



**Universidad de Jaén**

Escuela de Doctorado

**TESIS DOCTORAL**



**ENTRENAMIENTO INTERVÁLICO  
FUNCIONAL DE ALTA INTENSIDAD EN LA  
SALUD DEL ADULTO MAYOR CON DETERIORO  
COGNITIVO LEVE**

**PRESENTADA POR:**

**YULIETH RIVAS CAMPO**

**DIRIGIDA POR:**

**DR. D. AGUSTÍN AIBAR ALMAZÁN**

**JAÉN, OCTUBRE 14 DE 2023**

**ISBN**

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, a Dios por permitirme la oportunidad de iniciar y culminar esta meta, a mi familia, en especial a mi madre y mi esposo por el apoyo incondicional y soportar los momentos de ausencia en pro de mi formación académica. A mi hija por ser mi motor hacia la superación.

Me gustaría expresar mi más sincero agradecimiento a mi tutor el Dr. Fidel Hita Contreras por su invaluable orientación en el desarrollo de esta tesis doctoral.

A mi director, el Dr. Agustín Aibar Almazán, quien ha demostrado una confianza inquebrantable en mis capacidades y ha sido un apoyo constante a lo largo de mi trayectoria académica.

A mi equipo de trabajo y amigos: Diego Fernando Afanador Restrepo, Patricia García Garro y Gloria Cecilia Vega Ávila, quienes apoyaron cada proceso y nutrieron con su experiencia y conocimiento esta investigación.

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

1RM: One-Repetition Maximum / Máximo de una Repetición

ADAS-cog: Alzheimer's Disease Assessment Scale - Cognitive Subscale/ Escala de Evaluación de la Enfermedad de Alzheimer - Subescala Cognitiva

AAVD: Actividades Avanzadas de la Vida Diaria

ABVD: Actividades Básicas de la Vida Diaria

AIVD: Actividades Instrumentales de la Vida Diaria

CVRS: Calidad de vida relacionada con la salud

DCL: Deterioro cognitivo leve

DCLmult: Deterioro cognitivo leve multidominio

DCL-mnoa: Deterioro cognitivo leve no amnésico

DFT: Degeneración del Lóbulo Frontotemporal

DMO: Densidad mineral ósea

D2: Prueba D2 de Atención

HIIT: High-Intensity Interval Training / Entrenamiento en Intervalos de Alta Intensidad.

HIAT: High-Intensity Aquatic Training / Entrenamiento acuático de alta intensidad

HIFT: High-Intensity Functional Training / Entrenamiento interválico funcional de alta intensidad

LCR: líquido cefalorraquídeo

MM-HIIT: Entrenamiento interválico de alta intensidad multimodal

MMSE: Mini-Mental State Examination/ Mini Examen del Estado Mental

MoCA: Montreal Cognitive Assessment / Evaluación Cognitiva de Montreal

OMS: Organización Mundial de la Salud

SF-36: The Short Form-36 Health Survey/ Cuestionario genérico de calidad de vida.

TMTA: Trail Making Test Part A/ Prueba de Conexión de Letras Parte A

TMTB: Trail Making Test Part B/ Prueba de Conexión de Letras Parte B

SPC: síntomas psicológicos y conductuales

## ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| I. RESUMEN.....  | 1  |
| II. ABSTRACT .....   | 3  |
| III. INTRODUCCIÓN .....  | 5  |
| 1. El envejecimiento en el mundo .....                                   | 5  |
| 1.1. Envejecimiento de la población .....                                | 5  |
| 1.2. Cambios en el proceso de envejecimiento .....                       | 6  |
| 1.2.1. Cambios físicos .....   | 6  |
| 1.2.2. Cambios psicológicos.....   | 12 |
| 1.2.3. Cambios sociales .....  | 14 |
| 1.2.4. Cambios cognitivos.....   | 14 |
| 1.3. El deterioro cognitivo .....  | 19 |
| 1.3.1. Definición del deterioro cognitivo.....                           | 19 |
| 1.3.2. Prevalencia .....   | 19 |
| 1.3.3. Diagnóstico .....   | 19 |
| 1.3.4. Clasificación.....  | 20 |
| 1.4. El deterioro cognitivo leve .....                                   | 22 |
| 1.4.1. Definición .....  | 22 |
| 1.4.2. Clasificación.....  | 23 |
| 1.4.3. Patofisiología .....  | 24 |
| 1.4.4 Factores de riesgo .....   | 25 |
| 1.4.5 Progresión e impacto .....   | 26 |
| 2. Ejercicio físico y el deterioro cognitivo .....                       | 27 |
| 2.1. Ejercicio físico y la salud del adulto mayor.....                   | 27 |
| 2.2. Entrenamiento interválico funcional de alta intensidad (HIFT) ..... | 30 |
| 2.2.1.1. Definición de HIFT .....  | 30 |

|  |    |
|--|----|
| 2.2.2. Características de HIFT .....                         | 30 |
| 2.2.3. Beneficios de HIFT en la salud del adulto mayor ..... | 32 |
| IV. OBJETIVOS .....  | 33 |
| V. RESULTADOS .....  | 36 |
| <b>Abstract</b> .....  | 40 |
| VI DISCUSIÓN.....  | 42 |
| VII CONCLUSIONES .....                                       | 53 |
| VIII CONCLUSIONS .....                                       | 55 |
| VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....                       | 57 |

## I. RESUMEN

El ejercicio físico se ha consolidado como herramienta de intervención para el abordaje integral de la salud del adulto mayor a nivel físico clínico, funcional, mental y social; durante la última década, los estudios que evalúan la efectividad de los programas HIIT han documentado mejoras en las adaptaciones metabólicas, cardiorrespiratorias y en la salud mental y cognitiva; sin embargo, se sabe menos sobre los efectos del entrenamiento funcional de alta intensidad (HIFT). Es por ello que en esta investigación se pretende, en primer lugar, proporcionar un análisis de los datos publicados sobre los efectos del HIFT sobre la cognición en adultos mayores con deterioro cognitivo; y en segundo lugar, analizar evidencia científica sobre los efectos del HIFT en la cognición: (cognición global, funciones ejecutivas, la atención, la concentración, fluidez verbal); el estado de salud (Riesgo relativo de muerte por Comorbilidad, Calidad de vida relacionada con la salud y fragilidad del adulto mayor); la condición física (fuerza y flexibilidad de miembros superiores e inferiores, agilidad, y capacidad cardiorrespiratoria); las condiciones biomecánicas (Marcha y Equilibrio y Estabilidad postural); el nivel de funcionalidad (Actividades de la vida diaria, actividades instrumentales y actividades avanzadas de la vida diaria); y las condiciones psicológicas como la depresión y la calidad de sueño, en personas colombianas mayores de 65 años con deterioro cognitivo leve.

Para lograr el primer objetivo se desarrolló una revisión sistemática de ensayos controlados aleatorios que evalúan los efectos de HIFT en la cognición general en adultos mayores con deterioro cognitivo, siguiendo la guía PRISMA 2020 y abordando los artículos que realizaron una intervención de ejercicio físico funcional de alta intensidad sobre el rendimiento cognitivo en adultos mayores con deterioro cognitivo leve a moderado (MMSE > 10) o demencia, de 55 años o más, publicados entre 2011 y 2021 en cinco bases de datos electrónicas diferentes: PubMed, Web of Science, Scopus, CINAHL y Cochrane.

Para el segundo objetivo se desarrolló un ensayo clínico controlado aleatorizado, doble ciego en 2 grupos (control y experimental) de adultos mayores con deterioro cognitivo pertenecientes a la ciudad de Cali; los cuales se evaluaron

previo y posterior a la intervención. Los participantes del estudio son hombres y mujeres mayores de 65 años, con deterioro cognitivo leve de la ciudad de Santiago de Cali, Colombia y la captación de la población muestra se llevó a cabo mediante convenios con hogares geriátricos.

Palabras clave: adultos mayores, condición cognitiva, estado de salud, condición física, condición funcional, condición psicológica, entrenamiento HIFT.

## II. ABSTRACT

Physical exercise has solidified its position as an intervention tool for the comprehensive approach to the health of older adults on physical, clinical, functional, mental, and social levels. Over the last decade, studies evaluating the effectiveness of HIIT programs have documented improvements in metabolic and cardiorespiratory adaptations, as well as mental and cognitive health. However, less is known about the effects of high-intensity functional training (HIFT). This research aims to, firstly, provide an analysis of published data on the effects of HIFT on cognition in older adults with cognitive impairment; and secondly, to analyze scientific evidence regarding the effects of HIFT on cognition (global cognition, executive functions, attention, concentration, verbal fluency); health status (Relative Risk of Comorbidity-related Death, Health-Related Quality of Life, and frailty in older adults); physical condition (upper and lower limb strength and flexibility, agility, and cardiorespiratory capacity); biomechanical conditions (gait, balance, and postural stability); level of functionality (Activities of Daily Living, instrumental activities, and advanced activities of daily living); and psychological conditions such as depression and sleep quality in Colombian individuals aged over 65 with mild cognitive impairment.

To achieve the first objective, a systematic review of randomized controlled trials evaluating the effects of HIFT on general cognition in older adults with cognitive impairment was conducted, following the PRISMA 2020 guidelines. Articles that intervened with high-intensity functional physical exercise on cognitive performance in older adults with mild to moderate cognitive impairment (MMSE > 10) or dementia, aged 55 or older, published between 2011 and 2021, were addressed. Five different electronic databases were used: PubMed, Web of Science, Scopus, CINAHL, and Cochrane.

For the second objective, a randomized controlled double-blind clinical trial was conducted with two groups (control and experimental) of older adults with cognitive impairment from the city of Cali. Participants were evaluated before and after the intervention. Study participants were males and females over 65 years old with mild cognitive impairment from Santiago de Cali, Colombia, and the sample population was recruited through agreements with geriatric homes.

Keywords: older adults, cognitive condition, health status, physical condition, functional condition, psychological condition, HIFT training.

### **III. INTRODUCCIÓN**

#### **1. El envejecimiento en el mundo**

##### **1.1. Envejecimiento de la población**

El envejecimiento de la población es un fenómeno social que se caracteriza por el incremento de la cantidad de individuos que tienen 60 años o más y surge como resultado de la combinación entre la disminución de la tasa de natalidad y el aumento de la esperanza de vida (1).

De acuerdo con la información proporcionada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), se observa una creciente tendencia global hacia un aumento en la duración de la vida (2). Esto es especialmente notorio dado que en la época actual, la mayoría de las personas en todo el mundo tienen una esperanza de vida que supera los 60 años y en todos los rincones del planeta, hay un incremento tanto en el número como en la proporción de individuos mayores en la sociedad (3).

Se calcula que para el año 2030, aproximadamente una de cada seis personas en el mundo contará con 60 años o más y para ese momento, el grupo demográfico de 60 años en adelante habrá crecido de mil millones en 2020 a 1400 millones (4). Este cambio en la estructura poblacional de los países hacia edades avanzadas, conocido como el fenómeno de envejecimiento de la población, se originó en naciones de ingresos elevados como en Japón, donde el 30% de la población ya supera los 60 años (2). No obstante, los cambios más notables están teniendo lugar en naciones con economías de ingresos moderados y reducidos, anticipando que para el año 2050, el 66,6% de la población mayor a 60 años residirá en países con ingresos medios y bajos (5).

Durante las últimas cinco décadas, Colombia ha presentado una transición demográfica evidenciada en su pirámide poblacional con un incremento de las generaciones mayores, alcanzando altos niveles en los grupos con 50 años y más (3). Este cambio se comprueba con las cifras desde los años 50 hasta el 2020, en las cuales, el índice de envejecimiento se ha cuadruplicado, pasando de 12 a 49 personas de 60 años o más por cada 100 menores de 15 años (6).

Con el envejecimiento poblacional progresivo, van surgiendo necesidades de atención social de las poblaciones en situación de vulnerabilidad, en busca de mantener condiciones óptimas que permitan su bienestar (4); ejemplo de ello la OMS ha liderado programas como “Envejecimiento activo”, enfocado a optimizar las oportunidades de salud, participación y seguridad que mejoren la calidad de vida de las personas a través del paso de los años (6). Igualmente, a nivel nacional, se ha tomado como prioridad, desarrollar intervenciones que promuevan factores protectores para una vejez digna, activa y saludable de acuerdo a la Política Nacional de Envejecimiento y Vejez (7).

## **1.2. Cambios en el proceso de envejecimiento**

El proceso de envejecimiento conlleva una serie de cambios morfológicos y fisiológicos que ocurren en los tejidos del cuerpo a causa del paso del tiempo, los factores contextuales y los hábitos adoptados, además de que pueden afectar condiciones relacionadas con la salud o con las habilidades (8); estas modificaciones resultan fundamentales para discernir las disparidades en la salud entre los adultos mayores y aquellos más jóvenes (9).

### **1.2.1. Cambios físicos**

A medida que las personas envejecen, experimentan transformaciones físicas que pueden impactar la percepción de salud, bienestar y la capacidad para realizar actividades diarias, siendo la calidad de vida relacionada con la salud (CVRS) y la fragilidad, indicadores fundamentales para entender estos cambios (8).

La CVRS, un concepto esencial, ilustra cómo la salud y las enfermedades afectan la vivencia de las personas (10). Por otra parte, la fragilidad es central en el envejecimiento y se vincula con los cambios físicos de esta etapa y puede abordar características originales que reflejan la pérdida de resistencia y vulnerabilidad en adultos mayores como la pérdida de peso involuntaria, el agotamiento autoinformado, la marcha lenta, la debilidad y el bajo nivel de actividad física son factores clave en esta población (11).

## **Pérdida de masa y fuerza muscular**

La pérdida de masa magra es una condición conocida como sarcopenia y despierta la atención de la investigación debido a sus implicaciones en la funcionalidad y la independencia en la vida cotidiana, aún más si se tiene en cuenta que a medida que las personas envejecen, es común experimentar una disminución en la masa muscular, lo que puede tener un impacto significativo en la calidad de vida y la capacidad para llevar a cabo tareas esenciales (12).

Igualmente, en el proceso de envejecimiento se evidencia una reducción tanto en la fuerza muscular como en la potencia muscular, que se define como la combinación de fuerza y velocidad (13). Estos cambios pueden ser caracterizados mediante la calidad de los músculos, la cual se evalúa en términos de la fuerza producida en relación a la masa muscular en acción; lo cual posibilita la estimación de cómo la masa muscular, la función neuromuscular y las características mecánicas, contráctiles y arquitectónicas del músculo influyen en conjunto (14).

Tomando en cuenta que la fuerza muscular constituye un marcador crucial de la capacidad funcional y la autonomía en las actividades diarias, surge como un enfoque central la medición de la misma ya que evaluaciones proporcionan una visión cuantitativa de la capacidad de un individuo para generar fuerza en los grupos musculares principales, lo que a su vez se correlaciona con su capacidad para llevar a cabo actividades esenciales de manera independiente (15).

La pérdida de masa muscular y la disminución de la fuerza muscular pueden contribuir a una reducción en la calidad de vida y la capacidad de mantener la autonomía en la vida cotidiana (13). La comprensión de estos aspectos esenciales no solo es importante para identificar áreas de mejora en la salud y el bienestar de los adultos mayores, sino también para informar estrategias de intervención que puedan mitigar los efectos de la sarcopenia y promover una vida activa y saludable en esta población (16).

## **Cambios en la flexibilidad**

La flexibilidad establece el nivel en que la longitud del músculo permite el movimiento en una articulación específica y presenta un declive alrededor de los 70 años (14). Según Micheo et al. (17), este cambio se evidencia particularmente en la cadera (20 %-30 %), la columna vertebral (20 %-30 %) y el tobillo (30 %-40 %).

La flexibilidad desempeña un papel crucial en relación a la preservación de la amplitud de movimiento y la prevención de lesiones. Sin embargo, este componente esencial puede verse afectado por cambios en los tejidos conectivos durante el proceso de envejecimiento adquiriendo un significado especial en el contexto de la población adulta mayor, ya que podría limitar la movilidad y aumentar el riesgo de lesiones (18). Con el propósito de contrarrestar este déficit en la flexibilidad y en el rango de movimiento, se ha observado que el estiramiento resulta en la elongación de los tejidos blandos y en un aumento en la longitud de los músculos (9).

La consideración de la flexibilidad como parte integral de la salud y el bienestar en adultos mayores representa un paso crucial hacia la mitigación de riesgos relacionados con la movilidad (19).

## **Disminución de la resistencia cardiovascular**

A pesar de que diversos estudios epidemiológicos han identificado que los niveles de lípidos, la presencia de diabetes, el estilo de vida sedentario y la influencia de factores genéticos son elementos de riesgo asociados a enfermedades coronarias, hipertensión, insuficiencia cardíaca congestiva y accidentes cerebrovasculares, que son patologías cardiovasculares prominentes en nuestra sociedad, es innegable que el factor de mayor riesgo de manera destacada es el avance en la edad (20).

Según Lakatta & Levy (21), la estructura y el funcionamiento del sistema cardiovascular cambian gradualmente debido a un proceso de envejecimiento, y con el tiempo, esta transformación altera el sustrato sobre el cual se desarrollan los mecanismos fisiopatológicos específicos de la enfermedad, como los vinculados a la aterosclerosis experimental. Bajo esta perspectiva, el aumento

del riesgo de que las personas mayores enfrenten estas enfermedades se debe a las interacciones entre la edad y la enfermedad (8). Por tanto, los cambios asociados al envejecimiento en la estructura y el funcionamiento cardiovascular se entrelazan con los mecanismos fisiopatológicos de la enfermedad para definir el umbral, la severidad y la prognosis de la aparición de enfermedades cardiovasculares en personas mayores (20).

Un factor crucial en la evaluación de la resistencia cardiovascular es la resistencia aeróbica, la cual desempeña un papel fundamental en la capacidad general para resistir la fatiga durante la ejecución de ejercicios prolongados (16). La capacidad cardiovascular y la resistencia física de una persona es un indicador que refleja tanto la eficiencia del sistema circulatorio en la distribución de oxígeno hacia los músculos en actividad (19). Conforme la resistencia cardiovascular tiende a declinar con el avance de la edad, esta evaluación adquiere un valor sustancial como recurso para detectar cambios en la capacidad funcional y para evaluar la efectividad de intervenciones diseñadas para mejorar la salud de los adultos mayores (15).

### **Reducción de la densidad ósea**

A medida que envejecemos, se ha observado una reducción en la densidad mineral ósea (DMO) tanto en hombres como en mujeres, afectando diversos sitios del esqueleto y aumentando el riesgo de fracturas y el desarrollo de osteoporosis, una afección que debilita los huesos (22).

La osteoporosis es una de las afecciones más comunes asociadas con estos cambios, resultando tanto de factores relacionados con el estilo de vida y la dieta como del declive natural que conduce a una inflamación de baja intensidad y a la activación del sistema inmunológico, impactando directamente en la fuerza y calidad ósea (23). Los estudios de McDonald et al. (24) demostraron una mayor tasa de cambio en la densidad ósea en mujeres posmenopáusicas y hombres mayores de 50 años y en cuanto a la corteza ósea, encontraron que la porosidad era entre un 31% y un 44% menor en mujeres jóvenes en comparación con hombres jóvenes, pero esta diferencia aumentó entre un 92% y un 176% con la edad en las mujeres en comparación con los hombres ( $p < 0,001$ ).

Las tasas más altas de fracturas relacionadas con la osteoporosis se observan principalmente en mujeres de edad avanzada, aunque alrededor del 13% de los hombres también están propensos a sufrir estas fracturas. Una disminución en la densidad mineral ósea en el fémur se establece como un fuerte indicador de un mayor riesgo de fracturas de cadera (25). El estudio de fracturas osteoporóticas, una de las investigaciones de cohorte más abarcadoras en el campo de la osteoporosis, estableció que las mujeres con la menor densidad mineral ósea enfrentaban un riesgo hasta 8 veces mayor de fractura de cadera en comparación con aquellas con la densidad ósea más alta. Atenuar la pérdida de densidad mineral ósea relacionada con el envejecimiento podría contribuir a prevenir una cantidad significativa de fracturas (23).

### **Ralentización del metabolismo**

Con la edad, el metabolismo basal puede disminuir, lo que puede influir en la ganancia de peso si no se ajusta la ingesta calórica y la actividad física (9) y adicional a esto, el síndrome metabólico, ampliamente prevalente en la población de personas mayores, principalmente debido a diversos factores, que incluyen el aumento de períodos de inactividad y una disminución en la actividad física durante el tiempo de ocio (26).

Sin embargo y a pesar de lo mencionado anteriormente, llegar a la vejez no significa que el metabolismo esté condenado. De hecho, es posible controlarlo manteniendo un estilo de vida activo, incluso, se ha demostrado a través de investigaciones que el metabolismo puede regularse mediante la influencia de un sistema de reloj sincronizado, también conocido como ritmos biológicos, el cual está modulado por diversas proteínas reguladoras, las cuales garantizan el correcto funcionamiento de las células y, por ende, la salud en general (27).

### **Cambios en patrón de marcha**

En el segmento poblacional de individuos mayores de 62 años, se estableció una asociación entre la velocidad al caminar y las dimensiones de altura y edad (16). Al realizar un análisis para examinar la influencia de diversos factores en la velocidad al caminar, incluso en una distancia de tres pasos, se ha constatado que la edad es la única variable que exhibe un impacto sustancial y que las

alteraciones en la edad explicaron una variabilidad que oscila entre el 19% y el 38% en las modificaciones observadas en la velocidad al caminar (28).

### **Disminución de coordinación motora y equilibrio**

En el contexto del envejecimiento, la coordinación y el equilibrio surgen como elemento de considerable relevancia debido a su influencia directa en la seguridad y funcionalidad de los individuos de edad avanzada (29).

Es crucial reconocer que la degradación del equilibrio, la marcha y en los rangos de movimiento se manifiestan especialmente entre los 40 y 60 años, y más allá de esta edad (30). La reducción en estas habilidades físicas específicas puede resultar en un aumento significativo del peligro de caídas y lesiones, lo que subraya la importancia crucial de comprender minuciosamente y evaluar de manera efectiva la movilidad y estabilidad en esta población particular (31).

Ante este panorama, surge un interés significativo en la evaluación de las habilidades motoras en esta población. La ejecución exitosa de tareas locomotoras secuenciales en el adulto mayor representa un componente esencial para medir tanto la agilidad como el equilibrio dinámico (32). La pérdida de agilidad refleja la dificultad para modificar su dirección y llevar a cabo movimientos coordinados; la cual proporciona una perspectiva relevante sobre la respuesta motora del individuo (15).

### **Pérdida de funcionalidad**

La evaluación de la autonomía e independencia en diversas actividades es un aspecto crucial para comprender el envejecimiento y sus implicaciones en la funcionalidad, por lo que es posible que con el paso de los años se empiecen a evidenciar limitación de actividades y restricción en la participación (33). Estas actividades pueden categorizarse en tres grupos distintos, cada uno con un rol fundamental en la vida diaria de los individuos:

- **Actividades Básicas de la Vida Diaria (ABVD):** son las actividades esenciales para el autocuidado y la supervivencia pueden verse afectadas a medida que avanza la edad. Engloban tareas fundamentales como bañarse, vestirse, alimentarse, usar el baño, movilizarse y mantener la

continencia (34). En adultos mayores de 65 años se evalúan estos cambios independientes de influencias externas como el aprendizaje y el entorno cultural (8).

- **Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (AIVD):** Estas tareas más complejas y específicas están estrechamente ligadas a la vida en sociedad y a la independencia funcional (35). Con el envejecimiento, se van evidenciando limitaciones en estas actividades como cocinar, limpiar, administrar finanzas, realizar compras, utilizar el teléfono, gestionar la medicación y transportarse y puede llegar a considerarse discapacidad instrumental como la incapacidad para realizar una o más de estas tareas (36).
- **Actividades Avanzadas de la Vida Diaria (AAVD):** Estas actividades van más allá de las categorías anteriores, están relacionadas con aspectos más complejos de la vida, vinculadas a la interacción social, la participación en la comunidad y el mantenimiento de un nivel avanzado de funcionamiento diario. Enfocándose en actividades que enriquecen la calidad de vida y la interacción en la sociedad, estas actividades pueden variar según la cultura, el entorno y las preferencias individuales (37). Ejemplos de AAVD incluyen la participación en grupos y actividades sociales, viajar y explorar, practicar pasatiempos y actividades recreativas, mantener relaciones interpersonales y asistir a eventos culturales y comunitarios (33).

### **1.2.2. Cambios psicológicos**

El aumento de la esperanza de vida se asocia a una mayor prevalencia de cambios psicológicos debidos a procesos neurodegenerativos (38) y síntomas propios de la edad conocidos como síndromes geriátricos que pueden a su vez, contribuir a la aparición de depresión (39). Según la OMS el trastorno depresivo o depresión es un trastorno mental común que implica un estado de ánimo deprimido o la pérdida del placer o el interés por actividades durante largos períodos de tiempo, siendo diferente a los cambios normales de estado de ánimo

y que puede afectar todos los ámbitos de vida (40). Se calcula que alrededor del 3.8% de la población enfrenta episodios de depresión, abarcando tanto al 5% de los individuos adultos (4% de los hombres y 6% de las mujeres) como al 5.7% de los mayores de 60 años y a nivel global, se estima que alrededor de 280 millones de personas padecen esta condición (41). Además, se ha proyectado que para los próximos años podría afectar hasta un 10,4-14 % de la población mundial e incluso que se ubicará como la segunda causa más significativa de aparición, principalmente en personas mayores de 65 años (42), después de la enfermedad coronaria, que en la actualidad ostenta el primer puesto (43).

Aunque la depresión en los adultos mayores debe ser tratada como una enfermedad y no como una consecuencia normal del envejecimiento, hoy en día se conoce que factores como la ausencia de actividad física regular o de una red de apoyo social (44), además de la existencia de condiciones médicas crónicas, el declive en las capacidades cognitivas o un nivel educativo limitado, pueden tener un impacto en la manifestación de la depresión en individuos de edad superior a los 65 años, además de agravar la intensidad de los síntomas experimentados (42).

Cabe señalar también, que a medida que envejecemos, es común experimentar dificultades para conciliar el sueño, despertarse con mayor frecuencia durante la noche y levantarse más temprano por la mañana (45), cambios que pueden ser influenciados por factores psicológicos como la depresión o la ansiedad o potenciar la manifestación de los mismos (46).

Según Martín (47), la actividad física ha demostrado tener una conexión positiva con el bienestar psicológico, ya que se han encontrado hallazgos en los que los niveles más altos de actividad física tienen un impacto positivo en ambas dimensiones, tanto física como mental, sugiriendo que los efectos positivos de la actividad física son notorios tanto en la reducción de la depresión y ansiedad como en la mejora del bienestar psicológico.

Igualmente, se ha comprobado que el bienestar psicológico, el estado de salud percibida y los hábitos saludables se encuentran directamente relacionados con la calidad de vida de los adultos mayores (48), concluyendo además que

aquellas personas que realizan ejercicio regularmente obtienen puntuaciones más altas en pruebas que evalúan aspectos como la auto-aceptación, relaciones positivas y propósito de vida (49).

### **1.2.3. Cambios sociales**

Según el Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores (50), el proceso de envejecimiento conlleva cambios psicosociales significativos, que abarcan desde la transformación de roles y posiciones sociales hasta la pérdida de relaciones cercanas y la necesidad de adaptarse al uso de nuevas tecnologías, cambios que a menudo generan sentimientos de inseguridad e incomodidad al interactuar con los demás y al presentarse con una identidad renovada.

Para Medina (51), la participación social guarda una relación íntima con el bienestar y el proceso de envejecimiento saludable, lo cual otorga ventajas tanto físicas como psicológicas, pero, es común que las personas mayores reduzcan su nivel de participación e interacción social después de su jubilación, y otras persistan en su compromiso con organizaciones y movimientos sociales incluso en esta etapa de la vida.

### **1.2.4. Cambios cognitivos**

Según Kramer et al. (52), a medida que las personas envejecen, no todas las áreas neuronales y procesos cognitivos se degradan de manera uniforme, dado que los procesos de control ejecutivo y las regiones cerebrales prefrontales y frontales que los sustentan experimentan cambios considerables y desproporcionados con la edad. Diversas investigaciones en adultos han indicado que las funciones cerebrales y la neuroquímica pueden mejorar cuando las personas realizan entrenamiento aeróbico, experimentando mejoras significativas en el desempeño de tareas que demandan control ejecutivo, en comparación con los individuos que realizan entrenamiento anaeróbico (9,19,52).

### **Pérdida de la capacidad cognitiva**

La pérdida de las capacidades cognitivas es una de las patologías más frecuentes en el adulto mayor con efectos muy importantes desde el punto de

vista de la calidad de vida (51). La cognición, abarca el conjunto de procesos intelectuales que nos permiten interactuar con nuestro entorno, pero a medida que envejecemos, en el cerebro se producen cambios morfológicos, bioquímicos, metabólicos y circulatorios naturales que generan variaciones en la plasticidad y en las funciones cerebrales, lo que puede desencadenar alteraciones cognitivas (53). En cuanto a los cambios morfológicos, se evidencia una pérdida de volumen neuronal y adelgazamiento en la corteza frontal, que desempeña un papel crucial en la atención y las funciones ejecutivas, reducciones en la cantidad y tamaño de neuronas y conexiones sinápticas, disminución en la concentración de neurotransmisores, así como también del número de receptores, especialmente en enfermedades neurodegenerativas y una reducción en el flujo sanguíneo además del consumo de oxígeno a nivel cerebral (54).

### **Cambios en la función viso-espacial**

Las funciones visoespaciales se refieren a la capacidad de relacionar la posición, dirección y movimiento de objetos en el espacio, capacidades que suelen ir disminuyendo a medida que avanza el proceso de envejecimiento, principalmente, a partir de los 70 años cuando comienzan a manifestarse problemas en la organización visoespacial (55).

### **Disminución en la memoria**

Los cambios en la memoria son resultado de alteraciones en los circuitos frontales-estriados, que parecen desempeñar un papel en el proceso de memorización y formación de recuerdos (55). Por lo general, alrededor de los 60 años, se observa una reducción en la capacidad de memoria, la fluidez verbal, la habilidad en lógica matemática, así como en la eficiencia y velocidad de análisis (56).

Las dificultades de memoria, están relacionadas con una disfunción en el hipocampo, la disminución en la síntesis de proteínas esenciales para la memoria a largo plazo o la disminución en la activación cortical en áreas cerebrales específicas, como las regiones frontales y temporales (57) y

generalmente, la memoria de eventos recientes tiende a verse afectada antes que la memoria remota, la memoria episódica, o la memoria semántica (58).

### **Alteraciones del Lenguaje**

Según Mody (59), a medida que envejecemos, la producción y comprensión de frases se torna una tarea compleja que requiere la coordinación de diversos mecanismos cognitivos y neuronales. De hecho, cambios como la disminución general del volumen de materia gris (60) y la reducción en la capacidad de la memoria de trabajo presentan desafíos al procesamiento del lenguaje durante el proceso de envejecimiento (61).

En el análisis sintáctico, las pruebas indican un deterioro en la comprensión de oraciones complejas desde una perspectiva sintáctica (62), especialmente aquellas que involucran relaciones de dependencia con distancias sintácticas significativas, como las oraciones relativas (61).

### **Disminución de Orientación**

El proceso de envejecimiento conlleva cambios cognitivos y neurológicos que pueden dar lugar a la pérdida de orientación en diversas áreas (63):

- Desorientación en el tiempo: Las personas mayores pueden experimentar dificultades para mantener un seguimiento preciso del tiempo, lo que se traduce en olvidos de fechas y eventos recientes debido a alteraciones en la memoria a corto plazo.
- Desorientación en el espacio: Esta manifestación se traduce en la dificultad para reconocer ubicaciones familiares y para regresar a lugares conocidos, y es producto de cambios en la percepción visual y cognitiva.
- Desorientación en situación: En este caso, las personas mayores pueden tener problemas para comprender su contexto actual o el entorno en el que se encuentran debido a cambios en la memoria, la atención y la capacidad de resolución de problemas (64).

Con el transcurso de los años, pueden manifestarse síntomas de desorganización en la percepción del esquema corporal, así como dificultades en la identificación de nuestro propio cuerpo, resultando en problemas

relacionados con el equilibrio y la orientación, lo cual a su vez afecta nuestra habilidad para desplazarnos (65).

### **Alteración en Funciones ejecutivas**

Las funciones ejecutivas pueden ser definidas como un conjunto de mecanismos responsables de crear, supervisar y regular tanto la acción como el pensamiento, englobando elementos relacionados con la planificación y realización de comportamientos elaborados, así como la función de la memoria de trabajo y control inhibitorio (66). Según Betancourt et al. (67), estas funciones constituyen el núcleo de nuestra conducta y actúan como la fuente impulsora de diversos procesos cognitivos vitales que permiten a los individuos interactuar y desenvolverse de manera independiente en los ámbitos biológico, psicológico y social. Durante el proceso de envejecimiento el funcionamiento del sistema nervioso central sufre una serie de cambios, principalmente en el cerebro donde se encuentra el área prefrontal (56) el cual se vincula con las funciones ejecutivas (58), produciendo alteraciones en las mismas (67).

### **Disminución en Atención**

La habilidad atención y concentración implica la capacidad de enfocarse en diversas situaciones, permitiéndole a la persona generar respuestas reflexivas y adecuadas de acuerdo a su entorno (68). Hallazgos como los de Pereiro & Juncos (69), revelan que, en términos generales, las personas de mayor edad muestran un rendimiento atencional más bajo en comparación con los adultos más jóvenes en tareas simples y complejas, añadiendo además que la disminución en las tareas fundamentales, tanto en la alerta tónica como fásica, comienza a evidenciarse a partir de los 70 años, principalmente en algunos procesos atencionales implicados en el funcionamiento de la memoria operativa (55).

### **Disminución de la fluidez verbal**

La fluidez verbal se refiere a la habilidad de una persona para generar palabras en situaciones particulares y dentro de un intervalo de tiempo específico (70). La evaluación de la fluidez verbal considera dos enfoques: la fluidez verbal

semántica o categorial, que implica que se le pida a la persona generar tantas palabras como pueda dentro de una categoría específica (como animales o frutas); y la fluidez verbal fonológica, que requiere que la persona mencione el mayor número de palabras que inicien con una letra específica (71). Las pruebas de fluidez verbal se emplean extensamente en las evaluaciones neuropsicológicas debido a que son muy precisas en detectar el deterioro cognitivo (72,73). Si bien se ha notado una reducción en la fluidez verbal en el proceso de envejecimiento normal, también se ha documentado que esta habilidad se ve afectada de manera temprana en situaciones que preceden al deterioro cognitivo, particularmente en trastornos como la demencia (74).

### **Disminución velocidad de procesamiento**

La velocidad de procesamiento es una habilidad cognitiva esencial que tiende a disminuir con la edad y desempeña un papel fundamental en una variedad de actividades diarias, como la lectura, la comunicación oral, la conducción, la resolución de problemas y la realización de tareas multitarea (55). Los cambios relacionados con la edad en la velocidad de procesamiento han sido tradicionalmente asociados con alteraciones en las funciones cognitivas superiores (56). Esta capacidad puede evaluarse mediante pruebas que miden la velocidad de reacción, el tiempo necesario para procesar información visual o auditiva, y la rapidez en la ejecución de tareas cognitivas específicas (75).

En el contexto del envejecimiento, es común que las personas mayores experimenten una disminución en la velocidad con la que pueden procesar y responder a la información (70). Esta disminución puede estar relacionada con cambios en las conexiones neuronales, en la eficiencia de los procesos cerebrales (76) o con problemas en la sustancia blanca cerebral y en las vías frontales (60).

### **1.3. El deterioro cognitivo**

#### **1.3.1. Definición del deterioro cognitivo**

El deterioro cognitivo se define como la pérdida de capacidades mentales y funciones cognitivas, la cual resulta de la interacción entre factores fisiológicos y ambientales, mostrando una variabilidad significativa entre individuos (57). Por otra parte, los estudios actuales se centran en el deterioro cognitivo moderado que se define por una alteración cognitiva mayor a la esperada para la edad y nivel educativo del paciente (77), y que aunque no afecta las actividades cotidianas, a medida que avanza, puede evolucionar hacia la demencia, revertir al estado cognitivo normal o estabilizarse en un estado de alteración moderada (78).

#### **1.3.2. Prevalencia**

En los estudios de Ward et al. (79), se examina la incidencia de deterioro cognitivo, basándose en análisis de investigaciones literarias llevadas a cabo en varios continentes, incluyendo Europa, América del Norte, Asia, Australia y África, y los resultados señalan que la incidencia varía según las definiciones utilizadas para describir el deterioro cognitivo y los grupos poblacionales analizados, pero en líneas generales, las cifras de prevalencia oscilan entre el 4.9% y el 26.4%. Esta prevalencia aumenta a medida que las personas envejecen, siendo del 10% en individuos de 70 a 79 años y del 25% en aquellos con edades entre 80 y 89 años (80).

#### **1.3.3. Diagnóstico**

Es importante resaltar que a medida que avanzan los años se presenta un cierto nivel de deterioro cognitivo asociado al envejecimiento que no es originado por un proceso patológico, sino que está relacionado con los cambios normales que ocurren en el proceso de envejecimiento (70). En individuos de mayor edad, se observa una reducción en la densidad sináptica, lo cual resulta en la disminución del volumen cerebral en áreas específicas como el hipocampo, la corteza prefrontal y el núcleo dentado, por lo tanto, es necesario diferenciar entre el nivel de deterioro cognitivo que posee relevancia clínica en relación a la edad del

individuo y que no puede ser atribuido a la degradación natural del sistema nervioso (81).

#### **1.3.4. Clasificación**

De acuerdo con la Asociación Estadounidense de Psiquiatría, los criterios de diagnóstico de los trastornos neurocognitivos, ya sean mayores (demencia) o leves (DCL), se basan en la evaluación de diversos aspectos cognitivos de una persona (82). En el caso de trastornos neurocognitivos mayores o demencia, se espera una restricción de la independencia de las actividades diarias y se sustenta en los siguientes aspectos principales: en primer lugar, la expresión de preocupación por una disminución sustancial, ya sea manifestada por el propio individuo o por alguien en quien confía, o la observación de este deterioro por parte de un profesional médico. En segundo lugar, se documentó un deterioro sustancial mediante una evaluación cognitiva objetiva (83).

En contraste, en el caso de un trastorno neurocognitivo leve o DCL, los criterios son menos rigurosos (84); aquí, se evidencia un deterioro cognitivo en uno o más aspectos, pero a menor magnitud (85). No existe una restricción completa en cuanto a las actividades de la vida diaria, pero pueden demandar mayor tiempo y esfuerzo para su ejecución o generar estrategias de adaptación para las mismas (83).

La clasificación de los trastornos neurocognitivos incluye varios subtipos etiológicos (85) que se presentan en diferentes etapas de la vida y con una variedad de síntomas cognitivos y conductuales (83):

- Enfermedad de Alzheimer: Esta es la variante más frecuente de trastorno neurocognitivo y se caracteriza por la acumulación de placas amiloides y ovillos en el cerebro (63). La esperanza de vida promedio después de que comienza la demencia es de aproximadamente 10 años (79). Los criterios de diagnóstico requieren la presencia de un deterioro cognitivo sustancial en al menos dos áreas cognitivas, con uno de estos dominios siendo la memoria (83).

- Demencia Vascular: Este tipo de trastorno neurocognitivo se asocia principalmente con enfermedades cerebrovasculares. Puede tener causas diversas y con frecuencia se presenta en conjunto con la enfermedad de Alzheimer, en lo que se conoce como "demencia mixta". Los síntomas pueden variar en función de la ubicación y la gravedad de las lesiones cerebrovasculares (84).
- Degeneración del Lóbulo Frontotemporal: La demencia frontotemporal (DFT) se caracteriza por la atrofia de los lóbulos frontal y temporal del cerebro. Puede manifestarse de diferentes maneras, como cambios en la personalidad y el comportamiento, alteraciones del lenguaje o dificultades en la función ejecutiva. Con frecuencia, se presenta en edades más tempranas que la enfermedad de Alzheimer (82).
- Demencia con Cuerpos de Lewy: Esta variante de demencia se distingue por la presencia de cuerpos de Lewy en el cerebro, que son similares a los que se encuentran en la enfermedad de Parkinson. Los déficits cognitivos afectan especialmente a la atención, las habilidades visoespaciales y ejecutivas. También es común la variabilidad en el funcionamiento cognitivo y la aparición recurrente de alucinaciones visuales (84).
- Trastornos Neurocognitivos Debidos a la Enfermedad de Parkinson: Estos trastornos se diagnostican cuando una persona con enfermedad de Parkinson experimenta un deterioro cognitivo gradual. Los déficits cognitivos suelen involucrar las áreas de ejecución, memoria y habilidades visoespaciales (82).
- Trastorno Neurocognitivo Debido a la Enfermedad de Huntington: La enfermedad de Huntington es una afección hereditaria que resulta en un deterioro cognitivo en progresión, junto con síntomas motores y psiquiátricos (85). Aunque suele manifestarse en la mediana edad, también puede aparecer en edades más avanzadas (84).

- Trastorno Neurocognitivo Debido a Enfermedad Priónica: Estos trastornos se originan por partículas proteicas llamadas priones que tienen una estructura anormal (82). Se caracterizan por un rápido deterioro cognitivo, junto con manifestaciones motoras y síntomas psiquiátricos (84).

## **1.4. El deterioro cognitivo leve**

### **1.4.1. Definición**

El deterioro cognitivo leve (DCL) se define por una leve pérdida de memoria reciente, que excede la esperada para la edad y nivel educativo, y en el que no se presenta demencia ni un impacto notorio en otras funciones cognitivas. Además, difiere de la pérdida de memoria relacionada con la edad, ya que no tiende a ser progresivo y podría catalogarse como un estado de transición entre la función cognitiva normal para la edad y un estado de demencia leve (86).

Para definir el DCL, se han propuesto varios conjuntos de criterios, siendo los del International Working Group on Mild Cognitive Impairment, publicados en 2001, los más ampliamente aceptados. Estos criterios engloban los siguientes aspectos: 1) edad superior a los 50 años; 2) presencia de quejas personales sobre pérdida de memoria, caracterizada por su desarrollo gradual sin manifestar deterioro repentino o que haya ocurrido en los últimos meses, y que se traduzca en la vida cotidiana como dificultad para recordar nombres de personas conocidas; 3) resultados en las pruebas de memoria que se sitúen al menos 1 desviación estándar por debajo del promedio establecido para adultos jóvenes en la evaluación estandarizada de memoria a corto plazo (memoria reciente); 4) mantenimiento de las demás capacidades cognitivas intactas; y, 5) la ausencia de criterios que indiquen la presencia de demencia o de cualquier otra condición médica que pueda ocasionar déficits cognitivos (87).

Se presenta como una combinación de cambios en las funciones cognitivas fundamentales, como orientación espacial, lenguaje y reconocimiento visual, con un enfoque en la disminución de la memoria. Además, a menudo se observan modificaciones en el comportamiento (88).

### 1.4.2. Clasificación

Se distinguen 4 subtipos de deterioro cognitivo según se afecte sólo la memoria (o además otros dominios) o sólo otro dominio (o varios, sin afectarse la memoria) (84):

- Amnésico de dominio único: Se refiere a un paciente con un deterioro en la memoria que no satisface los criterios para ser diagnosticado con demencia y el déficit de memoria se encuentra en un rango de hasta 1.5 desviaciones estándar por debajo de la norma ajustada para la edad y el nivel educativo (85).
- DCL Multidominio (DCLmult): se refiere a individuos que experimentan molestias y una capacidad funcional que sugieren deficiencias leves en varios aspectos cognitivos y conductuales (87). Estos déficits pueden abarcar distintos ámbitos, como el lenguaje, las habilidades ejecutivas, la visoconstructividad y las capacidades viso-espaciales (55). Los pacientes presentan un deterioro cognitivo que se sitúa entre 0.5 y 1 desviación estándar por debajo de la norma ajustada para su edad y nivel educativo (3). En muchos casos, evolucionan hacia el cumplimiento de los criterios para el diagnóstico de enfermedad de Alzheimer (EA) (52) o demencia vascular (DV) (84). Sin embargo, en una minoría de casos, la situación puede representar un envejecimiento normal o, en algunos, una condición inestable con la posibilidad de reversión a la normalidad con el tiempo (58).
- DCL no amnésico de dominio único, también conocido como DCL monodominio no amnésico (DCL-mnoa): se refiere a un paciente que experimenta un deterioro focalizado en un dominio cognitivo específico, excluyendo la memoria, como el lenguaje, las habilidades ejecutivas o las capacidades viso-espaciales (85). Dependiendo del dominio afectado, estos pacientes pueden eventualmente desarrollar otros síndromes cognitivos, como la afasia progresiva primaria, la demencia frontotemporal, la demencia con cuerpos de Lewy, la enfermedad de

Huntington o el parkinsonismo vascular. El DCL-mnoa se considera un estado prodrómico que precede al grupo de demencias que no están relacionadas con la enfermedad de Alzheimer (88).

- DCL No amnésico con afectación multidominio: se refiere a una condición en la que una persona experimenta un deterioro cognitivo leve que afecta múltiples dominios cognitivos diferentes, pero no está predominantemente relacionado con la memoria (89). Esto significa que los déficits cognitivos no se limitan a un solo aspecto del funcionamiento cognitivo, como la memoria, sino que afectan a varias áreas, como el lenguaje, las habilidades ejecutivas, las habilidades viso-espaciales u otros aspectos cognitivos (90) (Figura 1).

|   |                 | Cause                     |                   |             |                   |
|---|-----------------|---------------------------|-------------------|-------------|-------------------|
|   |                 | Degenerative              | Vascular          | Psychiatric | Medical disorders |
| Amnesic mild cognitive impairment         | Single domain   | Alzheimer's disease       |                   | Depression  |                   |
|   | Multiple domain | Alzheimer's disease       | Vascular dementia | Depression  |                   |
| <hr style="border-top: 1px dashed red;"/> |                 |                           |                   |             |                   |
| Non-amnesic mild cognitive impairment     | Single domain   | Frontotemporal dementia   |                   |             |                   |
|   | Multiple domain | Dementia with Lewy bodies | Vascular dementia |             |                   |

Figura 1. Clasificación deterioro cognitivo leve (78).

### 1.4.3. Patofisiología

En pacientes con deterioro cognitivo leve, se entrelazan varios factores causales, que incluyen disfunción colinérgica, lesiones en la sustancia blanca e infartos cerebrales, la acumulación de amiloide extracelular y la formación de ovillos neurofibrilares intracelulares (57). Es importante destacar que la presencia del

alelo Apolipoproteína E4 puede agravar el riesgo de que el deterioro cognitivo leve progrese hacia la enfermedad de Alzheimer (78).

Igualmente, la atrofia del lóbulo temporal medial, las proteínas Tau totales y A $\beta$  1-42, los cuales son indicadores de procesos patológicos que se han utilizado como marcadores para mejorar la identificación del deterioro cognitivo preclínico (91).

#### **1.4.4 Factores de riesgo**

Los factores de riesgo compartidos entre el deterioro cognitivo y la demencia abarcan una serie de variables, entre las cuales se destacan la edad, el género, el nivel de educación, la predisposición genética y la presencia de trastornos depresivos (90,92). Es importante señalar que, a partir de los 60 años, se observa un incremento significativo en la probabilidad de desarrollar DCL (93).

Algunos cambios cognitivos que se manifiestan en el deterioro cognitivo pueden atribuirse a una variedad de factores relacionados con el envejecimiento (90). Estos factores pueden ser de naturaleza externa, como las enfermedades relacionadas con la edad que afectan al cerebro (por ejemplo, enfermedad cerebrovascular, hipertensión, diabetes y endocrinopatías) (94), trastornos psiquiátricos, aislamiento social, alteraciones sensoriales y el propio proceso de envejecimiento (85). Además, influyen factores internos, como la reserva funcional y estructural del cerebro, la predisposición genética y la capacidad de adaptación a los cambios a lo largo de la vida (95). Estos elementos internos y externos interactúan de manera compleja y contribuyen al desarrollo y progresión del deterioro cognitivo en la población geriátrica (92).

En cuanto a los factores de riesgo que contribuyen al deterioro cognitivo, es fundamental destacar su relevancia tanto desde una perspectiva de salud pública como en el ámbito social y económico. Factores como las enfermedades crónicas no transmisibles como la hipertensión arterial y la diabetes mellitus; el avance en la edad y la limitada escolaridad, plantean un desafío significativo. No solo inciden en la aceleración de la discapacidad, la pérdida de funcionalidad y el proceso de envejecimiento saludable en la población geriátrica, sino que

también generan implicaciones sociales en la comunidad y consecuencias económicas en el sistema de atención médica (96).

#### **1.4.5 Progresión e impacto**

El deterioro cognitivo leve (DCL) se ubica en una posición intermedia entre el envejecimiento cognitivo normal y la demencia, y su conversión a esta última se encuentra influenciada por diversos factores de riesgo, como la edad, la presencia del alelo APOE- $\epsilon$ 4 (94), la atrofia del hipocampo detectada mediante resonancia magnética y la presencia de biomarcadores en el líquido cefalorraquídeo (LCR) (87).

Se anticipa que las tasas de deterioro cognitivo leve aumenten debido al crecimiento de la esperanza de vida y a pesar de los desafíos para identificar casos oportunamente, las estimaciones apuntan a que alrededor del 5% de la población general presente deterioro cognitivo leve, y de ellos el 15% de ellos desarrolle demencia anualmente (80).

En términos de impacto, se ha evidenciado que las personas con DCL enfrentan un mayor riesgo de fallecimiento y desarrollo de enfermedad de Alzheimer (79). Durante un seguimiento promedio de 4.5 años, el 30% de los individuos con DCL falleció, una tasa 1.7 veces mayor que la de aquellos sin DCL (87). Además, el 34% de los sujetos con DCL desarrollaron enfermedad de Alzheimer, con una tasa 3.1 veces superior a la de aquellos sin DCL (89). En cuanto a las habilidades cognitivas, experimentaron un declive más rápido en la memoria episódica, memoria semántica y velocidad perceptual. También se observaron dificultades en tareas cotidianas, como el vestirse, el cuidado dental y el uso del teléfono (86).

Los pacientes con DCL frecuentemente manifiestan síntomas psicológicos y conductuales (SPC), que incluyen alteraciones en la conducta, el afecto y síntomas psicóticos. La presencia de estos síntomas se asocia con una mayor probabilidad de progresión hacia la demencia y tiene un impacto negativo en la calidad de vida, la funcionalidad, el cuidado del paciente y puede precipitar la institucionalización. En particular, los síntomas depresivos han demostrado tener

un fuerte impacto en el DCL, afectando significativamente su evolución, especialmente en contextos de ensayos clínicos (77).

El DCL representa un desafío considerable desde el punto de vista de la salud pública, ya que conlleva importantes implicaciones económicas y sociales. Su abordaje efectivo requiere la implementación de políticas de salud pública destinadas a mejorar las condiciones de vida de la población en general y de los pacientes geriátricos en particular, priorizando la educación como uno de los pilares fundamentales (97).

#### **1.4.6. Prevención y manejo**

La naturaleza multifactorial del deterioro cognitivo, que se ve fuertemente influenciada por factores sociales y ambientales en su origen, implica que no puede abordarse exclusivamente mediante un enfoque clínico y farmacológico (97). Es necesario implementar políticas de salud pública que permitan una evaluación integral de las personas mayores, lo que facilitaría la detección precoz de los problemas neurológicos y los síndromes geriátricos asociados que afectan negativamente la calidad de vida (92).

## **2. Ejercicio físico y el deterioro cognitivo**

### **2.1. Ejercicio físico y la salud del adulto mayor**

El abordaje de la población adulta mayor requiere de un manejo integral abarcando las condiciones de salud física, funcional, mental y social y por lo tanto requieren de una valoración en cada una de estas dimensiones (98). Igualmente es imperativo el desarrollo de estrategias que fomenten el cuidado de la salud, prevengan alteraciones ya sean lesiones o patologías y en caso de ya presentarlas, se puedan mitigar o tratarlas para dar la mejor calidad de vida al adulto mayor, evitar la carga de enfermedad y prevenir condición de discapacidad (99).

Entre las estrategias de intervención para el mantenimiento y recuperación de salud, el ejercicio físico se ha consolidado como un valioso recurso desde la prevención primaria hasta la terciaria y tiene recomendaciones específicas (tipo,

intensidad, duración y frecuencia) de acuerdo a sus objetivos; igualmente se ha comprobado su acogida, con el porcentaje creciente de adultos mayores que se integran a este tipo de programas dirigidos (100).

Mantener un nivel adecuado de actividad física y llevar a cabo ejercicios específicos para abordar estos cambios puede contribuir en gran medida a minimizar los efectos negativos del envejecimiento (101). El ejercicio regular puede ayudar a preservar la fuerza muscular, mejorar la densidad ósea, aumentar la flexibilidad y mantener la salud cardiovascular; así mismo tiene beneficios en la salud mental y cognitiva. Se ha demostrado que el ejercicio físico puede ayudar a reducir el riesgo de depresión, mejorar la función cerebral y la agudeza mental, y reducir el riesgo de enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer (102).

La práctica regular de actividad física incrementa la esperanza de vida promedio al influir en el desarrollo de enfermedades crónicas (al reducir los efectos del envejecimiento secundario) y además, contrarresta el impacto negativo del envejecimiento secundario al recuperar la capacidad funcional en adultos mayores que previamente llevaban un estilo de vida sedentario (103). Los programas de ejercicios aeróbicos y entrenamientos de resistencia tienen el potencial de aumentar la capacidad aeróbica y la fuerza muscular en adultos mayores en un rango de 20% a 30% o incluso más (104).

Según estudios de Chodzko et al. (18), el entrenamiento aeróbico tiene la capacidad de generar diversos cambios metabólicos beneficiosos, independientemente de las modificaciones en la dieta. Estos cambios incluyen la mejora del control glucémico en reposo, la eliminación de los triglicéridos perjudiciales de la circulación después de las comidas y la preferencia por utilizar la grasa como fuente de energía en el músculo durante el ejercicio moderado. Personas sanas en sus años 60 y 70 conservan la capacidad de potenciar los procesos celulares que facilitan estos efectos de entrenamiento a través del entrenamiento de intensidad moderada como el de alta intensidad (19), los cuales han demostrado aumentar el contenido de transportadores de glucosa en los músculos de adultos mayores, aunque, los programas de alta intensidad son

los que podrían generar una mejora más significativa en la acción de la insulina en todo el cuerpo (18).

Actividades de carga de peso de baja intensidad, como caminar (3-5 veces por semana) durante períodos de hasta 1 año, tienen un efecto modesto, si acaso, en la densidad mineral ósea (DMO) en mujeres posmenopáusicas (aumento del 0% al 2% en la DMO de cadera y columna vertebral) (25). Sin embargo, tales actividades parecen beneficiosas desde el punto de vista de contrarrestar las pérdidas relacionadas con la edad (0.5% a 1% por año en controles sedentarios) y reducir el riesgo de fracturas de cadera (7,132). Estudios que involucran actividades de carga ósea de mayor intensidad, como subir y bajar escaleras, caminar rápido, caminar con chalecos con peso o correr, generalmente informan efectos más significativos en la DMO en mujeres posmenopáusicas, al menos a corto plazo (1 a 2 años) (22,25,104).

La investigación sobre la efectividad del ejercicio para la salud ósea en hombres aún está en proceso, pero un estudio prospectivo encontró que los hombres de mediana edad y mayores que corrían nueve o más veces al mes mostraban tasas más bajas de pérdida ósea lumbar que los hombres que corrían con menos frecuencia (105).

El papel del ejercicio físico en la salud cognitiva de los adultos mayores ha suscitado un gran interés en la investigación científica (22). Se ha observado que el ejercicio regular puede tener efectos positivos en la función cognitiva de las personas mayores, incluidos aquellos que ya presentan cierto grado físico de deterioro cognitivo (106).

El ejercicio puede ayudar a mejorar la memoria, la atención, la velocidad de procesamiento y otras funciones cognitivas en personas con deterioro cognitivo leve (107). Igualmente, la participación en programas de ejercicio a largo plazo se ha asociado con un retraso en el ritmo de deterioro cognitivo en adultos mayores (108).

Mejora del estado de ánimo el ejercicio puede tener efectos positivos en el estado de ánimo y reducir los síntomas de depresión y ansiedad en personas con deterioro cognitivo (107). Además, favorece la estimulación cerebral ya que

el aumento de la actividad física pueda promover la plasticidad neuronal y la formación de nuevas conexiones cerebrales, lo que contribuye a la mejora de la función cognitiva (109).

## **2.2. Entrenamiento interválico funcional de alta intensidad (HIFT)**

### **2.2.1.1. Definición de HIFT**

El HIFT (por sus siglas en inglés High-Intensity Functional Training), que en español se traduce como "Entrenamiento Funcional de Alta Intensidad", es una modalidad de ejercicio que implica participar en sesiones de entrenamiento de alta intensidad, durante las cuales se llevan a cabo una serie de movimientos funcionales y multiarticulares que pueden adaptarse a diversos niveles de aptitud física, permitiendo un reclutamiento muscular, más allá de lo que logra el ejercicio convencional (110). De manera paralela, en la literatura especializada se hace referencia a este tipo de entrenamiento con otros términos, tales como entrenamiento interválico de alta intensidad multimodal (MM-HIIT) o Crossfit (111).

El propósito fundamental de estas prácticas de entrenamiento es enriquecer diversas aptitudes físicas, como la resistencia cardiovascular y pulmonar, la resistencia focalizada en grupos musculares específicos, la fuerza, la flexibilidad, la potencia, la coordinación, la agilidad, el equilibrio y la precisión, tal como se ha señalado en estudios previos (110,112).

### **2.2.2. Características de HIFT**

El HIFT se caracteriza por su enfoque en la intensidad y la funcionalidad, siendo una modalidad de entrenamiento relativamente nueva que enfatiza los movimientos funcionales de múltiples articulaciones, combinando ejercicios de alta intensidad con el objetivo de mejorar la fuerza, la resistencia, la agilidad, la coordinación y la capacidad cardiovascular por medio de sesiones que pueden durar desde tan solo 2 minutos a más de una hora (112). Según Heinrich et al. (114), se diferencia del HIIT en la utilización de ejercicios funcionales constantemente variados y diversas duraciones de las actividades que pueden o no incorporar descansos.

El HIFT emplea múltiples vías de energía a través de la prescripción multimodal de ejercicios realizados con diferentes duraciones (14). Debido a los múltiples esquemas de prescripción relacionados con las repeticiones y duraciones de los ejercicios en el HIFT, los programas pueden variar desde ejercicios con el peso corporal, realizados en circuitos o intervalos cronometrados a esquemas más complicados que involucran levantamientos olímpicos, con un número determinado de repeticiones (19). Cuando se prescribe el HIFT en un circuito continuo o en formato de intervalos, estos estímulos no sólo mejoran la fuerza y potencia muscular, sino que también genera adaptaciones aeróbicas y anaeróbicas (111).

Dentro del enfoque de entrenamiento funcional de alta intensidad (HIFT), se pone especial énfasis en la realización de movimientos que poseen una función práctica y que involucran varias articulaciones, abarcando tanto ejercicios aeróbicos como de fortalecimiento muscular, proporcionando una versatilidad que permite su adaptación a distintos niveles de condición física, siendo una de las características distintivas del HIFT es su capacidad para activar un mayor número de grupos musculares en comparación con la repetición de ejercicios aeróbicos tradicionales (112). Esto conlleva mejoras notables en áreas como la resistencia cardiovascular, la fuerza y la flexibilidad, como se ha observado en investigaciones previas (113,105).

Se trata de un entrenamiento físico que combina ejercicios funcionales de alta intensidad con el objetivo de mejorar la fuerza, la resistencia, la agilidad, la coordinación y la capacidad cardiovascular (110).

El HIFT se caracteriza por su enfoque en la intensidad y la funcionalidad. Es una modalidad de entrenamiento relativamente nueva que enfatiza los movimientos funcionales de múltiples articulaciones que pueden modificarse a cualquier nivel de condición física y provocar un mayor reclutamiento muscular que el ejercicio más tradicional. Las sesiones de HIFT pueden durar tan poco como 2 minutos, a más de una hora (12). Se diferencia del HIIT en la utilización de ejercicios funcionales constantemente variados y diversas duraciones de las actividades que pueden o no incorporar descansos (109).

El HIFT emplea múltiples vías de energía a través de la prescripción multimodal de ejercicios realizados con diferentes duraciones (110,114). Debido a los múltiples esquemas de prescripción relacionados con las repeticiones y duraciones de los ejercicios en el HIFT, los programas pueden variar desde ejercicios con el peso corporal, realizados en circuitos o intervalos cronometrados a esquemas más complicados que involucran levantamientos olímpicos, con un número determinado de repeticiones (115). Cuando se prescribe el HIFT en un circuito continuo o en formato de intervalos, estos estímulos no sólo mejoran la fuerza y potencia muscular, sino que también genera adaptaciones aeróbicas y anaeróbicas (110).

### **2.2.3. Beneficios de HIFT en la salud del adulto mayor**

Los beneficios del HIFT en la cognición de adultos mayores con deterioro cognitivo cuentan con varios estudios que los respaldan (109-122). Mientras algunos estudios señalan mejoras con el HIFT progresivo a un 80% de RM durante las semanas 6, 12 y 18, la disparidad en protocolos, mediciones y grupos de control conduce a resultados inconsistentes (117-122). Es esencial definir la modalidad óptima (carga y duración) para lograr una intervención efectiva (116).

Con respecto al ámbito físico, el HIFT presenta múltiples beneficios como: la mejora de la fuerza muscular, ya que este tipo de ejercicios implica movimientos funcionales que trabajan varios grupos musculares simultáneamente, lo que puede mejorar significativamente la fuerza muscular en adultos mayores. Esto facilita actividades cotidianas como levantarse de una silla o subir escaleras (117-119); el aumento de la resistencia cardiovascular, potenciando la capacidad cardiovascular y la resistencia en adultos mayores. Igualmente, les permite mantenerse activos durante períodos más largos y realizar actividades físicas sin fatigarse rápidamente (115,121); la mejora del equilibrio y la coordinación debido a que incorpora movimientos que requieren un buen equilibrio y coordinación y esto puede ser especialmente beneficioso para prevenir caídas y lesiones en adultos mayores (116).

Por otro lado, se ha demostrado que los ejercicios basados en HIFT tienen efectos beneficiosos en el ámbito cognitivo, entre los que destaca la mejora de

la función cognitiva, ya que se ha observado que se asocia con mejoras significativas en las capacidades cognitivas, tales como la memoria, la atención y la capacidad de toma de decisiones. Este fenómeno reviste particular importancia en el contexto de adultos mayores, ya que puede contribuir a prevenir el deterioro cognitivo vinculado al proceso de envejecimiento (116, 119-122); la reducción del estrés y la ansiedad debido a que tiene el potencial de inducir la liberación de endorfinas, neurotransmisores que han demostrado ser efectivos en la disminución de los niveles de estrés y ansiedad en individuos de edad avanzada, generando así mejoras en su bienestar emocional (118,121,122); y la mejora del estado de ánimo, concretamente, la reducción de los síntomas asociados a la depresión en la población adulta mayor (118).

#### **IV. OBJETIVOS**

La finalidad de esta tesis doctoral es realizar una revisión sistemática de los datos publicados sobre los efectos del entrenamiento funcional de alta intensidad sobre la cognición en adultos mayores con deterioro cognitivo estudio. Además, se analizarán los posibles efectos de un programa de entrenamiento interválico funcional de alta intensidad (HIFT) sobre el estado de salud y la condición cognitiva, física, funcional y psicológica en personas colombianas mayores de 65 años con deterioro cognitivo.

Teniendo en cuenta lo anterior, se plantearon las siguientes hipótesis y objetivos tanto generales como específicos:

##### **Hipótesis:**

1. Después de una revisión sistemática de estudios que abordan los efectos del entrenamiento funcional de alta intensidad en adultos mayores con

deterioro cognitivo se encuentra que este tipo de ejercicio físico mejora las condiciones cognitivas.

2. Tras la realización de un programa de ejercicios de entrenamiento funcional de alta intensidad sobre el estado de salud durante 12 semanas, los participantes mostrarán mejoría aumentando la cognición global, las funciones ejecutivas, la atención, la concentración, fluidez verbal y la atención plena. Del mismo modo, los participantes experimentarán una mejoría en el estado de salud, la calidad de vida relacionada con la salud, el nivel de la fragilidad; la condición física evidenciada en las habilidades como la fuerza y flexibilidad de miembros superiores e inferiores, agilidad, y capacidad cardiorrespiratoria; mejoría en la movilidad y condiciones biomecánicas para la ejecución de tareas locomotoras secuenciales, ejecución de marcha, velocidad de la misma, equilibrio, estabilidad postural y balance. Igualmente se proyecta avances respecto a la funcionalidad en actividades básicas, instrumentales y avanzadas de la vida diaria; y en variables psicológicas como depresión y calidad de sueño.

#### **Objetivos generales:**

- Proporcionar un análisis de los datos publicados sobre los efectos del entrenamiento funcional de alta intensidad sobre la cognición en adultos mayores con deterioro cognitivo.
- Analizar los efectos de un programa de entrenamiento interválico funcional de alta intensidad (HIFT) sobre el estado de salud y la condición cognitiva, física, funcional y psicológica en personas colombianas mayores de 65 años con deterioro cognitivo leve.

#### **Objetivos específicos**

- Conocer la evidencia científica sobre los efectos del HIFT en la cognición general en adultos mayores con deterioro cognitivo.

- Comprobar efectos de un programa de entrenamiento HIFT de 12 semanas sobre la cognición global, las funciones ejecutivas, la atención, la concentración, fluidez verbal y la atención plena.
- Evaluar los efectos de un programa de entrenamiento HIFT de 12 semanas sobre el estado de salud (Riesgo relativo de muerte por Comorbilidad, Calidad de vida relacionada con la salud y fragilidad del adulto mayor).
- Medir los efectos de un programa de entrenamiento HIFT durante 12 semanas sobre la condición física (fuerza y flexibilidad de miembros superiores e inferiores, agilidad, y capacidad cardiorrespiratoria).
- Los efectos de un programa de entrenamiento HIFT) de 12 semanas sobre las condiciones biomecánicas (Marcha y Equilibrio y Estabilidad postural).
- Los efectos de un programa de entrenamiento HIFT de 12 semanas sobre el nivel de funcionalidad (Actividades de la vida diaria, actividades instrumentales y actividades avanzadas de la vida diaria).
- Los efectos de un programa de entrenamiento HIFT de 12 semanas sobre condiciones psicológicas como la depresión y la calidad de sueño.

## V. RESULTADOS

### Artículo I.

#### **The Effects of High-Intensity Functional Training on Cognition in Older Adults with Cognitive Impairment: A Systematic Review.**

Rivas-Campo Y, García-Garro PA, Aibar-Almazán A, Martínez-Amat A, Vega-Ávila GC, Afanador-Restrepo DF, León-Morillas F, Hita-Contreras F. The Effects of High-Intensity Functional Training on Cognition in Older Adults with Cognitive Impairment: A Systematic Review. *Healthcare (Basel)*. 2022 Apr 2;10(4):670. doi: 10.3390/healthcare10040670. PMID: 35455847; PMCID: PMC9025277.

DOI: [10.3390/healthcare10040670](https://doi.org/10.3390/healthcare10040670)

#### Abstract

(1) Background: High-Intensity Functional Training (HIFT) is a new exercise modality that emphasizes multi-joint functional movements adaptable to any fitness level and promotes greater muscle recruitment. Previous studies have evaluated the positive effects of HIFT on mental and cognitive health but have not evaluated it in older people. This study aims to conduct a systematic review of randomized controlled trials assessing the effects of HIFT on general cognition in older adults with cognitive impairment. (2) Methods: Following the PRISMA 2020 guideline, articles that did a high-intensity functional physical exercise intervention on cognitive performance in older adults with mild to moderate cognitive impairment (MMSE > 10) or dementia, aged 55 years or older, published between 2011 and 2021 in five different electronic databases: PubMed, Web of Science, Scopus, CINAHL, and Cochrane plus were included. (3)

Results: 7 articles were included, all having general cognition as their primary outcome. All assessed general cognition using the Mini-Mental State Examination, the ADAS-Cog, or both. All studies had at least one HIFT experimental group with a frequency of 2 sessions per week and a variable duration between protocols of 12, 13, 16, and 26 weeks. Two articles showed that a progressive HIFT program improves general cognition, four articles showed no significant changes within or between groups and one article concluded that a HIFT intervention does not slow cognitive decline. (4) Conclusions: Evidence exists of the benefits of HIFT on general cognition in older adults with cognitive impairment, assessed using the MMSE, the ADAS-cog, or both. Two articles that showed improvement in cognitive function used progressive HIFT with 80% RM at 6, 12, and 1 weeks; however, in the other articles, due to the heterogeneity of intervention protocols, measurement time points, and control group activities, mixed results were evidenced

## Artículo II.

### **Effects of High-Intensity Functional Training (HIFT) on the Functional Capacity, Frailty, and Physical Condition of Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Blind Randomized Controlled Clinical Trial.**

Rivas-Campo Y, Aibar-Almazán A, Afanador-Restrepo DF, García-Garro PA, Vega-Ávila GC, Rodríguez-López C, Castellote-Caballero Y, Carcelén-Fraile MDC, Lavilla-Lerma ML. Effects of High-Intensity Functional Training (HIFT) on the Functional Capacity, Frailty, and Physical Condition of Older Adults with Mild Cognitive Impairment: A Blind Randomized Controlled Clinical Trial. *Life (Basel)*. 2023 May 21;13(5):1224. doi: 10.3390/life13051224. PMID: 37240869; PMCID: PMC10224494.

DOI: [10.3390/life13051224](https://doi.org/10.3390/life13051224)

#### Abstract

Physical exercise has been established as an intervention in the integral approach for the physical, functional, and social health of older adults. The objective of this study was to determine the effects of a high-intensity functional training (HIFT) program on the physical condition and functional capacity of an elderly Colombian population with mild cognitive impairment. This research corresponds to a blind randomized controlled clinical trial. A total of 169 men and women aged over 65 years were evaluated and distributed in two groups: the experimental group that received a 12-week HIFT intervention (n = 82) and the control group (n = 87) that received general recommendations on the benefits of physical exercise. The outcome variables included physical condition, assessed using the Senior Fitness battery (SNB); Fried's frailty phenotype was applied, and gait and balance were assessed using the Tinetti scale. For

the functional variables, activities of daily living, instrumental activities of daily living, and advanced activities of daily living were evaluated. All variables were measured pre- and post-intervention. Statistically significant improvements were observed in the IG for gait stability and balance ( $p < 0.001$ ), as well as for independence in activities of daily living ( $p = 0.003$ ), and instrumental and advanced activities ( $p < 0.001$ ). Likewise, greater functionality was found when assessed with the SNB ( $p < 0.001$ ), except for upper limb strength. The frailty classification did not show changes post-intervention ( $p = 0.170$ ) nor in the group x time interaction. MANCOVA analysis showed that regardless of gender, health level, age, BMI, cognition, and health level, the HIFT intervention produced better results in functional capacity, balance, and gait ( $F = 0.173$ ,  $p < 0.001$ , Wilks'  $\lambda = 88.231$ ).

## Artículo III.

# Enhancing Cognition in Older Adults with Mild Cognitive Impairment through High-Intensity Functional Training: A Single-Blind Randomized Controlled Trial.

Rivas-Campo Y, Aibar-Almazán A, Rodríguez-López C, Afanador-Restrepo DF, García-Garro PA, Castellote-Caballero Y, Achalandabaso-Ochoa A, Hita-Contreras F. Enhancing Cognition in Older Adults with Mild Cognitive Impairment through High-Intensity Functional Training: A Single-Blind Randomized Controlled Trial. *J Clin Med.* 2023 Jun 14;12(12):4049. doi: 10.3390/jcm12124049. PMID: 37373742; PMCID: PMC10299582.

DOI: [10.3390/jcm12124049](https://doi.org/10.3390/jcm12124049)

### Abstract

Physical exercise is a very promising non-pharmacological approach to prevent or reduce the cognitive decline that occurs in people aged 60 years or older. The objective of this study was to determine the effect of a high-intensity intervallic functional training (HIFT) program on cognitive functions in an elderly Colombian population with mild cognitive impairment. A controlled clinical trial was developed with a sample of 132 men and women aged >65 years, linked to geriatric care institutions, which were systematically blind randomized. The intervention group (IG) received a 3-month HIFT program (n = 64) and the control group (CG) (n = 68) received general physical activity recommendations and practiced

manual activities. The outcome variables addressed cognition (MoCA), attention (TMTA), executive functions (TMTB), verbal fluency (VFAT test), processing speed (Digit Symbol Substitution Test-DSST), selective attention and concentration (d2 test). After the analysis, improvement was found in the IG with significant differences with respect to the CG in the level of cognitive impairment (MoCA), attention (TMTA), verbal fluency and concentration ( $p < 0.001$ ). Executive functions (TMTB) showed differences in both groups, being slightly higher in the IG ( $p = 0.037$ ). However, no statistically significant results were found for selective attention ( $p = 0.55$ ) or processing speed ( $p = 0.24$ ). The multiple analysis of covariance (MANCOVA) showed the influence of the education level on all cognition assessments ( $p = 0.026$ ); when adjusting for sociodemographic variables, the influence of the intervention remained significant ( $p < 0.001$ ). This study empirically validates that the implementation of a HIFT program has a positive effect on cognitive functions in elderly people with mild cognitive impairment. Therefore, professionals specialized in the care of this population could consider including functional training programs as an essential part of their therapeutic approaches. The distinctive features of this program, such as its emphasis on functional training and high intensity, appear to be relevant for stimulating cognitive health in the geriatric population.

## **VI DISCUSIÓN**

El envejecimiento de la población es un fenómeno global que plantea desafíos significativos para la salud y el bienestar de los adultos mayores (1). Entre estos desafíos, el deterioro cognitivo es una preocupación importante, ya que puede tener un impacto profundo en la calidad de vida y la autonomía de las personas mayores. En este contexto, la investigación sobre intervenciones que puedan mejorar la función cognitiva en adultos mayores con deterioro cognitivo cobra gran relevancia (108). Una de estas intervenciones emergentes es el Entrenamiento Funcional de Alta Intensidad (HIFT por sus siglas en inglés).

Esta investigación parte de una revisión sistemática, donde se abordaron investigaciones enfocadas a determinar los efectos del entrenamiento funcional de alta intensidad (HIFT) en el rendimiento cognitivo de adultos mayores con deterioro cognitivo. Los resultados destacan la falta de consenso en cuanto a los efectos del HIFT en la función cognitiva de los participantes evaluados. Una posible explicación para esta disparidad en los resultados principales podría radicar en las diferencias metodológicas entre los estudios (120, 118, 123, 119, 124, 121, 122).

Una de las diferencias metodológicas notables identificados se relaciona con los instrumentos utilizados para evaluar los cambios en la capacidad cognitiva general. A pesar de esta diversidad de herramientas de evaluación, se destaca la capacidad de obtener conclusiones coherentes sobre la carga de la enfermedad al utilizar cualquiera de estos dos instrumentos. Investigaciones previas, como las realizadas por Khandker et al. (125) y Levine et al. (126), han establecido una asociación significativa entre el ADAS-cog y el MMSE, lo que respalda la comparabilidad de estos instrumentos y su utilidad en este contexto.

Otra área de variabilidad metodológica observada se relaciona con los protocolos de entrenamiento HIFT. Dado el carácter multifacético y adaptable de esta modalidad de entrenamiento, es comprensible que los protocolos varíen

entre los estudios (14). Aunque todos los artículos incorporaron entrenamiento de resistencia en sus protocolos de HIFT, se encontraron diferencias en las metodologías utilizadas para prescribir la carga de entrenamiento. Gbiri et al. (118) y Telenius et al. (124) basaron la prescripción en la intensidad en términos del porcentaje del 1RM, mientras que otros utilizaron el volumen expresado en el número de repeticiones (123,119,121, 122). A pesar de la relación generalmente aceptada entre estas dos medidas, investigaciones recientes han planteado cuestionamientos sobre su correlación precisa (127). Además, se destaca la importancia de considerar factores adicionales en la prescripción adecuada del HIFT, la cantidad de tiempo que se toma entre cada conjunto de ejercicios (128), el tipo de contracción (129), y la velocidad con la que se ejecutan los movimientos (130).

Las variaciones en la dosificación influyen en la producción de fuerza y en otras respuestas hormonales (130) y neuromusculares (131). Además, se ha encontrado evidencia de una asociación positiva entre la velocidad de movimiento y la cognición en adultos mayores (132), y se ha informado que los ejercicios predominantemente excéntricos requieren una mayor carga cognitiva en comparación con los ejercicios predominantemente concéntricos (133). Por otro lado, se observaron diferencias en las estrategias de progresión de la carga, lo que podría inducir adaptaciones diferentes en relación con el volumen de carga (134). En la estrategia utilizada por Gbiri et al. (118), se controló la velocidad de ejecución de los ejercicios, aumentando en un 10% cada 2 semanas. Además, estos mismos autores reportaron una carga inicial equivalente al 80% del 1RM, sin realizar progresiones al respecto. En contraste, Fiatarone et al. (120) ajustaron la intensidad inicial al 80% del 1RM y realizaron aumentos del 3% cada 3 semanas. Mientras tanto, en cinco de los artículos revisados (123,119,124,121,122), se utilizó una medida de hasta 12RM para controlar la intensidad, incrementando la carga una vez que el participante pudo realizar fácilmente más de 12 repeticiones.

Sin embargo, a pesar de la sólida evidencia respaldando los efectos positivos del ejercicio en la función cognitiva (135,136,137), investigaciones recientes han demostrado que las intervenciones que se enfocan únicamente en el

entrenamiento de alta intensidad en intervalos (HIIT) no resultaron en mejoras notables en el funcionamiento cognitivo en personas que presentan demencia, como se demostró en una revisión y un análisis conjunto de estudios (138).

Por otro lado, se ha observado que los programas de ejercicio funcional pueden tener impactos positivos en la función cognitiva de los adultos mayores que presentan un deterioro cognitivo leve (DCL) (137). Además, se descubrió que los programas de entrenamiento HIFT implementados en hogares de ancianos, dirigidos a adultos mayores con demencia de grado moderado a severo, resultaron en una notable revitalización de habilidades físicas y una sensación de alegría. Estos programas también demostraron una adhesión segura a las actividades propuestas, junto con una comprensión clara de los objetivos de los ejercicios (139). De manera igualmente exitosa, se ha evaluado la aplicabilidad de estas intervenciones en términos de la intensidad del ejercicio lograda (140).

Los efectos del entrenamiento de alta intensidad en la función cognitiva general son variados y, en ocasiones, presentan resultados contradictorios. Algunos estudios (120,118,123) indican que un período de seis meses de entrenamiento de fuerza utilizando el enfoque HIFT resultó en una duplicación de la proporción de adultos mayores con deterioro cognitivo leve que lograron puntajes normales en la escala ADAS-Cog. Además, se encontró una correlación positiva entre las mejoras en la fuerza muscular y las mejoras en las capacidades cognitivas (141). Sin embargo, estos hallazgos contrastan con otras investigaciones (119,124,121,122) en las que la intervención basada en HIFT no demostró una mejora significativa en la función cognitiva general en adultos con demencia leve o moderada.

El efecto del entrenamiento HIFT en el equilibrio fue investigado en algunos de los estudios considerados (119,124,121). Los resultados muestran claramente que una intervención durante 12 semanas logró mejorar el equilibrio en adultos con demencia leve y moderada (119,124,121). Sin embargo, es relevante destacar que no se observaron mejoras conjuntas en el equilibrio y la función cognitiva global como resultado de la intervención de HIFT. Esto podría atribuirse a la limitada sensibilidad del Mini Examen del Estado Mental (MMSE) para detectar problemas ejecutivos en comparación con otras pruebas como la

Evaluación Cognitiva de Montreal (MoCA) (142,143). Esta observación adquiere importancia ya que se ha demostrado que el control del equilibrio empeora a medida que se agrava el deterioro cognitivo, y que la función ejecutiva desempeña un papel crucial en el control del equilibrio (144).

Esta conclusión coincide con un estudio que encontró mejoras tanto en la función cognitiva frontal (evaluada mediante MoCA) como en el equilibrio en individuos con enfermedad de Alzheimer después de un entrenamiento combinado que involucró aspectos motores y cognitivos (145). Hallazgos similares han sido observados en adultos de mediana edad y mayores sin demencia. Recientemente, se ha informado que una mejora en la función cognitiva global, también evaluada a través de MoCA, podría estar relacionada con mejoras en el equilibrio después de una intervención de ejercicio de 12 semanas centrada en Tai Chi. En este último caso, esta asociación posiblemente se deba a mejoras en la fuerza de las extremidades inferiores (146). Estos resultados resaltan la interconexión entre la función cognitiva y el equilibrio, señalando la importancia de enfoques integrales que aborden ambos aspectos para promover la salud y el bienestar en adultos mayores.

Ante la necesidad de realizar investigaciones de naturaleza experimental, se llevaron a cabo estudios que se centran en analizar las consecuencias de un plan de entrenamiento intensivo durante un período de 12 semanas (HIFT) en un grupo de adultos mayores en Colombia que presentaban un nivel de deterioro cognitivo leve. Los resultados de estos estudios arrojaron mejoras altamente significativas en diversos aspectos fisiológicos y funcionales. Entre estos, se observó un aumento notable en la capacidad de realizar esfuerzos aeróbicos, así como en la fuerza muscular en la parte inferior del cuerpo. Además, se identificaron avances en la flexibilidad, la habilidad funcional y la estabilidad postural como consecuencia directa de la implementación de esta intervención.

Una observación destacada fue la reducción del riesgo de caídas entre los participantes, resultado de la implementación del programa HIFT. Estos resultados colectivos respaldan de manera sólida la eficacia del entrenamiento de alta intensidad con peso como estrategia de intervención beneficiosa en la mejora de la aptitud física y la disminución de la fragilidad, contribuyendo en

última instancia a la optimización de la capacidad funcional en la población de adultos mayores con deterioro cognitivo leve en el contexto específico de Colombia.

En el marco del diseño del programa de entrenamiento HIFT, se establecieron intervalos de alta intensidad que llegaron al 80-85% de la frecuencia cardíaca máxima (FC<sub>máx</sub>), lo cual es consistente con un estudio de Osuka et al. que reportó una intensidad del 75-85% del volumen máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>pico) (147). Sin embargo, es crucial mencionar que la intensidad aplicada en nuestra investigación fue ligeramente menor en comparación con la intensidad utilizada en estudios analizados por Marriott et al. (148). Estas investigaciones adoptaron diferentes modalidades de entrenamiento y emplearon diversos métodos para evaluar la intensidad del ejercicio, tales como la escala de Borg, volumen máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub>max), FC<sub>máx</sub> y potencia máxima generada (W<sub>peak</sub>). Los resultados destacan la marcada diversidad metodológica presente en las intervenciones de ejercicio de alta intensidad, resaltando la importancia de tener en cuenta estas variaciones al interpretar los resultados.

Resulta significativo señalar que los resultados obtenidos en relación a la mejora en la capacidad aeróbica están en consonancia con otros estudios en los que el entrenamiento interválico de alta intensidad, en comparación con el entrenamiento interválico de intensidad moderada y/o el entrenamiento continuo, demostró ser más efectivo para mejorar variables cardiovasculares y de función respiratoria en adultos mayores (149,150), así como en otras poblaciones (151), incluso en personas con enfermedad cardíaca (152). Parece ser que esta mejora en distintas variables, como respiración mitocondrial máxima en las fibras musculares, está relacionada más con el aumento de la intensidad del ejercicio que con el tipo específico de ejercicio en sí. Esto se demostró en el análisis de dos enfoques de entrenamiento interválico en cicloergómetro: sprints a alrededor del 200% de la potencia máxima en comparación con intervalos alrededor del 90% de la potencia máxima (153). Además, la capacidad aeróbica evaluada a través del test de marcha de 6 minutos mejora gracias al aumento de la intensidad, sin importar la modalidad exacta de ejercicio. Se han observado mejoras tanto en protocolos de entrenamiento interválico de alta intensidad

(HIIT) con cambios de ritmo en la marcha o carrera rápida (149), como en ejercicios funcionales similares a los propuestos en nuestro estudio y en investigaciones previas (154).

La fuerza del miembro inferior es una variable importante en la población de estudio, ya que se espera mejoría debido al alto estrés metabólico generado por las intervenciones HIFT que involucran realizar un elevado número de repeticiones a máxima velocidad con descansos cortos (109). Esta estructura es similar a la utilizada en sesiones individuales de HIFT, donde se ha observado un incremento en los niveles de interleucina-6 y lactato en sangre después del ejercicio (155), lo cual favorece las adaptaciones musculares relacionadas con el crecimiento muscular (156,157,158,159). Estos hallazgos son consistentes con otras intervenciones en las que el entrenamiento funcional ha demostrado mejorar los componentes de fuerza en adultos mayores (160,161).

No obstante, no todas las intervenciones basadas en entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT) tienen efectos similares en la fuerza de las extremidades inferiores, como se evaluó a través de la prueba de soporte de silla de 30 segundos. Por ejemplo, Aboarrage et al. (162) reportaron mejoras en la fuerza después de 24 semanas de entrenamiento acuático de alta intensidad (HIAT), utilizando intervalos de saltos de 30 segundos a máxima intensidad (saltos con una sola pierna, saltos con tobillos, encogimiento de hombros, saltos con abducción y aducción de cadera). En contraste, Bruseghini et al. (163) informaron que ocho semanas de intervalos de 2 minutos en un cicloergómetro al 85-95% del  $VO_2\text{max}$  no mejoraron los niveles de fuerza en adultos mayores. Estos hallazgos sugieren que el tipo de ejercicio puede ser un factor importante en las ganancias de fuerza. Además, el HIFT parece ser un enfoque adecuado para inducir mejoras crónicas en las funciones motoras (164). Por otro lado, después de nuestra intervención con HIFT, no se observaron mejoras en la fuerza o resistencia muscular de las extremidades superiores. Esto podría explicarse por el hecho de que los ejercicios específicos utilizados en esta intervención, como la flexión de brazos en posición de pie contra una pared, pueden no haber proporcionado un estímulo óptimo para la musculatura involucrada. Cabe mencionar que la mejora de la condición física es un objetivo fundamental en cualquier programa de ejercicio, dado que la condición física

adecuada o deficiente puede tener implicaciones en varios aspectos de la salud. Por ejemplo, se ha observado que los adultos mayores en riesgo temprano de caídas tienden a tener una menor condición física (165).

El desarrollo de un programa de entrenamiento HIFT ha demostrado mejoras en la estabilidad postural y una reducción en el riesgo de caídas en adultos mayores. Estos resultados pueden atribuirse a factores como la estimulación biomecánica generada por los ejercicios (166,167), el aumento de la fuerza en las extremidades inferiores (168,169) y el estímulo proporcionado por el ejercicio de alta intensidad, como se ha observado en investigaciones previas (170,171). En conjunto, estos factores resaltan la influencia positiva de la intensidad del ejercicio en la mejora de la estabilidad y la prevención de caídas en adultos mayores.

La implementación del entrenamiento HIFT no presentó un impacto significativo en la evaluación de fragilidad, según el fenotipo de fragilidad de Fried (37). Esta falta de influencia podría estar relacionada con la corta duración de la intervención, ya que investigaciones anteriores han indicado que los efectos en la fragilidad se manifiestan más efectivamente en intervenciones de mayor extensión. Además, es posible que los ejercicios incorporados en esta intervención no hayan sido lo suficientemente abarcadores para abordar y mejorar la fragilidad física. No obstante, es crucial tener en cuenta que el síndrome de fragilidad es un fenómeno multidimensional. Además del fenotipo de Fried, se debe considerar la evaluación de cambios en la condición física y la capacidad funcional, que están estrechamente vinculados a la fragilidad física en sí. En este sentido, la intervención HIFT demostró mejoras concretas en la fragilidad física y en la capacidad de realizar actividades esenciales para la independencia en adultos mayores. Esto último es un objetivo de alta relevancia en los programas de ejercicio diseñados para esta población. Estos resultados respaldan la noción de que, aunque la evaluación específica de fragilidad no mostró cambios significativos, HIFT tuvo un impacto positivo en aspectos fundamentales de la fragilidad física y la funcionalidad en adultos mayores.

Es de notable importancia subrayar que hay respaldo en la seguridad del programa HIFT implementado. En el transcurso de la intervención, no se

evidenciaron incidentes de caídas ni se registraron sensaciones de dolor relacionadas con la intervención, tampoco se manifestaron eventos adversos cardiovasculares ni osteoarticulares. Estos hallazgos implican que el programa HIFT podría considerarse como una opción prometedora para afrontar el deterioro cognitivo y potenciar la calidad de vida en la población de estudio, sin introducir riesgos adicionales para los participantes

Finalmente, se pretendió determinar el efecto de un programa HIFT sobre las funciones cognitivas en una población adulta mayor colombiana con DCL. Entre los principales hallazgos se observó que el HIFT es una estrategia eficaz para mejorar la cognición general, la velocidad y atención psicomotora, las funciones ejecutivas y la fluidez verbal, aunque no se observaron diferencias significativas en la concentración ni en la velocidad de procesamiento de la información. Juntos, estos hallazgos corroboran la importancia del ejercicio físico para la salud cerebral de los adultos mayores. Considerando que el deterioro cognitivo y la demencia se han convertido en una carga importante para los sistemas de salud, las familias y la comunidad, además de los grandes costos económicos que conlleva (172,173), este estudio es de gran valor, ya que propone nuevos métodos de tratamiento precoz de la demencia para prevenir la pérdida e incluso mejorar el rendimiento cognitivo y la calidad de vida de los adultos mayores.

En efecto, se constata que la adopción de una actividad física regular ha obtenido reconocimiento extendido como un elemento de considerable protección para las capacidades cognitivas (174), ejerciendo efectos de naturaleza neuroprotectora en regiones cerebrales propensas a la neurodegeneración, como el hipocampo, así como las zonas temporales y frontales (175,176,177). En esta investigación, se logra identificar mejoras en la función cognitiva general en adultos mayores con deterioro cognitivo leve (DCL) a través de un programa de entrenamiento HIFT de 12 semanas. Resultados similares fueron observados en una investigación realizada en personas con demencia en Nigeria (155), en la que un enfoque de entrenamiento en circuito demostró ser eficaz en la mejora y desarrollo de la cognición (120). Además, un ensayo aleatorizado destacó que un programa de entrenamiento de fuerza de alta intensidad a lo largo de cuatro meses produjo mejoras notables en la función cognitiva global, sostenidas hasta los dieciocho meses posteriores (120). Sin embargo, en relación a la velocidad

de procesamiento evaluada mediante el DSST, no se registraron mejoras significativas. Estos resultados coinciden con los descubrimientos de Zhu et al. (178), quienes no encontraron una correlación directa entre la actividad física y la velocidad de procesamiento cognitivo. Una revisión sistemática abordando un extenso grupo de individuos sometidos a intervenciones basadas en actividad física rítmica concluyó que una duración de intervención superior a las 13 semanas se relaciona con mejoras más notables en la función cognitiva (179). Esta observación podría explicar la ausencia de diferencias significativas en la velocidad de procesamiento en nuestro estudio, dada la duración de la intervención de 12 semanas.

Respecto a la mejoría de la fluidez verbal, los resultados de este estudio respaldan observaciones previas. (180,181). Es plausible que este aumento sea un efecto relacionado con las intervenciones de ejercicio físico, especialmente aquellas de carácter aeróbico, debido al positivo impacto que estas modalidades tienen de manera específica en las áreas frontal y prefrontal del cerebro. Estos hallazgos fortalecen la idea de que el ejercicio físico puede desempeñar un papel esencial en la preservación y mejora de la función cognitiva, en particular en aspectos como la fluidez verbal en adultos mayores.

Se encontraron mejoras significativas en la atención (TMTA) y las funciones ejecutivas (TMTB) Sin embargo, no se encontraron diferencias notables en la atención selectiva y la concentración al emplear la prueba D2. Esta discrepancia puede atribuirse al hecho de que el D2 no considera la atención como una habilidad única, sino que incorpora factores como la velocidad de procesamiento, la precisión, la estabilidad, la fatiga y la eficacia de la inhibición atencional (182). En relación a las funciones ejecutivas evaluadas con el TMTB, se observaron cambios significativos tanto en el grupo control como el experimental con mayor influencia en este último; esto podría deberse a que terapias basadas en artes visuales, como las empleadas en el grupo de control, han demostrado ser eficaces en la mejora de las funciones cognitivas (183,184). Además, la práctica de actividad física puede promover una mayor conectividad entre áreas cerebrales como el hipocampo, la amígdala y las circunvoluciones temporal medial, frontal inferior y poscentral (185,186,187), regiones relacionadas con la

memoria y las funciones ejecutivas (188). Estos descubrimientos sugieren que, aunque es común recomendar intervenciones artísticas y ejercicio físico para personas con demencia, las terapias que integran ejercicio físico podrían tener un impacto más positivo. Estas modalidades terapéuticas pueden impulsar mejoras en la atención y las funciones ejecutivas, además de favorecer una mayor conectividad en áreas cerebrales relevantes.

Se ha demostrado que el ejercicio físico de alta intensidad proporciona mayores beneficios para la salud cerebral en comparación con el ejercicio de intensidad moderada. Aunque diferentes intensidades de ejercicio físico tienen mejoras en diversos aspectos relacionados con la salud cerebral, es el ejercicio de intensidad vigorosa el que presenta beneficios más notables. Este tipo de ejercicio tiene efectos positivos en los niveles agudos del factor neurotrófico derivado del cerebro circulante y en la excitabilidad corticoespinal (189,190). Además, mejora la plasticidad neural en el hipocampo (191), facilita el control inhibitorio y su activación neuroeléctrica subyacente (192), promueve una mejor activación cerebral durante la recuperación de la memoria (193), reduce los niveles de estrés oxidativo y ansiedad, y aumenta la capacidad antioxidante como un sistema protector contra el daño neuronal (194). Vale la pena resaltar que una sesión de entrenamiento interválico de alta intensidad tiene una duración tres veces menor que una sesión de entrenamiento continuo de baja o moderada intensidad (195), lo que implica un menor costo de tiempo mientras maximiza los efectos beneficiosos a nivel cardiovascular, metabólico y sistémico (196).

Finalmente se identificaron limitaciones de esta investigación:

Primer estudio: Existe una notable diversidad en los enfoques metodológicos de las intervenciones aplicadas, lo que complica la obtención de conclusiones definitivas sobre los efectos específicos del entrenamiento de alta intensidad (HIFT) en la función cognitiva global de adultos mayores con demencia. Por lo tanto, resulta imperativo diseñar intervenciones con un nivel de rigor metodológico más elevado, a fin de comprender de manera adecuada los efectos

del ejercicio en los cambios cognitivos relacionados con el proceso de envejecimiento.

No se llevó a cabo una evaluación exhaustiva de la heterogeneidad estadística entre los estudios incorporados en esta revisión, lo que restringe la capacidad de unificar los resultados en un análisis global coherente. Adicionalmente, se observa una inclinación geográfica hacia Europa (71.4%), África (14.28%) y Australia (14.28%) en los artículos seleccionados, con una omisión de investigaciones realizadas en Asia y América. Esta situación puede limitar la extrapolación de los resultados obtenidos en esta revisión

El segundo estudio: falta de evaluación del nivel de aceptación o disfrute con la intervención HIFT y la ausencia de comparación con otros programas de ejercicio. Además, no se analizaron las dimensiones del estado de fragilidad de manera independiente, lo que podría haber brindado más información sobre los efectos del programa en la fragilidad.

Tercer estudio: Se examinaron los efectos del programa HIFT exclusivamente en el corto plazo, y la duración de la intervención fue relativamente breve. Además, la muestra se restringió a adultos que residen en la ciudad de Santiago de Cali, Colombia, lo que restringe la posibilidad de generalizar los descubrimientos a otras poblaciones. Por último, la falta de consideración de otras afecciones médicas y tratamientos farmacológicos de los participantes, aparte de aquellos especificados en los criterios de exclusión, podría haber tenido un impacto en los resultados. A pesar de estas limitaciones, este estudio presenta puntos fuertes sustanciales, como una tasa de deserción baja, un tamaño de muestra considerable y la aplicación de un diseño de ensayo controlado aleatorizado con un enmascaramiento simple.

Se requiere realizar más investigaciones para evaluar los efectos del programa HIFT en la cognición a largo plazo en adultos mayores con deterioro cognitivo leve. A pesar de la evidencia de los beneficios de HIFT en la cognición, se requieren más investigaciones futuras para determinar la dosis-respuesta óptima que garantice la efectividad de las intervenciones en todos los componentes de la cognición (116).

## VII CONCLUSIONES

La recopilación y análisis de los datos disponibles ha proporcionado evidencia sólida de que el entrenamiento funcional de alta intensidad puede contribuir a la mejora de la cognición en adultos mayores con deterioro cognitivo, específicamente cuando se realiza a una intensidad del 80% de la repetición máxima y durante períodos prolongados (6, 12 o 18 semanas).

La heterogeneidad en los protocolos de intervención, los momentos de medición y las actividades del grupo control contribuyeron a resultados divergentes, por ende, es necesario determinar la modalidad más efectiva de HIFT en términos de carga y duración de la intervención.

Se obtiene evidencia científica sobre los efectos del HIFT en adultos mayores con deterioro cognitivo sobre la cognición global, las funciones ejecutivas, la atención, la concentración y la fluidez verbal.

En el contexto de un programa HIFT de 12 semanas en adultos mayores colombianos con deterioro cognitivo leve, se observaron efectos beneficiosos en la condición física, incluyendo la fuerza y flexibilidad de los miembros superiores e inferiores, la agilidad y la capacidad cardiorrespiratoria. Estos resultados indican que el programa de entrenamiento HIFT contribuyó a mejorar la aptitud física de los participantes. También se observaron mejoras en las condiciones biomecánicas, como la marcha y el equilibrio, lo que indica un incremento en la estabilidad y la postura de los adultos mayores. Sin embargo, no se observaron cambios significativos en la fragilidad del adulto mayor. A pesar de esto, otros aspectos de la salud experimentaron mejoras significativas.

Asimismo, se encontró una mejoría en las condiciones psicológicas, específicamente en la depresión y la calidad del sueño. Esto sugiere que el programa de entrenamiento HIFT tuvo un impacto positivo en el bienestar mental de los adultos mayores.

El programa de entrenamiento HIFT demostró una mejora en el nivel de funcionalidad, abarcando actividades de la vida diaria, actividades instrumentales y actividades avanzadas de la vida diaria. Esto sugiere que los participantes lograron un mayor nivel de autonomía y capacidad para realizar tareas cotidianas. Sin embargo, se necesitan más estudios para evaluar aspectos como la aceptación de la intervención, comparaciones con otros programas de ejercicio y el impacto a largo plazo tanto en las capacidades físicas como cognitivas.

En términos de seguridad y efectividad, se concluye que un programa de doce semanas de HIFT es seguro para adultos mayores colombianos con deterioro cognitivo leve, y mejora significativamente su condición física, las condiciones biomecánicas, el nivel de funcionalidad y las condiciones cognitivas y psicológicas. Estos resultados destacan la importancia de implementar programas basados en HIFT para mejorar la calidad de vida de esta población y reducir la carga económica en el sistema de salud; igualmente, estos hallazgos tienen implicaciones importantes, ya que ofrecen una estrategia efectiva y prometedora para abordar los desafíos cognitivos asociados con el envejecimiento y el deterioro cognitivo

Dado el crecimiento de la población de adultos mayores y el aumento de la prevalencia de demencia, es necesario generar estrategias como la utilizada en este estudio. Se requiere más investigación para determinar la dosis-respuesta óptima de HIFT en la mejora de la cognición y sus componentes.

Se recomienda que futuros trabajos de investigación se centren en describir detalladamente las variables de entrenamiento, incluyendo volumen, tiempo y frecuencia, y realizar estudios comparativos entre varios protocolos de entrenamiento para un análisis exhaustivo de las relaciones dosis-respuesta. Estos hallazgos pueden ser útiles para el diseño de guías de ejercicio basadas en evidencia y políticas públicas dirigidas a mejorar el bienestar de la población.

## VIII CONCLUSIONS

The compilation and analysis of available data have provided strong evidence that high-intensity functional training (HIFT) can contribute to the improvement of cognition in older adults with cognitive impairment, specifically when performed at an intensity of 80% of one-repetition maximum and for extended periods (6, 12, or 18 weeks). Heterogeneity in intervention protocols, measurement timing, and control group activities contributed to divergent results; therefore, it is necessary to determine the most effective modality of HIFT in terms of load and intervention duration.

Scientific evidence is obtained regarding the effects of HIFT on older adults with cognitive impairment concerning overall cognition, executive functions, attention, concentration, and verbal fluency. In the context of a 12-week HIFT program for Colombian older adults with mild cognitive impairment, beneficial effects were observed in physical fitness, including upper and lower limb strength and flexibility, agility, and cardiorespiratory capacity. These results indicate that the HIFT training program contributed to improving participants' physical fitness. Improvements in biomechanical conditions, such as gait and balance, were also observed, indicating increased stability and posture in older adults. However, significant changes in frailty in older adults were not observed. Nevertheless, other aspects of health experienced significant improvements.

Additionally, an improvement was found in psychological conditions, specifically in depression and sleep quality. This suggests that the HIFT training program had a positive impact on the mental well-being of older adults.

The HIFT training program demonstrated an improvement in functionality, encompassing activities of daily living, instrumental activities, and advanced activities of daily living. This suggests that participants achieved a higher level of autonomy and ability to perform daily tasks. However, further studies are needed to assess aspects such as the acceptance of the intervention, comparisons with other exercise programs, and the long-term impact on both physical and cognitive capacities.

In terms of safety and effectiveness, it is concluded that a twelve-week HIFT program is safe for Colombian older adults with mild cognitive impairment and significantly improves their physical condition, biomechanical conditions, functionality level, and cognitive and psychological conditions. These results highlight the importance of implementing HIFT-based programs to enhance the quality of life for this population and reduce the economic burden on the healthcare system. Similarly, these findings have significant implications as they offer an effective and promising strategy to address cognitive challenges associated with aging and cognitive decline.

Given the growing population of older adults and the increasing prevalence of dementia, it is necessary to develop strategies like the one used in this study. Further research is needed to determine the optimal dose-response of HIFT in improving cognition and its components. It is recommended that future research focus on providing detailed descriptions of training variables, including volume, time, and frequency, and conduct comparative studies among various training protocols for a comprehensive analysis of dose-response relationships. These findings can be valuable for designing evidence-based exercise guidelines and public policies aimed at improving population well-being.

## VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Lutz W, Sanderson W, Scherbov S. The coming acceleration of global population ageing. *Nature*. 2008;451:716-719.
2. Organización Mundial de la Salud (OMS) [Internet]. Envejecimiento y salud: 2022 [Consultado 2023 Ene 16] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>
3. Berrío MI. Aging population: A challenge for public health. *Colomb. J. Anesthesiol*. 2012;40(3):192-4.
4. Huenchuan S (ed.). Envejecimiento, personas mayores y Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible: perspectiva regional y de derechos humanos. Libros de la CEPAL, N° 154 (LC/PUB.2018/24-P). Santiago: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); 2018.
5. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). La nueva era demográfica en América Latina y el Caribe: la hora de la igualdad según el reloj poblacional. DDR/2(MDP.1), documento preparado para la Primera Reunión de la Mesa Directiva de la Conferencia Regional sobre Población y Desarrollo de América Latina y el Caribe; 2014.
6. World Health Organization [Internet]. Década del envejecimiento saludable. 2002. [Consultado 2023 Ene 16] Disponible en: <https://www.who.int/es/initiatives/decade-of-healthy-ageing>
7. Ministerio De La Protección Social [Internet]: (2021). Política Colombiana de Envejecimiento Humano y Vejez: 2021. [Consultado 2022 Dic 16] Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/proteccionsocial/promocion-social/Paginas/Politica-Colombiana-de-Envejecimiento-Humano-y-Vejez.aspx>
8. Ward SA, Parikh S, Workman B. Health perspectives: International epidemiology of ageing. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*. 2011;25(3):305-317.
9. Spirduso W, Francis K, Macrae P. *Physical Dimensions of Aging* (2nd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics; 2005.
10. Lugo LH, García HI, Gómez C. Confiabilidad del cuestionario de calidad de vida en salud SF-36 en Medellín, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*. 2006;24(2):37–50.

11. Samper R, Reyes C, Ottenbacher KJ, Canco CA. Frailty and sarcopenia in Bogotá: Results from the SABE Bogotá Study. *Aging Clinical and Experimental Research*. 2017;29(2):265–273.
12. Cruz AJ, Landi F, Schneider SM, Zúñiga C, Arai H, Boirie Y, Chen LK, Fielding RA, Martin FC, Michel JP, Sieber C, Stout JR, Studenski SA, Vellas B, Woo J, Zamboni M, Cederholm T. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age and Ageing*. 2014;43(6):748-759.
13. Liu CJ, Latham, NK. Progressive resistance strength training for improving physical function in older adults. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2009;(3):CD002759.
14. Ivey FM, Tracy BL, Lemmer JT, NessAiver M, Metter EJ, Fozard JL, Hurley BF. Effects of strength training and detraining on muscle quality: age and gender comparisons. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*. 2000;55(3):B152-B157.
15. Sandoval C. Confiabilidad del “Senior Fitness Test” versión en español, para población adulta mayor en Tunja-Colombia - Dialnet. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2016;33(6):382–386.
16. Kallman DA, Plato CC, Tobin JD. The role of muscle loss in the age-related decline of grip strength: Cross-sectional and longitudinal perspectives. *J Gerontol*. 1990;45(3):M82-M88.
17. Micheo W, Baerga L, Miranda G. Basic Principles Regarding Strength, Flexibility, and Stability Exercises. *PM&R*. 2012;4:805-811.
18. Chodzko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, et al. American College of Sports Medicine position stand: Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1510-1530.
19. Whitehurst MA, Johnson BL, Parker CM, Brown LE, Ford AM. The benefits of a functional exercise circuit for older adults. *J Strength Cond Res*. 2005;19:647-651.
20. Kannel WB, Wolf PA, Garrison RJ. Monograph Section 34: Some Risk Factors Related to the Annual Incidence of Cardiovascular Disease and Death Using Pooled Repeated Biennial Measurements: Framingham

- Heart Study, 30-Year Follow-Up. Springfield, MA: National Technical Information Service;1987.
21. Lakatta EG, Levy D. Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: Part II: the aging heart in health: links to heart disease. *Circulation*. 2003;107(2):346-354.
  22. Daly RM, Rosengren BE, Alwis G, Ahlborg HG, Sernbo I, Karlsson MK. Gender-specific age-related changes in bone density, muscle strength, and functional performance in the elderly: a 10-year prospective population-based study. *BMC Geriatr*. 2013;13:71.
  23. Khandelwal S, Lane NE. Osteoporosis: Review of Etiology, Mechanisms, and Approach to Management in the Aging Population. *Endocrinol Metab Clin North Am*. 2023;52(2):259-275.
  24. McDonald SD, Han Z, Mulla S, et al. High gestational weight gain and the risk of preterm birth and low birth weight: a systematic review and meta-analysis. *J Obstet Gynaecol Can*. 2013;33(12):1223-1233.
  25. Hannan MT, Felson DT, Dawson-Hughes B, Tucker KL, Cupples LA, Wilson PW, Kiel DP. Risk factors for longitudinal bone loss in elderly men and women: the Framingham Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res*. 2000;15(4):710-720.
  26. Brug J, Chinapaw M. Determinants of engaging in sedentary behavior across the lifespan; lessons learned from two systematic reviews conducted within DEDIPAC. *Int J Behav Nutr Phys*. 2015;12:134.
  27. Ortiz GG, Árias ED, Velázquez IE, et al. Envejecimiento y metabolismo: cambios y regulación. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 2012;62(3):249-257.
  28. Himann JE, Cunningham DA, Rechnitzer PA, Paterson DH. Age-related changes in speed of walking. *Med Sci Sports Exerc*. 1988;20(2):161-166.
  29. Angarita A, Ariza CL, Boneth MC, Parra J, Rojas RN, Angarita YT. Reproducibilidad de una prueba para la evaluación funcional del balance dinámico y la agilidad del adulto mayor. *Iatreia*. [Internet] 2014 [Consultado 2023 Ene 16]; 27(3): p. 290-298. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-07932014000300005&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-07932014000300005&lng=en)

30. Shumway A, Guralnik JM, Phillips CL, Coppin AK, Ciol MA, Bandinelli S, Ferrucci L. Age-associated declines in complex walking task performance : the Walking InCHIANTI toolkit. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2007;55(1):58-65.
31. Maki BE. Gait changes in older adults: predictors of falls or indicators of fear. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1997;45(3):313-320.
32. den Ouden ME, Schuurmans MJ, Arts IE, van der Schouw YT. Physical performance characteristics related to disability in older persons: a systematic review. *Maturitas*. 2011;69(3):208-219.
33. Echeverría E, Cauas R, Díaz B, Sáez C, Cárcamo M. Herramientas de evaluación de actividades de la vida diaria instrumentales en población adulta: revisión sistemática. *Rev Med Clin Las Condes*. 2021;32(4):474-90.
34. Katz S, Ford AB, Moskowitz RW, Jackson BA, Jaffe MW. The Index of ADL: A Standardized Measure of Biological and Psychosocial Function. *Journal of the American Medical Association*. 1963;185(12):94–99.
35. Lawton MP, Brody EM. Assessment of older people: Self-monitoring and instrumental activities of daily living. *The Gerontologist*. 1969;9(3):179-186.
36. Vergara I, Bilbao A, Orive M, García-Gutiérrez S, Navarro G, Quintana JM. Validation of the Spanish version of the Lawton IADL Scale for its application in elderly people. *Health and Quality of Life Outcomes*. 2012; 10:130.
37. Reuben DB, Siu A.L. An objective measure of physical function of elderly outpatients: The Physical Performance Test. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1990;38(10):1105-1112
38. Guamán AJ, Gavilanes FR. Funcionamiento cognitivo y calidad de sueño en adultos mayores: Cognitive Functioning and Sleep Quality in Older Adults. *LATAM Revista Latinoamericana De Ciencias Sociales Y Humanidades*. 2023;4(1):919–929.
39. Cruz T, García L, Álvarez MA, Manzanero AL. Calidad del sueño y déficit de memoria en el envejecimiento sano / Sleep quality and memory function in healthy ageing. *Neurología (Barcelona, Spain)*. 2022;37(1): 31-37.

40. Organización Mundial de la Salud (OMS) [Internet]. Depresión: 2023 [Consultado 2023 Ene 16] Disponible en: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/depression>
41. Instituto de Sanimetría y Evaluación Sanitaria [Internet]. Global Health Data Exchange (GHDx). 2023 [Consultado 2023 Marz 4] Disponible en: <https://vizhub.healthdata.org/gbd-results/>
42. Ordóñez A, Ordová L, Pérez D, Reinao H, Ricón A, García S. Envejecimiento y depresión. Revista Sanitaria de Investigación. 2022;3(12).
43. Murray CJ, López AD. Global mortality, disability, and the contribution of risk factors: Global Burden of Disease Study. Lancet. 1997;349(9063):1436-1442.
44. Goldberg DP, Lecrubier Y. Form and frequency of mental disorders across centers. En Üstün TB, Sartorius N. (Editores), Mental illness in general health care: An international study. 1995;323-334.
45. Contreras SA. Sueño a lo largo de la vida y sus implicancias en salud. Revista Médica Clínica Las Condes. 2013;24(3):341-349.
46. Merino-Andreu M, Pin-Arboledas G. Trastornos del sueño durante la adolescencia. Adolescere [Internet] 2013 [Consultado 2023 Ene 16]; 1(3):29-41. Disponible en: <https://www.adolescenciasema.org/usuario/documentos/9-el-insomnio-del-adolescente.pdf>
47. Martín R. Actividad física y calidad de vida en el adulto mayor. Una revisión narrativa. Revista Habanera de Ciencias Médicas. 2018;17(5):813-825.
48. Álvarez A. Relación de calidad de vida y bienestar psicológico en adultos mayores del programa Colombia Mayor en el municipio de La Llanada-Nariño. (Tesis de maestría). Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD, Escuela de Ciencias Sociales Artes y Humanidades, Maestría en Psicología Comunitaria; 2020.
49. De Juanas Á, Limó MR, Navarro E. Análisis del bienestar psicológico, estado de salud percibido y calidad de vida en personas adultas mayores. Pedagogía Social. Revista Interuniversitaria. 2013;(22):153-168.

50. Instituto Nacional de las Personas Adultas Mayores (INAPAM). Cambios psicosociales del envejecimiento; 2019. Disponible en: <https://www.gob.mx/inapam/articulos/cambios-psicosociales-del-envejecimiento>
51. Medina E. Personas mayores, participación y cambio social antes y después del COVID-19. Áreas. Revista Internacional de Ciencias Sociales. 2021;(42):105–113.
52. Kramer AF, Hahn S, Cohen NJ, et al. Ageing, fitness and neurocognitive function. Nature, 1999;400(6743):418-419.
53. Good CD, Johnsrude IS, Ashburner J, et al. A voxel-based morphometric study of ageing in 465 normal adult human brains. Neuroimag. 2001;14(1 Pt 1):21-36.
54. Brown EN, Purdon P. The aging brain and anesthesia. Current Opinion in Anaesthesiology. 2013;26(4):414-419.
55. Román F, Sánchez JP. Cambios neuropsicológicos asociados al envejecimiento normal. Anales de Psicología. 1998;14(1):27-43.
56. Buckner RL. Memory and executive function in aging and AD. Neuron. 2004;44(1):195-208.
57. Borrás BC, Viña RJ. Neurofisiología y envejecimiento. Concepto y bases fisiopatológicas del deterioro cognitivo. Revista Española de Geriatria y Gerontología; 2016;51:3-6.
58. Whitley E, Deary IJ, Ritchie SJ, Batty GD, Kumari M, Benzeval M. Variations in cognitive abilities across the life course: Cross-sectional evidence from Understanding Society: The UK Household Longitudinal Study. Intelligence. 2016;59:39-50.
59. Mody M. Neural mechanisms of language. Springer; 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-1-4939-7325-5>.
60. Caplan D, Waters G. The relationship between age, processing speed, working memory capacity, and language comprehension. Memory. 2005;13(3-4):403-413.
61. Liu X, Wang W. The effect of distance on sentence processing by older adults. Frontiers in Psychology. 2019;10.

62. Véliz M, Riffo B, Hernández M, Sáez Y, Sáez, K. Oraciones producidas por adultos mayores y adultos jóvenes en una situación controlada. *Onomázein*. 2013;27:241-257.
63. Rodriguez FS, Pabst A, Hesser K, et al. Disorientation in Time and Place in Old Age: Longitudinal Evidence from Three Old Age Cohorts in Germany (AgeDifferent.de Platform). *J Alzheimers Dis*. 2021;79(4):1589-1599.
64. López A, Caffò AO, Bosco A. Topographical disorientation in aging. Familiarity with the environment does matter. *Neurol Sci*. 2018;39(9):1519-1528.
65. Alonso Jiménez R, Moros García MT. Intervención psicomotriz en personas mayores. *Revista Electrónica de Terapia Ocupacional Galicia, TOG*. 2011;(14).
66. Tirapu-Ustárrroz J, Muñoz-Céspedes JM. Memoria y funciones ejecutivas. *Rev Neurol*. 2005;41:475-84.
67. Betancourt SV, Tubay MF, Cedeño ME, Caicedo KM. Envejecimiento activo y las funciones ejecutivas en adultos mayores de un centro de salud. *Journal of business and entrepreneurial studies*. 2020;4(1).
68. Jara M. La estimulación Cognitiva en Personas Adultas Mayores. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica; 2007. Disponible en: <http://www.binasss.sa.cr/bibliotecas/bhp/cupula/v22n2/art1.pdf>
69. Pereiro AX, Juncos O. Deterioro atencional en la vejez. *Revista española de geriatría y gerontología: Órgano oficial de la Sociedad Española de Geriatría y Gerontología*. 2000;35(5):283-289.
70. Lezak MD, Howieson DB, Loring DW, Hannay HJ, Fischer JS. *Neuropsychological Assessment (4th Ed.)*. New York: Oxford University Press; 2004.
71. Ramírez M, Ostrosky-Solís F, Fernández A, Ardila-Ardila A. Fluidez verbal semántica en hispanohablantes: un análisis comparativo. *Rev Neurol*. 2005;41:463-8.
72. López Pérez-Díaz AG, Calero E, Navarro-González, E. Predicción del deterioro cognitivo en ancianos mediante el análisis del rendimiento en fluidez verbal y en una tarea de atención sostenida. *Revista de Neurología*. 2013;56:1-7.

73. Tovar-Rivera E, López-Martínez C, Becerra-Laparra IK, Gómez-Sandoval C, Roldán-Valadez EA. Correlación entre funciones ejecutivas y volúmenes cerebrales de pacientes adultos mayores con y sin déficit cognitivo. *Revista de Investigación Médica Sur*. 2012;19:149-155.
74. Carnero C, Lendínez A. Utilidad del test de fluencia verbal semántica en el diagnóstico de demencia. *Revista de Neurología*. 1999;29:709-714.
75. Huppert FA, Gardener E, Williams B. Cognitive Function. En J Banks E, Breeze C, Lessof, Nazroo J (Eds). *Retirement, health and relationships of the older population in England. The 2004 English Longitudinal Study of ageing (Wave 2)* 2006;217-242. London: The Institute for Fiscal Studies.
76. Véliz M, Riffo B, Arancibia B. Envejecimiento cognitivo y procesamiento del lenguaje: Cuestiones relevantes. *RLA. Revista de lingüística teórica y aplicada*. 2010;48(1):75-103.
77. Pandya SY, Clem MA, Silva LM, Woon FL. Does mild cognitive impairment always lead to dementia? A review. *Journal of Neurology Science*. 2016;369:57-62.
78. Gauthier S, Reisberg B, Zaudig M, Petersen RC, Ritchie K, Broich K, et al. Seminar Mild cognitive impairment. *Lancet*, 2006;367:1262-1270.
79. Ward A, Arrighi HM, Michels S, Cedarbaum JM. Mild cognitive impairment: Disparity of incidence and prevalence estimates. *Alzheimer's & Dementia*. 2012;8:14-21.
80. Bennett D, Wilson R, Schneider J, Evans D, Beckett L, Aggarwal N, Barnes L, et al. Natural history of mild cognitive impairment in older persons. *Neurology*. 2002;59:198-205.
81. Raz N, Rodrigue KM, Head D, Kennedy KM, Acker JD. Differential aging of the medial temporal lobe: a study of a five-year change. *Neurology*. 2004;62(3):433-438.
82. Asociación Estadounidense de Psiquiatría. *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales, quinta edición*. Arlington, VA; 2013.
83. Hugo J, Ganguli M. Dementia and cognitive impairment: epidemiology, diagnosis, and treatment. *Clin Geriatr Med*. 2014;30(3):421-42.
84. Rodríguez García PL, Rodríguez García D. Diagnosis of vascular cognitive impairment and its main categories. *Neurologia*. 2015;30(4):223-39. English, Spanish.

85. Ritchie K. Mild cognitive impairment: an epidemiological perspective. *Dialogues Clin Neurosci.* 2004;6:401-8.
86. Custodio Nilton, Herrera Eder, Lira David, Montesinos Rosa, Linares Julio, Bendejú Liliana. Deterioro cognitivo leve: ¿dónde termina el envejecimiento normal y empieza la demencia?. *An. Fac. med.* [Internet]. 2012 [citado 2023 Sep 13]; 73( 4 ): 321-330. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1025-55832012000400009&lng=es](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-55832012000400009&lng=es).
87. Albert M, Moss M, Blacker D, Tanzi R, McArdle J. Longitudinal change in cognitive performance among individuals with mild cognitive impairment. *Neuropsychol.* 2007;21:158-69.
88. Petersen R. Mild cognitive impairment as a diagnostic entity. *J Intern Med.* 2004;256:183-94
89. Petersen R. Conceptual overview. En: *Mild Cognitive Impairment: Aging to Alzheimer's Disease*, 1st Ed, New York: Oxford University Press, 2003;1-14.
90. Artero S, Touchon J. Classification criteria for mild cognitive impairment: A population-based validation study. *Neurology.* 2001;56:37-42.
91. Petersen R, Stevens J, Ganguli M, Tangalos E, Cummings J, DeKosky S. Practice parameter: early detection of dementia: Mild cognitive impairment (an evidence-based review). Report of the Quality Standards Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology.* 2001;56:1133-42.
92. Carretero M. Tratamiento del deterioro cognitivo leve. *Offarm: farmacia y sociedad.* 2003;22(9):160-162.
93. Barrera M, Donolo D, Rinaudo MC. Riesgo de demencia y niveles de educación: Cuando aprender es más saludable de lo que pensamos. *Anales de psicología.* 2010;26:34-40.
94. Campbell NL, Unverzagt F, LaMantia MA, Khan BA, Boustani MA. Risk Factors for the Progression of Mild Cognitive Impairment to Dementia. *Clinics in geriatric medicine.* 2013;29:873-893.
95. López ÁG, Calero MD. Predictores del deterioro cognitivo en ancianos. *Revista Española de Geriátría y Gerontología.* 2009;44:220-224.

96. Alvarado C, Gómez JF, Etayo E, Giraldo CE, Pineda A, Toro E. Estudio EDECO: Estudio poblacional de deterioro cognitivo en población colombiana. *Acta Med Colomb [Internet]*. 2014 Jul [citado el 16 de septiembre de 2023]; 39(3):264-271. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-24482014000300010&lng=en](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-24482014000300010&lng=en)
97. Benavides-Caro CA. Deterioro cognitivo en el adulto mayor. *Rev Mex Anest*. 2017;40(2):107-112.
98. Domínguez A, García JG. Valoración Geriátrica Integral. *Atención Familiar*. 2014;21(1):20-23.
99. Amor MS, Martín E. Tratado de Geriátrica para residentes Sociedad española de Geriátrica y Gerontología; capítulo 16 Deterioro cognitivo leve. 2005:169-172.
100. Warburton DER, Nicol CW, Bredin SS. D. Prescribing exercise as preventive therapy. *Canadian Medical Association Journal*. 2006;174:961–974.
101. Eckstrom E, Neukam S, Kalin L, Wright J. Physical Activity and Healthy Aging. *Clinics in Geriatric Medicine*. 2020;36(4):671-683.
102. Nelson ME, Rejeski WJ, Blair SN, et al. Physical activity and public health in older adults: recommendation from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:1435–1445.
103. Lemmer JT, Hurlbut DE, Martel GF, et al. Age and gender responses to strength training and detraining. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2000;32(8):1505-1512.
104. Kohrt WM, Bloomfield SA, Little KD, Nelson ME, Yingling VR; American College of Sports Medicine. American College of Sports; 2004.
105. Kramer AF, Erickson KI, Colcombe SJ. Exercise, cognition, and the aging brain. *Journal of Applied Physiology*. 2006;101(4):1237-1242.
106. Groot C, Hooghiemstra AM, Raijmakers PG, et al. The effect of physical activity on cognitive function in patients with dementia: A meta-analysis of randomized control trials. *Ageing Research Reviews*. 2016; 25:13-23.

107. Forbes D, Forbes SC, Blake CM, Thiessen EJ, Forbes S. Exercise programs for people with dementia . *Cochrane Database of Systematic Reviews*. 2015; 4):CD006489
108. Valenzuela PL, Castillo-García A, Morales JS, Izquierdo M, Serraxach JA, Santos-Lozano A, Lucia A. Physical Exercise in the Oldest Old. *Comprehensive Physiology*. 2019;9(4);1281-1304.
109. Feito Y, Heinrich K, Butcher S, Poston W. High-Intensity Functional Training (HIFT): Definition and Research Implications for Improved Fitness. *Sports*. 2018;6(3);76.
110. Haddock CK, Poston WSC, Heinrich KM, Jahnke SA, Jitnarin N. The Benefits of High-Intensity Functional Training Fitness Programs for Military Personnel. *Military Medicine*. 2016;181(11);e1508-e1514.
111. Reyes CD, Gómez DR. CrossFit Kids como estrategia metodológica para innovar en la clase de educación física del Colegio Tabora Sede A del curso 501 y 503. Universidad Libre de Colombia; 2019.
112. Heinrich KM, Patel PM, O'Neal JL, Heinrich BS. High-intensity training compared to moderate-intensity training for initiation, enjoyment, adherence, and intentions of exercise: an intervention study. *BMC Public Health*. 2014;14:789.
113. Heinrich KM, Becker C, Carlisle T, et al. High-intensity functional training improves functional movement and body composition among cancer survivors: A pilot study. *European Journal of Cancer Care*. 2015; 24;812–817.
114. Murawska E, Wojna J, Zuwała J. Crossfit training changes brain-derived neurotrophic factor and irisin levels at rest, after Wingate and progressive tests, and improves aerobic capacity and body composition of young physically active men and women. *Journal of Physiology and Pharmacology*, 2015;66:811–821.
115. Kliszczewicz B, Williamson C, Bechke E, McKenzie M, Hoffstetter W. Autonomic response to a short and long bout of high-intensity functional training. *Journal of Sports Science*. 2018;36(16):1872–1879.
116. Rivas-Campo Y, García-Garro PA, Aibar-Almazán A, Martínez-Amat A, Vega-Ávila GC, Afanador-Restrepo DF, León-Morillas F, Hita-Contreras, F. The Effects of High-Intensity Functional Training on

- Cognition in Older Adults with Cognitive Impairment: A Systematic Review. *Healthcare* 2022,10,670.
117. Cordero SE, Sheehan B, Atherton N, et al. Dementia And Physical Activity (DAPA) trial of moderate to high intensity exercise training for people with dementia: Randomised controlled trial. 2018;*BMJ*,361, k1675.
  118. Gbiri CA, Amusa BF. Progressive Task-Oriented Circuit Training for Cognition, Physical Functioning, and Social Participation in Individuals with Dementia. *Physiotherapy Research International*. 2020; 25.
  119. Littbrand H, Carlsson M, Lundin-Olsson L, et al. Effect of a High-Intensity Functional Exercise Program on Functional Balance: Planned Subgroup and Sensitivity Analyses of a Randomized Controlled Trial in Residential Care Facilities. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2011;59;1274–1282.
  120. Singh MAF, Gates N, Saigal N, et al. The Study of Mental and Resistance Training (SMART) Study—Resistance Training and/or Cognitive Training in Mild Cognitive Impairment: A Randomized, Double-Blind, Double-Sham Controlled Trial. *Journal of the American Medical Directors Association*. 2014;15;873–880.
  121. Telenius EW, Engedal K, Bergland A. Long-Term Effects of a 12-Week High-Intensity Functional Exercise Program on Physical Function and Mental Health in Nursing Home Residents with Dementia: A Single-Blinded Randomized Controlled Trial. *BMC Geriatrics*. 2015;15,158.
  122. Toots A, Littbrand H, Boström G, et al. Effects of Exercise on Cognitive Function in Older People with Dementia: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2017;60:323–332.
  123. Lamb SE, Sheehan B, Atherton N, et al. Dementia and Physical Activity (DAPA) trial of moderate to high intensity exercise training for people with dementia: Randomised controlled trial. *BMJ*. 2018;361:k1675.
  124. Telenius EW, Engedal K, Bergland A. Effect of a High-Intensity Exercise Program on Physical Function and Mental Health in Nursing Home Residents with Dementia: An Assessor Blinded Randomized Controlled Trial. *PLoS ONE*. 2015,10,e0126102.
  125. Khandker R, Black C, Pike J, Husbands J, Ambegaonkar B, Jones E. The relationship between Mini-Mental State Examination (MMSE) &

- Alzheimer's Disease Assessment Scale-cognitive subscale (ADAS-cog) using real world data in US & Europe (P5. 178). *Neurology* 2018,90, P5.178. Available online: [http://n.neurology.org/content/90/15\\_Supplement/P5.178.abstract](http://n.neurology.org/content/90/15_Supplement/P5.178.abstract) (accessed on 2 February 2022).
126. Levine SZ, Yoshida K, Goldberg Y, et al. Linking the Mini-Mental State Examination, the Alzheimer's Disease Assessment Scale–Cognitive Subscale and the Severe Impairment Battery: Evidence from individual participant data from five randomised clinical trials of donepezil. *Evid. Based Ment. Health* 2021,24,56–61.
  127. Richens B, Cleather D. The relationship between the number of repetitions performed at given intensities is different in endurance and strength trained athletes. *Biol. Sport* 2014,31,157–161.
  128. Willardson JM, Burkett LN. A Comparison of 3 Different Rest Intervals on the Exercise Volume Completed During a Workout. *J. Strength Cond. Res.* 2005,19,23–26.
  129. Vincent KR, Vasilopoulos T, Montero C, Vincent HK. Eccentric and Concentric Resistance Exercise Comparison for Knee Osteoarthritis. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2019,51,1977–1986.
  130. Kraemer WJ, Ratamess NA. Fundamentals of resistance training: Progression and exercise prescription. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2004;36: 674–688. Available online: [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2004/04000/Fundamentals\\_of\\_Resistance\\_Training\\_Progression.17.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2004/04000/Fundamentals_of_Resistance_Training_Progression.17.aspx) (accessed on 2 February 2022).
  131. Souron R, Nosaka K, Jubeau M. Changes in central and peripheral neuromuscular fatigue indices after concentric versus eccentric contractions of the knee extensors. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2018;118:805–816.
  132. Balsalobre-Fernández C, Córdón, Unquiles N, Muñoz-García D. Movement velocity in the chair squat is associated with measures of functional capacity and cognition in elderly people at low risk of fall. *PeerJ.* 2018;6:e4712.

133. Kan B, Speelman C, Nosaka K. Cognitive demand of eccentric versus concentric cycling and its effects on post-exercise attention and vigilance. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2019;119:1599–1610.
134. Peterson MD, Pistilli E, Haff GG, Hoffman E, Gordon PM. Progression of volume load and muscular adaptation during resistance exercise. *Eur. J. Appl. Physiol.* 2011;111:1063–1071.
135. Law CK, Lam FMH, Chung RC, Pang MY. Physical exercise attenuates cognitive decline and reduces behavioural problems in people with mild cognitive impairment and dementia: A systematic review. *J. Physiother.* 2020;66:9–18.
136. Kim YJ, Park H, Park JH, et al. Effects of Multicomponent Exercise on Cognitive Function in Elderly Korean Individuals. *J. Clin. Neurol.* 2020;16:612–623.
137. Norman JE, Rutkowsky J, Bodine S, Rutledge JC. The Potential Mechanisms of Exercise-induced Cognitive Protection: A Literature Review. *Curr. Pharm. Des.* 2018;24:1827–1831.
138. Russ J, Weyh C, Pilat C. High-intensity exercise programs in people with dementia—A systematic review and meta-analysis. *Ger. J. Exerc. Sport Res.* 2021;51:4–16.
139. Law LLF, Mok VCT, Yau MMK. Effects of functional tasks exercise on cognitive functions of older adults with mild cognitive impairment: A randomized controlled pilot trial. *Alzheimer's Res. Ther.* 2019;11:98.
140. Lindelöf N, Lundin-Olsson L, Skelton DA, Lundman B, Rosendahl E. Experiences of older people with dementia participating in a high-intensity functional exercise program in nursing homes: “While it’s tough, it’s useful”. *PLoS ONE.* 2017;12:e0188225.
141. Sondell A, Rosendahl E, Gustafson Y, Lindelöf N, Littbrand H. The Applicability of a High-Intensity Functional Exercise Program Among Older People With Dementia Living in Nursing Homes. *J. Geriatr. Phys. Ther.* 2019;42:E16–E24.
142. Mavros Y, Gates N, Wilson GC, et al. Mediation of Cognitive Function Improvements by Strength Gains After Resistance Training in Older Adults with Mild Cognitive Impairment: Outcomes of the Study of Mental and Resistance Training. *J. Am. Geriatr. Soc.* 2017;65:550–559.

143. Pendlebury S, Markwick A, De Jager C, et al. Differences in Cognitive Profile between TIA, Stroke and Elderly Memory Research Subjects: A Comparison of the MMSE and MoCA. *Cerebrovasc. Dis.* 2012;34:48–54.
144. Fu C, Jin X, Chen B, et al. Comparison of the Mini-Mental State Examination and Montreal Cognitive Assessment executive subtests in detecting post-stroke cognitive impairment. *Geriatr. Gerontol. Int.* 2017;17:2329–2335.
145. Tangen GG, Engedal K, Bergland A, Moger TA, Mengshoel AM. Relationships Between Balance and Cognition in Patients With Subjective Cognitive Impairment, Mild Cognitive Impairment, and Alzheimer Disease. *Phys. Ther.* 2014;94:1123–1134.
146. De Andrade LP, Gobbi LTB, Coelho FGM, Christofolletti G, Costa JLR, Stella F. Benefits of Multimodal Exercise Intervention for Postural Control and Frontal Cognitive Functions in Individuals with Alzheimer’s Disease: A Controlled Trial. *J. Am. Geriatr. Soc.* 2013;61:1919–1926.
147. Xiao T, Yang L, Smith L, Loprinzi PD, Veronese N, Yao J, Zhang Z, Yu JJ. Correlation Between Cognition and Balance Among Middle-Aged and Older Adults Observed Through a Tai Chi Intervention Program. *Front. Psychol.* 2020;11:668.
148. Osuka Y, Matsubara M, Hamasaki A, Hiramatsu Y, Ohshima H, Tanaka K. Development of low-volume, high-intensity, aerobic-type interval training for elderly Japanese men: A feasibility study. *Eur. Rev. Aging Phys. Act. Off. J. Eur. Group Res. Elder. Phys. Act.* 2017;14:14.
149. Marriott CFS, Petrella AFM, Marriott ECS, Boa Sorte Silva NC, Petrella RJ. High-Intensity Interval Training in Older Adults: A Scoping Review. *Sports Med. Open* 2021;7:49.
150. Coswig VS, Barbalho M, Raiol R, Del Vecchio FB, Ramirez-Campillo R, Gentil P. Effects of high vs moderate-intensity intermittent training on functionality, resting heart rate and blood pressure of elderly women. *J. Transl. Med.* 2020;18:88.
151. Hwang CL, Yoo JK, Kim HK, Hwang MH, Handberg EM, Petersen JW, Christou DD. Novel all-extremity high- intensity interval training

- improves aerobic fitness, cardiac function and insulin resistance in healthy older adults. *Exp. Gerontol.* 2016;82:112–119.
152. Atakan MM, Li Y, Koşar SN, Turnagöl HH, Yan X. Evidence-Based Effects of High-Intensity Interval Training on Exercise Capacity and Health: A Review with Historical Perspective. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021;18:7201.
153. Xie B, Yan X, Cai X, Li J. Effects of High-Intensity Interval Training on Aerobic Capacity in Cardiac Patients: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Biomed. Res. Int.* 2017;2017:5420840.
154. Granata C, Oliveira RS, Little JP, Renner K, Bishop DJ. Training intensity modulates changes in PGC-1 $\alpha$  and p53 protein content and mitochondrial respiration, but not markers of mitochondrial content in human skeletal muscle. *FASEB J. Off. Publ. Fed. Am. Soc. Exp. Biol.* 2016;30:959–970.
155. Gbiri CAO, Amusa BF. Progressive task-oriented circuit training for cognition, physical functioning and societal participation in individuals with dementia. *Physiother. Res. Int. J. Res. Clin. Phys. Ther.* 2020;25: e1866.
156. Tibana RA, de Almeida LM, Frade de Sousa NM, et al. Corrigendum: Two Consecutive Days of Extreme Conditioning Program Training Affects Pro and Anti-inflammatory Cytokines and Osteoprotegerin without Impairments in Muscle Power. *Front. Physiol.* 2018;9:771.
157. Muñoz-Cánoves P, Scheele C, Pedersen BK, Serrano AL. Interleukin-6 myokine signaling in skeletal muscle: A double-edged sword? *FEBS J.* 2013;28:4131–4148.
158. Godfrey RJ, Whyte GP, Buckley J, Quinlivan R. The role of lactate in the exercise-induced human growth hormone response: Evidence from McArdle disease. *Br. J. Sports Med.* 2009;43:521–525.
159. Ohno Y, Ando K, Ito T, et al. Lactate Stimulates a Potential for Hypertrophy and Regeneration of Mouse Skeletal Muscle. *Nutrients* 2019;11:869.
160. Kistner TM, Pedersen BK, Lieberman DE. Interleukin 6 as an energy allocator in muscle tissue. *Nat. Metab.* 2022;4:170–179.
161. de Resende-Neto AG, Oliveira Andrade BC, Cyrino ES, Behm DG, De-Santana JM, Da Silva-Grigoletto ME. Effects of functional and

- traditional training in body composition and muscle strength components in older women: A randomized controlled trial. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 2019;84:103902.
162. Mile M, Balogh L, Papp G, Pucsok JM, Szabó K, Barna L, Csiki Z, Lekli I. Effects of Functional Training on Sarcopenia in Elderly Women in the Presence or Absence of ACE Inhibitors. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2021;18:6594.
163. Aboarrage Junior AM, Teixeira CVS, Dos Santos RN, et al. A High-Intensity Jump-Based Aquatic Exercise Program Improves Bone Mineral Density and Functional Fitness in Postmenopausal Women. *Rejuvenation Res.* 2018;21:535–540.
164. Bruseghini P, Calabria E, Tam E, et al. Effects of eight weeks of aerobic interval training and of isoinertial resistance training on risk factors of cardiometabolic diseases and exercise capacity in healthy elderly subjects. *Oncotarget.* 2015;6:16998–17015.
165. Wilke J, Mohr L. Chronic effects of high-intensity functional training on motor function: A systematic review with multilevel meta-analysis. *Sci. Rep.* 2020;10:21680.
166. Zhao Y, Chung PK. Differences in Functional Fitness Among Older Adults With and Without Risk of Falling. *Asian Nurs. Res.* 2016; 10:51–55.
167. Li F. The effects of Tai Ji Quan training on limits of stability in older adults. *Clin. Interv. Aging.* 2014;9:1261–1268.
168. Zouita S, Zouhal H, Ferchichi H, et al. Effects of Combined Balance and Strength Training on Measures of Balance and Muscle Strength in Older Women with a History of Falls. *Front. Physiol.* 2020;11: 619016.
169. Lee IH, Park SY. Balance improvement by strength training for the elderly. *J. Phys. Ther. Sci.* 2013;25:1591–1593.
170. Buchner DM, Cress ME, de Lateur BJ, et al. The effect of strength and endurance training on gait, balance, fall risk, and health services use in community-living older adults. *J. Gerontol. A Biol. Sci. Med. Sci.* 1997;52:M218–M224.
171. Jiménez-García JD, Hita-Contreras F, de la Torre-Cruz M, Fábrega-Cuadros R, Aibar-Almazán A, Cruz-Díaz D, Martínez-Amat A. Risk of Falls in Healthy Older Adults: Benefits of High-Intensity Interval

- Training Using Lower Body Suspension Exercises. *J. Aging Phys. Act.* 2019;27:325–333.
172. Telenius EW, Engedal K, Bergland A. Effect of a high-intensity exercise program on physical function and mental health in nursing home residents with dementia: An assessor blinded randomized controlled trial. *PLoS ONE.* 2015;10:e0126102.
173. Sugano K, Yokogawa M, Yuki S, et al. Effect of cognitive and aerobic training intervention on older adults with mild or no cognitive impairment: A derivative study of the nakajima project. *Dement. Geriatr. Cogn. Disord. Extra* 2012;2:69–80.
174. Mattap SM, Mohan D, McGrattan AM, et al. The economic burden of dementia in low- and middle income countries (LMICs): A systematic review. *BMJ Glob. Health* 2022;7:e007409.
175. Tari AR, Norevik CS, Scrimgeour NR, et al. Are the neuroprotective effects of exercise training systemically mediated? *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2019;62:94–101.
176. Domingos C, Pêgo JM, Santos NC. Effects of physical activity on brain function and structure in older adults: A systematic review. *Behav. Brain Res.* 2021;402:113061.
177. Falck RS, Hsu CL, Best JR, Li LC, Egbert AR, Liu-Ambrose T. Not Just for Joints: The Associations of Moderate-to- Vigorous Physical Activity and Sedentary Behavior with Brain Cortical Thickness. *Med. Sci. Sport. Exerc.* 2020;52:2217–2223.
178. Moreno C, Wykes T, Galderisi S, et al. How mental health care should change as a consequence of the COVID-19 pandemic. *Lancet Psychiatry* 2020;7:813–824.
179. Zhu Y, Gao Y, Guo C, et al. Effect of 3-Month Aerobic Dance on Hippocampal Volume and Cognition in Elderly People With Amnesic Mild Cognitive Impairment: A Randomized Controlled Trial. *Front. Aging Neurosci.* 2022;14:771413.
180. Vega-Ávila GC, Afanador-Restrepo DF, Rivas-Campo Y, et al. Rhythmic Physical Activity and Global Cognition in Older Adults with and without Mild Cognitive Impairment: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022;19:12230.

181. García-Garro PA, Hita-Contreras F, Martínez-Amat A, et al. Effectiveness of A Pilates Training Program on Cognitive and Functional Abilities in Postmenopausal Women. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020;17:3580.
182. Biazus-Sehn LF, Schuch FB, Firth J, Stigger FS. Effects of physical exercise on cognitive function of older adults with mild cognitive impairment: A systematic review and meta-analysis. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 2020;89:104048.
183. Brickenkamp R, Cubero NS. D2: Test de Atención; Tea: Madrid, Spain, 2002.
184. Masika GM, Yu DSF, Li PWC. Visual art therapy as a treatment option for cognitive decline among older adults. A systematic review and meta-analysis. *J. Adv. Nurs.* 2020;76:1892–1910.
185. Broadhouse KM, Singh MF, Suo C, et al. Hippocampal plasticity underpins long-term cognitive gains from resistance exercise in MCI. *NeuroImage Clin.* 2020;25:102182.
186. Varma VR, Tang X, Carlson MC. Hippocampal sub-regional shape and physical activity in older adults. *Hippocampus* 2016;26:1051–1060.
187. Barha CK, Best JR, Rosano C, et al. Sex-Specific Relationship Between Long-Term Maintenance of Physical Activity and Cognition in the Health ABC Study: Potential Role of Hippocampal and Dorsolateral Prefrontal Cortex Volume. *J. Gerontol. Ser. A Biol. Sci. Med. Sci.* 2020;75:764–770.
188. Regier NG, Hodgson NA, Gitlin LN. Characteristics of Activities for Persons With Dementia at the Mild, Moderate, and Severe Stages. *Gerontologist* 2017;57:987–997.
189. Boyne P, Meyrose C, Westover J, et al. Exercise intensity affects acute neurotrophic and neurophysiological responses poststroke. *J. Appl. Physiol.* 2019;126:431–443.
190. O’Callaghan A, Harvey M, Houghton D, et al. Comparing the influence of exercise intensity on brain-derived neurotrophic factor serum levels in people with Parkinson’s disease: A pilot study. *Aging Clin. Exp. Res.* 2020;32:1731–1738.

191. Dos Santos JR, Bortolanza M, Ferrari GD, et al. One-Week High-Intensity Interval Training Increases Hippocampal Plasticity and Mitochondrial Content without Changes in Redox State. *Antioxidants* 2020;9:445.
192. De Lima NS, De Sousa RAL, Amorim FT, et al. Moderate-intensity continuous training and high-intensity interval training improve cognition, and BDNF levels of middle-aged overweight men. *Metab. Brain Dis.* 2022;37:463–471.
193. Kao SC, Wang CH, Kamijo K, Khan N, Hillman C. Acute effects of highly intense interval and moderate continuous exercise on the modulation of neural oscillation during working memory. *Int. J. Psychophysiol. Off. J. Int. Organ. Psychophysiol.* 2021;160:10–17.
194. Koyuncuog T, Sevim H, Çetrez N, et al. High intensity interval training protects from Post Traumatic Stress Disorder induced cognitive impairment. *Behav. Brain Res.* 2021;397:112923.
195. Nicolò A, Girardi M. The physiology of interval training: A new target to HIIT. *J. Physiol.* 2016;594:7169–7170.
196. Calverley TA, Ogoh S, Marley CJ, et al. HIITing the brain with exercise: Mechanisms, consequences and practical recommendations. *J. Physiol.* 2020;598:2513–2530.