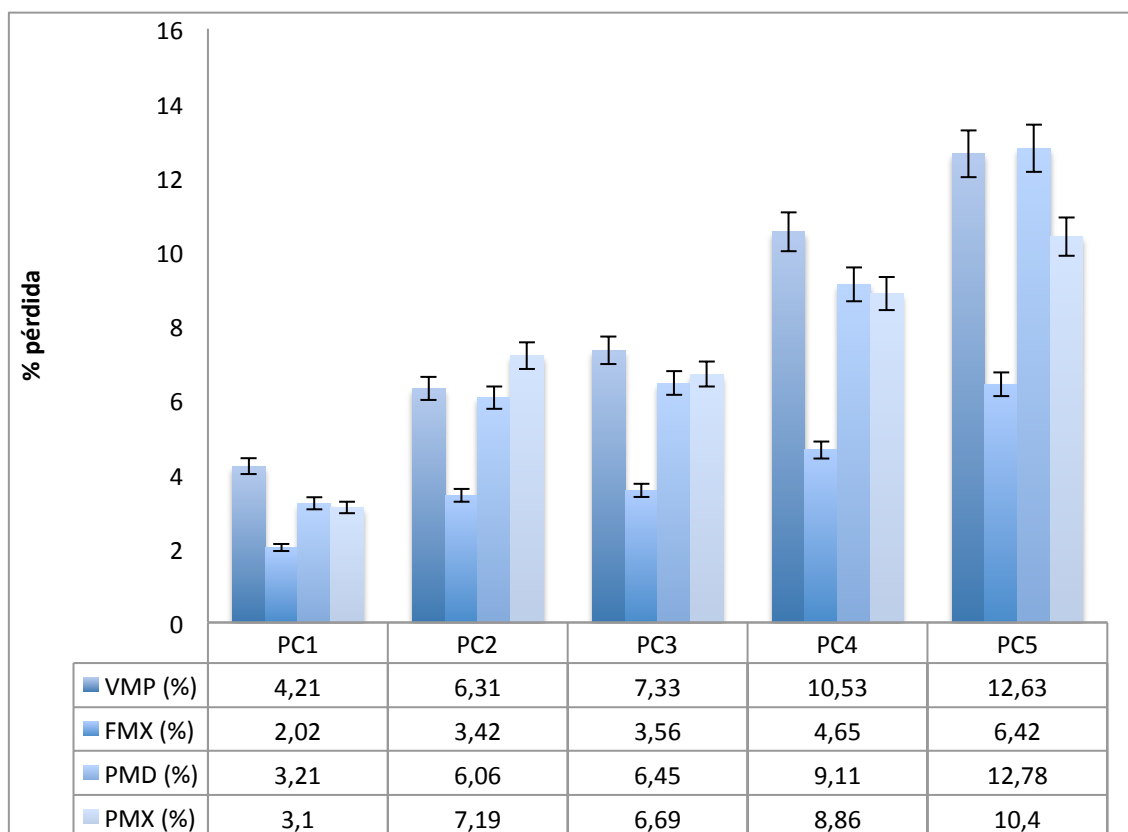


Figura 4.9. Porcentajes (%) de fuerza dinámica máxima (FDM) en press de banca durante la competición de Judo. VMP: velocidad media propulsiva. FMX: fuerza máxima. PMD: potencia media. PMX: potencia máxima. PC: postcombate (medida obtenida inmediatamente al finalizar el combate respecto al test basal (100%).

#### **4.4. Estudio 4: Evolución de la habilidad de equilibrio durante la competición de Judo.**

La tabla 4.4 resume los resultados de la prueba de medidas repetidas ANOVA para los distintos parámetros de la habilidad de equilibrio. En ella se muestran diferencias significativas ( $p < 0.050$ ) entre la EAD a través de la prueba post hoc. En cuanto a la LS, se obtuvieron diferencias significativas para la LSND ( $p < 0,001$ ) y la LS2 ( $p = 0,009$ ). Por último, la VM fue la HP que mayores diferencias significativas experimentó tras los 5 combates (VMND:  $p = 0,010$ ; VMD:  $p = 0,003$ ; VM2:  $p = 0,005$ ).

Tabla 4.4. Resultados de los parámetros relacionados con el equilibrio tras cada combate y su nivel de significación en el estudio 4. Media (DE).

VR	TR Media (DE) Post hoc (a)	PC1 Media (DE) Post hoc (b)	PC2 Media (DE) Post hoc (c)	PC3 Media (DE) Post hoc (d)	PC4 Media (DE) Post hoc (e)	PC5 Media (DE) Post hoc (f)	P Valor	TE $\eta$
EAND (cm)	534,10 (523,94)	640,33 (425,83)	409,29 (281,65)	421,75 (311,65)	400,03 (286,65)	521,75 (779,03)	0,253	0,548
EAD (cm)	653,03 (429,00)	613,17 (524,98)	593,78 (877,27)	523,55 (428,91)	429,21 (239,75)	318,41 (308,71)	0,050	0,736
EA2 (cm)	593,57 (424,30)	626,75 (453,05)	419,25 (229,68)	507,76 (574,60)	522,65 (489,81)	326,00 (186,27)	0,111	0,662
LSND (mm)	313,66 (42,25)	281,23 (81,89)	228,46 (67,13)	204,83 (69,60)	192,84 (49,29)	172,77 (53,40)	<0,001	0,957
LSD (mm)	443,94 (69,07)	430,76 (41,14)	423,92 (53,03)	408,56 (43,54)	407,42 (75,72)	399,39 (61,84)	0,288	0,526
LS2 (mm)	378,80 (35,38)	356,00 (51,53)	326,19 (45,73)	306,70 (40,56)	335,13 (93,77)	286,08 (46,98)	0,009	0,849
VMND (m/s)	39,71 (5,59)	23,22 (6,65)	20,36 (5,69)	19,58 (6,93)	18,66 (4,62)	15,05 (3,73)	0,010	0,844
VMD (m/s)	24,24 (5,15)	25,08 (5,71)	20,35 (4,03)	19,52 (4,80)	21,37 (9,75)	17,65 (4,38)	0,003	0,886
VM2 (m/s)	31,97 (8,40)	24,15 (5,24)	20,36 (3,66)	19,55 (5,21)	20,01 (6,36)	16,35 (2,89)	0,005	0,874

VR: variable; TR: test en reposo; PC: post – combate; TE: tamaño del efecto; EAND: elipse del área pierna no dominante; EAD: elipse del área pierna dominante; EA2: elipse del área ambas piernas; LSND: longitud de Sway pierna no dominante; LSD: longitud de Sway pierna dominante; LS2: longitud de Sway ambas piernas; VMND: velocidad media pierna no dominante; VMD: velocidad media pierna dominante; VM2: velocidad media ambas piernas; Post hoc: la misma letra en diferentes columnas indica diferencias significativas entre ambas, todas ellas por debajo de  $p < 0.05$ .

En la figura 4.10 se muestra gráficamente un descenso significativo (51,24% de pérdida respecto al test basal) de EAD, siendo la variable que mayor porcentaje de pérdida presenta.

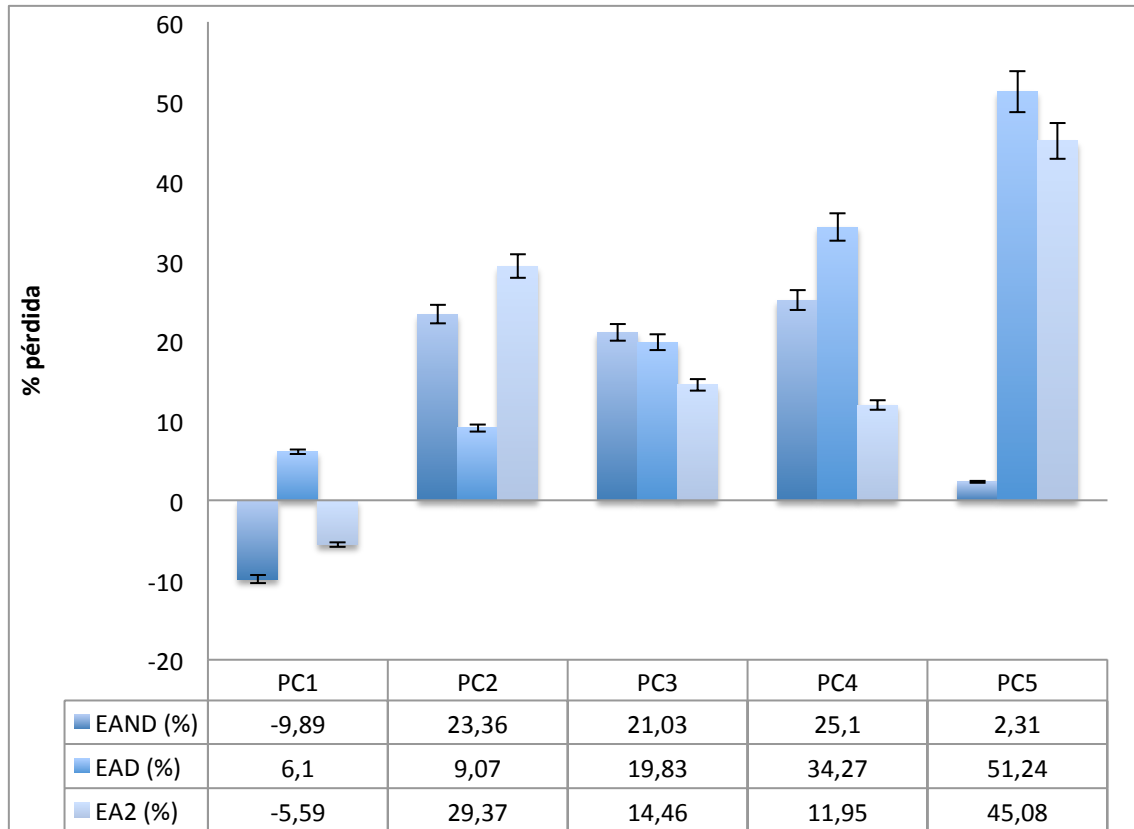


Figura 4.10. Porcentajes (%) de pérdida de superficie de la elipse del área (EA) en un test de equilibrio durante la competición de Judo. PC: postcombate (medida obtenida inmediatamente al finalizar el combate respecto al test basal (100%)). EAND: elipse del área pierna no dominante. EAD: elipse del área pierna dominante. EA2: elipse del área promedio 2 piernas.

Expresado en porcentajes, se encontró un descenso del 44,92% en LSND (figura 4.11) tras el combate 5 respecto al test inicial en reposo y un 24,48% en LS2 comparando igualmente el postcombate 5 con el test basal.

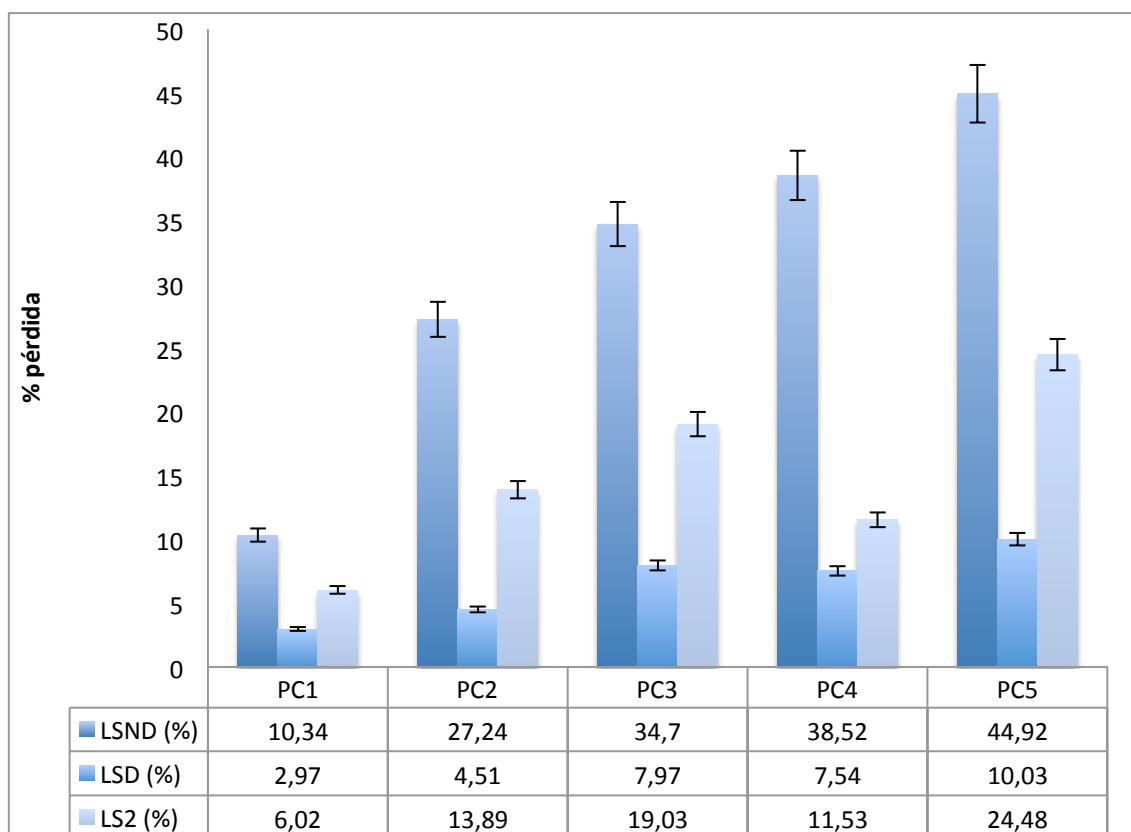


Figura 4.11. Porcentajes (%) de pérdida de longitud de Sway (LS) durante la competición de Judo. PC: postcombate (medida obtenida inmediatamente al finalizar el combate respecto al test basal (100%). PC: postcombate (medida obtenida inmediatamente al finalizar el combate respecto al test basal (100%). LSND: longitud de Sway pierna no dominante. LSD: longitud de Sway pierna dominante. LS2: longitud de Sway promedio 2 piernas.

Las pérdidas de VM (figura 4.12) fueron cuantificadas en un 62,10% (VMND), 27,18% (VMD) y 48,86% (VM2) respectivamente, teniendo en cuenta para ello el test inicial en reposo.

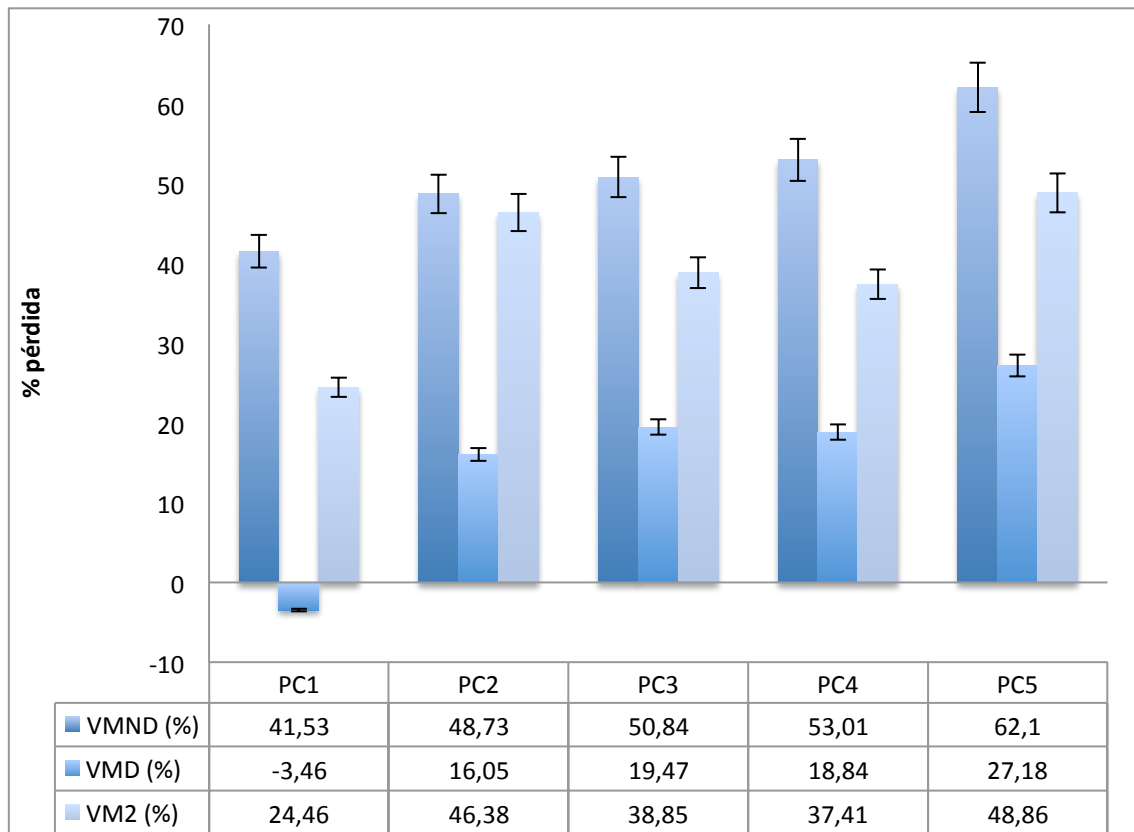


Figura 4.12. Porcentajes (%) de pérdida de la velocidad media (VM) durante la competición de Judo. PC: postcombate (medida obtenida inmediatamente al finalizar el combate respecto al test basal (100%). VMND: velocidad media pierna no dominante. VMD: velocidad media pierna dominante. VM2: velocidad media promedio 2 piernas.

## 4.5. Estudio 5: Comparación de parámetros fisiológicos y musculares de rendimiento en una competición de Judo entre categorías junior y senior.

### 4.5.1. Respuesta fisiológica.

Los valores de LAC (pre y postcombate) se presentan en la figura 4.13. LACa incrementa sus parámetros durante los sucesivos combates tanto en los judokas de categoría junior ( $p < 0,001$ ) como senior ( $p < 0,005$ ).

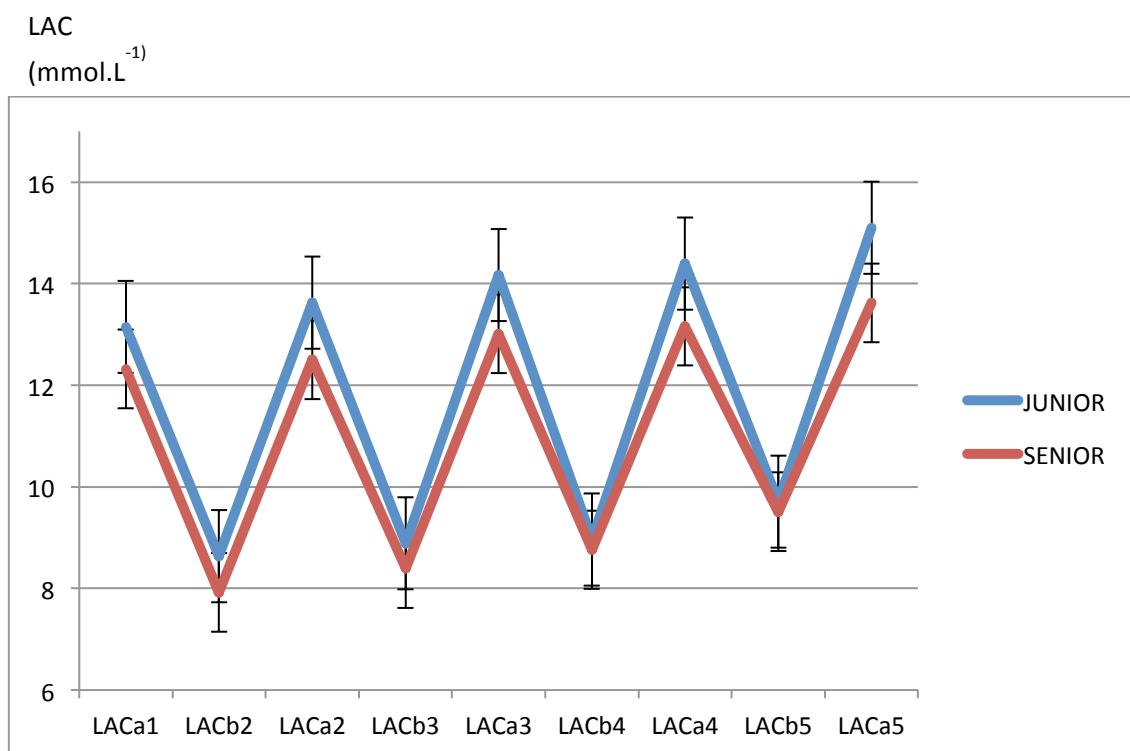


Figura 4.13. Valores de LAC durante la competición de Judo (combates y descansos). LACa: medida de LAC tomada 3' después de un combate; LACb: medida de LAC tomada 1' antes de un combate. P<sub>a</sub>: nivel de significación de LACa; P<sub>b</sub>: nivel de significación de LACb.

La figura 4.14 muestra los valores de la FC durante los combates y en el tiempo de descanso entre ellos. Se encontraron diferencias significativas durante los combates en categoría junior, tanto en FCJx ( $p=0,012$ ) como en FCJm ( $p=0,014$ ). Para la categoría senior, la FC también mostró un descenso significativo de sus valores, tanto en FCSx ( $p=0,020$ ) como en FCSm ( $p=0,019$ ). Igualmente durante los descansos, la FC disminuyó significativamente sus parámetros, ya que la FCJx obtuvo una significación de  $p=0,002$  y la FJcm de  $p=0,007$ . Los judokas senior experimentaron de la misma manera un descenso de sus valores de FC tanto en FCSx ( $p<0,001$ ) como en FCSm ( $p=0,003$ ).

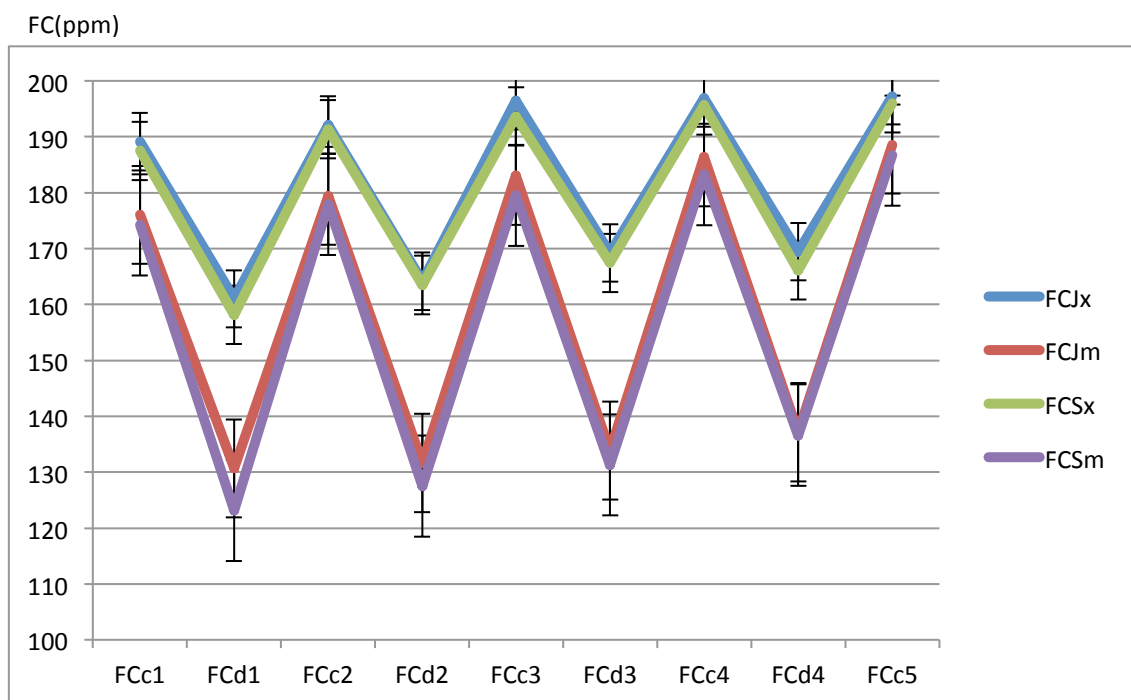


Figura 4.14. Respuesta de la frecuencia cardíaca (FC) durante la competición. FC: frecuencia cardíaca; FCc: FC durante un combate; FCd: FC durante un descanso; PPM: pulsaciones por minuto; FCm: FC media; FCx: FC máxima; Pcx: nivel de significancia de FCcx; Pdx: nivel de significancia de FCdx; PCm: nivel de significancia de FCcm; Pdm: nivel de significancia de FCdm. FCJx: frecuencia cardíaca máxima grupo junior. FCJm: frecuencia cardíaca media grupo junior. FCSx: frecuencia cardíaca máxima grupo senior. FCSm: frecuencia cardíaca media grupo senior.

Por otra parte, en la figura 4.15 se representan gráficamente los resultados de la PSE correspondiente a la toma de datos inmediatamente al finalizar cada combate. Se obtuvieron diferencias significativas durante los sucesivos combates, tanto en categoría junior ( $p=0,004$ ) y senior ( $p<0.001$ ).

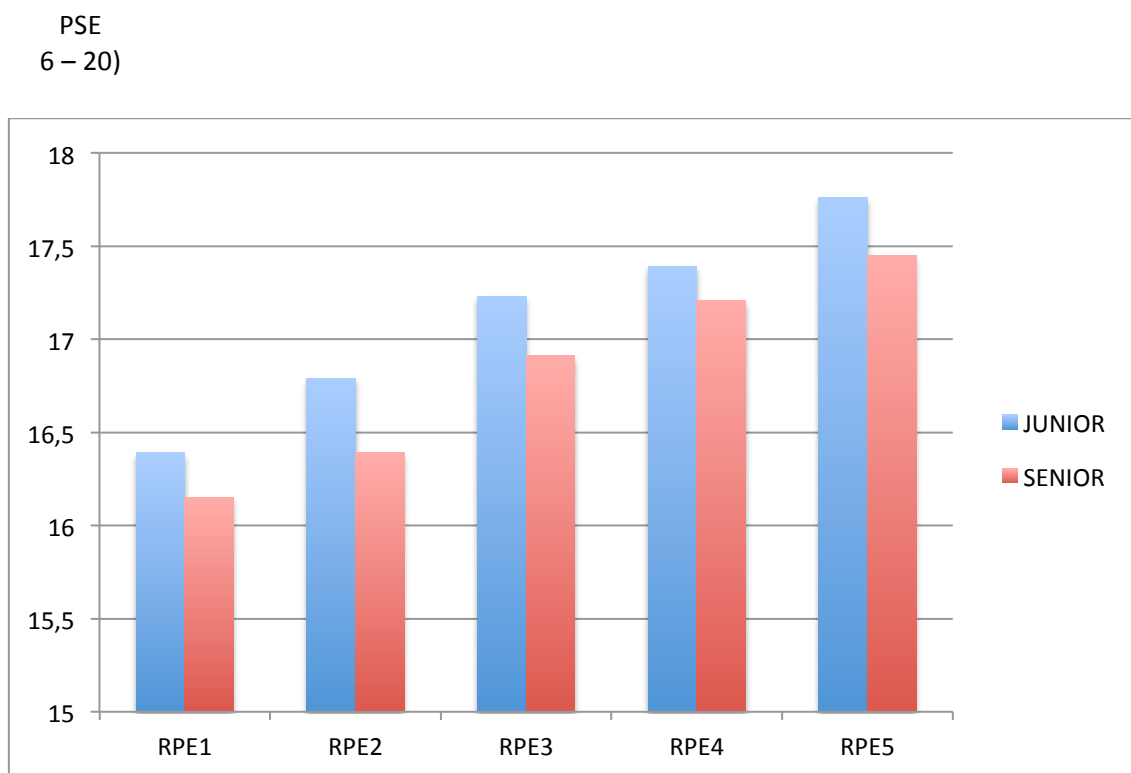


Figura 4.15. Percepción subjetiva del esfuerzo (PSE) inmediatamente al finalizar cada combate.

#### 4.5.2. Parámetros musculares de rendimiento

En la tabla 4.5 se observan los resultados para los parámetros musculares para las categorías junior senior, además de su nivel de significación entre los distintos combates y las dos categorías entre sí, destacando diferencias significativas (todas ellas menores de  $p=0,050$ ) entre el test en reposo y los test postcombate 5 (último combate de la competición) en las variables FIND, FID, PMTI y PMX para las categorías junior y senior y en las variables VMP, FMX y PMD para la categoría junior. Por el contrario, no se encontraron diferencias significativas para la variable FMD, ni en categoría junior ( $p=0,152$ ) ni en la senior ( $p=0,944$ ).

En cuanto a la relación intracategorías, en la tabla 3.5 se muestran las distintas relaciones entre ellas tras el test inicial y después de cada combate, encontrando sólo como diferencias significativas las del PC 4 y 5 en la variable PMTI.

Tabla 4.5: Resultados de los parámetros musculares de rendimiento en los test postcombate y su nivel de significación para las categorías junior y senior.

Var	C	Test Reposo		PC 1		PC 2		PC 3		PC 4		PC 5		P	TE	Post hoc
		Media (DE)	TE*	Media (DE)	TE*	Media (DE)	TE*	Media (DE)	TE*	Media (DE)	TE*	Media (DE)	TE*			
FIND (kgf)	J	46,96 (5,91)		45,49 (6,16)		43,96 (5,94)		42,98 (6,14)		41,77 (6,10)		41,52 (7,33)		<0,001	0,771	B:2,3,5(#),4(†);1:2,3(*),4(†);5:2:B(#),1,4(*);3:#),1(*)
	S	44,95 (4,86)		42,93 (5,20)		41,99 (6,21)		39,90 (5,36)		37,46 (10,28)		38,61 (6,27)		0,006	0,739	B:3(*),5(#);1:3(*),5(#);2:5(#);3:B,1(*)
	A	46,18 (5,59)	0,232 0,043	44,03 (5,64)	0,191 0,051	43,20 (6,19)	0,358 0,026	41,46 (5,82)	0,127 0,069	40,03 (8,65)	0,129 0,068	40,11 (6,75)	0,285 0,035	<0,001	0,672	B:1,2(#);3,4,5(†);1:B(#);3,5(†);4(*);2:B(#),3(*),5(†);3:B,1(†),2(*)
FID (kgf)	J	49,15 (6,94)		48,06 (5,58)		46,83 (6,92)		47,24 (6,52)		43,15 (13,32)		44,60 (6,24)		0,001	0,748	B:2(*),5(#);1:5(†);2:B,5(*)
	S	47,32 (5,93)		45,06 (5,40)		44,16 (6,01)		43,27 (6,64)		42,37 (7,20)		41,00 (6,50)		<0,001	0,856	B:4(*),5(†);1:5(†);2:5(†);3:5(#);4:B(*),5:B,1,2(†),3(#)
	A	48,27 (6,41)	0,309 0,031	46,42 (6,24)	0,179 0,054	45,11 (6,84)	0,050 0,111	44,95 (6,87)	0,042 0,119	43,77 (6,95)	0,097 0,081	42,82 (6,44)	0,075 0,093	<0,001	0,725	B:2,3(#),4,5(†);1:4(#),5(†);2:B,5(#);3:B,5(#),4;4:B(†),1(#),3(*)
PMTI (cm)	J	35,47 (4,78)		34,88 (5,13)		34,07 (5,38)		32,77 (5,36)		32,23 (5,25)		30,88 (5,10)		<0,001	0,886	B:3,4(#),5(†);1:3(#),4,5(†);2:3(*),4(#),5(†);3:5(#),2(*)
	S	34,23 (4,35)		33,09 (4,01)		32,88 (4,54)		31,70 (4,77)		30,80 (4,58)		29,97 (4,49)		<0,001	0,890	B:2(*),3(#),4,5(†);1:4,5(†);2:3(*),4,5(†);3:B,5,3(*)
	A	34,78 (4,50)	0,332 0,029	33,95 (4,58)	0,195 0,050	33,39 (4,87)	0,376 0,024	32,23 (5,01)	0,500 0,017	31,54 (4,91)	0,014 0,372	30,35 (4,71)	0,024 0,519	<0,001	0,848	B:2(#),3,4,5(†);1:3,4,5(†);2:B(†),3(#);3:B,1,5(†),3,4(#);4:B,1,2,3,5(†),4(#);5:B,1,2,3,4,5(†)
VMP (m/s)	J	0,96 (0,08)		0,92 (0,11)		0,89 (0,10)		0,90 (0,13)		0,86 (0,10)		0,82 (0,11)		<0,001	0,767	B:2(*),4,5(#);1:A(*),5(#);2:B(*),5(#);3:5(#);4:1,1(*)
	S	0,93 (0,09)		0,91 (0,11)		0,89 (0,13)		0,87 (0,14)		0,86 (0,14)		0,86 (0,15)		0,362	0,357	B:4(*),5(†);1:5(†);2:5(†);3:5(#);4:B(*),5:B,1,2,3,4(†)
	A	0,95 (0,08)	0,414 0,020	0,91 (0,11)	0,666 0,006	0,89 (0,11)	0,836 0,001	0,88 (0,13)	0,523 0,012	0,85 (0,12)	0,994 <0,001	0,83 (0,13)	0,448 0,018	<0,001	0,567	B:2,3(#),4,5(†);1:4,5(†);2:B,4,5(#);3:B,4,5(#);4:B(†),1,2(#),3(*)
FMD (N)	J	425,24 (74,02)		430,51 (79,49)		430,69 (79,34)		430,61 (79,35)		430,27 (79,18)		442,88 (74,78)		0,152	0,409	
	S	440,14 (68,32)		440,28 (67,73)		440,21 (60,08)		440,19 (67,75)		440,14 (67,76)		439,96 (68,28)		0,944	0,092	
	A	429,28 (67,96)	0,708 0,004	432,22 (70,79)	0,880 0,001	432,25 (70,83)	0,889 0,001	432,20 (70,71)	0,887 0,001	431,95 (70,59)	0,881 0,001	438,72 (68,33)	0,701 0,005	0,083	0,267	
FMX (N)	J	742,49 (152,02)		724,10 (168,48)		700,47 (146,11)		709,71 (154,28)		704,99 (171,29)		691,28 (145,84)		0,012	0,614	B:2,5(#),4(*);2:B(#);4:B(*);5:B(#)
	S	734,62 (136,22)		722,25 (133,35)		727,48 (146,19)		720,85 (149,87)		709,44 (140,90)		693,29 (115,27)		0,190	0,452	
	A	735,57 (140,10)	0,755 0,003	720,74 (148,95)	0,887 0,001	710,39 (143,19)	0,662 0,006	709,36 (145,45)	0,988 <0,001	701,34 (151,82)	0,879 0,001	688,32 (127,43)	0,883 0,001	0,001	0,502	B:5(*);5:B(*)
PMD (w)	J	402,13 (68,50)		392,63 (88,20)		376,83 (79,71)		382,33 (89,89)		366,37 (83,41)		349,18 (80,54)		0,001	0,752	B:4,5(#);1:5(†);2:5(#);3:5(#);4:B(#);5:B,2,3(#)
	S	406,91 (69,72)		394,51(67,80)		385,74 (63,37)		379,81 (67,96)		376,45 (71,84)		363,47 (69,33)		0,166	0,469	
	A	403,75 (67,67)	0,880 0,001	390,77 (75,63)	0,877 0,001	379,28 (70,65)	0,829 0,001	377,70 (77,43)	0,706 0,004	366,96 (74,32)	0,961 <0,001	352,16 (73,70)	0,799 0,002	<0,001	0,607	B:2(#),3(*),4,5(†);1:4(#),5(†);2:B(#),5(†);3:B(†),5(†);4:B(†),1(#),5(*)
PMX (w)	J	772,26 (141,07)		771,61 (158,26)		726,50 (142,78)		738,31 (168,03)		716,99 (157,95)		709,00 (148,62)		0,002	0,711	1:5(*);5:1(*)
	S	820,30 (119,74)		764,15 (120,31)		749,65 (135,36)		738,90 (144,54)		736,04 (116,58)		720,24 (125,92)		0,047	0,591	B:4,5(*);4:B(*);5:B(*)
	A	789,35 (129,58)	0,403 0,021	764,84 (137,74)	0,756 0,003	733,16 (135,48)	0,757 0,003	736,55 (155,64)	0,943 <0,001	719,38 (136,19)	0,914 <0,001	707,24 (131,75)	<0,001	0,598	B:2(#),3(*),4,5(†);1:2,3(*);4(#),5(†);2:B(#),1(†);3:B(#),1(*)	

Var: variable. C: Categoría. J: junior. S: senior. A: media de las dos categorías. PC: postcombate. DE: desviación estándar. TE: tamaño del efecto. FIND: fuerza isométrica mano no dominante; FID: fuerza isométrica mano dominante; PMTI: potencia muscular tren inferior; VMP: velocidad media propulsiva; FMD: fuerza media; FMX: fuerza máxima; PMD: potencia media; PMX: potencia máxima. \*: p <0.05; #: p <0.01; †p <0.001.

## **4.6. Estudio 6: Modelo de intervención activa sobre la recuperación en los descansos entre combates en la competición de Judo.**

### **4.6.1. Respuesta fisiológica.**

En la tabla 4.6 se presentan los resultados correspondientes a los parámetros fisiológicos para los dos grupos participantes en el estudio. Destacan las diferencias significativas encontradas en todas las variables para el GC. Por su parte, el GE solo encontró diferencias significativas entre el PC 1 y el PC 5 en la variable PSE ( $p=0,047$ ).

En cuanto a las correlaciones entre ambos grupos, destacan las correlaciones positivas para la variable LACc en el combate 1 ( $p=0,019$ ), 4 ( $p=0,030$ ) y 5 ( $p=0,001$ ). De la misma manera, FCXc correlacionó entre dichos grupos significativamente ( $p=0,037$ ) durante el combate 3.

Tabla 4.6: Resultados de los parámetros fisiológicos en los test postcombate y su nivel de significación

Var	GI	Combate 1 Media (DE) Post hoc (a) CR (P*)	Combate 2 Media (DE) Post hoc (b) CR (P*)	Combate 3 Media (DE) Post hoc (c) CR (P*)	Combate 4 Media (DE) Post hoc (d) CR (P*)	Combate 5 Media (DE) Post hoc (e) CR (P*)	P Valor	TE $\eta$
LACc (mmol/l)	A	14,63 (3,31)	14,52 (3,01)	14,55 (6,41)	14,90 (2,89)	14,88 (3,11)	0,872	0,358
	P	12,55 (6,80)	13,41 (3,33)	14,57 (3,22)	15,53 (3,37)	16,88 (6,10)	0,034	0,914
			c,d,e	b,e	b,e	b,c,d		
		0,019	0,159	0,642	0,030	0,001		
LACd (mmol/l)	A	9,53 (2,26)	9,71 (2,37)	9,81 (1,93)	9,41 (2,16)		0,336	0,630
	P	8,30 (1,76)	8,82 (1,62)	9,87 (1,96)	10,63 (2,00)		0,009	0,970
		b,c,d	a,c,d	a,b,d	a,b,c			
		0,945	0,876	0,760	0,700			
PSE (6 – 20)	A	15,50 (1,38)	16,33 (0,82)	16,67 (1,50)	17,67 (0,82)	17,83 (1,33)	0,047	0,868
	P	14,83 (1,17)	16,33 (1,03)	16,17 (0,98)	16,65 (0,83)	17,00 (0,63)	0,029	0,647
		d,e	d,e	a,b	a,b			
		0,907	0,882	0,180	0,226	1,000		
FCXc (ppm)	A	183,33 (6,25)	182,50 (7,50)	184,00 (8,22)	185,00 (7,72)	185,50 (8,31)	0,237	0,834
	P	185,50 (9,07)	185,00 (9,05)	186,50 (10,23)	186,33 (9,93)	189,67 (10,11)	0,015	0,921
			f	f	f	b,c,d		
		0,198	0,093	0,037	0,087	0,077		
FCXd (ppm)	A	169,00 (6,36)	171,50 (5,08)	171,83 (5,71)	172,67 (6,56)		0,163	0,780
	P	165,33 (5,95)	169,00 (6,45)	177,83 (5,38)	182,33 (4,50)		<0,001	0,998
		b,c	a	a				
		0,262	0,384	0,137	0,231			
FCDc (ppm)	A	176,90 (7,87)	178,73 (7,18)	177,32 (7,10)	179,12 (7,95)	181,83 (8,23)	0,453	0,620
	P	177,42 (8,15)	179,92 (8,65)	183,90 (9,12)	186,01 (10,06)	191,23 (12,30)	0,002	0,932
		c,d,e	d,e	a,e	a,b,	a,b,c		
		0,216	0,114	0,286	0,359	0,532		
FCDd (ppm)	A	123,09 (10,12)	126,84 (11,09)	127,64 (12,78)	124,06 (13,20)		0,629	0,406
	P	124,32 (9,87)	127,32 (11,95)	131,70 (12,35)	134,63 (11,16)		0,005	0,930
		b,c,d	a,c,d	a,b	a,b			
		0,117	0,194	0,391	0,538			

Var: variable. GI: grupo de investigación. A: descansos activos. P: descansos pasivos. DE: desviación estándar. Post hoc: la misma letra en diferentes columnas indica diferencias significativas entre ambas, todas ellas por debajo de  $p < 0.05$ . CR: correlación (nivel de significación). TE: tamaño del efecto. LACc: lactato 3' después del combate. LACd: lactato 1' antes del combate. PSE: percepción subjetiva del esfuerzo. FCXc: frecuencia cardíaca máxima durante los combates. FCXd: frecuencia cardíaca máxima durante los descansos. FCDc: frecuencia cardíaca media durante los combates. FCDd: frecuencia cardíaca

La figura 4.16 muestra la evolución del LAC en los dos grupos de investigación durante toda la competición, tanto en los descansos como en los combates.

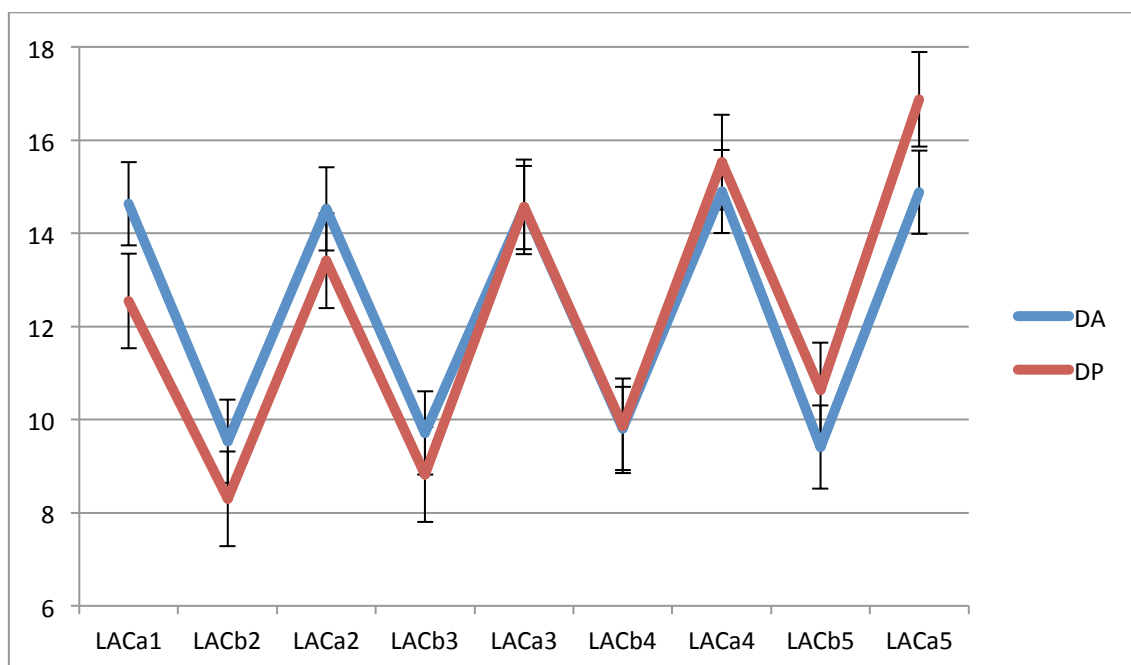


Figura 4.16: evolución del lactato (LAC) tanto durante los combates como en los descansos. DA: descansos activos. DP: descansos pasivos. LACc: lactato 3' después del combate. LACd: lactato 1' antes del combate.

La figura 4.17 presenta la comparativa de los valores de la PSE entre el GC y el GE inmediatamente al finalizar cada combate.

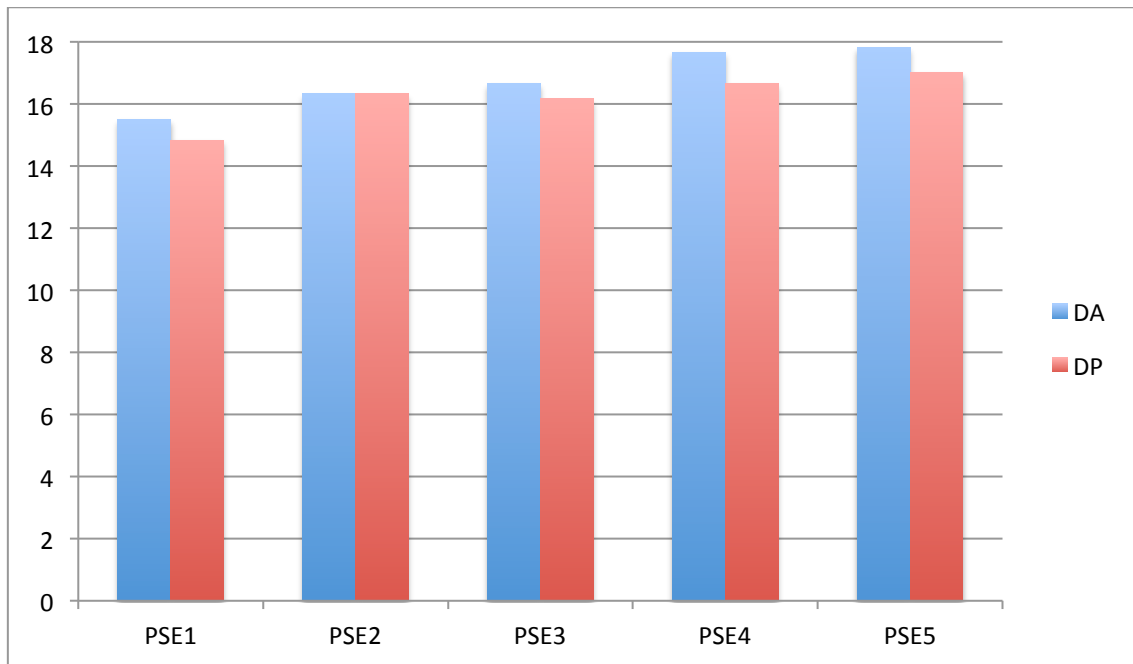


Figura 4.17: Comparativa de los valores de la PSE entre el grupo de control (GC) grupo experimental (GE) durante los sucesivos combates.

En la figura 4.18 se puede ver la evolución de los distintos parámetros relacionados con la FC (FCAx, FCAm, FCPx y FCPm) durante el tiempo que duraron los combates y el de los descansos

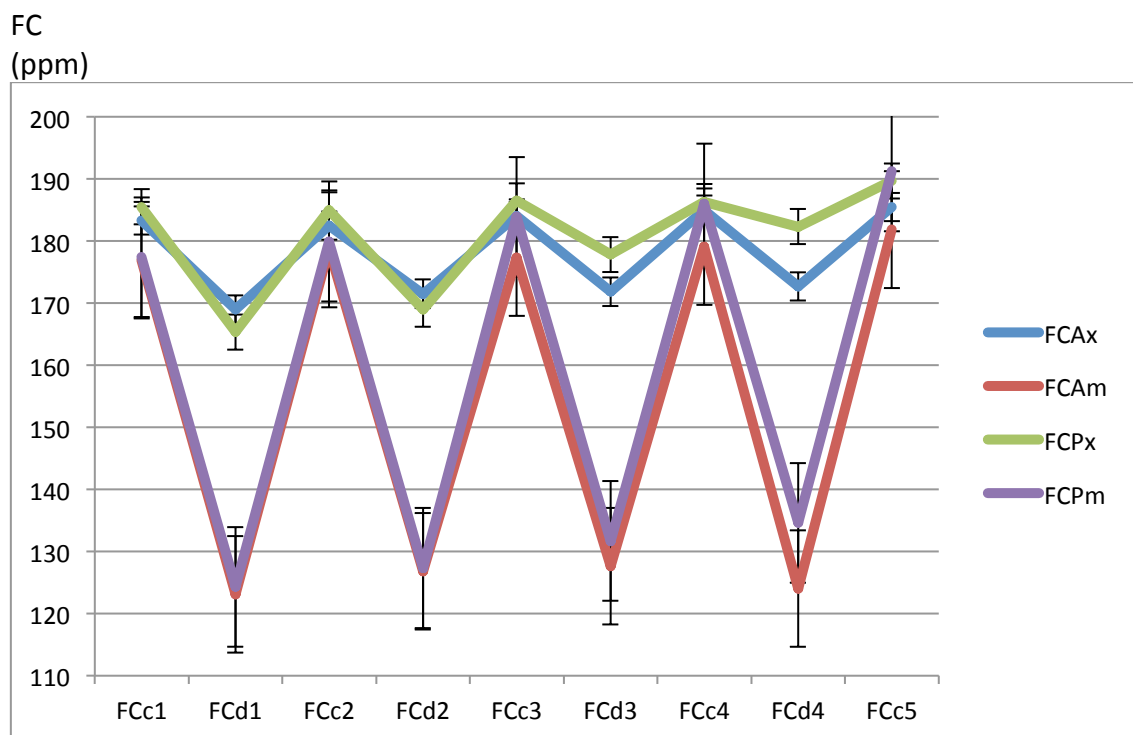


Figura 4.18: Evolución de la frecuencia cardíaca (FC) y sus distintos parámetros durante los sucesivos combates de Judo y el tiempo de descanso entre ellos. Ppm: pulsaciones por minuto. FCAx: frecuencia cardíaca máxima del grupo experimental con descansos activos. FCAm: frecuencia cardíaca media del grupo experimental con descansos activos. FCPx: frecuencia cardíaca máxima del grupo control con descansos pasivos. FCPm: frecuencia cardíaca media del grupo control con descansos pasivos. FCc: frecuencia cardíaca durante el combate. FCd: frecuencia cardíaca durante el descanso.

#### 4.6.2. Parámetros musculares de rendimiento.

La tabla 4.7 refleja los resultados de los parámetros musculares de rendimiento tras cada combate y en el test inicial, así como el nivel de significación entre cada una de las tomas de datos y las correlaciones entre los dos grupos de investigación. Se encontraron diferencias significativas en el GC (con descansos pasivos entre cada combate) en las variables PMTI ( $p=0,041$ ), FIND ( $0,012$ ), FID ( $p=0,004$ ), VMP ( $p=0,003$ ), FMX ( $p=0,029$ ), PMD ( $0,030$ ) y PMX ( $p=0,013$ ). No se hallaron diferencias significativas en la variable FMD ( $p=0,404$ ). En cuanto al GI, solo mostró diferencias significativas entre el test inicial y los test postcombate en las variables FIND ( $p=0,018$ ) y FID ( $p=0,037$ ). Respecto a la comparativa de los dos grupos de investigación entre sí, se encontraron correlaciones significativas en las variables PMTIO ( $p=0,048$ ), FIND0 ( $p=0,015$ ), FIND1 ( $p=0,049$ ), FIND2 ( $p=0,015$ ) y FMX0 ( $p=0,048$ ).

Tabla 4.7: resultados de los parámetros musculares de rendimiento y correlaciones entre ambos grupos de investigación.

Var	GI	PC 0 Media (DE) Post hoc (a) CR (P*)	PC 1 Media (DE) Post hoc (b) CR (P*)	PC 2 Media (DE) Post hoc (c) CR (P*)	PC 3 Media (DE) Post hoc (d) CR (P*)	PC 4 Media (DE) Post hoc (e) CR (P*)	PC 5 Media (ED) Post hoc (f) CR P*	P Valor	TE $\eta$
PMTI (cm)	A	32,26 (2,44)	32,02 (3,48)	33,68 (3,61)	33,08 (2,90)	32,81 (4,13)	32,96 (3,59)	0,469	0,917
	P	32,00 (2,24) e,f 0,048	31,32 (3,28) e,f 0,304	30,50 (3,96) e,f 0,441	29,05 (4,94) e,f 0,284	28,03 (5,03) a,b,c,d,f 0,275	26,58 (4,78) a,b,c,d,e 0,271	0,041	0,999
FIND (kgf)	A	41,80 (5,45) c,d,e,f	41,48 (6,41) d,e,f	40,43 (6,44) a	39,42 (86,16) a,b,f	39,25 (6,28) a,b,d,e	38,87 (6,16) a,b,d	0,018	0,995
	P	42,10 (6,58) b,c,d,e,f 0,015	40,02 (6,59) a,d,f 0,049	39,90 (7,53) a,d,f 0,015	38,37 (6,40) a,b,c,e,f 0,077	37,27 (6,22) a,b,c,d 0,078	36,33 (5,56) a,b,c,d 0,096	0,012	0,995
FID (kgf)	A	43,25 (6,82) b,c,d,e,f	42,73 (6,69) a,e,f	42,42 (6,40) a,e,f	41,68 (6,51) a	41,68 (6,37) a,b,c	41,55 (6,20) a,b,c	0,037	0,949
	P	44,42 (9,56) c,d,e,f 0,069	43,27 (8,88) c,d,e,f 0,067	41,23 (9,11) a,b,e,f 0,123	40,67 (8,49) a,b,f 0,085	39,48 (7,60) a,b,c,f 0,121	38,45 (7,55) a,b,c,d,e 0,083	0,004	0,950
VMP (m/s)	A	1,05 (0,15) d,f	1,02 (0,13) a,c,d,e,f	1,00 (0,15)	0,98 (0,16) a	1,00 (0,17) a,b,c,d,f	0,98 (0,16) a,b,c,d,e	0,554	0,880
	P	0,99 (0,10) b,c,d,e,f 0,089	0,95 (0,08) a,c,d,e,f 0,346	0,91 (0,10) a,b,e,f 0,576	0,88 (0,10) a,b,f 0,614	0,85 (0,10) a,b,c,f 0,697	0,79 (0,10) a,b,c,d,e 0,942	0,003	0,998
FMD (N)	A	388,43 (40,37)	405,10 (79,86)	405,30 (80,15)	405,27 (79,92)	405,27 (80,11)	405,30 (80,10)	0,952	0,425
	P	405,03 (50,92) 0,071	405,82 (50,57) 0,172	405,63 (50,63) 0,173	405,50 (50,27) 0,182	405,47 (50,26) 0,179	405,14 (50,29) 0,181	0,404	0,940
FMX (N)	A	682,98 (126,63)	671,80 (116,07)	649,28 (103,09)	637,58 (94,96)	635,55 (83,27)	603,89 (85,29)	0,699	0,790
	P	681,70 (109,70) c,d,e,f 0,048	672,68 (148,64) e,f 0,606	669,30 (107,47) a,e,f 0,185	669,95 (127,89) a,e,f 0,253	655,32 (125,54) a,b,c,d 0,336	631,61 (108,99) a,b,c,d 0,783	0,029	0,994
PMD (W)	A	378,10 (54,08)	394,92 (83,56)	373,35 (49,35)	387,05 (72,36)	366,20 (45,59)	366,90 (51,83)	0,903	0,546
	P	378,10 (54,08) c,d,e,f 0,046	359,90 (55,75) d,e,f 0,284	349,87 (54,37) a,e,f 0,542	327,13 (49,28) b,e,f 0,399	311,13 (47,15) a,b,c,d,f 0,541	294,63 (45,97) a,b,c,d,e 0,616	0,030	1,000
PMX (W)	A	830,32 (189,82)	808,15 (161,34)	821,12 (211,56)	772,97 (140,32)	793,45 (190,14)	774,00 (189,88)	0,232	0,981
	P	880,90 (154,17) b,d,e,f 0,641	812,78 (160,78) a 0,648	750,92 (90,18) a 0,100	741,10 (128,93) a 0,388	711,92 (112,50) a 0,170	689,35 (116,30) a 0,213	0,013	0,944

Var: variable. GI: grupo de investigación. A: descansos activos. P: descansos pasivos. PC: post-combate. PC 0: test inicial en reposo. DE: desviación estándar. Post hoc: la misma letra en diferentes columnas indica diferencias significativas entre ambas, todas ellas por debajo de  $p < 0.05$ . CR: correlación (nivel de significación). TE: tamaño del efecto. PMTI: potencia muscular del tren inferior. FIND: fuerza isométrica mano no dominante; FID: fuerza isométrica mano dominante; VMP: velocidad media propulsiva; FMD: fuerza media; FMX: fuerza máxima; PMD: potencia media; PMX: potencia máxima.

En cuanto a la evolución de la PMTI durante los sucesivos combates (figura 4.19), el GC experimentó una pérdida en esta variable del 16,94% comparando el PC5 con el test inicial. Por su parte, el GE obtuvo una mejora en esta capacidad del 2,17%, es decir, aumentó sus valores respecto al test inicial.

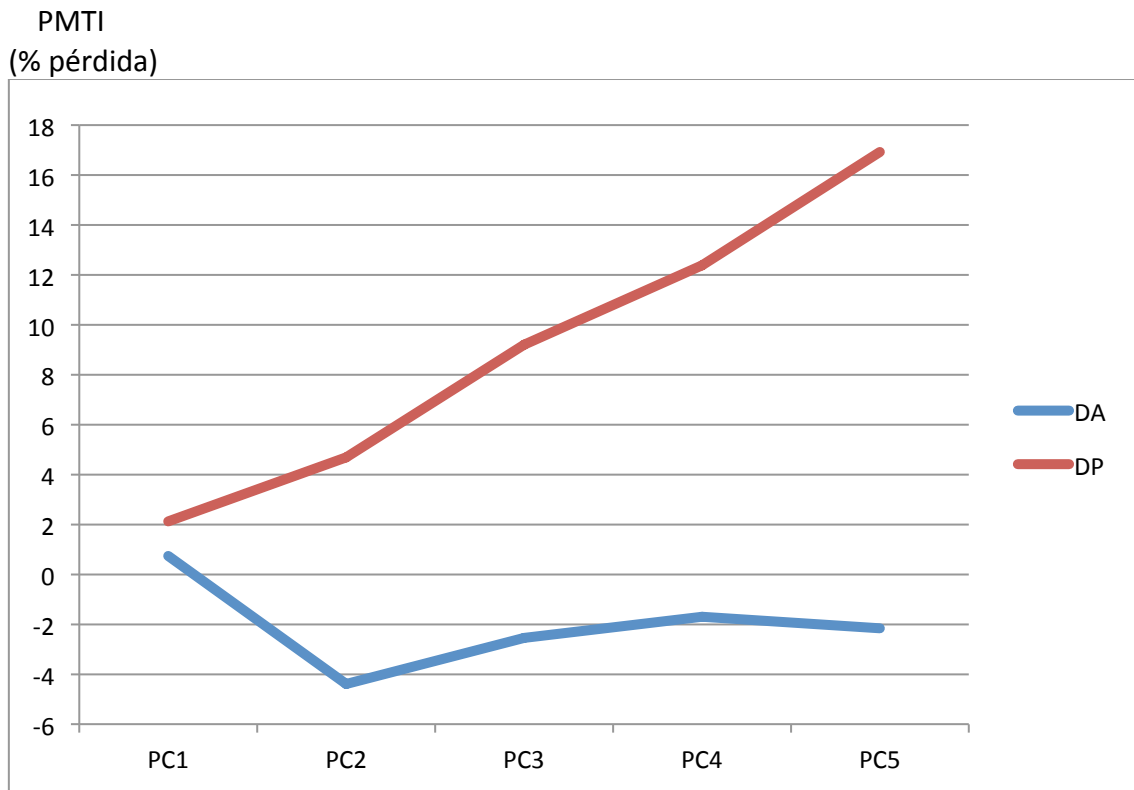


Figura 4.19: evolución de la potencia muscular del tren inferior (PMTI), expresada en porcentajes de pérdida tras cada combate, para ambos grupos. DA: descansos activos. DP: descansos pasivos. PC: postcombate.

Por otra parte, la evolución de la FI para ambos GI durante toda la competición viene reflejada en la figura 3.20. En ella se puede observar una pérdida del 13,56% para la FIDP y del 13,70% para la FINDP. Por el contrario, la FINDA obtiene un 7,01% de pérdida comparándose el PC5 con el test inicial y la FIDA un 3,93% estableciéndose la misma comparación.

FI  
(% pérdida)

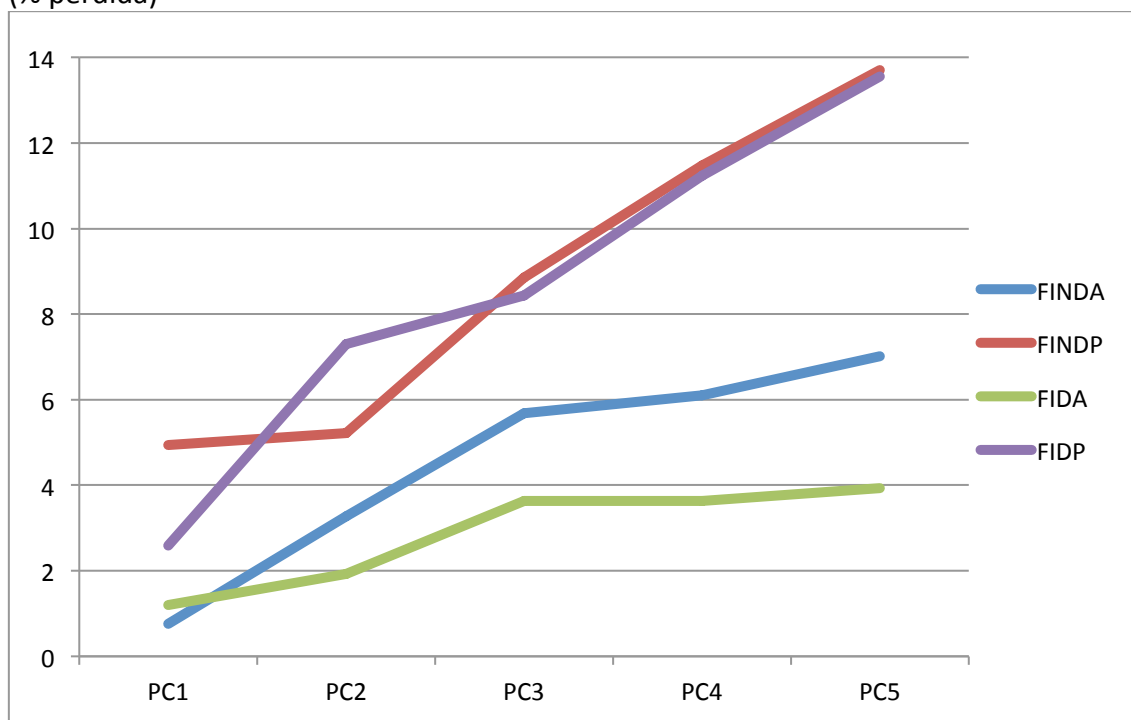


Figura 4.20: evolución de la fuerza isométrica (FI), expresada en porcentajes de pérdida tras cada combate, para ambos grupos de investigación (GI) durante la competición de Judo. PC: post-combate. FINDA: fuerza isométrica de la mano no dominante para el grupo con descansos activos. FINDP: fuerza isométrica de la mano no dominante para el grupo con descansos pasivos. FIDA: fuerza isométrica de la mano dominante para el grupo con descansos activos. FIDP: fuerza isométrica de la mano dominante para el grupo con descansos pasivos.

En la figura 4.21 se representan los valores para la FDM y todas sus variables para ambos grupos, destacando como representativos la pérdida del 22,08% en la PMDp y del 21,74% para la PMXp.

FDM

% pérdida

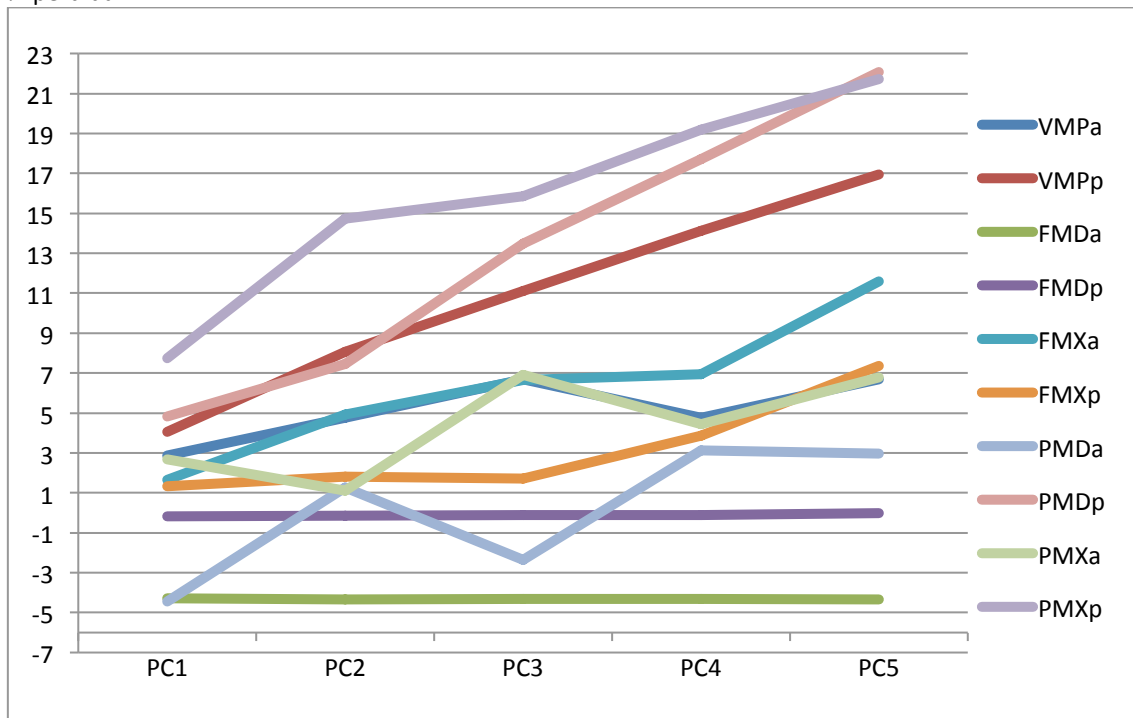


Figura 4.21. evolución de la FDM, expresada en porcentajes de pérdida tras cada combate, y todas sus variables. VMPa: velocidad media propulsiva grupo descansos activos. VMPp: velocidad media propulsiva grupo descansos pasivos. FMDa: fuerza media grupo descansos activos. FMDp: fuerza media grupo descansos pasivos. FMXa: fuerza máxima grupo descansos activos. FMXp: fuerza máxima grupo descansos pasivos. PMDa: Potencia media grupo descansos activos. PMDp: potencia media grupo descansos pasivos. PMXa: potencia máxima grupo descansos activos. PMXp: potencia máxima grupo descansos pasivos.

A photograph of two martial artists in white uniforms performing a sparring move on a green mat. One artist is in a low, defensive stance while the other is leaning over them. The background is a dark arena with a wooden floor.

# 5. DISCUSIÓN



## 5. DISCUSIÓN.

---

### 5.1. Estudio 1: Perfil de fuerza-velocidad en judokas de categoría nacional

Para dar respuesta al propósito del presente estudio, se calcularon los perfiles de fuerza-velocidad en judokas de competición en categoría nacional. De acuerdo con los resultados obtenidos, la hipótesis planteada inicialmente fue corroborada. Así, se puede afirmar que estos deportistas poseen un perfil de f-v que se ajusta en gran medida al que se considera óptimo en función de sus datos antropométricos.

Una de las fortalezas del presente estudio fue contar con deportistas de nivel nacional (participantes y/o medallistas en Campeonatos de España y algunos de ellos medallistas en campeonatos internacionales), por lo que podrían generalizarse los perfiles a nivel competitivo nacional. De esta forma, aportarían información de interés sobre las demandas de fuerza que conlleva la especialización de alto nivel en Judo.

Como se puede observar en la figura 3.3 sobre el perfil óptimo del deportista, se indica cual es su situación real de F0 respecto al plano vertical, por ejemplo en un salto, una arrancada o en sendos apoyos sobre las dos piernas o una de ellas (fundamental en la ejecución de la mayoría de técnicas en Judo). De la misma forma, en dicha figura se muestra también la situación real de F0 respecto al plano horizontal, donde se refleja el componente de velocidad en la aplicación de fuerza, considerándose la primera aplicación de la misma<sup>210,217</sup>, por ejemplo, en un sprint o en el primer apoyo de un gesto técnico específico de Judo.

Se observa que algún sujeto presenta valores de F0 por encima del perfil óptimo (aprox. 10N/kg superior), tal y como corroboran otros estudios <sup>273</sup>. En este ejemplo, el deportista debería trabajar la velocidad específica, puesto que su aplicación de la FMX es más lenta que la establecida por su perfil óptimo, es decir, para las exigencias de fuerza que demanda el Judo.

Los resultados de este estudio ponen de manifiesto las demandas de fuerza de la especialidad de Judo sobre sus deportistas cuando hablamos del perfil de fuerza, en concreto en las variables de fuerza (F0), velocidad (V0), la derivada del Producto fuerza por Velocidad (SFv), pendiente de F-v relación lineal (N.s/m/kg) y el déficit de Velocidad-Fuerza (déficit fv). Por ello, sería interesante conocer los niveles de fuerza de los judokas en situación real de competición, así como la evolución de esta capacidad durante la misma.

## **5.2. Estudio 2: Efecto agudo de la competición de Judo sobre parámetros de rendimiento muscular y la respuesta fisiológica**

El principal objetivo de este estudio fue cuantificar, tanto la evolución de los parámetros musculares de rendimiento, como la respuesta fisiológica durante una competición simulada de Judo. Según los resultados obtenidos, y en la misma línea que otros estudios <sup>7,57,158,177</sup>, podríamos confirmar que la competición de Judo genera una disminución en la producción de fuerza, tanto en el tren inferior como en el superior. El aumento de los valores de los marcadores fisiológicos según avanzaban los distintos combates nos hace pensar en que el combate de Judo es un esfuerzo físico de gran intensidad, tal y como concluyen varios autores <sup>18,49,61,158</sup>, y que 15 minutos de descanso entre combates es un tiempo insuficiente para volver a los valores iniciales (basales) de las capacidades implicadas.

Una de las fortalezas de este estudio fue el empleo metodológico de una competición simulada de control, con el protocolo oficial de la IJF para este tipo de competiciones. Con esto, se pretendía que los esfuerzos físicos por parte de los judokas fueran similares a los realizados en una competición oficial, como así demostraron los altos valores obtenidos en los marcadores fisiológicos. Además, se analizó el impacto de estos parámetros fisiológicos sobre las capacidades de producción de fuerza.

### 5.2.1. Respuesta fisiológica

No son abundantes los estudios acerca de la FC en la competición de Judo. En uno de ellos<sup>18</sup> se observa un incremento del estrés cardiovascular durante una competición de Judo. Por su parte, en un estudio acerca de la FC durante el combate de Judo<sup>49</sup> se obtuvieron  $180 \pm 11$  ppm de valor medio. Un estudio similar<sup>5</sup> mostró unos valores medios en una sucesión de 4 combates que oscilaban entre  $179 \pm 6,21$  ppm hasta  $184 \pm 7,71$  ppm. Con estos resultados se puede afirmar que, además el Judo es considerado un deporte con esfuerzos intermitentes, los altos valores de FC encontrados indican que también demanda una amplia implicación del sistema cardiovascular.

LAC ha sido relacionado frecuentemente con el rendimiento en el combate de Judo<sup>3,18,49,61,141</sup>. Al contrario que ocurre en nuestro estudio, otros estudios previos<sup>61,141</sup> indicaron que los niveles de LAC disminuyen durante los sucesivos combates de Judo. Por su parte, en un estudio durante una competición simulada<sup>166</sup> se obtuvieron valores de  $>10$  mmol.l<sup>-1</sup>, indicando una moderada-alta demanda del sistema glucolítico. En un estudio en el que LAC fue medido antes del inicio de cada combate (en una competición simulada de 3 combates con 12 minutos de descanso entre ellos)<sup>47</sup>, se obtuvo que el tiempo de descanso aplicado no fue suficiente para permitir al LAC volver a los valores basales. El presente estudio se postula próximo a esta corriente, ya que se produjo un

incremento en los valores tomados un minuto antes de cada combate ( $1.6 \pm 0.6 \text{ mmol.l}^{-1}$ ;  $3.1 \pm 1.9 \text{ mmol.l}^{-1}$ ;  $4.3 \pm 2.1 \text{ mmol.l}^{-1}$ , sucesivamente), lo que indica que el tiempo mínimo de descanso oficial entre cada combate no es suficiente para retornar al LAC a los valores iniciales. Según diversos autores<sup>18</sup>, los valores de LAC en competiciones de Judo simuladas son aproximadamente  $2-3 \text{ mmol.l}^{-1}$  inferiores a los de una competición real, sugiriendo que la competición simulada requiere una demanda glucolítica inferior a la de la competición real.

En cuanto a la PSE, se afirma<sup>178</sup> que puede ser usada como monitor metabólico y medidor de estrés cardiovascular durante una competición oficial de Judo. En el mismo estudio se encontró que LAC Y PSE correlacionan de manera significativa, concluyendo que las escalas de PSE pueden ser usadas como monitor de estrés cardiovascular durante los combates de Judo.

### **5.2.2. Parámetros musculares de rendimiento**

En lo referente a la FI de la mano dominante, la línea de nuestro estudio se sitúa próxima a los resultados de otra investigación previa<sup>177</sup>, los cuales reportaron una disminución del 12.7% tras un combate y un 15% después de 4 combates, en la línea de nuestro estudio. Por su parte, en un estudio previo<sup>7</sup> se obtuvo una pérdida del 5% en la variable de FI tras un combate y del 15% tras el segundo en una competición simulada. Los resultados de ambos trabajos de investigación expresan igualmente la misma tendencia que los obtenidos en nuestro estudio, en el que se muestra a través de las correlaciones que los judokas con altos valores de FI desarrollaron una elevada cantidad de fuerza (media y máxima), y que esta fuerza se obtiene a una alta velocidad (especialmente con la mano no dominante). En la mano dominante, los judokas con altos valores de FI presentaron altos valores también de PSE en el mismo combate. No existe correlación significativa entre FID Y FIND, hecho que puede deberse a que las dos manos realizan distintos trabajos con distintos esfuerzos cada uno de ellos. Por esta razón, la lateralidad tiene una alta influencia en el rendimiento de la FI durante una

competición de Judo, lo que hace pensar que la resistencia a la FI es más relevante para el rendimiento que la fuerza máxima en la competición, ya que los judokas usan el agarre durante cada combate sin mantenerlo fijo, por lo que la máxima fuerza no se mantiene durante un largo período de tiempo<sup>221</sup>.

Sólo algunos estudios sobre FDM tras sucesivos combates de Judo mostraron una disminución en sus valores similar a la observada en el presente trabajo. Uno de ellos<sup>7</sup> encontró una disminución de más de un 5% en un test de press de banca después de un combate, concluyendo los autores que un combate de Judo induce fatiga en la musculatura flexora y extensora del tren superior. En el presente estudio se obtuvo una disminución similar después del combate 1 (5.01% en VMP y 5.30% en PMX), incrementándose este porcentaje según avanzaban los sucesivos combates. El declive de FDMd podría indicar que la acumulación de fatiga muscular según avanza la competición de Judo genera una reducción de los valores de los parámetros musculares de rendimiento y de las capacidades de producción de fuerza durante los sucesivos combates.

En lo referente al PMTI en el presente estudio hubo una disminución en sus valores respecto al test inicial en reposo, similar a la encontrada en un estudio<sup>158</sup> con la Selección Nacional de Brasil en el que se obtuvieron valores iniciales superiores a los del presente estudio ( $44.53 \pm 3.8$  cm) y reducciones en sus valores tras el primer y el segundo combate. Estos hallazgos se pueden deber a la alta carga excéntrica-concéntrica del tren inferior en la ejecución de las técnicas específicas de Judo<sup>8,158</sup>. Ya que la altura del salto es considerada como un indicador absoluto de potencia del tren inferior<sup>274</sup>, una sucesión de medidas de esta prueba podría ser un buen indicador de fatiga en el tren inferior, fatiga que podría afectar a la producción de potencia y a la recuperación de dicha capacidad. Las correlaciones con otros parámetros musculares de rendimiento muestran que la competición de Judo es un deporte completo que desarrolla no solo el

miembro superior, si no tambi3n el inferior, ya que los judokas con altos valores en PMTI presentan tambi3n altos valores en FDMx, FDMd y FI.

### **5.3. Estudio 3: P3rdida de fuerza en la competici3n de Judo asociada a par3metros de rendimiento muscular**

El prop3sito principal del presente estudio fue comprobar y comparar los niveles de fuerza tras sucesivos combates de Judo, mostrando posibles porcentajes de p3rdida y sus efectos sobre la capacidad de producci3n de fuerza. El principal hallazgo fue la obtenci3n de los porcentajes de p3rdida para las capacidades musculares de rendimiento, mostrando un declive considerable en ellas durante el desarrollo de la competici3n de Judo. Con este resultado, se podr3a afirmar que 15 minutos de descanso (tiempo m3nimo oficial de descanso entre combates) no es suficiente para recuperar el 100% de estas capacidades (valores basales). As3, la hip3tesis fue corroborada, ya que la competici3n de Judo provoca fatiga muscular y perjudica la producci3n de fuerza tanto en el tren superior como en el inferior.

Analizando estudios previos sobre la FI <sup>220</sup>, se obtuvo un 12,7% de perdida en la FID tras un combate de Judo y un 15,0% despu3s de 4 combates. Por su parte, en un estudio con similar prop3sito <sup>11</sup>, result3 un 5% de p3rdida en FI despu3s del 1º combate de una competici3n simulada, y un 15% de p3rdida en la misma capacidad y en la misma competici3n. En un estudio similar <sup>61</sup>, se encontr3 una p3rdida en la FID de un 12,57% tras el primer combate y un 14,80% tras el segundo, mientras que para la FIND encontr3 un 10,25% y un 13,11% de p3rdida para el 1º y 2º combate, respectivamente. Los mismos autores argumentaron estos porcentajes de p3rdida afirmando que la mano no dominante experiment3 una recuperaci3n menor de sus valores de FI respecto a la mano dominante. Este hecho puede ser debido a que, en una competici3n de Judo, la FI es una capacidad empleada en mayor medida que la FDMx ya que los judokas pasan una gran parte del tiempo de combate disputando el agarre <sup>275</sup>. Por el contrario, en un reciente estudio <sup>276</sup> se obtuvieron correlaciones significativas entre FI, FDMx y FDMd hecho que se argument3 afirmando que los judokas con altos valores de FI desarrollaron

una elevada cantidad de FDMx y, por tanto, de FDMd. En el mismo estudio, la ausencia de correlaciones entre FID y FIND indica que ambas manos realizan diferentes trabajos con esfuerzos distintos. Siguiendo esta línea, en el presente estudio se obtuvieron porcentajes de pérdida de fuerza similares (13.14% en FID y 11.29% en FIND) entre el test basal y una sucesión de 5 combates. El análisis de correlaciones mostró que los altos valores en FIND se correspondían con picos de fuerza y potencia mayores en FDM. Esto puede ser justificado haciendo referencia a la especificidad de las acciones en las que se involucra a la mano no dominante. Con estas consideraciones parece obvio que la competición de judo implica un alto esfuerzo isométrico, acumulando fatiga en el tren superior debido a los esfuerzos isométricos durante los sucesivos combates de Judo.

Tal y como se argumenta en el apartado 4.2, el CMJ (entre otros tipos de saltos) puede ser considerado como un indicador absoluto de potencia en el tren inferior <sup>274</sup>, debido a su independencia respecto a las características corporales. Respecto a los resultados del presente estudio que muestran un 12.74% de pérdida de altura en este salto tras el combate 5 respecto al test previo a la competición, muestran que la fatiga se acumula en el tren inferior a lo largo de los sucesivos combates. Son diversos los estudios que corroboran estos resultados <sup>8,158</sup>, justificándolos por la alta carga (excéntrica-concéntrica) sobre el tren inferior que supone la ejecución de las acciones específicas de Judo.

Por el contrario, estos resultados contrastan con los encontrados en un estudio previo tras dos combates <sup>11</sup>, ya que no obtuvieron diferencias significativas en la misma capacidad. Sólo en un estudio <sup>7</sup> se encontró un incremento del 1.62% en los valores de CMJ tras un combate de Judo. En un estudio posterior <sup>158</sup>, se obtuvo un ligero declive en PMTI de un 0.93%, 3.62% y 3.20% tras el combate 1, 2 y 3, respectivamente. En la misma línea del presente estudio, recientemente <sup>276</sup> fueron encontradas correlaciones significativas entre los distintos parámetros musculares de rendimiento evaluados

tambín en eeste, afirmando que la competici3n de Judo es una modalidad muy completa que requiere la implicaci3n tanto del tren superior como del inferior.

En el tren inferior, aunque las acciones espećficas en las que interviene son de mayor intermitencia que en el tren superior, el alto ńmero de acciones que ejecuta, su coste enerǵtico y las condiciones explosivas que se demandan ocasionan fatiga y ṕrdida de rendimiento muscular. De acuerdo con estos resultados se puede deducir que una sucesi3n de combates de Judo tiene un considerable efecto en el rendimiento de la respuesta muscular del tren inferior, afectando no s3lo a la capacidad de producci3n de potencia sino tambín a su posterior recuperaci3n.

Con resultados similares a los del presente estudio <sup>7</sup>, se encontr3 un 6,20% de ṕrdida en MP tras un único combate de Judo. Un reciente estudio <sup>64</sup> report3 un descenso en los valores de PMX de un 5,30% tras el combate 1, comparándose con el test inicial. Los mismos autores afirman que este descenso tambín lo experimentan otras capacidades relacionadas con la FDM comparando el test postcombate 1 con el test postcombate 5: 12.63% en VMP, 10.40% en FDMX y 6.42% en PMX. El posterior análisis de correlaciones reafirm3 la validez de la velocidad de ejecuci3n como indicador de pico de potencia y fuerza, en la ĺnea de diversos autores <sup>277</sup>. Tal y como seńalan varios investigadores <sup>18,43</sup>, los judokas de élite presentan un alto desarrollo de la fuerza dinámica y de la resistencia muscular. Con estas consideraciones, los judokas experimentan una disminuci3n en la capacidad de producci3n de fuerza, mostrando una importante fatiga muscular durante el desarrollo de sucesivos combates.

#### **5.4. Estudio 4: Evolución de la habilidad de equilibrio durante la competición de Judo**

El objetivo del presente estudio fue conocer el comportamiento de la capacidad de equilibrio estático del judoka en los sucesivos combates de una competición de Judo. El principal hallazgo tuvo lugar con la obtención de los porcentajes de pérdida de dicha capacidad durante una sucesión de combates de Judo respecto al test inicial, evidenciando una considerable pérdida de los valores de la misma, si bien no evoluciona regularmente si comparamos los resultados de la pierna dominante, no dominante y la media de ambas. De esta forma, se puede considerar como insuficiente los 15 minutos de descanso oficiales entre combates para volver a los valores iniciales de estas habilidades, por lo que en parte se cumplió la hipótesis inicial de que la competición de Judo afectara a los valores de las HP según se desarrollen los distintos combates.

No se han encontrado estudios que evalúen el equilibrio en una situación de competición en Judo, tal y como se realizó en el presente estudio. En un estudio <sup>234</sup> realizado a dos grupos de atletas, tras finalizar un grupo 40x100m (GE1) y el otro 10x400 (GE2), se obtuvo un 8,24% de aumento en EA (media de los dos pies) y  $p=0,812$  para GE1, mientras que el GE2 obtuvo un 40,83% de pérdida en la misma capacidad y una significación de  $p=0,006$ . En nuestro estudio, se obtuvo un 2,31, 51,24 y 45,08% de pérdida en las variables EAND, EAD y EA2, respectivamente, comparando para ello el test inicial con el postcombate 5. Comparando los resultados del test inicial con los de estudios previos en taekwondokas <sup>278</sup> y en karatekas <sup>279</sup>, se observa que los judokas ocupan mayor superficie de EA, debiéndose al tipo de apoyos sobre el tatami (más estables duraderos en el tiempo que en taekwondo y en kárate). En el presente estudio, por otra parte, los valores de EA no evolucionan de forma constante ni gradual entre sus distintas variables, al igual que ocurriera en el estudio anteriormente citado sobre karatekas <sup>279</sup>, lo que podría deberse a la gran variabilidad a la que está sujeto el combate de Judo.

En cuanto a LS, en una investigación con atletas <sup>234</sup> se obtuvo un 11,59% de pérdida para el GE1 entre el test en reposo y el postseries y un nivel de significación de  $p=0,220$ , mientras que el GE2 obtuvo un 18,13% de pérdida y una significación de  $p=0,001$  para la misma capacidad. En el presente estudio se obtuvieron un 44,92, 10,03 y 24,48% de pérdida para LSND, LSD y LS2, respectivamente, siendo valores superiores a los del estudio con atletas citado anteriormente. Especialmente en los movimientos específicos de Judo que se ejecutan sobre la pierna de apoyo (pierna no dominante) es notoria la pérdida de valores en la habilidad de equilibrio observada en el presente estudio.

En cuanto a la VM, GE1 obtuvo un 12,86% de pérdida ( $p=0,364$ ) y GE2 un 19,21% de pérdida de valores y un nivel de significación de  $p=0,004$  entre el test inicial y el test postcombates. Respecto a VMND, VMD y VM2, se obtuvieron los siguientes resultados: 62,10, 27,18 y 48,86% de pérdida, respectivamente. Estos valores de pérdida en la VM podrían interpretarse como que la competición de Judo disminuye los parámetros de la habilidad de equilibrio según se desarrollan los sucesivos combates, haciendo que el área de equilibrio sea mayor según avanzan, y que la VM sea menor, a causa de la fatiga propiciada por dichos combates. Aún así, debido a que el Judo es un deporte sujeto a una variabilidad de situaciones muy amplia, estos porcentajes de pérdida no son proporcionales ni evolucionan de manera similar al resto de capacidades estudiadas en los distintos estudios. Además, en palabras de <sup>280</sup> la habilidad de equilibrio está sujeta a las adaptaciones posturales de cada judoka en particular.

## **5.5. Estudio 5: Comparación de parámetros fisiológicos y musculares de rendimiento en la competición de Judo entre las categorías junior y senior**

El propósito del presente estudio pretende comparar los parámetros fisiológicos y de fuerza en competición entre judokas junior y senior, siendo el principal hallazgo los porcentajes de pérdida de valores en los parámetros fisiológicos y musculares de rendimiento para ambas categorías, así como su posterior comparación. Se pudo comprobar, de esta forma, que la hipótesis fue falsa, ya que los valores de los parámetros para ambas categorías fueron similares y no hubo apenas diferencias significativas entre ambas. De la misma forma, la comparativa de los porcentajes de pérdida entre ambas categorías tampoco mostró diferencias significativas entre ellas, evolucionando dichos porcentajes de manera similar a lo largo de la competición de Judo.

### **5.5.1. Respuesta fisiológica**

En cuanto a los parámetros fisiológicos, se encontró en el presente estudio un 1,5% de diferencia entre las categorías junior ( $p=0,001$ ) y senior ( $p=0,005$ ) en la evolución del LAC a lo largo de la competición, siendo el aumento de esta capacidad mayor en la categoría junior, aun sin ser significativa la diferencia entre ambas categorías, de acuerdo con lo indicado por <sup>17</sup>. Los datos de pérdida de LAC están en concordancia con el resto de estudios de esta tesis en los que se ha evaluado esta variable. Por el contrario, diversos estudios <sup>141,177</sup> obtuvieron una disminución de los valores de lactato a lo largo de 4 combates de Judo sucesivos. En la misma línea que el presente estudio, <sup>166</sup> obtuvieron un aumento del LAC a lo largo de la competición simulada en la que fue evaluado, situando los valores medios de LAC para una

competición simulada en 12-13mmol/l, resultados similares a los obtenidos por <sup>168</sup> (12,3 mmol/l). Este aumento irreparable del LAC puede ser debido a que los 15 minutos de descanso mínimos entre combates establecidos por la IJF son insuficientes para su aclarado y devolverlo así a los valores iniciales <sup>47</sup>.

Los valores de FC tampoco mostraron diferencias significativas al compararse, en cada descanso y en cada combate, entre las categorías junior y senior. De esta forma, el aumento de la FC respecto a los valores iniciales fue constante y progresivo para ambas categorías, viéndose reflejado en que todas las variables relacionadas con la FC experimentaron diferencias significativas entre los valores iniciales (combate 1 y descanso 1) y los finales (combate 5 y descanso 4). Por tanto, se sigue la línea marcada en el estudio 2, en la que el aumento de la FC se comporta de manera similar al presente estudio. Los valores de FCDc del presente estudio concuerdan con los resultados de otra investigación <sup>49</sup>, en la que se obtuvo  $180 \pm 11$  ppm tras un único combate. Por el contrario, varios autores <sup>5</sup> obtuvieron una disminución de la FC durante 4 sucesivos combates de Judo, con  $184 \pm 7,71$  ppm tras el combate 1 y  $179 \pm 6,21$  ppm tras el combate 4. Al igual que se expuso en la discusión del estudio 2, este incremento de la FC confirma la teoría de que la competición incrementa el estrés cardiovascular de sus deportistas <sup>18</sup>. De esta forma, se puede establecer que pese a la intermitencia en las acciones y los periodos de trabajo durante el combate de Judo, este demanda una alta participación de las capacidades cardiovasculares.

Los resultados de la PSE para ambas categorías tampoco mostraron diferencias significativas entre alguno de los combates, por lo que evolucionaron prácticamente igual en las dos categorías (junior:  $p=0,004$  y senior:  $p=0,001$ ), con una mínima diferencia. Al mantener una evolución similar al resto de capacidades fisiológicas, este estudio se posiciona en la línea que defienden varios autores <sup>178</sup> al indicar que, debido a la correlación significativa entre LAC y PSE, la PSE puede ser usada durante una competición oficial de Judo como monitor metabólico y medidor de estrés cardiovascular.

### 5.5.2. Parámetros musculares de rendimiento

Los valores obtenidos en el presente estudio para la FI muestran una considerable pérdida en los valores de las capacidades relacionadas con ella, tanto en categoría junior como senior. Así, la FINDj disminuyó en un 11,58% comparando el test inicial con el postcombate 5, la FINDs decreció un 14,10% estableciendo la misma comparativa, la FIDj tuvo un declive del 9,26% y la FIDs un 13,36% de pérdida. Con estos datos se observa que existen diferencias significativas entre ambas categorías en los valores de FID tras el combate 2 ( $p=0,050$ ) y 3 ( $p=0,042$ ), siendo mayores los porcentajes de pérdida de fuerza en categoría senior e, igualmente, mayores los resultados de FI tras cada combate en categoría senior. Igualmente, se encontraron diferencias significativas ( $p=0,005$ ) entre ambas categorías en un test de FI, aun sin ser una situación real de competición<sup>50</sup>.

En lo referente a la PMTI, se encontraron diferencias significativas entre las categorías junior y senior tras el combate 4 ( $p=0,014$ ) y 5 ( $p=0,024$ ), aun manteniendo porcentajes de pérdida similares para ambas categorías (12,94% en categoría junior y 12,44 en categoría senior) pero con valores superiores obtenidos por los judokas de categoría senior. Respecto al desarrollo de la competición, se encontraron diferencias significativas entre los valores del test inicial y los distintos test postcombate, tanto en la categoría junior ( $p<0,001$ ) como en la senior ( $p<0,001$ ). Estos datos concuerdan con los obtenidos en un estudio entre distintas categorías de edad en futbolistas y atletas<sup>281</sup>, obteniendo una significación de  $p<0,001$  entre ambas categorías de edad, siendo los atletas los deportistas que mayor altura obtenían en la prueba de CMJ y por tanto, los que mayor nivel de PMTI obtuvieron, siguiendo la línea marcada por los resultados de otro estudio similar<sup>274</sup>. En cuanto a los valores de PMTI del presente estudio, comparados con los encontrados en la literatura específica, se obtiene un declive similar al indicado por diversos autores<sup>8,64,158</sup> debido a la demanda excéntrica-concéntrica que requieren los gestos técnicos específicos de Judo ejecutados con los máximos niveles de fuerza y en el menor tiempo posible. De esta manera, queda de manifiesto la

implicación, no solo del tren superior, sino también del tren inferior durante la competición de Judo.

Desde el punto de vista de la FDM, no existieron diferencias significativas entre la categoría junior y senior, ya que evolucionaron de manera similar a lo largo de la competición, con diferencias significativas entre el test inicial en reposo y el postcombate 5 en todas las variables menos en FMDj ( $p=0,152$ ) y FMDs ( $0,944$ ) en la misma línea de otros estudios <sup>64, 7 y 5</sup>, obteniendo este último un nivel de significación de  $p=0,007$  entre el test previo y el postcombate 4, durante una competición de Judo de 4 sucesivos combates. Con estos datos, se puede establecer que la competición de Judo genera fatiga muscular tanto en categoría junior como senior. Esta fatiga muscular afecta directamente a las capacidades de producción de fuerza, viéndose disminuidos sus niveles conforme avanzan los sucesivos combates de la competición de Judo.

En conclusión, la ausencia de diferencias significativas (salvo excepciones en la PMTI y FID) entre los valores de las distintas variables respecto a las categorías junior y senior se puede deber a que en ambas categorías se realizan esfuerzos similares en sus competiciones, tal y como se afirma en una investigación previa relacionada <sup>17</sup>. Así, se podría afirmar que un judoka junior podría afrontar una competición senior en igualdad de condiciones, desde el punto de vista de la respuesta fisiológica y muscular que tendría en la misma. Este aspecto puede ser reforzado al comprobar como recientes campeones mundiales y/u olímpicos han conseguido el éxito en la categoría junior o en los primeros años de senior, como es el caso de Fabio Basile (Italia, 20 años. Campeón Olímpico Rio '16), Rafaela Silva (Brasil, 21 años. Campeona Olímpica Rio '16) o Yeldos Smetov (Kazajistan, 21 años. Campeón del Mundo Astaná '17 y Subcampeón Olímpico Rio '16).

## **5.6. Estudio 6: Modelo de intervención activa sobre la recuperación en los descansos entre combates en la competición de Judo**

El objetivo del presente estudio fue valorar la incidencia de los descansos activos entre combates en Judo. Así, se evaluó el efecto sobre parámetros musculares de rendimiento y fisiológicos de un modelo de descanso activo específico para la competición de Judo, por lo que el principal hallazgo encontrado fue la obtención de los valores de las capacidades musculares y fisiológicas tras dicho descanso. Se comprobó la veracidad en parte de la hipótesis, ya que son varias las variables (aunque no todas) en las que se frena su declive a lo largo de la competición aunque no lo suficiente para volver a los valores obtenidos en los test iniciales (en reposo).

### **5.6.1. Respuesta fisiológica**

No se encontraron diferencias significativas entre los valores de LACc entre GC y GE, aunque el desarrollo de esta capacidad entre ambos grupos no evolucionó de igual manera, ya que se encontraron diferencias significativas entre los distintos combates del LACc en el GC ( $p=0,034$ ) pero no en la misma variable para el GE ( $p=0,872$ ). De igual manera, no hubo diferencias significativas entre ambos grupos para la variable LACd, aunque si hubo diferencias significativas entre los distintos combates del GC ( $p=0,009$ ) pero no en el GE ( $p=0,336$ ). Los datos del GC están en la línea de diversos estudios sobre el impacto fisiológico de la competición de Judo<sup>7,8,61,64</sup>, así como del estudio 2 y 5 de la presente tesis doctoral. En un estudio realizado con deportistas de kickboxing<sup>245</sup>, se encontraron en el análisis de resultados una diferencia de 0,19, 0,03 y 0,06mmol/l, a favor del descanso activo, tras el round 1, 2 y 3, respectivamente, y de 0,77, 1,01 y 2,24mmol/l tras 3, 5, y 10 minutos de descanso, respectivamente, tras el 3º round. En el

presente estudio, los niveles de LACc y LACd en el GE fueron más estables y no se produjo un aumento significativo de dicha capacidad durante los sucesivos combates, siendo este un hallazgo de relevancia. De esta manera se puede concluir que, frente al modelo tradicional de descanso pasivo, un descanso activo con movimientos y gestos técnicos y propios de Judo tiene una alta incidencia positiva sobre el LAC en cuanto a su menor acúmulo y posterior aclarado con mayor eficacia.

La PSE tampoco presentó diferencias significativas entre los dos grupos de la investigación, aunque sí cada uno de ellos respecto a los distintos combates de la competición (GC:  $p=0,029$ ; GE:  $p=0,047$ ). En un estudio con deportistas de kickboxing<sup>245</sup> se encontró una diferencia de 1, 0, 0 y 2 puntos en la escala de PSE de Borg tras el round 1, 2, 3 y 10 minutos de descanso tras el round 3, respectivamente a favor del grupo de descanso pasivo. El cuanto al desarrollo de la PSE en nuestro estudio, se puede extraer que los judokas del GE tenían mayor autopercepción de fatiga que los del GC, por el hecho de descansar de manera activa entre los combates. Hecho que manifiesta el carácter subjetivo de los resultados puesto que los resultados en el resto de variables fisiológicas asocian el descanso activo con valores mas bajos de FC y LAC.

En cuanto a las variables relacionadas con la FC, se encontraron diferencias significativas en la FCXc entre el GC y GE durante el combate 3 ( $p=0,037$ ), 4 ( $p=0,046$ ) y 5 ( $p=0,047$ ) mostrándose así la contención regular de los valores ( $p=0,237$ ) de dicha capacidad entre los deportistas del GE, frente a los deportistas del GC, que aumentaron significativamente ( $p=0,015$ ) sus valores según avanzaban los sucesivos combates. Las variables FCXd, FCDc y FCDd no mostraron diferencias significativas entre ambos grupos, aunque si entre los distintos combates y descansos para el GC ( $p<0,001$ ;  $p=0,002$  y  $p=0,005$ , respectivamente) aunque no para el GE ( $p=0,163$ ;  $p=0,453$  y  $p=0,629$ ). Los resultados del grupo control están en la línea de diversos estudios previos<sup>5,64,178,245</sup> lo que muestra que la competición se desarrolló a una intensidad alta, similar a la de la competición oficial<sup>18</sup>. Igualmente, los resultados del GE concuerdan con los del un estudio previo<sup>245</sup>, en el que se encontraron diferencias significativas, tanto durante los round ( $p<0,001$ ) como tras 10 minutos de descanso. Con todos estos datos, se puede afirmar que un modelo de descansos activos entre los distintos combates de una

competición de Judo favorece que la FC no aumente significativamente tras cada combate, incidiendo favorablemente en evitar la fatiga cardiovascular que genera la competición de Judo.

### 5.6.2. Parámetros musculares de rendimiento

En cuanto a la PMTI los resultados confirmaron que no hubo diferencias significativas entre el GC y GE, aunque se encontraron diferencias significativas en dicha capacidad comparando los distintos combates entre si en el GC ( $p=0,041$ ), pero no en el GE ( $p=0,461$ ).

En los resultados de la FIND se encontraron diferencias significativas en ambos grupos tras los combates 1 ( $p=0,049$ ), 2 ( $p=0,015$ ) y 5 ( $p=0,046$ ). Aun experimentando ambos grupos diferencias significativas ( $p=0,018$  para GE y  $p=0,012$  para GC), el GC experimentó una disminución de esta capacidad de un 13,56%, frente a un 7,01% de pérdida del GE. Los datos de pérdida del GC concuerdan con los obtenidos por diversos autores <sup>5,57,64,177</sup>, así como en los estudios 3 y 5 de la presente tesis. En cuanto a la FID, no hubo diferencias significativas entre ambos grupos tras los combates, aunque si las hubo entre los distintos combates de cada grupo ( $p=0,037$  para GE y  $p=0,004$  para GC), estableciéndose unos porcentajes de pérdida del 3,93% para el GE y del 13,7% para el GC. El hecho de que la FID no presente diferencias significativas entre grupos y la FIND si las presente, además de la notoria diferencia entre los porcentajes de pérdida refuerza la idea de que ambas manos realizan esfuerzos distintos, sin corresponderse entre ellas el intervalo de tiempo de trabajo-tiempo de descanso <sup>64</sup>. No han sido encontrados estudios acerca de modelos de recuperación activa en Judo que midan esta capacidad. Se puede concluir que un descanso activo favorece a que se frene la pérdida de valores de las variables fisiológicas y musculares durante una competición de Judo, aun sin ser suficiente para dejar de acumular fatiga muscular, así como mantener altos valores en los marcadores fisiológicos tras los sucesivos combates de Judo.



A photograph of two men in Taekwondo uniforms performing a sparring move on a mat. One man in a white uniform is lifting the other man in a blue uniform. The background shows a gymnasium with a basketball hoop and a wall with acoustic panels. The text "6. CONCLUSIONES" is overlaid in white on the image.

# 6. CONCLUSIONES



## 6. CONCLUSIONS

---

### 6.1. General.

A Judo contest is characterized by a succession of high intensity and intermittent efforts that demand high levels of strength capacities (principally related with execution velocity), balance and physiological parameters. This succession impair fatigue, being accumulated during successive bouts and with an insufficient rest time between them to recovery the baseline parameters and with significant differences between bout 1 and 5.

### 6.2. Specifics.

1. The f-v profile confirms that judo athletes are in a physical conditions next to optimal level as a consequence to be in a competitive time of the season, being a high level subjects **(study 1)**.
2. Judo contest demands physical effort with a high intensity, producing high levels in a fatigue capacities (LAC, RPE and HR). Successive judo matches impair a decrease of variables that affect to performance, without a total recovery before to start a new bout. The loss capacities is higher when more bouts have played **(study 2)**.
3. The strength production capacity during a Judo contest is affected from one bout to another. A rest time of 15 minutes between bouts is not enough to recovery the values at beginning of last bout, accumulating an important loss of strength production during the contest and increasing since first to last bout, with a different initial disposition to affront next bout **(study 3)**.
4. The balance ability is modified during a Judo contest. There is a important loos that affects to assessment of dominant, no dominant and mean values to both legs. Due to the fact that there are a high variability of situations that occurs in Judo and individuals adaptations postural to aim a high

performance, there is not a proportional loss in balance that in others capacities **(study 4)**.

5. In senior and junior category there are not differences between their physical responses during a Judo contest. Junior Judo athletes can affront a senior contest in similar conditions since a physiological and muscular perspective **(study 5)**.
6. The recovery type that judo athletes make during rest time affects to physical performance. An active rest based on mobility and low load application curbs noticeably the loss of physiological and muscular capacities that occur during the contest, even though a 15 minutes of rest time is not enough to avoid the fatigue accumulation that can start the next bout in similar conditions to the first **(study 6)**.

## 6. CONCLUSIONES

---

### 6.1. Generales

Una competición de Judo se caracteriza por una sucesión de esfuerzos intermitentes de alta intensidad, que demandan unos altos niveles de capacidad de fuerza, principalmente relacionada con la velocidad de ejecución, de equilibrio y parámetros fisiológicos, lo que provoca una progresiva acumulación de fatiga entre los sucesivos combates, ya que el tiempo de descanso establecido es insuficiente para que se produzca una recuperación plena. Siendo el nivel de las capacidades diferente al inicio del primer combate respecto al del último combate.

### 6.2. Específicas

1. Los resultados obtenidos muestran que los Judokas tienen un perfil donde se alcanzan unos altos niveles de velocidad y altos niveles de fuerza, ajustados para producir movimientos rápidos y potentes y muy cercanos al perfil óptimo teórico (**estudio 1**).
2. La competición de Judo demanda esfuerzos físicos de alta intensidad, generando altos valores en las capacidades relacionadas con la fatiga (LAC, PSE y FC). La sucesión de combates en Judo produce una disminución de variables que afectan al rendimiento, resultando insuficiente el tiempo de descanso para lograr la recuperación completa al inicio de un nuevo combate. La pérdida de capacidades es mayor cuantos más combates se hayan disputado (**estudio 2**).
3. La capacidad de producción de fuerza durante una competición de Judo se ve afectada de un combate a otro. Un descanso de 15 minutos entre combates no es suficiente para recuperar los valores que el deportista tenía al inicio del combate anterior. Se observa una importante pérdida que se va

- incrementando desde el primer combate hasta el último y que hace que la disposición inicial para afrontar el combate sea diferente **(estudio 3)**.
4. La capacidad de equilibrio se modifica durante una competición de Judo. Se produce una considerable pérdida, que afecta a la evaluación de la pierna dominante, pierna no dominante y de las dos piernas. Si bien, debido a la gran variabilidad de situaciones que se dan en Judo y a las adaptaciones posturales individuales necesarias para obtener rendimiento, no se produce una pérdida proporcional en el equilibrio como ocurre en otras capacidades **(estudio 4)**.
  5. Entre categoría senior y junior no se observan diferencias en sus respuestas físicas en competición, permitiendo los judokas junior afrontar una competición senior en condiciones similares desde una perspectiva fisiológica y muscular **(estudio 5)**.
  6. El tipo de recuperación que los Judokas realizan durante el descanso afecta al rendimiento. Un descanso activo, basado en la movilidad y en la aplicación de cargas bajas, entre los diferentes combates, frena sensiblemente la pérdida de las capacidades fisiológicas y musculares que se producen durante la competición. Si bien un descanso de 15 minutos, activo o pasivo, no es suficiente para evitar niveles de acumulación de fatiga que permitan iniciar el siguiente combate en condiciones similares al inicio del primero **(estudio 6)**.

# 7. APLICACIONES PRÁCTICAS





## 7. APLICACIONES PRÁCTICAS

---

### 7.1. Estudio 1: Perfil de fuerza-velocidad en judokas de categoría nacional

Parece obvia la aceptación de que el Judo demanda altos niveles de fuerza, pero ¿en qué régimen de velocidad? Para responder a esta cuestión, el presente estudio muestra el perfil de f-v en judo. De esta forma, se pretende poner de manifiesto las demandas de fuerza, así como definir a qué velocidad se requiere dicha fuerza en esta modalidad deportiva.

El perfil de f-v es un indicador muy exacto de los niveles de F0 y f-v de los deportistas, ya que los datos que en él se muestran pueden ser comparados con los del perfil óptimo, tanto del propio deportista como de la modalidad que practica. Así, se pondrían de manifiesto posibles fortalezas o deficiencias de dicho deportista sobre las que trabajar mediante el ajuste de las cargas de entrenamiento en función de la capacidad del deportista de desplazar dichas cargas a una velocidad determinada. Esto demandaría la necesidad de adecuar las repeticiones y las series de entrenamiento al cumplimiento de los objetivos establecidos para cada carga. Algunos ejemplos de esta situación podrían ser:

- El perfil de f-v muestra niveles de F0 óptimos y de V0 por debajo del perfil óptimo. En este caso, la planificación del entrenamiento se podría ajustar modificando la carga de manera que se reduzca el volumen para incidir en la velocidad de ejecución.
- El perfil de f-v muestra niveles de F0 por debajo del perfil óptimo y de V0 adecuados. La orientación del entrenamiento se centraría en incrementar los niveles de F0 del judoka mediante el aumento del volumen, densidad y/o la intensidad de las cargas.

- El perfil de f-v muestra valores por debajo del perfil óptimo tanto para F0 como para V0. Se requiere de un entrenamiento específico focalizado en la mejora de la f-v, tanto en su componente horizontal como vertical.
- El perfil de f-v muestra valores iguales o superiores al perfil óptimo. Se intentaría buscar la aplicación de la f-v de los gestos técnicos específicos en la competición de Judo.

Teniendo en cuenta que los datos de este estudio han sido obtenidos en condiciones de laboratorio, podría considerarse la posibilidad de evaluar los niveles de f-v en situación real de competición, es decir, tras finalizar cada combate, comparándose los resultados obtenidos de esta forma con los test previos (en reposo, sin los efectos de la competición de Judo sobre los deportistas).

## **7.2. Estudio 2: Efecto agudo de la competición de Judo sobre parámetros de rendimiento muscular y la respuesta fisiológica.**

Es bien sabido el carácter intermitente en los esfuerzos de un combate de Judo. Además, la alta intensidad a la que se desarrollan los esfuerzos físicos en un combate hace que continuamente se genere fatiga, afectando esta a la respuesta fisiológica del deportista, así como a sus capacidades musculares de rendimiento. Por ello, tanto la alta intensidad en las tareas como el carácter intermitente de las mismas son dos aspectos de suma importancia a tener en cuenta en el diseño de programas de entrenamiento para el Judo de competición.

Estos programas de entrenamiento deben tener en cuenta tanto la mejora de las capacidades cardiovasculares, evaluadas en el presente estudio como variables fisiológicas, como el aumento de los parámetros musculares asociados al rendimiento físico. Por ello, sería conveniente el empleo de tareas y ejercicios relacionadas con el

HIIT (High intensity intervalic training: entrenamiento intermitente de alta intensidad) con tiempos de trabajo y descanso similares a los de las secuencias de un combate de Judo.

### **7.3. Estudio 3: Pérdida de fuerza en la competición de Judo asociada a parámetros de rendimiento muscular**

Comparado con los valores basales, en el presente estudio se muestra la pérdida de rendimiento muscular durante la competición de Judo, según avanzan los distintos combates. Es bien sabido que la capacidad de producción de fuerza es uno de los aspectos más importantes en el Judo de competición, por lo que se hace muy importante que tanto entrenadores como preparadores físicos conozcan la evolución de dicha capacidad de cara al diseño de programas específicos de entrenamiento para la competición. De este modo, se proporcionaría una gran cantidad de feedback que se podría interpretar como evaluación del entrenamiento a tiempo real en cada momento.

Con el objeto de mantener altos niveles de los parámetros musculares de rendimiento durante la competición de Judo, se recomienda un programa de entrenamiento de resistencia a la fuerza, tanto para el miembro superior como inferior. Para el tren superior, esta idea se podría desarrollar mediante acciones específicas sobre el judogui: mantener el agarre con oposición, diferentes tipos de arrastres (con un compañero tumbado, sentado, oponiendo resistencia...) y acciones que involucren lo máximo posible los grandes grupos musculares. Es importante unir este tipo de acciones con los movimientos explosivos propios del judo, ya que en situación real de competición, para que tengan éxito, estos tienen que ser realizados a la mayor velocidad posible. Esta consideración también debe ser tomada en cuenta para su implementación en el tren inferior, con estímulos pliométricos que generen potenciación con transferencia a la capacidad de producción de potencia muscular.

Teniendo en cuenta los altos porcentajes de pérdida obtenidos en las capacidades musculares de rendimiento, debería ser considerado para futuros estudios el uso de métodos de recuperación durante la competición de Judo, en el tiempo de descanso entre cada combate con el objetivo de mantener o reducir los porcentajes de pérdida de las capacidades musculares según avanzan los combates. Así, una posible futura línea de investigación podría incidir en la investigación de los efectos sobre la recuperación de diferentes métodos: pasivo o activo, produciéndose los segundos con movimientos específicos de Judo y cargas livianas.

#### **7.4. Estudio 4: Evolución de la habilidad de equilibrio durante la competición de Judo**

Este estudio tiene suma importancia debido a la importancia del equilibrio estático y su incidencia en el Judo, tanto en el plano del rendimiento físico en la competición como en la prevención de lesiones. Es evidente el hecho de que en la literatura han sido encontrados numerosos estudios acerca de la relación del equilibrio postural con la capacidad de salto, con múltiple incidencia en la competición de Judo y como predictor de la potencia muscular. De ahí la importancia de mantener unos apropiados niveles en la capacidad de equilibrio estático.

Al mostrar la evolución del equilibrio estático durante una competición de Judo formada por 5 combates sucesivos se hace importante que, tanto entrenadores como preparadores físicos, conozcan la información relativa a dicha evolución con el fin de tenerla en cuenta en el diseño de los programas de entrenamiento.

De este modo, se deberían incluir protocolos de equilibrio estático, postural y/o propioceptivo en los programas de entrenamiento para la competición de Judo, no solo por la mejora en la propia capacidad de equilibrio estático que esto produciría, si no como método preventivo de lesiones, tal y como ha sido probado en diversos estudios relacionados.

### **7.5. Estudio 5: Comparación de parámetros fisiológicos y musculares de rendimiento en la competición de Judo entre las categorías junior y senior**

Cada vez parece más evidente, tal y como ha sido probado en el presente estudio, que la edad junior no es un condicionante para afrontar una competición senior en igualdad de condiciones físicas. Con una correcta base y un entrenamiento adecuado, los judokas junior obtienen parámetros similares en test físicos, tanto en reposo como durante cada uno de los combates de una competición de Judo, aunque en ella se enfrenten incluso a judokas senior.

Para que esto pueda ser posible, se deberán tener en cuenta diversos factores en el entrenamiento de los deportistas junior de cara a la competición, tales como tener en cuenta las teorías y las etapas de maduración de los deportistas, así como el diseño y elaboración de planificaciones y programas de entrenamiento adecuados a la edad de estos judokas.

Por estas razones, pese a que en numerosos clubes, selecciones autonómicas e incluso nacionales esto se realiza con frecuencia, llegados a este nivel de rendimiento en los jóvenes deportistas, parece recomendable no diferenciar en los entrenamientos a judokas de categorías junior y senior, ya que tienen similar respuesta, tanto muscular como fisiológica, en la competición de judo.

## **7.6. Estudio 6: Modelo de intervención activa sobre la recuperación en los descansos entre combates en la competición de Judo**

Dado que en el presente trabajo se ha mostrado que el descanso activo otorga una mejora de las capacidades físicas (fisiológicas y musculares asociadas al rendimiento) sería positivo incluirlo tanto en las competiciones oficiales, como en las de control que se realizan a modo de entrenamiento y evaluación de cara a las primeras.

El modelo de recuperación activa mediante el empleo de ejercicios y tareas de movilidad articular, gestos técnicos y movimientos específicos de Judo a baja intensidad, pero ejecutados con dinamismo en el tiempo de recuperación entre los distintos combates ha conseguido frenar el declive de las capacidades físicas asociadas al rendimiento. De esta forma, podría ser beneficioso incluir este tipo de tareas y ejercicios en los programas de entrenamiento para la competición de Judo.

Futuras líneas de investigación deberían incidir en distintos tipos de descansos activos y comparar sus efectos sobre los parámetros físicos de los judokas en la competición. De esta forma, nuevos modelos de entrenamiento como el entrenamiento funcional, HIIT, o un entrenamiento interválico serían susceptibles de ser investigados en su aplicación a los descansos entre combates en la competición de Judo.



# 8. PROSPECTIVAS



## 8. PROSPECTIVAS

---

### 8.1. Perspectivas de futuro

Aun sin ser significativas las diferencias halladas en el estudio 6, ponen de manifiesto que la intervención en los descansos que se planteó puede llegar a ser eficaz en cuanto a reducir o mantener constante el deterioro de los parámetros musculares y cardiovasculares durante la competición de judo. Así, podría plantearse una intervención mayor sobre el entrenamiento de los judokas (12 semanas aprox.), refrendada frente a un grupo control, complementando diversos estudios recientes al respecto <sup>57</sup>. Mediante un trabajo de intensidades y esfuerzos intermitentes (HIIT) (similar a la estructura de un combate de judo) se pretendería que estas diferencias se convirtieran en significativas.

En cuanto al perfil de f-v, sería conveniente su realización tras cada combate de una competición de Judo, comparándose sus resultados con los del perfil óptimo teórico, para poder estudiar su deterioro conforme se desarrollan los distintos combates.

Podría ser interesante evaluar los parámetros físicos utilizados en los distintos estudios de esta tesis en una competición oficial, en los descansos entre los distintos combates. Con ello, se obtendría información en situación real de la respuesta, tanto fisiológica como muscular, de dicha competición sobre los deportistas. También se podría incluir el uso de nuevas tecnologías para poder evaluar otros parámetros físicos, tales como consumo máximo de oxígeno, variabilidad cardíaca,

Otro estudio complementario que a priori podría ser interesante sería la comparación de los parámetros físicos, tanto fisiológicos como musculares, con el resultado de los distintos combates en las competiciones simuladas para tal efecto. El resultado de los mismos se desglosaría en multitud de variables derivadas del análisis de

dichos combates, siguiendo la línea marcada por diversos autores <sup>18,57,282</sup>: número de secuencias de cada combate (pausa y trabajo), número de ataques, número de ataques con puntuación, errores técnico – tácticos provocados, errores técnico – tácticos no forzados, etc.

## **8.2. Limitaciones del estudio**

Una de las limitaciones que muestra el presente trabajo es el número de participantes en los distintos estudios. Esto se debe a que al contar con deportistas de nivel nacional residentes en Andalucía, la población de estudio se reduce considerablemente. Por ello, sería conveniente ampliar dicha población por todo el territorio nacional, además de contar con deportistas de élite (medallistas internacionales).

A photograph of two taekwondo athletes in white uniforms performing a sparring move on a red and green mat. The athletes are in a dynamic, low-to-the-ground position, with one appearing to be in a defensive or blocking stance while the other is slightly behind. The background shows a gymnasium setting with a brick wall and a white screen.

# 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

---

1. Taira, S. *La esencia del judo*. (Satori, 2009).
2. Kano, J. *Judo Kodokan*. (1989).
3. Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Matsushigue, K. a. & Artioli, G. G. Physiological profiles of elite judo athletes. *Sport. Med.* **41**, 147-166 (2011).
4. Detanico, D., Dal Pupo, J. & Dos Santos, S. G. Comparação de índices neuromusculares e fisiológicos de judocas em diferentes categorias de peso. *Rev. da Educ. Fis.* **22**, 433-440 (2011).
5. Bonitch-Góngora, J. G. Evolución de la fuerza muscular del tren superior en sucesivos combates de judo. (Universidad de Granada, 2007).
6. Blasco, C. Propuesta y resultados de una evaluación condicional específica para el entrenamiento de judo: la Bateria Blasco aplicada en judokas españoles. (Universidad de Valencia, 2008).
7. Carballeira, E. & Iglesias, E. Acute effects of the judo fight: multiparametric analysis. *Eur. J. Hum. Mov.* 117-144 (2007).
8. Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E. & Dos Santos, S. G. Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specific actions in judo. *Sci. Sport.* **27**, 16-22 (2012).
9. Little, N. G. Physical performance attributes of junior and senior women, juvenile, junior and senior men judokas. *J Sport Med Phys Fit.* **31**, 510-520 (1991).
10. Santos, L. *et al.* A new individual and specific test to determine the aerobic - anaerobic transition zone (Santos test) in competitive judokas. *J Strength Cond Res* **24**, 2419-28 (2010).
11. Iglesias, E., Clavel, I., Dopico, X. & Tuimil, J. L. Efecto agudo del esfuerzo específico de judo sobre diferentes manifestaciones de la fuerza y su relación con la frecuencia cardiaca alcanzada durante el enfrentamiento. *RendimientoDeportivo.com* (2003).
12. Pöhler, R. *Iniciación al Judo*. (1998).
13. Manno, R. *Fundamentos del entrenamiento deportivo*. (1991).
14. Hernández - Garcia, R., Torres - Luque, G. & Villaverde - Gutiérrez, C. Physiological requirements of judo combat. *Int Sport Med Jq* **10**, 145-51 (2009).
15. IJF. *New Judo rules for the next olympic cycle*. (2017).
16. Detanico, D. & Dos Santos, S. G. Avaliação específica no Judô: uma revisão de métodos. *Rev. Bras. Cineantropometria e Desempenho Hum.* **14**, 738-48 (2012).
17. Miarka, B. *et al.* A comparison of time-motion performance between age groups

- in judo matches. *J. Sports Sci.* **30**, 899-905 (2012).
18. Franchini, E., Artioli, G. G. & Brito, C. J. Judo combat: time-motion analysis and physiology. *Int. J. Perform. Anal. Sport* **13**, 624-641 (2013).
  19. García-García, J. M. *Rendimiento en Judo*. (2012).
  20. Ericsson, K. A. & Smith, J. *Toward a general theory of expertise*. (Cambridge University Press, 1991).
  21. Gonzalez-Badillo, J. J. & Ribas - Serna, J. *Programación del entrenamiento de la fuerza*. (C. O. E. S., 2002).
  22. Gonzalez-Badillo, J. J. Concepto y medida de la fuerza explosiva en el deporte. Posibles aplicaciones al entrenamiento. *RED* **14**, 5-16 (2000).
  23. González-Badillo, J. J. & Gorostiaga, E. M. *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza. Aplicación al alto rendimiento deportivo*. (Inde, 2002).
  24. Goldspink, G. en *Strength and Power in Sport* (ed. Komi, P.) 211-229 (Blackwell Scientific Publication, 1991).
  25. Semmler, J. G. & Enoka, R. M. en *Biomechanics in sport* 3-20 (Blackwell Scientific Publication, 2000).
  26. Harman, E. Strength and power: a definition of terms. *J Nat Strength Cond Assoc* **15**, 18-20 (1993).
  27. Cometti, G. *Les methodes modernes de musculation. Tome I: Donnes theoriques*. (Universidad de Bourgogne, 1998).
  28. Párraga-Montilla, J. A. *Proyecto docente: Teoría y práctica del acondicionamiento físico*. (2001).
  29. Stiff, M. C. & Verkhoshansky, Y. *Superentrenamiento*. (Paidotribo, 2000).
  30. Bernal Ruiz, J. A. *La fuerza y el sistema muscular en la educación física y el deporte*. (Wanceulen, 2006).
  31. Komi, P. V. en *Strength and Power in Sport* 169-179 (Oxford, England, 1992).
  32. Padial, P. El sistema deportista y sus capacidades. *Stadium* **5**, 13-17 (1993).
  33. Padial, P. El sistema deportista y sus capacidades. *Stadium* **159**, 13-16 (1993).
  34. Tous - Fajardo, J. en *Máster Profesional de Alto Rendimiento en Deportes de Equipo* (ed. Fundació FCBarcelona. C. E. D. E:) (2003).
  35. Izquierdo, M., Häkkinen, K., Gonzalez-Badillo, J. J., Ibañez, J. & Gorostiaga, E. Effects of long-term training specificity on maximal strength and power of the upper and lower extremities in athletes from different sports. *Eur. J. Appl. Physiol.* **87**, 264-271 (2002).
  36. Siff, M. en *Biomechanics in sport: performance enhancement and injury prevention* (ed. Zatsiorsky, V.) 103-139 (Blackwell Scientific Publication, 2001).
  37. Stone, M. H. Explosive exercise. *Natl. strength Cond. Assoc.* **15**, 7-15 (1993).

38. Newton, R. U. & Dugan, E. Application of strength diagnosis. *Strength Cond. J.* **24**, 50-59 (2002).
39. Bosco, C. *La fuerza muscular: aspectos metodológicos*. (Inde, 2000).
40. Komi, P. V. *Strength and power in sport*. (Blackwell Scientific Publication, 2003).
41. Boeckh - Behrns, W. U. & Buskies, W. *Entrenamiento de la fuerza*. (Paidotribo, 2005).
42. Silva, A. M., Fields, D. A., Heymsfield, S. B. & Sardinha, L. B. Relationship between changes in total-body water and fluid distribution with maximal forearm strength in elite judo athletes. *J Strength Cond Res* **25**, 2488-2495 (2011).
43. Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Matsushigue, K. A. & Artioli, G. G. Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Med.* **41**, 147-66 (2011).
44. Blais, L., Trilles, F. & Lacouture, P. Validation of a specific machine to the strength training of judokas. *J. Strength Cond. Res.* **21**, 409-412 (2007).
45. Corvino, R. B., Caputo, F., Oliveira, A. C., Greco, C. C. & Denadai, B. S. Taxa de desenvolvimento de força em diferentes velocidades de contrações musculares. *Rev. Bras. Med. do Esporte* **15**, 428-431 (2009).
46. Franchini, E., Nunes, A. V., Moraes, J. M. & Del Vecchio, F. B. Physical fitness and anthropometrical profile of the Brazilian male judo team. *J. Physiol. Anthropol.* **26**, 59-67 (2007).
47. Thomas, S. G., Cox, M. H., LeGal, Y. M., Verde, T. J. & Smith, H. K. Physiological profiles of the Canadian National Judo Team. *Canadian journal of sport sciences = Journal canadien des sciences du sport* **14**, 142-147 (1989).
48. Fagerlund, R. & Hakkinen, H. Strength profile of \_Finnish Judoist - Measurement and evaluation. *Biol Sport* **8**, 143-149 (1991).
49. Sbriccoli, P., Bazzucchi, I., Di Mario, A., Marzattinocci, G. & Felici, F. Assessment of maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the Italian Olympic judoka. *J. Strength Cond. Res.* **21**, 738-744 (2007).
50. Franchini, E., Miarka, B., Matheus, L. & del Vecchio, F. B. Endurance in judogi grip strength tests: Comparison between elite and non-elite judo players. *Arch. Budo* **7**, 1-4 (2011).
51. Jiménez-Reyes, P. Relación entre la fuerza, la potencia la carga de entrenamiento y el rendimiento deportivo en velocistas de nivel nacional e internacional. (Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, 2010).
52. Herzog, W. & Ait - Haddou, R. en *Strength and Power in Sport* (ed. Komi, P. V.) 154-183 (Blackwell Scientific Publication, 2003).
53. Abernethy, P., Wilson, G. & Logan, P. Strength and power assessment: issues, controversies and challenges. *Sport. Med.* **19**, 401-417 (1995).
54. Weineck, J. *Entrenamiento óptimo*. (Hispano Europea, 1988).

55. Adams, N. *Grips*. (Judo Masterclass Techniques, 1992).
56. Farnosi, I. Body composition, somatotype and some motor performance of judoists. *J Sport Med* **20**, 431-434 (1980).
57. Franchini, E., Branco, B. M., Agostinho, M. F., Calmet, M. & Candau, R. Influence of Linear and Undulating Strength Periodization on Physical Fitness, Physiological, and Performance Responses to Simulated Judo Matches. *J. Strength Cond. Res.* **29**, 358-367 (2015).
58. Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Ferreira Julio, U., Matheus, L. & Candau, R. Specificity of performance adaptations to a periodized judo training program. *Rev. Andaluza Med. del Deport.* **8**, 67-72 (2015).
59. Vidal Andreato, L. V. *et al.* Estimated aerobic power, muscular strength and flexibility in elite Brazilian Jiu-Jitsu athletes. *Sci. Sport.* **26**, 329-337 (2011).
60. Bonitch-Góngora, J. G., Almeida, F., Padial, P., Bonitch-Domínguez, J. G. & Feriche, B. Maximal isometric handgrip strength and endurance differences between elite and non-elite young judo athletes. *Arch. Budo* **9**, 239-248 (2013).
61. Bonitch-Góngora, J. G., Bonitch-Domínguez, J. G., Padial, P. & Feriche, B. The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. *J. Strength Cond. Res.* **26**, 1863-71 (2012).
62. Bonitch-Góngora, J. G. *et al.* Análisis del comportamiento de la resistencia a la fuerza isométrica máxima de la musculatura prensora del antebrazo en judokas. *Arch Med Deport. Supp* **121**, 358 (2007).
63. Ache Dias, J. *et al.* Is the handgrip strength performance better in judokas than in non-judokas? *Sci. Sport.* **27**, 9-14 (2012).
64. Serrano-Huete, V. *et al.* Acute effect of a judo contest on muscular performance parameters and physiological response. *Int. J. Kinesiol. Sport. Sci.* **4**, 1-8 (2016).
65. Franchini, E., Takito, M. Y. & Bertuzzi, R. C. Morphological, physiological and technical variables in high - level college judoist. *Arch. Budo* **1**, 1-7 (2005).
66. Franchini, E., Takito, M. Y. & Kiss, M. A. P. D. M. Recovery type after fight, lactate decrease and subsequent performance: implications for Judo. *www.judobrasil.com.br (última Consult. 21 - 4 - 17)* (2001).
67. Kraemer, W. J. *et al.* Physiological and performance responses to tournament wrestling. *Med. Sci. Sports Exerc.* **33**, 1367-78 (2001).
68. García-García, J. M. El Coptest: protocolo específico de Judo para la evaluación del acúmulo de ácido láctico. *Rev. la ANEP* **6**, 4-6- (1996).
69. Wernbom, M., Augustsson, J. & Thomeé, R. The influence of frequency, intensity, volume and mode of strength training on whole muscle cross-sectional area in humans. *Sport. Med.* **37**, 225-264 (2007).
70. Knutten, H. G. Strength training and aerobic exercise: comparison and contrast. *Strength Cond. J.* **21**, 973-978 (2007).
71. Balsolobre-Fernandez, C. & Jimenez-Reyes, P. *Entrenamiento de fuerza. Nuevas*

- perspectivas metodológicas.* (2014).
72. Schmidtbleicher, D. en *Strength and Power in Sport* (ed. Komi, P. V.) 381-395 (Blackwell Scientific Publication, 1992).
  73. Moritani, T. en *Strength and Power in Sport* (ed. Komi, P. V.) 27-49 (Blackwell Scientific Publication, 2003).
  74. Häkkinen, K. & Komi, P. V. Changes in electrical and mechanical behavior of leg extensor muscles during heavy resistance strength training. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **7**, 55-64 (1985).
  75. Kawamori, N. & Haff, G. G. The optimal training load for the development of muscular power. *J Strength Cond Res* **18**, 675-684 (2004).
  76. Wilson, G. J., Newton, R. U., Murphy, A. J. & Humpries, B. J. The optimal training load for the development of dynamic athletic performance. *Med Sci Sport. Exerc* **23**, 1279-1286 (1993).
  77. Nacleiro, F. J., Leyva, J. S. & Forte, D. Determinación de los Niveles de Fuerza Máxima Aplicada, Velocidad y Potencia por Medio de un Test Creciente en Sentadilla Profunda con Barra Libre, en Levantadores Españoles. *PubliCE Standar. Base datos acceso Gratuit. publicaciones sobre Ciencias del Ejerc.* **508**, (2005).
  78. Stone, M., Stone, M. & Lamont, H. Ejercicio Explosivo. *PubliCE Standar. Base datos acceso Gratuit. publicaciones sobre Ciencias del Ejerc.* (2005).
  79. Callister, R., Staron, R. S., Fleck, S. J. & Dudley, G. A. Physiological characteristics of elite judo athletes. *Int J Sport Med* **12**, 196-203 (1991).
  80. Sterkowicz, S. & Franchini, E. Variations of techniques applied by olympic and world championships medallists. en *The Second International Judo Federation World Judo Conference* 32 (International Judo Federation, 2001).
  81. Franchini, E., Sterkowicz, S., Meira, C. M. J., Gomes, F. R. F. & Tani, G. Technical variation in a sample of high level judo players. *Percept. Mot. Skills* **106**, 859-869 (2008).
  82. Bonitch-Domínguez, J. G. Evolución de la fuerza muscular relacionada con la producción y aclaración de lactato en sucesivos combates de judo. (Universidad de Granada, 2006).
  83. Ichinose, Y., Kanehisa, H., Ito, M., Kawakami, Y. & Fukunaga, T. Morphological and functional differences in the elbow extensor muscle between highly trained male and female athletes. *Eur J Appl Physiol Occup* **78**, 109-114 (1998).
  84. Kort, H. D. & Hendriks, E. R. A comparison of selected isokinetic trunk strength parameters of elite male judo competitors and cyclists. *J Orthop Sport. Phys Ther* **16**, 92-96 (1992).
  85. Cuadrado - Peñafiel, V. Determinación de los factores físicos de rendimiento en jugadores profesionales y no profesionales de fútbol y fútbol - sala. (Universidad de Jaén, 2015).

86. Knuttgen, H. G. & Kraemer, W. J. Terminology and measurement in exercise performance. *J Appl. Sport Sci Res* **1**, 1-10 (1987).
87. Martin, J. C., Brown, N. A., Anderson, F. C. & Spirduso, W. W. A governing relationship for repetitive muscular contraction. *J Biomech* **33**, 969-974 (2000).
88. Weyand, P. G., Sternlight, D. B., Bellizzi, M. J. & Wright, S. Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *J Appl Physiol* **89**, 1991-1999 (2000).
89. Bundle, M. W., Carrie, L. E., Bellizzi, M. J., Wright, S. & Weyand, P. G. A metabolic basis for impaired muscle force production and neuromuscular compensation during sprint cycling. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* **291**, 1457-1464 (2006).
90. Balsom, P., Seger, J., Sjödín, B. & Ekblom, B. Maximal-Intensity Intermittent Exercise: Effect of Recovery Duration. *Int. J. Sports Med.* **13**, 528-533 (1992).
91. Hakkinen, H., Alen, M. & Komi, P. V. Changes in isometric force and relaxation-time, electromyography and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physiol Scand* **12**, 573-585 (1984).
92. Moss, B. M., Refsnes, P. E., Abildgaard, A., Nicolaysen, K. & Jensen, J. Effects of maximal effort strength training with different loads on dynamic strength, cross sectional area, load-power and load-velocity relationships. *Eur. J. Appl. Physiol.* **75**, 193-199 (1997).
93. Newton, R. U. *et al.* Influence of load and stretch shorten cycle on the kinematics, kinetics and muscle activation that occurs during explosive upper-body movements. *Eur. J. Appl. Physiol.* **75**, 333-342 (1997).
94. Toji, H. S. & Kaneko, M. Effects of combined training loads on relations among force, velocity and power development. *Can J Appl Physiol* **22**, 328-336 (1997).
95. Sale, D. G. en *Physiological testing of the high-performance athlete* 21-106 (MacDougall, J. D; Wenger, H. A and Green, H. J editors, 1991).
96. Young, W. B. Training for speed/strength: heavy versus light loads. *Natl. strength Cond. Assoc.* **15**, 34-42 (1993).
97. Young, W. B. & Bilby, G. E. The effect of voluntary effort to influence speed of contraction on strength, muscular power and hypertrophy development. *J Strength Cond Res* **7**, 172-178 (1993).
98. Wilson, G. J., Lyttle, A. D., Ostrowski, K. J. & Murphy, A. J. Assessing dynamic performance: a comparison of rate of force development tests. *J Strength Cond Res* **9**, 176-181 (1995).
99. Aagaard, P. & Andersen, J. L. Correlation between contractile strength and myosin heavy chain isoform composition in human skeletal muscle. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **30**, 1217-1222 (1998).
100. Edman, K. A. P. en *Strength and Power in Sport* (ed. Komi, P. V.) 96-114 (Blackwell Scientific Publication, 1992).

101. González-Badillo, J. J. *Proyecto de investigación: Identificación de las variables dinámicas, cinemáticas y temporales relacionadas con el salto vertical con contramovimiento*. (2005).
102. Faulkner, J. A., Clafin, D. R. & McCully, K. K. en *Human muscle power* (eds. Jones, N. L., McCartney, N. & McComas, A. J.) (Human Kinetics, 1986).
103. Edgerton, V. R., Roy, R. R., Gregor, R. J. & Rugg, S. en *Human muscle power* (eds. Jones, N. L., McCartney, N. & McComas, A. J.) (Human Kinetics, 1986).
104. Herzog, W. en *Biomechanics in sport* (ed. Zatsiorsky, V. M.) 21-32 (Blackwell Scientific Publication, 2000).
105. Cronin, J. & Sleivert, G. Challenges in understanding the influence of maximal power training on improving athletic performance. *Sport. Med.* **35**, 213-234 (2005).
106. Hakkinen, K., Alen, M. & Komi, P. V. Changes in isometric force, and relaxation-time, electromyographic and muscle fibre characteristics of human skeletal muscle during strength training and detraining. *Acta Physio Scand* **125**, 573-585 (1985).
107. Bosco, C., Luhtanen, P. & Komi, P. V. A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup* **50**, 273-282 (1983).
108. Driss, T. H. Maximal power and force velocity relationships during cycling and cranking exercises in volleyball players: correlation with vertical jump test. *J Sport. Med Phys Fit.* **37**, 175-181 (1998).
109. Bobbert, M. F. Drop jumping as a training method for jumping ability. *Sport. Med.* **9**, 7-22 (1990).
110. Adams, K., O'Shea, J. P., O'Shea, K. L. & Climstein, M. The effect of six week of squat, plyometric and squat-plyometric training on power production. *J Appl. Sport Sci Res* **6**, 36-41 (1992).
111. Cometti, G., Maffiuletti, N. A., Pousson, M., Chatard, J. C. & Maffulli, N. Isokinetic strength and anaerobic power of elite, subelite and amateur French soccer players. *Int J Sport Med* **22**, 45-51 (2001).
112. Rodacki, A. L., Fowler, N. E. & Bennett, S. J. Vertical jump coordination: fatigue effects. *Med Sci Sport. Exerc* **34**, 105-116 (2002).
113. Ugarkovic, D., Matavulj, D., Kukulj, M. & Jaric, S. Standard anthropometric, body composition and strength variables as predictors of jumping performance in elite junior athletes. *J Strength Cond Res* **16**, 227-230 (2002).
114. Wisloff, U., Castagna, C., Helgerud, J., Jones, R. & Hoff, J. Strong correlation of maximal squat strength with sprint performance and vertical jump height in elite soccer players. *Br J Sport Med* **38**, 285-288 (2004).
115. Bobbert, M. J., Huijing, P. & Van Ingen Shenau, G. J. Drop jumping I. The influence of jumping technique on the biomechanics of jumping. *Med Sci Sport. Exerc* **19**,

- 332-338 (1987).
116. Hakkinen, H. Changes in physical fitness profile in female basketball players during the competitive season including explosive type strength training. *J Sport Med Phys Fit.* **33**, 19-26 (1993).
  117. Hewett, T. E. & Stroupe, A. L. Plyometric training in female athletes. *J Sport Med* **24**, 765-773 (1996).
  118. Potteiger, J. A. *et al.* Muscle power and fiber characteristics following 8 weeks of plyometric training. *J Strength Cond Res* **13**, 275-279 (1999).
  119. Diallo, O., Dore, E., Duche, P. & Van Praagh, A. Effects of plyometric training followed by a reduced training programme on physical performance in prepubescent soccer player. *J Sport Med Phys Fit.* **41**, 342-348 (2001).
  120. Matavulj, D., Kukolj, M., Ugarkovic, D., Tihanyi, J. & Jaric, S. Effects of plyometric training on jumping performance in junior basketball players. *J Sport Med* **41**, 159-164 (2001).
  121. Schmidtbleicher, D. & Haralambie, G. Changes in contractile properties of muscle after strength training in man. *Eur J Appl Physiol Occup* **46**, 221-228 (1981).
  122. Colliander, E. B. & Tesch, P. A. Responses to eccentric and concentric resistance training in females and males. *Acta Physio Scand* **141**, 149-156 (1991).
  123. Baker, D., Wilson, G. & Carlyon, B. Generality versus specificity, a comparison of dynamic and isometric measures of strength and speed strength. *Eur J Appl Physiol* **68**, 350-355 (1994).
  124. Robinson, J. M. *et al.* Effects of different weight training exercise/rest intervals on strength, power and high intensity exercise endurance. *J Strength Cond Res* **9**, 216-221 (1995).
  125. Newton, R. U., Kraemer, W. J. & Hakkinen, K. Effects of ballistic training on preseason preparation of elite volleyball players. *Med Sci Sport. Exerc* **31**, 323-330 (1999).
  126. Harris, G. R., Stone, M. H., O'Bryant, H. S., Proulx, C. M. & Johnson, R. L. Shortterm performance effects on high power, high force or combined weight-training methods. *J Strength Cond Res* **14**, 14-20 (2000).
  127. Eriksson, E., Haggmark, T., Kiessling, K. H. & Karlsson, J. Effect of electrical stimulation on human skeletal muscle. *Int J Sport Med* **2**, 18-22 (1981).
  128. Martin, L., Cometti, G., Pousson, M. & Morlon, B. Effects of electrical stimulation training on the contractile characteristics of the triceps surae muscle. *Eur J Appl Physiol Occup* **67**, 457-461 (1993).
  129. Maffiuletti, N. A. *et al.* The effects of electromyostimulation training on muscle strength and jumping ability. *Int J Sport Med* **21**, 437-443 (2000).
  130. Maffiuletti, N. A., Pensini, M. & Martin, A. Activation of human plantar flexor muscles increases after electromyostimulation training. *J Appl Physiol* **92**, 1383-1392 (2002).

131. Fowler, N. E., Trzaskoma, Z., Wit, A., Iskra, L. & Lees, A. The effectiveness of a pendulum swing for the development of leg strength and countermovement jump performance. *J Sport. Sci* **13**, 101-108 (1995).
132. Little, A. D., Wilson, G. J. & Osrtowski, K. J. Enhancing performance: maximal power versus combined weights and plyometric training. *J Strength Cond Res* **10**, 173-179 (1996).
133. Holcomb, W. R., Kleiner, D. M. & Chu, D. A. Plyometrics: considerations for safe and effective training. *J Strength Cond Res* **20**, 36-39 (1998).
134. Kaneko, M., Fuchimoto, T., Toji, H. S. & Suey, K. Training effect of different loads on the force-velocity relationship and mechanical power output in human muscle. *Scand J Sport Sci* **5**, 50-55 (1983).
135. Behm, D. G. Intended rather than actual movement velocity determines velocity-specific training response. *J Appl Physiol* **74**, 359-368 (1993).
136. Garhammer, J. A review of power output studies of Olympic and powerlifting: methodology, performance prediction and evaluation test. *J Strength Cond Res* **7**, 76-89 (1993).
137. Baker, D. Comparison of upper-body strength and power between professional and college-aged rugby league players. *J Strength Cond Res* **15**, 30-35 (2001).
138. Baker, D., Nance, S. & Moore, M. The load that maximizes the average mechanical power output during jump squats in power-trained athletes. *J Strength Cond Res* **15**, 92-97 (2001).
139. Stone, M. H. *et al.* Power and maximum strength relationships during performance of dynamic and static weighted jumps. *J Strength Cond Res* **17**, 140-147 (2003).
140. González-Badillo, J. J. Proyecto de investigación: Identificación de las variables dinámicas, cinemáticas y temporales relacionadas con el salto vertical con contramovimiento. (Universidad Pablo de Olavide. Sevilla, 2005).
141. Bonitch-Domínguez, J., Bonitch-Góngora, J., Padial, P. & Feriche, B. Changes in peak leg power induced by successive judo bouts and their relationship to lactate production. *J. Sports Sci.* **28**, 1527-1534 (2010).
142. Sitkowski, D. Some index distinguishing Olympic or World Championship medallist. *Biol Sport* **19**, 133-147 (2002).
143. Franchini, E., Yuri Takito, M., Yuzo Nakamura, F., Ayumi Matsushigue, K. & Peduti Dal'Molin Kiss, M. A. Effects of recovery type after a judo combat on blood lactate removal and on performance in an intermittent anaerobic task. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **43**, 424-31 (2003).
144. Almansba, R., Franchini, E. & Sterkowicz, S. Uchi-komi avec charge, une approche physiologique d'un nouveau test spécifique au judo An Uchi-komi with load, a physiological approach of a new special judo test proposal. *J. Sports Sci.* **22**, 216-223 (2007).

145. García-García, J. M., Navarro-Valdivielso, F., González-Ravé, J. M. & Calvo-Rico, B. Paradigma experto-novato: Análisis diferencial de la pérdida de consistencia del Tokui Waza en Judo bajo situación específica de fatiga. (Expert-Novice paradigm: Differential analysis of the loss of consistency in the Tokui-Waza of Judo under a specif sit. *RICYDE. Rev. Int. ciencias del Deport.* **3**, 11-28 (2007).
146. Carratalá, V. & Carratalá, H. en *Recursos de actuaciones metodológicas para la enseñanza, el entrenamiento, la gestión y organización de la actividad física y del deporte* 79-101 (INEF Castilla y León. Junta de Castilla y León, 1997).
147. Hasegawa, H. *et al.* en *Entrenamiento de la fuerza* 147-155 (Hispano Europea, 2006).
148. Wilmore, J. & Costill, D. *Fisiología del esfuerzo y del deporte.* (2010).
149. Chicharro, J. L. *et al.* *Transición aeróbica - anaeróbica. Concepto, metodología de determinación y aplicaciones.* (Master Line % Prodigio S. L., 2004).
150. Billat, V. *Fisiología y metodología del entrenamiento. De la teoría a la práctica.* (2002).
151. Shephard, R. J. & Astrand, P. O. *Endurance in sport.* (Blackwell Science, 2000).
152. Hasegawa, H. *et al.* en *Entrenamiento de la fuerza* 147-155 (Hispano Europea, 2006).
153. Solé-Fortó, J. en *Máster Profesional de Alto Rendimiento en Deportes de Equipo* (Fundació FCBarcelona. C. E. D. E., 2003).
154. Peronnet, F. *Maratón.* (Inde, 2001).
155. Bompa, T. O. & Cornachia, L. J. *Musculación. Entrenamiento Avanzado.* (Hispano Europea, 2006).
156. Mac Dougall, J. D., Wenger, H. A. & Green, H. J. *Evaluación fisiológica del deportista.* (Paidotribo, 1977).
157. Jacobs, I., Westlin, N., Rasmusson, M. & Houghton, B. Muscle glycogen and diet in elite players. *Eur J Appl Physiol* **48**, 297-302 (1982).
158. Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E. & Dos Santos, S. G. Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. *J. Strength Cond. Res.* **29**, 1010-6 (2015).
159. Santos, L., Prieto, J. A., Gonzalez, V. & Egocheaga, J. ¿Por qué es importante conocer la zona de transición aeróbica - anaeróbica en el judo de competición? *Lect. Ef Deport. Rev. Digit.* **11**, (2007).
160. Escobar-Molina, R. Influencia de dos metodologías de trabajo concurrente para la mejora del rendimiento del judoka. (Universidad de Granada, 2007).
161. Padial, P. Entrenamiento integral en Judo. en *Conferencia Facultad Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* (2006).
162. García-García, J. M. Análisis diferencial entre los paradigmas experto-novato en el contexto del alto rendimiento en Judo. (Universidad de Castilla la Mancha, 2004).

163. Padial, P. en *El entrenamiento integrado en los deportes de equipo* (Ed. Reprografía Digital, 2001).
164. Esbjörnsson-Liljedahl, M., Sundberg, C. J., Norman, B. & Jansson, E. Metabolic response in type I and type II muscle fibers during a 30-s cycle sprint in men and women. *J. Appl. Physiol.* **87**, 1326-32 (1999).
165. Artioli, G. G. *et al.* Relationship between blood lactate and performance in a specific judo test. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **37**, S99 (2005).
166. Franchini, E., de Moraes Bertuzzi, R. C., Takito, M. Y. & Kiss, M. A. P. D. M. Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *Eur. J. Appl. Physiol.* **107**, 377-383 (2009).
167. Franchini, E. Response to Beneke and Hoos. *Int J Sport. Physiol Perf* **7**, 308-309 (2012).
168. Degoutte, F., Jouanel, P. & Filaire, E. Energy demands during a judo match and recovery. *Br. J. Sports Med.* **37**, 245-9 (2003).
169. Balsom, P. D., Seger, J. Y., Sjödín, B. & Ekblom, B. Physiological responses to maximal intensity intermittent exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **65**, 144-9 (1992).
170. Wootton, S. A. & Williams, C. A. Influence of carbohydrate status on performance during maximal exercise. *Int J Sport Med* **5**, 126-127 (1984).
171. Gaitanos, G. C., Williams, C., Boobis, L. H. & Brooks, S. Human muscle metabolism during intermittent maximal exercise. *J. Appl. Physiol.* **75**, 712-9 (1993).
172. Muramatsu, S. *et al.* The relationship between aerobic capacity and peak power during intermittent anaerobic exercise of judo athletes. *Bull. Assoc. Sci. Study Judo* **8**, 151-160 (1994).
173. Lech, G., Palka, T., Sterkowicz, S., Tyka, A. & Krawczyk, R. Effect of physical capacity on the course of fight and level of sports performance in cadet judokas. *Arch. Budo* **6**, 123-8 (2010).
174. Lech, G., Tyka, A., Palka, T. & Krawczyk, R. Effect of physical endurance on fighting and the level of sports performance in junior judokas. *Arch. Budo* **6**, 1-6 (2010).
175. Carratalá-Deval, V., Pablos, C., Carques, L. & Carratalá, H. Perfil técnico - táctico de las judokas infantiles finalistas en el campeonato de España 2003 - 2004. *Kronos. Enseñanza la Act. física y el Deport.* **7**, 16-22 (2005).
176. Meléndez, A. *Entrenamiento de la resistencia aeróbica*. (Alianza Deporte, 1995).
177. Bonitch-Góngora, J. G., Bonitch-Domínguez, J. G., Padial, P. & Feriche, B. The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. *J Strength Cond Res* **26**, 1863-1871 (2012).
178. Bonitch, J., Ramirez, J., Femia, P., Feriche, B. & Padial, P. Validating the relation between heart rate and perceived exertion in a judo competition. *Med. DELLO*

- Sport* **58**, 23-28 (2005).
179. Arruza, J. Esfuerzo percibido y frecuencia cardíaca: el control de la intensidad de los esfuerzos en el entrenamiento de Judo. *Rev. Psicol. del Deport.* **9**, 29-40 (1996).
  180. Blanco, A. & Enseñat, A. Hockey sobre patines: el esfuerzo del entrenamiento. *RED* **4**, 31-36 (1999).
  181. Franchini, E., Brito, C. J., Fukuda, D. H. & Artioli, G. G. The physiology of judo-specific training modalities. *J. Strength Cond. Res.* **28**, 1474-81 (2014).
  182. Mansilla, M., Villa, J., López, C. & Ruiz, G. Valuation of the state of judokas physical condition for judo competitions by means of the «Uchi Komi Test in series». en *The 2nd International Judo Federation World Judo Conference Scientific Studies on Judo* (2001).
  183. Castro, L. F. Mediciones de concentración del lactato en sangre en rendimiento y factores determinantes. *Lect. Ef Deport. Rev. Digit.* **9**, (2003).
  184. Tabata, I. *et al.* Metabolic profile of high intensity intermittent exercise. *Med Sci Sport. Exerc* **29**, 390-395 (1997).
  185. Sikorski, W., Mickiewicz, G., Majle, B. & Laksa, C. Structure of the contest and work capacity of the judoist. en *Proceedings of the International Congress on Judo* (European Judo Union, 1987).
  186. Gorostiaga, E. M. Coste energético del combate de Judo. *Apunt. Med. l'Esport* **25**, 135-139 (1988).
  187. Thomas, P. H., Goubault, C. & Breau, C. Évolution de la lactatémie au cours de randoris successifs. *Med. du Sport* **6**, 286-288 (1990).
  188. Franchini, E. *et al.* Características fisiológicas em testes laboratoriais a resposta da concentração de lactato sanguíneo em 3 lutas em judocas das classes juvenile - A, júnior e sênior. *Rev. Paul. Educ. Física* **12**, 5-16 (1998).
  189. Villa, J. G., Mansilla, M., García-García, J. M. & López, C. en *El entrenamiento en los deportes de lucha* (ed. Lucha, D. P. de L. F. T. de) 133-58 (2000).
  190. Troitiño, S., Huelín, F., Cancela, J. M., Gutiérrez, A. & García-García, J. M. Valoración y relación entre los estados de ánimo, los niveles de lactato y la percepción del esfuerzo y el rendimiento en la competición de judo. *Judo Rev. Entren.* **1**, (2004).
  191. Cavazani, R. N. Blood lactate before and after successive Judo matches. *Rio Claro, Univ. Estadual Paul.* 1-30 (1991).
  192. Ahmaidi, S. *et al.* Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intense exercise. *Med Sci Sport. Exerc* **28**, 450-456 (1996).
  193. Sterkowicz, S. Test specjalnej sprawnosci ruchowej w judo. *Antropomotoryka* **12**, 29-44 (1995).
  194. Rodas, G., Pedret, C., Ramos, J. & Capdevilla, L. Variabilidad de la frecuencia

- cardíaca: concepto, medidas y relación con aspectos clínicos (Parte I). *Arch Med Deport. Supp* **123**, 41-47 (2008).
195. Karvonen, M. & Vuorima, T. Heart rate and exercise intensity during sports activities: Practical application. *Sport. Med.* **5**, 303-312 (1988).
  196. Iglesias, E., Dopico, X., Fernandez del Olmo, M. & Tuimil, J. L. Conceptualización del entrenamiento de la fuerza en judo: caracterización y propuesta metodológica. *Rev. Entren. Deport.* **16**, 28-34 (2002).
  197. Ahmaidi, S. *et al.* Bioénergétique et échanges cardiorespiratoires lors de deux situations de combat en judo et en kendo. *Staps* **44**, 7-16 (1997).
  198. Robertson, R. J. *et al.* Concurrent Validation of the OMNI Perceived Exertion Scale for Resistance Exercise. *Med. Sci. Sport. Exerc* **35**, 333-341 (2003).
  199. Borg, G. a. Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and science in sports and exercise* **14**, 377-381 (1982).
  200. Borg, G. Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehabil. Med.* **3**, 82-88 (1970).
  201. Buceta, J. M. *Psicología del entrenamiento deportivo.* (Dykinson, 1998).
  202. Pollock, M. & Wilmore, J. *Exercise in Health and Disease: Evaluation and Prescription for Prevention and Rehabilitation.* (Saunders, W. B., 1990).
  203. Day, M. L., McFuigan, M. R. & Foster, C. Monitoring exercise intensity during resistance training using the session RPE scale. *J Strength Cond Res* **18**, 353-361 (2004).
  204. Nacleiro, F. J., Barriopedro, I. & Rodríguez, G. Control de la intensidad de los entrenamientos de fuerza por medio de la percepción subjetiva de esfuerzo. *Kronos* **14**, 59-66 (2008).
  205. Serrano, M. A., Salvador, A., González - Bono, E. G., Sanchís, C. & Suay, F. Relationships between recall of perceived exertion and blood lactate concentration in a judo competition. *Percept. Mot. Skills* **92**, 1139-1148 (2001).
  206. Seirul.lo, F. en *La pliometría* 11-13 (Inde, 1998).
  207. Glaister, M. Multiple sprint work: physiological responses, mechanisms of fatigue and influence of aerobic fitness. *Sport. Med.* **35**, 757-777 (2005).
  208. Almansba, R., Franchini, E. & Sterkowicz, S. A comparative study of speed expressed by the number of trows between heavier and lighter categories in judo. *Sci. Sports* **23**, 186-188 (2008).
  209. Borkowsky, J., Faff, J. & Starczewska - Czapowska, J. Evaluation of the aerobic and anaerobic fitness in judoists from the Polish national team. *Biol Sport* **18**, 107-111 (2001).
  210. Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F. & Belli, A. A simple method for measuring force, velocity and power output during squat jump. *J. Biomech.* **41**, 2940-2945

- (2008).
211. Samozino, P., Rejc, E., Di Prampero, P. E., Belli, A. & Morin, J.-B. Optimal force-velocity profile in ballistic movements--altius: citius or fortius?. *Med. Sci. Sports Exerc.* **44**, 313-22 (2012).
  212. James, R. S., Navas, C. A. & Herrel, A. How important are skeletal muscle mechanics in setting limits on jumping performance? *J Exp Biol* **210**, 923-933 (2007).
  213. Jaric, S. & Markovic, G. Leg muscles design: the maximum dynamic output hypothesis. *Med Sci Sport. Exerc* **41**, 780-787 (2009).
  214. Frost, D. M., Cronin, J. & Newton, R. U. Biomechanical evaluation of resistance: fundamental concepts for training and sports performance. *Sport. Med.* **40**, 303-326 (2010).
  215. Cormie, P., McGuigan, M. R. & Newton, R. U. Developing maximal neuromuscular power: part 2 training considerations for improving maximal power production. *Sport. Med.* **41**, 125-146 (2011).
  216. Bosco, C. *La valutazione della forza con il test di Bosco*. (Societa Stampa Sportiva, 1992).
  217. Jiménez-Reyes, P., Samozino, P., Cuadrado-Peñafiel, V., Brughelli, M. & Morin, J.-B. Effectiveness of an optimized training using Force-Velocity profile analysis. *Eur. Coll. Sport Sci.* (2016).
  218. Samozino, P., Morin, J.-B., Hintzy, F. & Belli, A. Jumping ability: A theoretical integrative approach. *J. Theor. Biol.* **264**, 11-18 (2010).
  219. Jiménez-Reyes, P. *et al.* OC9 A simple method to measure force-velocity profile in counter movement jump. *Br. J. Sports Med.* **48**, A3.2-A3 (2014).
  220. Artioli, G. G. *et al.* Determining the Contribution of the Energy Systems During Exercise. *J. Vis. Exp.* 1-5 (2012).
  221. Franchini, E., Sterkowicz, S., Szmatlan-Gabrys, U., Gabrys, T. & Garnys, M. Energy system contributions to the special judo fitness test. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **6**, 334-343 (2011).
  222. Franchini, E., Brito, C. J., Fukuda, D. H. & Artioli, G. G. The physiology of judo-specific training modalities. *J. Strength Cond. Res.* **28**, 1474-81 (2014).
  223. Bonato, M. *et al.* Aerobic training program for the enhancements of HR and VO2 off-kinetics in elite judo athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **11**, 1277-84 (2014).
  224. Carballeira, E., Iglesias, E. & Dopico, X. Análisis de los efectos agudos del enfrentamiento en judo, a través del estudio de la asociación entre parámetros metabólicos y mecánicos. *Fit. Perform. J.* **7**, 229-238 (2008).
  225. Dixon, C. B., Deitrick, R. W., Pierce, J. R., Cutrufello, P. T. & Drapeau, L. L. Evaluation of the BOD POD and leg-to-leg bioelectrical impedance analysis for estimating percent body fat in National Collegiate Athletic Association Division III collegiate wrestlers. *J. Strength Cond. Res.* **19**, 85-91 (2005).

226. Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., Vigotsky, A. D., Franchi, M. & Krieger, J. W. Hypertrophic effects of concentric versus eccentric muscle actions: A systematic review and meta-analysis. *J. Strength Cond. Res.* **In press**, (2017).
227. Horita, T., Komi, P. V., Nicol, C. & Kyröläinen, H. Effect of exhausting stretch-shortening cycle exercise on the time course of mechanical behaviour in the drop jump: Possible role of muscle damage. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.* **79**, 160-167 (1999).
228. Mazzetti, S., Douglas, M., Yocum, A. & Harber, M. Effect of Explosive versus Slow Contractions and Exercise Intensity on Energy Expenditure. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **39**, 1291-1301 (2007).
229. Vrbanic, T. S., Ravlic - Gulan, J., Gulan, G. & Matovinovic, D. Balance index score as a predictive factor for lower sports results or anterior cruciate ligament knee injuries in Croatian female athletes (preliminary study). *Coll Antropol* **31**, 253-258 (2007).
230. Mir, S. M., Talebian, S., Naseri, N. & Hadian, M. R. Assessment of Knee Proprioception in the Anterior Cruciate Ligament Injury Risk Position in Healthy Subjects: A Cross-sectional Study. *J Phys Ther Sci* **26**, 1515-1518 (2014).
231. Greig, M. & McNaughton, L. Soccer-specific fatigue decreases reactive postural control with implications for ankle sprain injury. *Res. Sport. Med.* **22**, 368-379 (2014).
232. McGuine, T. A. & Greene, J. J. Balance as a predictor of ankle injuries in high school basketball players. *Clin J Sport Med* **10**, 239-244 (2000).
233. Romero-Franco, N. *et al.* Postural Stability and Subsequent Sports Injuries during Indoor Season of Athletes. *J. Phys. Ther. Sci.* **26**, 683-7 (2014).
234. García-Pinillos, F., Párraga-Montilla, J. A., Soto-Hermoso, V. M. & Latorre-Román, P. A. Changes in balance ability, power output, and stretch-shortening cycle utilisation after two high-intensity intermittent training protocols in endurance runners. *J. Sport Heal. Sci.* 1-7 (2015). doi:10.1016/j.jshs.2015.09.003
235. Drinkwater, E. J., Lane, T. & Cannon, J. Effect of an acute bout of plyometric exercise on neuromuscular fatigue and recovery in recreational athletes. *J Strength Cond Res* **23**, 1181-1186 (2009).
236. Twist, C., Gleeson, N. & Eston, R. The effects of plyometric exercise on unilateral balance performance. *J Sport. Sci* **26**, 1073-1080 (2008).
237. Romero-Franco, N., Martínez-López, E. J., Hita-Contreras, F., Lomas-Vega, R. & Martínez-Amat, A. Effects of an anaerobic lactic training session on the postural stability of athletes. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **55**, 578-86 (2015).
238. Thiele, R. M., Conchola, E. C., Palmer, T. B., DeFreitas, J. M. & Thompson, B. J. The effects of a high-intensity free-weight back-squat exercise protocol on postural stability in resistance-trained males. *J Sport. Sci* **33**, 211-218 (2015).

239. Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Hughes, M. G. & Williams, C. A. Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. *J. Sports Sci.* **27**, 1565-1573 (2009).
240. Romero-Franco, N. *et al.* Short-term Effects of Proprioceptive Training With Unstable Platform on Athletes' Stabilometry. *J. Strength Cond. Res.* **27**, 2189-2197 (2013).
241. Paillard, T. Effects of general and local fatigue on postural control: A review. *Neurosci. Biobehav. Rev.* **36**, 162-176 (2012).
242. Kubo, K. *et al.* Influences of tendon stiffness, joint stiffness, and electromyographic activity on jump performances using single joint. *Eur. J. Appl. Physiol.* **99**, 235-243 (2007).
243. Hrysomallis, C. Balance Ability and Athletic Performance. *Sport. Med.* **41**, 221-232 (2011).
244. Torres-Luque, G., Hernández-García, R., Escobar-Molina, R., Garatachea, N., & Nikolaidis, P. T. Physical and Physiological Characteristics of Judo Athletes : An Update. *Sports* **4**, 1-12 (2016).
245. Ouergui, I., Hammouda, O., Chtourou, H., Gmada, N. & Franchini, E. Effects of recovery type after a kickboxing match on blood lactate and performance in anaerobic tests. *Asian J. Sports Med.* **5**, 99-107 (2014).
246. Monedero, J. & Donne, B. Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sport Med* **21**, 593-597 (2000).
247. Bogdanis, G. C., Nevill, M. E. & Lakomy, H. K. Effects of active recovery on power output during repeated maximal sprint cycling. *Eur J Appl Physiol* **74**, 461-469 (1996).
248. Bond, V., Adams, R. G. & Tearney, R. J. Effects of active and passive recovery on lactate removal and subsequent isokinetic muscle function. *J Sport. Med Phys Fit.* **31**, 357-361 (1991).
249. Toubekis, A. G., Douda, H. T. & Tokmakidis, S. P. Influence of different rest intervals during active or passive recovery on repeated sprint swimming performance. *Eur J Appl Physiol* **93**, 694-700 (2005).
250. Tójar, J. C. & Matas, A. en *Manual básico para la realización de tesinas, tesis y trabajos de investigación* (ed. EOS) 101-125 (2009).
251. Lehance, C., Binet, J., Bury, T. & Croisier, J. L. Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scand. J. Med. Sci. Sports* **19**, 243-51 (2009).
252. García-Pinillos, F., Párraga-Montilla, J. A., Soto-Hermoso, V. M., Salas-Sánchez, J. & Latorre-Román, P. Á. Acute metabolic, physiological and neuromuscular responses to two highintensity intermittent training protocols in endurance runners. *Isokinet. Exerc. Sci.* (2016).
253. García-Pinillos, F. *et al.* Influence of sex, athletic performance and age differences on the acute cardiovascular and thermoregulatory response to incremental test in

- endurance runners. *Sci. Sports* **31**, e123-e129 (2016).
254. Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M. & González-Badillo, J. J. Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *Int. J. Sports Med.* 916-924 (2014).
255. Jidovtseff, B. *et al.* The ability of isoinertial assessment to monitor specific training effects. *J. Sports Med. Phys. Fitness* **48**, 55-64 (2008).
256. Watanabe, T. *et al.* The short-term reliability of grip strength measurement and the effects of posture and grip span. *J. Hand Surg. Am.* **30**, 603-609 (2005).
257. Bosco, C. *Strength assessment with the Bosco's test.* (International Society Sports Science, 1999).
258. Samozino, P., Morin, J., Dorel, S., Slawinski, J. & Peyrot, N. Simple method for measuring power, force and velocity properties of sprint running. *XXIV Congr. Int. Soc. Biomech.* 3-4 (2013). doi:10.1111/sms.12490
259. Amtmann, J. a, Amtmann, K. a & Spath, W. K. Lactate and rate of perceived exertion responses of athletes training for and competing in a mixed martial arts event. *J. Strength Cond. Res.* **22**, 645-647 (2008).
260. Imamura, H. *et al.* Heart rate, blood lactate responses and ratings of perceived exertion to 1000 punches and 1000 kicks in collegiate karate practitioners. *Appl Hum. Sci* **16**, 9-13 (1997).
261. Shariat, A., Kargarfard, M., Danaee, M. & Bahri Mohd Tamrin, S. Intensive resistance exercise and circadian salivary testosterone concentrations among young male recreational lifters. *J. strength Cond. Res. / Natl. Strength Cond. Assoc.* **29**, 151-158 (2015).
262. Lopez-Grueso, R., Aracil, A., Sarabia, J. M. & Montero, C. Beta-alanine supplementation seems to increase physical performance and acute recovery in competitive judokas. *Eur. J. Hum. Mov.* **33**, 123-136 (2014).
263. Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. & Cardinale, M. Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *J. Strength Cond. Res.* **18**, 551-5 (2004).
264. Bosco, C. & Komi, P. V. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *Eur J Appl Physiol* **26**, 1-3 (1979).
265. Hubley, C. L. & Wells, R. P. A work-energy approach to determine individual joint contributions to vertical jump performance. *Eur J Appl Physiol* **50**, 247-254 (1983).
266. Marques, M. C., Van den Tillaar, R., Vescovi, J. D. & González-Badillo, J. J. Relationship between strength, power, force and velocity qualities and performance in 3-step running throw ability. *Int. J. Sports Physiol. Perform.* **2**, 414-422 (2007).
267. Marques, M. C. & González-Badillo, J. J. In-season resistance training and detraining in professional team handball players. *J Strength Cond Res* **20**, 563-571 (2006).

268. Dowling, J. J. & Vamos, L. Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. *J. Appl. Biomech.* **9**, 95-110 (1993).
269. Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E. & Pallarés, J. G. Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs Bench press exercises. *Int. J. Sports Med.* **35**, 209-216 (2014).
270. Sánchez-Medina, L. & Gonzalez-Badillo, J. J. Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine Science in sports and exercise. Med. Sci. Sport. Exerc.* **43**, 1725-1734 (2011).
271. González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M. & Pareja-Blanco, F. Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *Eur. J. Sport Sci.* 1-10 (2014).
272. Ruiz, J. R. *et al.* Hand Span Influences Optimal Grip Span in Male and Female Teenagers. *J. Hand Surg. Am.* **31**, 1367-1372 (2006).
273. Buško, K. Jumping Abilities and Power-Velocity Relationship in Judo Athletes: Comparative Analysis Among Age Categories. *Hum. Mov.* **16**, 78-82 (2015).
274. Markovic, G. & Jaric, S. Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? *J. Sports Sci.* **25**, 1355-1363 (2007).
275. Andreato, L. V. *et al.* Physiological Responses and Rate of Perceived Exertion in Brazilian Jiu-Jitsu Athletes. *Kinesiology* **44**, 173-181 (2012).
276. Serrano-Huete, V. *et al.* Acute Effect of A Judo Contest on Muscular Performance Parameters And Physiological Response. *Int. J. Kinesiol. Sport. Sci.* **4**, 24-31 (2016).
277. SÁNCHEZ-MEDINA, L. & GONZÁLEZ-BADILLO, J. J. Velocity Loss as an Indicator of Neuromuscular Fatigue during Resistance Training. *Med. Sci. Sport. Exerc.* **43**, 1725-1734 (2011).
278. Rabello, L. M. *et al.* Comparison of postural balance between professional taekwondo athletes and young adults. *Fisioter. e Pesqui.* **21**, (2014).
279. Zago, M. *et al.* Dynamic balance in elite karateka. *J. Electromyogr. Kinesiol.* **25**, 894-900 (2015).
280. Paillard, T., Montoya, R. & Dupui, P. Postural adaptations specific to preferred throwing techniques practiced by competition-level judoists. *J. Electromyogr. Kinesiol.* **17**, 241-244 (2007).
281. Palazzi, D. A., Williams, B. K., Glynn, J. A. & Graham-smith, P. Absolute and relative CMJ performance across different age groups and sports in young male athletes. *Aspire Acad. Sport Sci.* **13**, 3-4 (2016).
282. Planas, A. & Castarlenas Llorens, J. L. Estudio de la estructura temporal del combate de judo. *Apunts: Educación física y deportes* 32-39 (1997).
283. Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M. & González-Badillo, J. J. Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *Int. J. Sports Med.* 916-924 (2014).

284. Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E. & Pallarés, J. G. Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs Bench press exercises. *Int. J. Sports Med.* **35**, 209-216 (2014).





ANEXOS

**UJa**  
Universidad de Jaén



# ANEXOS

---



## Universidad de Jaén

### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA DEPORTISTAS MAYORES DE EDAD

---

D. \_\_\_\_\_ mayor de edad,  
con D. N. I. \_\_\_\_\_:

DECLARO:

Que he sido informado por D. Víctor Serrano Huete y el resto de responsables de esta investigación por parte de la Universidad de Jaén acerca del propósito y características del presente estudio, así como de los riesgos que pudiera ocasionar la participación en él. De igual forma, tras una sesión informativa y posterior resolución de dudas se me ha informado acerca del derecho a rechazar mi participación en el estudio o de revocar este consentimiento.

Por tanto, **CONSIENTO** en someterme a la prueba y protocolo de investigación que me sea indicado por los organizadores de la misma.

Si el estudio derivado de esta investigación puede ser de utilidad científica y se procede a su publicación, autorizo la misma siempre y cuando se atienda a mi intimidad y anonimato.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Fdo. Víctor Serrano Huete

Fdo. \_\_\_\_\_





## Universidad de Jaén

### CONSENTIMIENTO INFORMADO PARA DEPORTISTAS MENORES DE EDAD

D. \_\_\_\_\_ mayor de edad,  
con D. N. I. \_\_\_\_\_ y tutor legal de \_\_\_\_\_  
con D. N. I. \_\_\_\_\_:

DECLARO:

Que he sido informado por D. Víctor Serrano Huete y el resto de responsables de esta investigación por parte de la Universidad de Jaén acerca del propósito y características del presente estudio, así como de los riesgos que pudiera ocasionar la participación en él. De igual forma, tras una sesión informativa y posterior resolución de dudas se me ha informado acerca del derecho a rechazar mi participación en el estudio o de revocar este consentimiento.

Por tanto, CONSIENTO que mi tutorizado se someta a la prueba y protocolo de investigación que le sea indicado por los organizadores de la misma.

Si el estudio derivado de esta investigación puede ser de utilidad científica y se procede a su publicación, autorizo la misma siempre y cuando se atienda a la intimidad y anonimato de mi tutorizado.

En \_\_\_\_\_, a \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20\_\_

Fdo. Víctor Serrano Huete

Fdo. \_\_\_\_\_



# Acute Effect of A Judo Contest on Muscular Performance Parameters And Physiological Response

Victor Serrano-Huete (Corresponding author)

Didactics of Musical, Plastic and Corporal Expression. Universidad de Jaén

Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, SPAIN.

Tel. +34 647 996 715. E-mail: victorsh1981@hotmail.com

Pedro A. Latorre-Román

Department of Didactics of Musical, Plastic and Corporal Expression. Universidad de Jaén

Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, SPAIN.

Tel: +34 953 212 710 E-mail: [platorre@ujaen.es](mailto:platorre@ujaen.es)

Felipe García-Pinillos

Didactics of Musical, Plastic and Corporal Expression. Universidad de Jaén

Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, SPAIN.

Tel: +34 953 211 765 E-mail: [fgpinill@ujaen.es](mailto:fgpinill@ujaen.es)

José A. Morcillo Losa

Didactics of Musical, Plastic and Corporal Expression. Universidad de Jaén

Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, SPAIN.

Tel: +34 953 213 477: E-mail: [jamlosa@ujaen.es](mailto:jamlosa@ujaen.es)

Rafael Moreno-Del Castillo

Didactics of Musical, Plastic and Corporal Expression. Universidad de Jaén

Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, SPAIN.

Tel: +34 953 212 393. E-mail: [moreno@ujaen.es](mailto:moreno@ujaen.es)

Juán A. Párraga-Montilla

Didactics of Musical, Plastic and Corporal Expression. Universidad de Jaén

Campus Las Lagunillas s/n. 23071 Jaén, SPAIN.

Tel: +34 953 212 490. E-mail: [jparraga@ujaen.es](mailto:jparraga@ujaen.es)

Received: 10-05- 2016

Accepted: 21-06- 2016

Published: 31-07- 2016

doi:10.7575/aiac.ijkss.v.1n.1p.1

URL:

<http://dx.doi.org/10.7575/aiac.ijkss.v.2n.1p.1>

## Abstract

**Background:** It is necessary to know accurately the physical effects of judo contest on athletes in order to quantify how successive judo bouts impair muscular performance parameters and physiological response associated with the aim to create specific training programs that take the demands of judo bout into account. **Purpose:** The purpose of current study was to characterise the evolution of muscular performance parameters and physiological response during a judo contest. **Methods:** Twenty-nine men performed five 5-minute bouts with 15 minutes of passive rest. Immediately after the bouts, some muscular performance parameters and physiological variables were measured, in this

order: Borg's rate of perceived exertion (RPE), maximal dynamic strength in upper body (MDS), countermovement jump (CMJ), dominant (DHS) and non-dominant handgrip isometric strength (NDHS). Lactate (LAC) was measured 3 minutes after each bout and 1 minute before the next too). Heart rate (HR) was monitored during the contest. ANOVA to compare baseline test data and successive bouts was used. **Results:** ANOVA revealed significant differences in  $HR_{mean}$  ( $p=0.045$ ), LAC ( $p<0.001$ ) and in RPE ( $p<0.001$ ). A decrease in NDHS ( $p<0.001$ ), DHS ( $p<0.001$ ), MDS ( $p<0.001$ ) was found. Some significant correlations were found between NDHS and  $\Delta MPV$  ( $r=0.368$ ,  $p=0.050$ ),  $\Delta MS$  ( $r=0.369$ ,  $p=0.050$ ) and  $\Delta MXS$  ( $r=0.405$ ,  $p=0.029$ ); between DHS and  $\Delta LACb$  ( $r=0.430$ ,  $p=0.020$ ),  $\Delta MXS$  ( $r=0.379$ ,  $p=0.043$ ),  $\Delta MP$  ( $r=0.369$ ,  $p=0.050$ ) and  $\Delta RPE$  ( $r=0.456$ ,  $p=0.013$ ); between CMJ and  $\Delta PM$  ( $r=0.381$ ,  $p=0.041$ ),  $\Delta PMX$  ( $r=0.417$ ,  $p=0.024$ ),  $\Delta FM$  ( $r=0.423$ ,  $p=0.022$ ) and  $\Delta DHS$  ( $r=0.348$ ,  $p=0.040$ ). These results show a high decrease of muscular performance parameters and an increase of physiological parameters, specially between baseline test and postbout 5, but gradual between all bouts. **Conclusion:** Judo contest can be considered a high intensity exercise, due to high levels of physiological parameters and the decrease in force production obtained.

**Keywords:** judo contest, bouts, muscular performance parameters, physiological response, physiological parameters, fatigue.

## 1. Introduction

### 1.1. Introduce the problema

It is well known that strength and other physiological capacities are good predictors of performance in a judo competition<sup>18,50</sup>. Good muscular strength and endurance are required<sup>50,158</sup>, particularly during grappling disputes where the aim is to become unstable to opponent. High muscle power is also needed for throwing techniques involving lower and upper body muscle groups<sup>3,8</sup>.

Nowadays, judo can be framed as a combat sport with a grip on a judogi (judo kimono)<sup>61</sup>, due to the fact that it permits the use of specific judo techniques and hindering of the opponent's actions during a 5-minute period, unless an ippon is scored (at the same time, the bout ends). The minimum period of recovery between matches is 15 minutes, established by the International Judo Federation (IJF). Thus, successive matches produce fatigue and cause considerable deterioration in physical capabilities<sup>11</sup>, which results in deterioration in performance during these matches<sup>62</sup>. Although judo is a discipline that requires complex skills and tactical excellence, conditional capacities such as maximal isometric and dynamic strength also play a key role<sup>223</sup>. For this reason, in a judo contest

with successive judo matches, it involves physiological, strength, metabolic and technical or tactical variables<sup>3,8,18</sup> that cause a higher fatigue rate<sup>158</sup>.

## 1.2. Studies about judo contest. Review.

There are some researches on the physical capacities required for judo. Most of the studies have been carried out in laboratory conditions<sup>18,60,63,221</sup>, and the findings might not be generalised to the specific demands of real competitive situations. It is important to quantify how successive judo matches affect strength and physiological variables associated with the level of judo performance in order to create training programmes that take the demands of judo competition into consideration<sup>181</sup>.

The effects of some judo matches have been obtained in some studies<sup>60,224</sup> on fatigue parameters in the upper and lower limbs<sup>61,63,141,158</sup>. As for the physiological response, some previous studies have studied the effect of successive judo matches on variables such as HR<sup>61,166</sup>, LAC<sup>3,18,50,141,166</sup> or perceived exertion (RPE)<sup>141,223–225</sup>.

### 1.3. Purpose of the study

Our problem statement in this study it is need to know the specific demands of judo contest mostly on fatigue and muscular performance. The novelty and significance of this study lies in the attempt to assess and link physiological response of fatigue with muscular performance parameters on athletes in a whole judo contest. The main purpose of the study was to characterize the evolution of muscular performance parameters and physiological response during a judo contest.

## 2. Material and Methods

### 2.1 Participants

Twenty-nine male judo athletes (age: 20.95±3.19 years; weight: 74.43±8.53 kg; height: 174.0±4.6 cm; body mass index (BMI): 24.60 ±2.03 kg/m<sup>2</sup>; body fat: 11.80±5.55%; muscle mass: 62.27±7.08%) voluntarily participated in this study. After receiving detailed information on the objectives and procedure, participants provided written informed consent in accordance with the ethical standards established the World Medical Association's Declaration of Helsinki (2008). Subjects less than 18 years old had to provide this informed consent signed by their parents. The study was approved by the local ethics committee and was conducted according to the European Community's guidelines for good clinical practice (111/3976/88; July 1990) and the Spanish legal framework for clinical research on humans (Real Decreto 561/1993 on clinical trials). All participants were medallists in the Spanish or Poland National Championship in several age categories and had at least 10 years of experience of judo and 4 years of experience in judo competitions. Participants trained at least 8 hours per week and had not been injured for more than one week in the 3 months before the study.

### *1.2. Procedures*

This was a repeated measures study. A simulated judo contest consisting of 5 five-minute matches (5 x 5-min) to examine judo performance across successive matches was used. If an ippon was scored, the match continued until the end of the time. Matches were separated by 15 minutes of passive rest, as in other simulated judo contest protocols<sup>61,141,158,166</sup>. We used the IJF round-robin format in which six contenders in a given weight category all fight each other. The contest for the assessment took place at the end of the mesocycle immediately before (approximately 2 weeks) an important tournament for participants. In order to assess the impact of judo contest on physiological and strength demands, some parameters were assessed immediately after each match: maximal dynamic strength (MDS), countermovement jump (CMJ), and handgrip isometric strength (HS). The rate of perceived exertion (RPE) was also recorded, and blood lactate samples (LAC) were collected before each match and at rest time before the next bout. The heart rate (HR) was recorded throughout the entire contest (Table 1). All these tests were performed during the first 3 minutes of rest time between bouts.

**Table 1. Planning of measures and test procedures in data collection.**

TT (hour:min: sec)	PT (mi n)	DESCRIPTION					
0:15		<i>Baseline test</i>					
		W	MDS	CMJ	HS		
1:00	45	<i>Specific Judo Contest Warm Up</i>					
		Individually:	With partner:	With partner and			
		1. Articular mobility	1. Hold down techniques.	opposition (gradually):			
		2. Cardiovascular start-up	2. Static-repetition of judo techniques without throwing.	1. Fight grappling.			
			3. Dynamic-repetition of judo techniques without throwing.	2. Execution of technical-tactical sequences.			
			4. Execution of technical-tactical sequences.	3. Simulated bout			
				4. Throwing techniques			
1:7,20	7,2	<b>BOUT 1</b>					
1:22:7	0	<i>Rest - time</i>					
	15	RPE	MD	CMJ	HS	LAC1	LAC2
			S				
1:30	7,3	<b>BOUT 2</b>					
1:45	1	<i>Rest - time</i>					
	15	RPE	MD	CMJ	HS	LAC1	LAC2
			S				
1:52:39	7,3	<b>BOUT 3</b>					
2:07:39	9	<i>Rest - time</i>					
	15	RPE	MD	CMJ	HS	LAC1	LAC2
			S				
2:15:24	7,4	<b>BOUT 4</b>					
2:30:24	5	<i>Rest - time</i>					
	15	RPE	MD	CMJ	HS	LAC1	LAC2
			S				
2:38:12	7,4	<b>BOUT 5</b>					
2:53:12	8	<i>Rest - time</i>					
	15	RPE	MD	CMJ	HS	LAC1	LAC2
			S				

HEART RATE

TT: total time; PT: partial time; W: weigh measure; MDS: maximum dynamic strength; CMJ: counter movement jump; HS: handgrip strength; HR: hear rate; RPE: rate of perceived exertion; LAC1: lactate 3min after a bout; LAC2: lactate 1min before next bout.

Judo athletes were divided into weight groups so that there was less than 10% difference in body mass between athletes in a group<sup>158,166</sup>. On the day of simulated judo contests, the subjects performed a test as a baseline or reference point for assessing the

impact of successive matches before the specific judo-competition warm up. The protocol used in an official contest was replicated.

### 2.2.1. Anthropometry and body composition

Participants were weighed according to IJF weight protocol with a Tanita 330 S Portable (Tanita Corporation, Arlington Heights, IL, USA) to obtain body mass (kg), body fat and muscle mass variables (kg, %). The procedure was the same as in other similar studies<sup>225</sup>. Height was measured using a Seca 213 Portable (Seca Deutschland, Hamburg, Germany).

### 2.2.2. Physiological measures

HR was monitored continuously throughout matches and recovery periods using the Polar Team<sup>2</sup> System (Polar Electro Oy, Finland). HR mean (HRmean) and maximal (HRmax) during bouts (HRmeanB and HRmaxB) and rest times (HRmeanRT and HRmaxRT) were obtained. Immediately after each match the participants indicated their perceived level of exertion during the match using the 6-20 Borg Scale<sup>199</sup>. To calculate LAC (mmol.l<sup>-1</sup>), a drop of capillary blood was extracted carefully by a nurse<sup>261</sup> and put into a reagent strip of a lactate analyser: Lactate Scout®, as in previous studies<sup>262</sup>. Blood samples after 3 minutes at the end of each bout (LACa) and 1 min before the next (LACb) were extracted.

### 2.2.3. Muscular performance measures

CMJ was used to measure the strength of the lower body<sup>257</sup>, with the same protocols as those of other authors<sup>251</sup>. Participants were experienced athletes who conduct different plyometric exercises in their daily training sessions. Moreover, to make sure the execution of the test conducted was correct, a familiarisation session was carried out. Subjects performed two attempts of CMJ, with a 15-s recovery period between them, with the best result being used for the statistical analysis. The CMJ was recorded using the OptoGait system (Microgate, Bolzano, Italy), which has been used in similar studies<sup>251</sup>.

A bench press exercise was used to calculate the following muscular performance parameters for the upper limbs: mean power velocity (MPV), mean strength (MS), maximum strength (MXS), mean power (MP) and maximum power (MXP) for the upper limbs. The T-Force Dynamic Measurement System (Ergotech, Murcia, Spain) was used to quantify bench press capacity, as in similar studies<sup>283</sup>. It is a dynamic system for assessing and training muscle strength and enables one to obtain a direct estimate of load shift velocity in each repetition. The system automatically recognises an eccentric-concentric phase as a repetition. The exercise was performed only once after each match to minimise fatigue for participants. This exercise was familiar to participants due to the fact that it is frequently used in physical training for combat sport<sup>284</sup>. Participants were required to achieve an execution speed of at least 1 m/s (60%–70% 1RM.)<sup>270</sup> to determine the load for the next repetitions<sup>271</sup>.

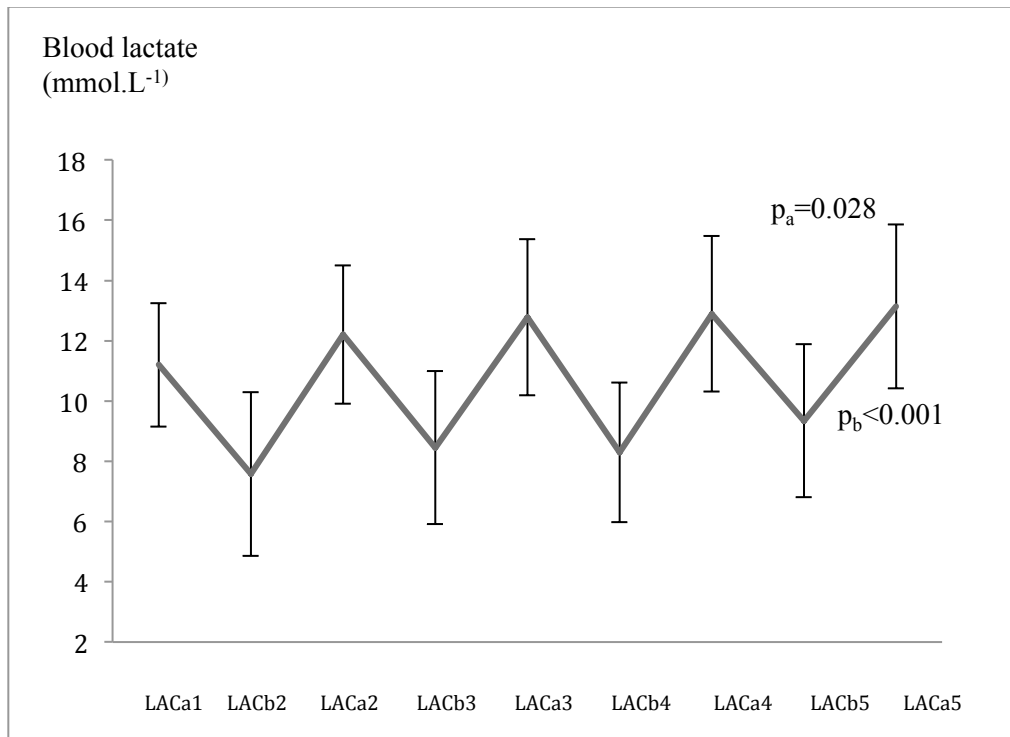
A digital hand dynamometer (TKK 5101 Grip D; Takey, Tokyo, Japan) was used to record HS in kg, according to considerations in previous studies<sup>11,57,61</sup>. Optimum grip was adjusted according to the calibration formula given by Ruiz et al.<sup>272</sup>. Participants were encouraged to achieve maximum handgrip isometric strength. Three 5-s trials were performed with the dominant hand (DHS) and non-dominant hand (NDHS), separated by 15 seconds of recovery; the best result was selected for the subsequent statistical analysis.

### 2.3. Statistical Analysis

The data were analysed using SPSS version 19.0 for Windows (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA) and the significance level was set at  $p \leq 0.05$ . The data are presented as means and SDs. Levene's test and the Shapiro-Wilk test was used to confirm that the data were normally distributed. A one-way repeated measures analysis of variance (ANOVA) was used to compare data between pre- and post-test. Bonferroni's test was used for post hoc assessments of pairwise differences. Ordinal data—RPE—were assessed using the nonparametric Friedman and Wilcoxon contrast test. Additionally, a Pearson correlation analysis was conducted. Increases of all variables with the difference between results in postmatch 5 and basal result were calculated ( $\Delta$ ).

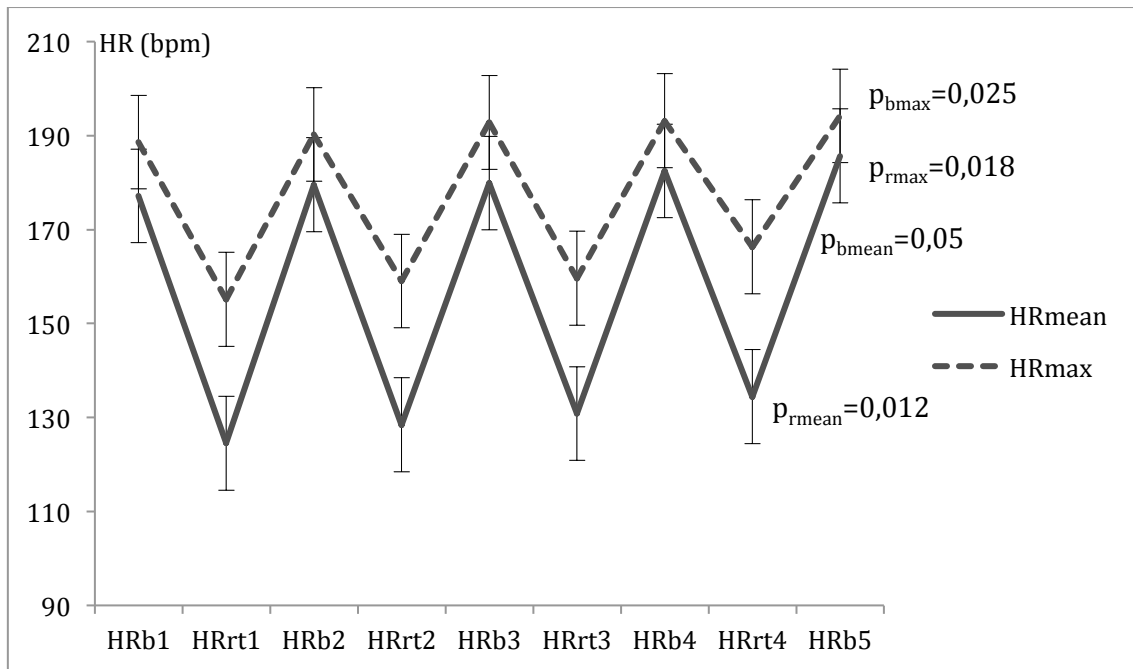
## 3. Results

LAC values are presented in Figure 2. LACa levels increased during the successive bouts ( $p < 0.001$ ).



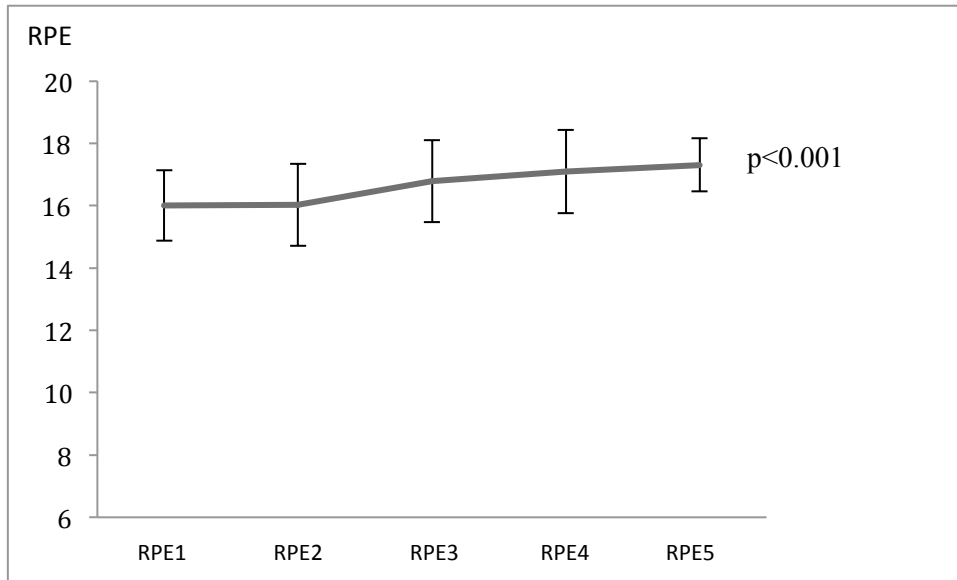
**Figure 2. Blood lactate values during the contest.** LACa: lactate measure taken 3' after a bout; LACb: lactate measure taken 1' before a bout.  $P_a$ : significance level of LACa;  $P_b$ : significance level of LACb.

Figure 3 shows the mean heart rate (HRmean) and maximum heart rate (HRmax) values. In HRmax, significant differences over the protocol with an increased heart rate during bouts (HRb) ( $p = 0.018$ ) and during rest times (HRrt) ( $p = 0.025$ ) were obtained.



**Figure 3. Heart response (bpm) during the contest.** HR: heart rate; HRb: heart rate during a bout; HRrt: heart rate during recovery-time; BMP: beat per minute. HRmean: mean heart rate; HRmax: maximum heart rate; P<sub>bmax</sub>: significance level of HRbmax; P<sub>rmax</sub>: significance level of HRrtmax; P<sub>bmean</sub>: significance level of HRbmean; P<sub>rmean</sub>: significance level of HRrtmean.

Figure 4 shows RPE measures taken immediately after each bout (RPE). ANOVA revealed significant differences in RPE over the contest ( $p < 0.001$ ) with higher values throughout the contest.



**Figure 4. Rate of perceived exertion (RPE) after bouts.**

Regarding HS performance, significant decreases during successive bouts either in DHS ( $49.22\text{kgf} \pm 5.48$  in baseline test to  $41.20\text{kgf} \pm 6.70$  after bout 5) and NDHS ( $47.19\text{kgf} \pm 5.10$  in baseline test to  $43.89\text{kgf} \pm 5.98$  after bout 5) were found ( $p < 0.001$ ). The Pearson test revealed significant correlations between NDHS and  $\Delta\text{MPV}$  ( $r = 0.368$ ,  $p = 0.050$ ),  $\Delta\text{MS}$  ( $r = 0.369$ ,  $p = 0.050$ ) and  $\Delta\text{MXS}$  ( $r = 0.405$ ,  $p = 0.029$ ). Significant correlations between DHS and  $\Delta\text{LACb}$  ( $r = 0.430$ ,  $p = 0.020$ ),  $\Delta\text{MXS}$  ( $r = 0.379$ ,  $p = 0.043$ ),  $\Delta\text{MP}$  ( $r = 0.369$ ,  $p = 0.050$ ) and  $\Delta\text{RPE}$  ( $r = 0.456$ ,  $p = 0.013$ ) were obtained.

As for CMJ, significant differences during all bouts ( $35.36\text{kgf} \pm 4.66$  in baseline test to  $31.813\text{kgf} \pm 4.37$  after bout 5) were found ( $p < 0.001$ ). The Pearson correlation analysis revealed some significant correlations between CMJ and neuromuscular variables:  $\Delta\text{PM}$  ( $r = 0.381$ ,  $p = 0.041$ ),  $\Delta\text{PMX}$  ( $r = 0.417$ ,  $p = 0.024$ ),  $\Delta\text{FM}$  ( $r = 0.423$ ,  $p = 0.022$ ) and  $\Delta\text{DHS}$  ( $r = 0.348$ ,  $p = 0.040$ ).

Significant differences over the protocol in MPV ( $0.97\text{kgf}\pm 0.09$  in baseline test to  $0.81\text{kgf}\pm 0.13$  after bout 5) were obtained ( $p<0.001$ ). The Pearson correlation analysis showed significant correlations with  $\Delta\text{RPE}$  ( $r=-0.376$ ,  $p=0.044$ ) and  $\Delta\text{LACb}$  ( $r=0.437$ ,  $p=0.018$ ). No significant changes ( $p=0.129$ ) for MS during the contest were obtained. Significant correlations between MS and  $\Delta\text{DHS}$  ( $r=0.369$ ,  $p=0.049$ ) were found (there is a difference of  $11.38\text{N}$  between postbout 5 and baseline test only). MXS showed a decrease ( $746.71\text{kgf}\pm 144.69$  in baseline test to  $691.77\text{kgf}\pm 132.38$  after bout 5) during the contest ( $p<0.001$ ). Significant correlations between MXS and physiological variables ( $\Delta\text{RPE}$ :  $r=0.376$ ,  $p=0.044$ ;  $\Delta\text{HRmeanb}$ :  $r=0.405$ ,  $p=0.029$ ) were found. About MP, significant differences during all bouts ( $409.06\text{kgf}\pm 69.76$  in baseline test to  $349.11\text{kgf}\pm 77.85$  after bout 5) were found ( $p<0.001$ ). The Pearson test revealed significant correlations between MP and  $\Delta\text{RPE}$  ( $r=0.528$ ,  $p=0.003$ ). Significant differences in MXP ( $797.16\text{kgf}\pm 132.33$  in baseline test to  $692.04\text{kgf}\pm 125.08$  after bout 5) were found. ( $p<0.001$ ) The Pearson correlation analysis resulted in significant correlations with  $\Delta\text{HRmeanb}$  ( $r=0.394$ ,  $p=0.034$ ),  $\Delta\text{LACb}$  ( $r=0.415$ ,  $p=0.025$ ) and  $\Delta\text{DHS}$  ( $r=0.377$ ,  $p=0.044$ ).

#### 4. Discussion

The main aim of this study was to determine the evolution of muscular performance parameters and physiological response during a judo contest. According to results obtained, it could be related a judo contest with a decrease in strength production as upper and lower limb and on trunk strength. Increase of physiological markers indicated that bouts were development with a high intensity, similar to other studies <sup>18,49,61,158</sup>, and 15 minutes of recovery time between them was insufficient to return to baseline parameters.

One of the strengths of this study was the use of a judo contest situation, with the same operating protocol of an official contest. It was intended that physical efforts be the same or similar to an official contest, as indicated by high values of physiological markers. In addition, these physiological parameters and their impact on muscular response and strength production were related.

Few studies have recorded HR during bouts. Franchini et al. <sup>18</sup> also observed an increase in cardiovascular stress during the course of a contest. Only one study <sup>49</sup> reported HR during a only bout ( $180\text{ bpm}\pm 11$ ). No studies where HR was measured during successive

bouts, as in our study (from 177.17 bpm in bout 1 to 185.69 bpm in bout 5) were found. With all of these considerations, it could be suggested that although judo requires only an intermittent effort, the high HRs of judo players indicate that judo places a high demand on the cardiovascular system, and training should reflect this.

LAC is reliably related with performance in judo bouts<sup>3,18,49,61,141</sup>. As opposite results with our study, some research has indicated that LAC levels decrease during successive bouts<sup>61,141</sup>. A study in which LAC was measured before three bouts separated by ~12-min intervals reported that this recovery period was not sufficient to allow LAC levels to return to baseline<sup>47</sup>, in the same line of current study. There was an increase in pre-bout LAC levels between successive bouts ( $1.6 \pm 0.6$  mmol.l<sup>-1</sup>;  $3.1 \pm 1.9$  mmol.l<sup>-1</sup>;  $4.3 \pm 2.1$  mmol.l<sup>-1</sup>). These results indicate that the official minimum recovery time is not sufficient to return LAC to baseline levels. In this study, blood LAC values after bout simulations were  $>10$  mmol.l<sup>-1</sup>, indicating moderate to high demand on the glycolytic system. These values are, however, approximately 2–3 mmol.l<sup>-1</sup> lower than levels after real competitions, suggesting that bout simulations impose lower glycolytic demand than real contest<sup>18</sup>. Another relevant finding as an earlier report<sup>178</sup> was that the Borg scale<sup>199</sup> could be used to monitor metabolic and the cardiovascular stress during official judo contest. Bonitch et al.<sup>178</sup> found that LAC levels were significantly correlated with RPE, and concluded that ratings of RPE can be used to monitor cardiovascular stress during judo bouts.

This study revealed deterioration in HS in both hands over the course of successive bouts, similar results of a previous study reported a 12.7% decline in the strength of the dominant hand after one bout and a 15% decline after four bouts<sup>61</sup>. Another study<sup>224</sup> reported a 5% reduction in HS after the first match and a 15% reduction after the second bout. In the current study, correlations show that athletes with higher values of HS develop a high quantity of strength (mean and maximal), and this strength is obtained at a high velocity (especially with the non-dominant hand). In the dominant hand, athletes with higher values have a high rate of perceived exertion of the bout. The fact that there is no correlation between DHS and NDHS could be because both hands

make different works with different efforts. For this reason, laterality has influence in the HS performance during a judo contest. It can be argued that isometric strength endurance is more relevant to performance in a real bout situation than maximal strength, since judokas use their grip almost continuously during a judo bout, whereas maximal strength is not maintained for a long time <sup>221</sup>.

Only a few studies of MDS after judo bouts have obtained similar decreases to those observed in this study. One <sup>7</sup> found a decrease of more than 5% in a bench press test after a bout. The authors concluded that a judo bout induces fatigue in flexor and extensor muscles. Similar decreases were found in this study after bout 1 (5.01% in MPV and 5.30% in MXP), and this percentage increased during the simulated judo context. This decline in MDS could indicate that the accumulation of fatigue over successive bouts reduces neuromuscular capabilities resulting in a reduction in strength during bouts. Correlations with some physiological parameters (RPE, LACb and HRmeanb) show that the most powerful athletes are most fatigued, too.

There was a decrease in CMJ height relative to baseline. Other studies found similar reductions in CMJ height after three bouts <sup>158</sup>. These findings may be due to the high eccentric-concentric load on the lower limbs during judo-specific techniques <sup>8,158</sup> obtained higher baseline values than those observed in the current study in a study of Brazilian judo players (44.53 cm±3.8) and observed reductions after the first and second bouts in a series, in the line of current study. Jump height is considered an absolute indicator of lower limb muscle power <sup>158</sup> because it is independent of body size characteristics <sup>274</sup>. Successive measurements should thus provide a good indicator of lower limb fatigue, whether in training or over the course of several bouts. This kind of decline could affect power production and recovery. Correlations with other muscular performance parameters show that judo is a complete sport that develops not only upper but also lower limbs, as athletes who have high strength values in lower limb muscle power also have high strength values in MDS and HS.

## 5. Conclusion

Current study showed that judo contest amount to a high intensity exercise session that produces high levels of physiological parameters indicators of fatigue (LAC, HR, RPE, etc.) In relation to this aspect, the capacity of strength production obtained a significant decrease during the successive bouts of the contest. For these two reasons, 15-min of rest is not enough to return these parameters to baseline levels. Physical trainers and coaches should use all of this valuable information to design specific training programs for judo competition. Also, a high quantity of feedback will be proportionated as assessment of training at that moment.

## References

- Ache Dias, J., Wentz, M., Kulkamp, W., Mattos, D., Goethel, M., & Borges Júnior, N. (2012). Is the handgrip strength performance better in judokas than in non-judokas? *Science and Sports*, 27(3), 9–14.
- Bonato, M., Rampichini, S., Ferrara, M., Benedini, S., Sbriccoli, P., Merati, G., ... Medica, E. M. (2014). Aerobic training program for the enhancements of HR and VO<sub>2</sub> off-kinetics in elite judo athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 55(11), 1277–84.
- Bonitch-Domínguez, J., Bonitch-Góngora, J., Padial, P., & Feriche, B. (2010). Changes in peak leg power induced by successive judo bouts and their relationship to lactate production. *Journal of Sports Sciences*, 28(14), 1527–1534.
- Bonitch-Góngora, J. G., Almeida, F., Padial, P., Bonitch-Domínguez, J. G., & Feriche, B. (2013). Maximal isometric handgrip strength and endurance differences between elite and non-elite young judo athletes. *Archives of Budo*, 9(4), 239–248.
- Bonitch-Góngora, J. G., Bonitch-Domínguez, J. G., Feriche, B., Chiroso, I., Sánchez, C., Granados, M. Á., & Padial, P. (2007). Análisis del comportamiento de la resistencia a la fuerza isométrica máxima de la musculatura prensora del antebrazo en judokas. *Archivos Medicina del Deporte*, 24(121), 358.
- Bonitch-Góngora, J. G., Bonitch-Domínguez, J. G., Padial, P., & Feriche, B. (2012). The effect of lactate concentration on the handgrip strength during judo bouts. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(7), 1863–71. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21986690>
- Bonitch, J., Ramirez, J., Femia, P., Feriche, B., & Padial, P. (2005). Validating the relation between heart rate and perceived exertion in a judo competition. *Medicina Dello Sport*, 58(1), 23–28.
- Borg, G. A. (1982). Psychophysical bases of perceived exertion. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 14 (5), 377-381.
- Bosco, C. (1999). La evaluación de la fuerza con el test de Bosco. Barcelona: *Paidotribo*.
- Carballeira, E., & Iglesias, E. (2007). Acute effects of the judo fight: multiparametric analysis. *European Journal of Human Movement. Asociación Española de Ciencias del Deporte*, 19, 111-138.
- Carballeira, E., Iglesias, E., & Dopico, X. (2008). Análisis de los efectos agudos del enfrentamiento en judo, a través del estudio de la asociación entre parámetros metabólicos y mecánicos. *Fitness & Performance Journal*, 7(4), 229–238.
- Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E., & Dos Santos, S. G. (2012). Relationship of aerobic and neuromuscular indexes with specific actions in judo. *Science and Sports*, 27(1), 16–22.
- Detanico, D., Dal Pupo, J., Franchini, E., & Dos Santos, S. G. (2015). Effects of successive judo matches on fatigue and muscle damage markers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 1010–6. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000746>
- Dixon, C. B., Deitrick, R. W., Pierce, J. R., Cutrufello, P. T., & Drapeau, L. L. (2005). Evaluation of the BOD POD and leg-to-leg bioelectrical impedance analysis for estimating percent body fat in National Collegiate Athletic Association Division III collegiate wrestlers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(1), 85–91.

- Franchini, E., Artioli, G. G., & Brito, C. J. (2013). Judo combat: time-motion analysis and physiology. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 13(3), 624–641.
- Franchini, E., Branco, B. M., Agostinho, M. F., Calmet, M., & Candau, R. (2015). Influence of Linear and Undulating Strength Periodization on Physical Fitness, Physiological, and Performance Responses to Simulated Judo Matches. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(2), 358–367.
- Franchini, E., Brito, C. J., Fukuda, D. H., & Artioli, G. G. (2014). The physiology of judo-specific training modalities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1474–81.
- Franchini, E., de Moraes Bertuzzi, R. C., Takito, M. Y., & Kiss, M. A. P. D. M. (2009). Effects of recovery type after a judo match on blood lactate and performance in specific and non-specific judo tasks. *European Journal of Applied Physiology*, 107(4), 377–383.
- Franchini, E., Del Vecchio, F. B., Matsushigue, K. a., & Artioli, G. G. (2011). Physiological profiles of elite judo athletes. *Sports Medicine*, 41(2), 147–166.
- Franchini, E., Miarka, B., Matheus, L., & del Vecchio, F. B. (2011). Endurance in judogi grip strength tests: Comparison between elite and non-elite judo players. *Archives of Budo*, 7(1), 1–4.
- Franchini, E., Sterkowicz, S., Szmatlan-Gabrys, U., Gabrys, T., & Garnys, M. (2011). Energy system contributions to the special judo fitness test. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 6(3), 334–343.
- González-Badillo, J. J., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & Pareja-Blanco, F. (2014). Maximal intended velocity training induces greater gains in bench press performance than deliberately slower half-velocity training. *European Journal of Sport Science*, (May 2014), 1–10.
- Iglesias, E., Clavel, I., Dopico, X., & Tuimil, J. L. (2003). Efecto agudo del esfuerzo específico de judo sobre diferentes manifestaciones de la fuerza y su relación con la frecuencia cardiaca alcanzada durante el enfrentamiento. *RendimientoDeportivo.com*, 6, 27.
- Lehance, C., Binet, J., Bury, T., & Croisier, J. L. (2009). Muscular strength, functional performances and injury risk in professional and junior elite soccer players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 19(2), 243–51. <http://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2008.00780.x>
- Lopez-Grueso, R., Aracil, A., Sarabia, J. M., & Montero, C. (2014). Beta-alanine supplementation seems to increase physical performance and acute recovery in competitive judokas. *European Journal of Human Movement*, 33, 123–136.
- Markovic, G., & Jaric, S. (2007). Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? *Journal of Sports Sciences*, 25(12), 1355–1363. <http://doi.org/10.1080/02640410601021713>
- Pareja-Blanco, F., Rodríguez-Rosell, D., Sánchez-Medina, L., Gorostiaga, E. M., & González-Badillo, J. J. (2014). Effect of Movement Velocity during Resistance Training on Neuromuscular Performance. *International Journal of Sports Medicine*, 35(11), 916–924.
- Ruiz, J. R., España-Romero, V., Ortega, F. B., Sjöström, M., Castillo, M. J., & Gutierrez, A. (2006). Hand Span Influences Optimal Grip Span in Male and Female Teenagers. *Journal of Hand Surgery*, 31(8), 1367–1372.

Sánchez-Medina, L., & Gonzalez-Badillo, J. J. (2011). Velocity loss as an indicator of neuromuscular fatigue during resistance training. *Medicine Science in sports and exercise*. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 43(9), 1725–1734.

Sánchez-Medina, L., González-Badillo, J. J., Pérez, C. E., & Pallarés, J. G. (2014). Velocity- and power-load relationships of the bench pull vs Bench press exercises. *International Journal of Sports Medicine*, 35, 209–216.

Sbriccoli, P., Bazzucchi, I., Di Mario, A., Marzattinocci, G., & Felici, F. (2007). Assessment of maximal cardiorespiratory performance and muscle power in the Italian Olympic judoka. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(3), 738–744.

Shariat, A., Kargarfard, M., Danaee, M., & Bahri Mohd Tamrin, S. (2015). Intensive resistance exercise and circadian salivary testosterone concentrations among young male recreational lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(1), 151–158. <http://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000632>

Thomas, S. G., Cox, M. H., LeGal, Y. M., Verde, T. J., & Smith, H. K. (1989). Physiological profiles of the Canadian National Judo Team. *Canadian Journal of Sport Sciences*, 14(3), 142-147.