



**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y CALIDAD DE VIDA DE PERSONAS ADULTAS Y MAYORES.**

**Efectos del entrenamiento de fuerza sobre las funciones ejecutivas en mayores sin deterioro cognitivo: una revisión sistemática de la literatura.**

Trabajo Fin de Máster presentado por Manuel Jesús Jiménez Roldán, siendo el tutor del mismo Luis Carrasco Páez.

Vº. Bº. del Tutor:

Alumno:

D. Luis Carrasco Páez

D. Manuel Jesús Jiménez Roldán

Sevilla, junio de 2017





**MÁSTER UNIVERSITARIO EN ACTIVIDAD FÍSICA Y CALIDAD DE VIDA  
DE PERSONAS ADULTAS Y MAYORES.**

**UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**CURSO ACADÉMICO [2016-2017]**

**TÍTULO:**

**EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE FUERZA SOBRE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS EN MAYORES SIN DETERIORO COGNITIVO: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA.**

**AUTOR:**

**MANUEL JESÚS JIMÉNEZ ROLDÁN**

**TUTOR:**

**DR. D. LUIS CARRASCO PÁEZ**

**ÁREA DE CONOCIMIENTO:**

**EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTIVA**

**RESUMEN:**

Este estudio tuvo como objetivo determinar si la realización de programas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular produce mejoras en las funciones ejecutivas de personas mayores de 65 años y que no presentan deterioro cognitivo. Para ello, y siguiendo el protocolo de la declaración PRISMA, se seleccionaron y revisaron sistemáticamente diferentes estudios controlados y aleatorizados que, publicados en los últimos 10 años, se encuentran indexados en las bases de datos Pubmed, SportDiscus, Web of Science y Cochrane. Para ello, se utilizó el protocolo de la declaración PRISMA. La búsqueda adoptó los descriptores "Strength" y "Executive Function", así como sus correspondientes y sólo se incluyeron artículos en la lengua inglesa. Fueron analizados 6 estudios controlados y aleatorizados que presentaban los descriptores adoptados y que cumplían los criterios de inclusión establecidos. Para evaluar la calidad de los artículos y estimar el riesgo de sesgo se utilizó la escala PEDro. En general, el control inhibitorio parece ser la función más sensible a los efectos del entrenamiento de fuerza. Al mismo tiempo, se contemplan mejoras de la memoria de trabajo, aunque sin mostrar significación estadística en varios de los estudios. Por último, la flexibilidad cognitiva es la dimensión que menos receptividad presenta hacia este tipo de ejercicio. De esta forma, se puede concluir que, si bien el entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular parece mejorar las funciones ejecutivas de personas mayores sin deterioro

cognitivo, son necesarios nuevos estudios que, con mayor rigor, permitan optimizar su efecto sobre dichas funciones.

**PALABRAS CLAVE:**

Fuerza, función ejecutiva, mayores, entrenamiento de fuerza, control ejecutivo.

.

---

## ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN.....	2
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. LA POBLACIÓN MAYOR Y EL DETERIORO COGNITIVO.....	4
2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS Y TERAPEÚTICAS FRENTE AL DETERIORO COGNITIVO.....	5
2.2.1. Farmacología.....	5
2.2.2. Terapias no farmacológicas.....	6
2.2.2.1. Nutrición.....	6
2.2.2.2. Terapias psicoeducativas.....	7
2.2.2.3. Ejercicio físico.....	8
2.3. LAS FUNCIONES EJECUTIVAS Y SU DEGRADACIÓN EN LAS PERSONAS MAYORES.....	11
2.4. POTENCIACIÓN DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS A TRAVÉS DEL EJERCICIO FÍSICO.....	12
3. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
3.1. PROBLEMA.....	15
3.2. OBJETIVOS.....	15
3.2.1. Objetivo general.....	15
3.1.2. Objetivos específicos.....	15
4. METODOLOGIA.....	16
5. RESULTADOS.....	20
6. DISCUSIÓN.....	25
7. CONCLUSIONES.....	30
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	31

# 1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, acorde a lo establecido en el Reglamento General de Actividades Docentes de la Universidad de Sevilla, en su artículo 17 y el en el R.D. 1393/2007, de 29 de octubre de 2007, trata de aunar una buena parte de todos los conocimientos adquiridos en el Máster de Actividad Física y Calidad de Vida en Personas Adultas y Mayores que se ha desarrollado en el presente curso académico.

Dicho Máster pretende aportar una formación especializada, científica y profesional en el ámbito de la actividad física en personas adultas y mayores. En estas edades, la esperanza de vida en la sociedad actual está creciendo debido a un mayor bienestar alcanzado. Para ello, gran parte de la sociedad intenta vivir más y en mejores condiciones físicas, sociales y mentales, buscando así un modelo de envejecimiento activo. De hecho, en las últimas décadas no solo aumentó la esperanza de vida, sino también la calidad de vida con la que transcurren esta etapa.

De esta forma, en estas edades se está consiguiendo un incremento en la percepción subjetiva de la calidad de vida de cada una de las personas. Esta engloba la dimensión física, social salud mental y actividad física.

Esta última dimensión se convierte en una variable importante. De tal forma que tener un bajo nivel de actividad física, como se da en las personas sedentarias, se identifica como predictor de mortalidad. Por ello, la promoción de ejercicio físico regular en estas edades se convierte es una de las principales estrategias no farmacológicas para conseguir mejor estado de salud.

Es bien sabido que el envejecimiento conlleva un deterioro progresivo. A través de la actividad física se puede paliar los cambios que llegan a darse en esta etapa evolutiva, por tanto, resulta fundamental conocer y entender cómo se puede incidir en este continuo deterioro. Gran parte de la literatura existente se centra en la mejora de la disfuncionalidad física, dejando a un lado el deterioro cognitivo. Por ello, no está del todo investigado el efecto de la actividad física en las funciones cognitivas, siendo más concreto en las funciones ejecutivas.

La mayoría de los estudios que tratan de relacionar estas dos variables lo realizan a través del trabajo aeróbico o de equilibrio, pero son pocos las intervenciones encontradas hasta ahora que lo realicen a través del entrenamiento de fuerza. Esto lo convierte en una temática poco investigada hasta la actualidad.

Además, si analizamos la prevalencia de las enfermedades más comunes y con mayor progresión en la vejez, vemos como el deterioro cognitivo, ya sea leve o grave como el Alzheimer, se convierte en una de las patologías más comunes. De esta forma, si la actividad física, en cualquiera de sus modalidades, llega a incidir de forma positiva en las funciones ejecutivas, se trataría de una herramienta más a combinar para poder prevenir este deterioro cognitivo.

Por todo ello, nos encontramos ante el desarrollo de una de las enfermedades con un gran recorrido pero que seguirá incrementándose en la población mayor. Por ello, es de interés conocer cómo el ejercicio físico en cualquiera de sus modalidades, puede llegar a influir en la prevención del deterioro cognitivo. Por estas razones, he decidido desarrollar este trabajo de investigación con la finalidad de utilizarlo como punto de inicio para comenzar futuros estudios durante la ejecución de los estudios Doctorado. Además, cobra especial relevancia como el ejercicio físico influye de forma significativa en el desarrollo cognitivo en todas las edades y en ciertas patologías o enfermedades. Esto hace aún más motivante la actividad física en general, ya que permite que este avance en un ámbito poco estudiado hasta ahora.

Por tanto, partiendo de esta premisa y tras lecturas previas y compartiendo ideas con expertos, se planteó una investigación para analizar los efectos de la práctica de actividad física sobre las funciones ejecutivas en personas mayores sin deterioro cognitivo. Así se podrán crear estrategias o recomendaciones que faciliten la prevención del deterioro cognitivo.

En este caso se desarrolló la presente revisión sistemática la cual trata de sintetizar la información científica disponible sobre esta temática en concreto a fin de reforzar la validez de las conclusiones y detectar áreas donde se debe seguir realizando investigaciones.

Esta revisión sistemática atiende una metodología bien consensuada siguiendo unos criterios científicos-técnicos, validados y reconocidos por la comunidad científica.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. LA POBLACIÓN MAYOR Y EL DETERIORO COGNITIVO.

El proceso de envejecimiento es un fenómeno universal que afecta a todos los seres vivos. A pesar de este fenómeno, la población está sufriendo un incremento en la esperanza de vida. Esta situación hace que la prevalencia de enfermedades que aparecen en edades avanzadas esté incrementándose, debido a que se da una continua pérdida de las funciones fisiológicas, entre las que se encuentran las funciones mentales, lo que conlleva a un deterioro cognitivo.

El deterioro cognitivo que ocurre con el envejecimiento se asocia con un incremento en el riesgo para padecer demencia. Esto hace que se incremente el coste de los cuidados sociosanitarios, además de acentuar los síntomas neuropsiquiátricos y de aumentar la discapacidad funcional (Kelly et al., 2014).

En este proceso de deterioro, se producen ciertas pérdidas de la memoria para acciones recientes. Estas pueden ser de carácter benigno (olvidos benignos de la senectud) y no de ser tratado como proceso demencial. Estos fallos de memoria afectan al 50% de las personas mayores de 65 años, no obstante la prevalencia de demencia es del 5 al 10% en esta población (Viera, Rodríguez, De Molina Iglesias, Fernández, & Zaldivar, 2003) y del 8% - 30% en los que sobrepasan los 80 años (Romero & Iturbe, 2001).

El envejecimiento está caracterizado por una alta variabilidad durante el desarrollo entre los individuos en diferentes funciones cognitivas. Estas se comportan de forma vulnerable, llegando a perder capacidad en esta cognición o disminuyendo la capacidad de la misma (McMorris, Voelcker-Rehage, Niemann, & Godde, 2016).

Según estudios longitudinales, se estiman los 60 años como el momento donde las funciones cognitivas empiezan a perder su funcionalidad o rendimiento. Además de la edad, otros factores como la educación, estilos de vida y factores sociales hacen que este deterioro se incremente durante la vida de cada persona (Rönnlund, Nyberg, Bäckman, & Nilsson, 2005).

Para poder explicar este descenso de rendimiento en la función cognitiva, existen varias teorías las cuales tratan de entender las causas de este deterioro en el envejecimiento.

La hipótesis de desaceleración general trata de explicar los déficits de la integridad en la materia blanca. Se sugiere que esto podría causar una ralentización general del procesamiento cortical debido al aumento en el tiempo de reacción para diversas tareas cognitivas (Salthouse, 1996).

Otra de las hipótesis es la del lóbulo frontal. La disminución neuronal en este lóbulo, precisamente en el córtex prefrontal, tiene un mayor impacto en el deterioro cognitivo en las funciones que se encargan de controlar el córtex prefrontal, tales como la respuesta inhibitoria, la atención selectiva y la memoria de trabajo. Éstas parecen quedar afectadas en el envejecimiento que las funciones que dependen de la actividad en otras regiones corticales o incluso subcorticales (West, 1996).

Por último, la hipótesis la cual sostiene que un descenso de la actividad de dopamina mantiene una correlación con un deterioro cognitivo durante el envejecimiento (Backman et al., 2000).

El origen del concepto deterioro cognitivo leve se refería a un deterioro de memoria funcional no-amnésico preservado, pero actualmente este concepto engloba déficits en otras funciones cognitivas más allá de la memoria. Se debe destacar que el

deterioro cognitivo leve no es sinónimo de irreversibilidad ni causa lesional, como puede ocurrir con el término clínico de “demencia”.

Por ello, podemos encontrar diferentes estrategias preventivas y terapéuticas para poder impedir el rápido avance de este deterioro.

## **2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS Y TERAPEÚTICAS FRENTE AL DETERIORO COGNITIVO.**

El deterioro cognitivo leve queda caracterizado por una leve pérdida de memoria. Ésta puede ser entendida con naturalidad debida a la edad y al nivel educativo de la persona. En estas personas con este mínimo deterioro no existe una afectación significativa en la memoria ni en la función cognitiva, por ello no se contempla como demencia. Aun así, estos casos pueden catalogarse como un momento de transición entre la función cognitiva normal para la edad y un estado de demencia leve. De hecho, entre el 10 y el 15% de estas personas pasan a tener cada año un cuadro en enfermedad de Alzheimer (Petersen et al., 2001).

Es en el estudio de Schaie y Willis (1986), cuando se demuestra que la pérdida de memoria puede revertirse en personas sin demencia debido a que en estas edades, el cerebro aún conserva una gran plasticidad y por tanto la pérdida de memoria puede frenarse. Así, desde este momento, se comienza a dar importancia al efecto de diferentes estrategias preventivas y terapéuticas para mitigar el deterioro cognitivo.

Para ello, actualmente se dispone de medidas farmacológicas y no farmacológicas que llegan a ser eficaces en esta situación. Estas la abordaremos a continuación.

### **2.2.1. Farmacología.**

En la última década, los tratamientos farmacológicos han obtenido un gran papel dentro de la prescripción debido al gran envejecimiento de la población y la gran prevalencia de enfermedades cerebrales. También se debe destacar que un tratamiento farmacológico del deterioro cognitivo puede paliar la progresión hacia la demencia (Abad-Santos, Novalbos-Reina, Gallego-Sandin, & Garcia, 2002).

Uno de los principales fármacos que podemos encontrar con efectos sobre las actividades cognitivas es la familia de los nootrópicos. Estos son capaces de mejorar la actividad cognitiva y la memoria en situaciones deficitarias metabólicas neuronales, como puede ser el envejecimiento natural. Además, estos presentan muy escasos efectos secundarios, aún en dosis altas (Abad-Santos et al., 2002).

Otros de los fármacos que pueden ser utilizados son los antioxidantes. Los usos de estos en personas con deterioro cognitivo leve o Alzheimer, favorecen la interrupción de la muerte neuronal en las áreas del lóbulo temporal medio (hipocampo, en particular) debido al estrés oxidativo. Por ello, se podría paliar en cierta medida la lesión y muerte neuronal vía radicales libres.

Un ejemplo de antioxidante es la vitamina E (alfa-tocoferol), un captador de radicales libres que consigue retrasar la evolución de la enfermedad de Alzheimer, aunque este tratamiento no mejora la cognición tras dos años de tratamiento (Abad-Santos et al., 2002). Sin embargo, según Schmidt (1998) los niveles más bajos de

alfa-tocoferol se asocian con un mayor deterioro cognitivo de los ancianos, existiendo por tanto una relación directa entre niveles plasmáticos de  $\alpha$ -tocoferol y cognición.

Otro secuestrador de radicales libres son los estrógenos. Estos además producen efectos neurotróficos y neuroprotectores. Por ello, ya en varios estudios se ha visto el efecto beneficioso de los estrógenos sobre la memoria en mujeres sin demencia (Sherwin, 2000).

Por otra parte, cobra importancia en clínica la neurotransmisión colinérgica, ya que de forma empírica se afirma que el desarrollo de la neurotransmisión colinérgica influye en la mejora de la memoria. De esta forma, los inhibidores de la acetilcolinesterasa donepezilo, rivastigmina y galantamina, han demostrado una mejora de la memoria en personas sin demencia y retrasar el deterioro cognitivo en pacientes con Alzheimer (Abad-Santos et al., 2002).

Por último, se debe destacar la citicolina (CDP-colina), el cual es un compuesto endógeno que se sintetiza, como mediador en la transformación de la colina en fosfatidocolina, un fosfolípido esencial de la membrana neuronal (Blusztajn & Wurtman, 1983). Este fármaco se lleva utilizando hace varias décadas como tratamiento en los procesos cerebrales que cursan con un deterioro neuronal.

## 2.2.2. Terapias no farmacológicas.

### 2.2.2.1. Nutrición.

La nutrición es un pilar importante dentro de la prevención en el deterioro cognitivo. Existen bastantes estudios que se centran en conocer cómo los nutrientes, los componentes de las comidas y las dietas pueden influir en la salud mental y en el envejecimiento. La dieta mediterránea ha sido investigada en varios estudios longitudinales indicando que el consumo de ésta queda relacionado con un mejor rendimiento cognitivo en personas mayores (Féart, Samieri, & Barberger-Gateau, 2010).

Además, dietas con alto valor calórico o con poca cantidad de fibras se convierten en un riesgo e inciden en enfermedades relacionadas con la dieta, es decir, enfermedades cardiovasculares. Estas últimas incluso se relacionan con enfermedades cognitivas relacionadas con la edad (Loef & Walach, 2013). Esto es debido a que este tipo de dietas junto a estilos de vidas sedentarios y estrés emocional han sido relacionadas como factores de riesgo claves para desarrollar estrés oxidativo y trastorno cerebral. El nivel de estrés oxidativo toma un papel fundamental en el funcionamiento del cerebro y las evidencias sugieren un delicado equilibrio entre la producción de radicales libres y la protección o daño cerebral.

Por otro lado, si mantenemos una dieta completa y equilibrada, este consumo puede mejorar el colesterol, nivel de triglicéridos e incluso ayudar a prevenir el deterioro cognitivo (Greenwood & Winocur, 2005).

Ciertas combinaciones de nutrientes realizan mecanismos en general en el cerebro, mientras que otros no lo hacen tan directamente. Por ejemplo, dos patrones de biomarcadores de nutrientes fueron asociados con medidas cognitivas más favorables. Una de ellas, contienen un perfil de vitaminas (Alto plasma de vitaminas B, antioxidantes C y E y vitaminas D) y otras mantienen una alta concentración de ácidos grasos en plasma de omega 3. Según el estudio de Bowman (2012), altos niveles en plasma de los ácidos grasos poliinsaturados como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) fueron asociados con menos deterioro en las funciones ejecutivas en personas con un deterioro cognitivo leve y por otro lado, las vitaminas explican una significancia en la función cognitiva global y particularmente, la atención, las funciones visoespaciales y ejecutivas (Vauzour et al., 2017). Por otro

lado, destacar como una alta ingesta de grasa trans se asocia con un menor dominio de las funciones cognitivas y una atrofia cerebral mayor.

Además de las vitaminas y el omega 3, se debe destacar la labor preventiva que puede desarrollar los micronutrientes. Numerosos estudios con humanos destacan elementos como el Zinc, Selenio y el Cromo como protectores del cerebro, ya que estos actúan protegiendo las células cerebrales contra el estrés oxidativo.

El Selenio en bajas concentraciones aumenta el riesgo de un deterioro cognitivo. Por lo tanto, tener un estado óptimo de Selenio puede ser una acción preventiva para mantener un cerebro saludable (Loef, Schrauzer, & Walach, 2011). Por otro lado, el Zinc también actúa positivamente mejorando la sensibilidad a la insulina y reduciendo la inflamación y el estrés oxidativo (Nuttall & Oteiza, 2014). Y, por último, una deficiencia de Cromo ha sido relacionado con resistencia a la insulina y con el incremento del estrés oxidativo. Por ello, el incremento en el consumo de Cromo es asociado con una mejora en la función cognitiva (Krikorian, Eliassen, Boespflug, Nash, & Shidler, 2010).

#### 2.2.2.2. Terapias psicoeducativas.

El envejecimiento exitoso requiere de suficientes habilidades cognitivas y con una buena funcionalidad de las mismas. Por ello, una disminución cognitiva relacionada con la edad, puede hacer que la calidad de este envejecimiento se vea afectada. Para ello, la estimulación mental y las estrategias cognitivas son necesarias para mantener o compensar esas pérdidas.

La estimulación cognitiva es una de las terapias no farmacológicas que obtienen mayor efectividad en poblaciones mayores sin deterioro cognitivo. Además, ésta recibe gran apoyo empírico, llegando a considerarse como la primera intervención a realizar una vez diagnosticado el deterioro cognitivo

A pesar de la aceptación científica, la mayoría de los programas orientados a la prevención del deterioro cognitivo no están centrados de forma exclusiva en una capacidad cognitiva. Por ello, se llevan a cabo diferentes tareas de forma indiscriminada que comprometen la atención, la memoria, el lenguaje o cualquier otro proceso cognitivo. De este modo, se desarrollan actividades de forma repetida, por lo que este método podría no ser suficiente para los beneficios de la vida cotidiana. Sin embargo, a través del metaanálisis de Ruiz-Sánchez de León (2012), desarrollar actividades de estimulación mental, o bien ser participantes controles activos, podrían mejorar el rendimiento de la memoria tanto como el entrenamiento cognitivo.

Otras de las herramientas que funcionan como estrategia preventiva es la estimulación mental. Ésta se refiere a métodos que promueven una salud cerebral hacia el aprendizaje, lo cual la diferencia de la estimulación cognitiva, centrada en técnicas específicas ayudan a recordar información (Urrútia & Bonfill, 2010).

A través del metaanálisis de Kelly (2014), se puede observar cómo el entrenamiento cognitivo mejora de forma significativa la memoria en comparación a no aplicar ninguna otra intervención, pero este efecto no se observa cuando se compara con un grupo activo. Por lo tanto, desarrollar actividades de estimulación mental, o bien ser participantes controles activos, podrían mejorar el rendimiento de la memoria tanto como el entrenamiento cognitivo.

Se debe tener en cuenta que la estimulación mental podría ser fácil de incorporar diariamente, por lo que puede ser una alternativa más válida que el entrenamiento cognitivo.

En definitiva, la estimulación mental puede beneficiar la función cognitiva en mayores, pero son necesarias más investigaciones para poder confirmarlo. Esto se debe a que las evidencias sugieren que la estimulación mental podría mantener la función cognitiva en el tiempo, en vez de proporcionar mejoras inmediatas.

Otro elemento importante dentro de las estrategias preventivas es la educación. Una de ellas es la terapia cognitiva-conductual. Ésta toma cada vez mayores efectos en la supervisión clínica debido a los efectos positivos que provoca en la población mayor. Además, según el estudio de Zandiyeh et al. (2017), se puede observar cómo la educación orientada a la intervención, podría afectar a todos los aspectos de la salud en general. De hecho, tras 6 meses de intervención mediante una intervención de terapia ocupacional orientada al estilo de vida en personas mayores, se pudo observar cambios significativos en el bienestar mental. De hecho, se obtuvieron mejoras en el recordatorio inmediato, en la memoria diferida, en el reconocimiento y en la velocidad psicomotora (Clark et al., 2012).

Otro estudio, destaca cómo el entrenamiento cognitivo, así como la psicoterapia son estrategias prometedoras para abordar el impacto de los cambios cognitivos en la vida diaria.

Además, el estado anímico, concretamente la ansiedad, parece tener una fuerte relación con las intervenciones de psicoterapia. Por lo tanto, si tenemos en cuenta la estrecha relación que existe entre los cambios en la función cognitiva y los cambios en el estado de ánimo en edades avanzadas, esta terapia hace que influya directamente en la capacidad cognitiva de los mayores (Rodakowski, 2015).

En síntesis, el entrenamiento cognitivo, la estimulación mental y la psicoterapia se convierten en tres estrategias que pueden abordar el impacto de los cambios cognitivos en los mayores.

### 2.2.2.3. Ejercicio físico.

Desde la década pasada, tras la primera publicación del Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM) sobre el posicionamiento en la actividad y ejercicio físico en personas adultas y mayores, el nivel de evidencia científica es cada vez más alto (Nelson, Rejeski, Blair, Duncan, & Judge, 2007).

Además, aparecen nuevos resultados sobre los beneficios del ejercicio y actividad física en personas mayores sanas, con enfermedades crónicas y con algunas discapacidades que mantiene vivo el interés sobre esta temática (Chodzko-Zajko et al., 2009).

Este interés es debido a que se estima que entre 2015 y 2050 la proporción mundial de adultos mayores va a duplicarse, del 12% al 22% (World health organization, 2015), por lo tanto se trata de un tema prioritario para la sociedad en general.

Las primeras guías sobre actividad física en personas adultas y mayores recomiendan evitar la inactividad física, por lo que realizar alguna actividad física resulta mejor que no desarrollar ninguna. Por tanto, ser activos proporciona considerables beneficios en la salud (U.S. Department of Health and Human Services,

2008). Para ello, según la OMS se debe conseguir realizar 150 minutos de actividad física vigorosa o moderada a la semana. Además, si se cumple estas recomendaciones, se debe lograr pasar menos de 6 horas en una posición sentada o

---

reclinada con un gasto metabólico igual o inferior a 1,5 METs al día, ya que si no se estaría siendo activo pero sedentario al mismo tiempo.

Los mayores que no son sedentarios o inactivos logran tener una mayor condición física, la cual se entiende como un estado de bienestar con un bajo riesgo de problemas de salud prematuros que limite participar en diferentes actividades físicas. Según la ACSM y la Asociación Americana del Corazón (AHA) es a partir de los 65 años o también conocida como vejez cuando las limitaciones funcionales o las enfermedades crónicas afectan al movimiento, la condición física o a la actividad física (Nelson et al., 2007). Esto se debe a que el envejecimiento queda relacionado con un deterioro estructural y funcional, afectando a la mayoría de los sistemas fisiológicos.

Estos cambios fisiológicos afectan a un conjunto de tejidos, sistemas de órganos y funciones que pueden perjudicar a las actividades de la vida diaria. Por ejemplo, la disminución de la capacidad aeróbica máxima (VO<sub>2</sub>max) y el descenso del rendimiento musculoesquelético son dos cambios principales que limitan la tolerancia al ejercicio (Chodzko-Zajko et al., 2009). Además, el organismo humano queda inmerso en una continua oxidación debido al estrés oxidativo, el cual puede provocar alteraciones fisiológicas importantes desencadenantes de diversas enfermedades. Debido a la práctica de ejercicio físico, se provoca un incremento en la producción de diferentes radicales libres. Esta producción, en ciertos niveles ejerce efectos positivos sobre las funciones inmunitarias del organismo, sobre el recambio tisular y la resistencia celular, e incluso sobre la propia contracción muscular (Fernández, Da Silva-Grigoletto, & Túnez-Fiñana, 2008).

Para que se den estos cambios fisiológicos, tienen que existir cambios tanto en la frecuencia como en la intensidad de la actividad física. En relación a ello, sabemos que en estas edades la población realiza menos actividad física que los jóvenes y adultos. Además, el tipo de actividad física de la población de mayores en general es de baja intensidad (andar, golf, actividades aeróbicas de bajo impacto, etc.) (Fornias, Rezende, Rey-lópez, Keihan, & Matsudo, 2014). Por ello, una continuada y planificada actividad física podría incrementar la esperanza de vida al mismo tiempo que mejoraría su calidad.

La evidencia sobre el impacto del entrenamiento físico en mayores contempla varias dimensiones del ejercicio. Estas son: el entrenamiento aeróbico, el entrenamiento de fuerza, el flexibilidad o amplitud de movimiento y el de equilibrio (Donnelly et al., 2009).

A través del entrenamiento aeróbico se pueden adoptar ajustes fisiológicos en personas sanas (aunque sedentarias) similares a los de los adolescentes, lo que hace incidir en la presión arterial, homeostasis de la sangre arterial y la propia activación muscular (Chodzko-Zajko et al., 2009). Por otro lado, el entrenamiento de fuerza conlleva ajustes neuromusculares y también cardiovasculares que parecen conllevar mejoras significativas en la salud de estas personas.

Al margen de las mejoras comentadas anteriormente, el ejercicio físico podría retrasar el deterioro cognitivo e incidir en la conservación de la inteligencia fluida de las personas mayores. De hecho, realizar ejercicio físico se ha relacionado con un envejecimiento cognitivo saludable (Franco Martin, Parra Vidales, Gonzalez Palau, Bernate Navarro, & Solis, 2013). Por ello, el ejercicio físico empieza a considerarse como un tratamiento no farmacológico que ayuda a prevenir y a mejorar el deterioro cognitivo.

Las causas por las que el ejercicio físico se presenta como una herramienta eficaz para paliar los efectos del deterioro cognitivo residen, principalmente, en su propia práctica, aportando un mayor flujo sanguíneo cerebral, una mayor estimulación de la neurogénesis y optimización de las interconexiones sinápticas. Así mismo,

favorece la regulación de neurotransmisores y la estimulación de la liberación de calcio, lo que puede hacer mejorar la función cognitiva. Además, parece incrementar la capacidad de reserva cognitiva cerebral, reducir la tasa de envejecimiento y disminuir el riesgo de desarrollo de enfermedades neurológicas, así como cualquier tipo de demencia (Franco Martin et al., 2013).

En cualquier caso, el deterioro cognitivo es un efecto presente en el ser humano, pero éste no es inalterable. Esta característica, junto a la plasticidad neuronal, permite hacer reversible el deterioro manifestado en estas edades (Erickson & Kramer, 2008). De esta forma, el ejercicio físico se ha convertido en una estrategia de efectos multidimensionales prometedora para la prevención de la cognición en el envejecimiento.

Por otra parte, la unión del trabajo físico junto al cognitivo cada vez adopta mayor importancia en mayores. Esta unión, también llamada entrenamiento de tarea doble, se convierte por tanto en una intervención multidimensional. De esta forma, realizar este tipo de terapias incide directamente en las redes prefrontales del cerebro, lo que hace dividir la atención y coordinar las acciones de forma más eficiente (Gregory et al., 2017).

Las mejoras en el entrenamiento a través de la tarea doble pueden ser notorias en la memoria, la cognición global e incluso logra reducir la activación en regiones del cerebro asociado con disfunciones en la memoria a corto plazo. Además, se han mostrado beneficios en la memoria y en las funciones ejecutivas (Gregory et al., 2017).

Por otra parte, podemos encontrar intervenciones donde desarrollan un programa de entrenamiento físico y de forma complementaria se realiza estimulación cognitiva en sesiones separadas. Este tipo de intervención, ha demostrado mejoras acciones de doble tarea durante la marcha pero no se encontraron mejoras en tareas simples (Tay, Lim, Chan, Ali, & Chong, 2016).

Así que se sugiere que la combinación del entrenamiento aeróbico con carga cognitiva añadida, ya sea en el mismo entrenamiento o de forma aislada, puede mejorar la salud cerebral en mayores saludables e incluso en personas con ciertos deterioros (Gill et al., 2016).

Otras de las posibilidades que podemos encontrarnos es la combinación de distintos suplementos y/o fármacos combinados con ejercicio físico para poder mejorar el rendimiento cognitivo. En esta caso, se ha visto cómo a través de la suplementación diaria con fosfatidilserina se puede mejorar el estado anímico, la función cognitiva, el rendimiento físico, la respuesta endocrina ante el estrés y disminuir el dolor después del ejercicio (Kingsley, 2006). En el estudio de Parker et al. (2011) se observa cómo tras una suplementación durante 14 días, se obtuvieron mejoras significativas en la función cognitiva antes un entrenamiento de fuerza de intensidad aguda. Según Jäger et al. (2007) estas mejoras se dan en la población mayor y no en jóvenes.

De igual forma, otras investigaciones han evaluado el efecto que produce la citicolina junto al ejercicio físico en la cognición. Ésta muestra efectos positivos en la recuperación neurológica ante un deterioro cognitivo. Además, este tratamiento parece ofrecer un efecto neuroprotector. Aunque estos resultados se obtuvieron en ratas, se sugiere que en la población adulta se pueden encontrar valores similares (Jacotte-Simancas et al., 2015).

Otra de la posible suplementación es el omega 3. Tras 12 semanas de entrenamiento de fuerza, se mejoró la función muscular en personas mayores sanas.

Además, se sugiere que la suplementación con omega 3 mantiene una fuerte correlación con el mantenimiento y funcionalidad muscular. Por lo tanto, esto hace

---

relevante esta suplementación, ya que además en personas mayores reduce el deterioro cognitivo (Molfino, Gioia, Fanelli, & Muscaritoli, 2014).

Los flavonoides son otros de los productos utilizados como suplementación para incrementar el rendimiento cognitivo. En el estudio de Lieselot et al. (2016), se observó cómo el entrenamiento de fuerza de forma aislada mejoró la velocidad de procesamiento de la información. Por el contrario, los flavonoides provocaron mejoras en el rendimiento cognitivo. Combinándose ambas estrategias (ejercicio físico y flavonoides, concretamente de cacao), se han llegado a observar mejoras cognitivas y un incremento del BDNF (factor neurotrófico derivado del cerebro). Este consumo puede conseguir una mayor oxigenación cerebral durante la tarea cognitiva planteada tras realizar ejercicio físico. Además, otro estudio sugiere que consumir flavonoides 5 veces al día influye en el rendimiento del córtex prefrontal dorsolateral, córtex parietal y cíngulo anterior (Francis, Head, Morris, & Macdonald, 2006).

### **2.3. LAS FUNCIONES EJECUTIVAS Y SU DEGRADACIÓN EN LAS PERSONAS MAYORES.**

Las funciones ejecutivas, también llamada control ejecutivo o control cognitivo, se refiere a un conjunto de procesos mentales que son necesarios cuando se requiere concentración y prestar la atención. Las funciones ejecutivas la conforman tres habilidades, siendo estas la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. Estas, debido a la función que desarrollan, se convierten en unas habilidades esenciales para la salud mental y física (Diamond, 2013). Por tanto, las consecuencias del envejecimiento en el rendimiento cognitivo se pueden ver asociadas con cambios en las funciones ejecutivas. Por ello, es importante conocer cómo las funciones ejecutivas sufren diversas alteraciones con la edad.

En la literatura científica, podemos encontrarnos varios tipos de clasificaciones para las funciones ejecutivas. Por ello, éste trabajo se basa en la clasificación aportada por Diamond (2013), la cual como se dijo anteriormente, va a englobar la inhibición, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. Otras clasificaciones tratan a la atención como una habilidad diferente. En este caso, ésta la trataremos como un elemento transversal a las nombradas anteriormente.

El control inhibitorio o también llamado inhibición comportamental, atención selectiva o inhibición cognitiva, se encarga de controlar la atención, la conducta, los pensamientos y/o las emociones con el fin de controlar la fuerte predisposición interna o el reclamo externo, con el fin de hacer la acción más apropiada o necesaria en cualquier ocasión.

Aunque algunos estudios indican que los diversos tipos de controles inhibitorios de la atención y la acción mantienen bases neuronales similares, otros muestran cómo pueden ser dissociables de igual forma. Esto es interesante, ya que sería importante conocer con exactitud qué patrón utiliza cada tipo de inhibición para poder corregir conductas.

En niños, el control inhibitorio es difícilmente controlable en estas edades debido a la falta de madurez y, por tanto, de la propia habilidad. Ésta va adquiriendo mayor desarrollo durante la adolescencia (Luna, 2009). Por ello, una correcta maduración en esta etapa, parece ser predictivo a lo largo de la vida, incluso en la adultez.

Sin embargo, es en el envejecimiento cuando el control inhibitorio sufre un importante deterioro. En estas edades se muestra una mayor mejoría bajo los estímulos mantenidos, pero menos o incluso ninguna ante la supresión de los estímulos que se ignoran. Además, se observa una pobre inhibición de las distracciones visuales (Darowski, Helder, Zacks, Hasher, & Hambrick, 2008) y auditiva

(Alain & Woods, 1999). Por tanto, se puede confirmar que existe un déficit importante en el control inhibitorio durante el envejecimiento.

Por su parte, la memoria de trabajo se encarga de mantener disponible cierta información y trabajar con ella (Baddeley & Hitch, 1994). Se puede diferenciar dos tipos de memoria de trabajo, la verbal y no verbal (visual-espacial) (Diamond, 2013).

En relación a este concepto, no se puede confundir con la memoria a corto plazo, ya que ésta sólo mantiene la información sin manipularla. Además, ambas operan a través de diferentes subsistemas neuronales. Por un lado, la memoria de trabajo depende más del córtex prefrontal dorsolateral, mientras que la memoria a corto plazo no necesita desarrollar esta zona (Eldreth et al., 2006).

Se debe destacar cómo la memoria de trabajo mantiene una relación con el control inhibitorio, ya que se apoyan una a otra y en pocas ocasiones se va a requerir una sin la ayuda de la otra. De esta forma, algunos estudios han demostrado que las mejoras en el desarrollo de la memoria de trabajo pueden desarrollar mejoras en la atención selectiva (Stedron et al. 2005). De igual forma, el control inhibitorio puede ayudar a tener una mejor memoria de trabajo.

El desarrollo de la memoria de trabajo se da desde los primeros años, ya que con pocos años se pueden mantener en la mente del niño varias cosas durante un tiempo prolongado. Sin embargo, mantener la información en la mente y realizar manipulaciones se trata de un proceso más lento y prolongado para desarrollar.

Al igual que pasa en el control inhibitorio, la memoria de trabajo se reduce durante el envejecimiento. Las mejoras en esta durante el desarrollo quedan muy relacionadas con la disminución en la velocidad de procesamiento cognitivo en el envejecimiento (Zimprich & Kurtz, 2013).

Por último, la flexibilidad cognitiva se basa en las otras dos habilidades y se desarrolla en edades posteriores del desarrollo (Garon, Bryson, & Smith, 2008). Ésta tiene la capacidad de cambiar la perspectiva espacial o interpersonal. Por ello, la flexibilidad cognitiva requiere y se basa en el control inhibitorio y en la memoria de trabajo.

Además, la flexibilidad cognitiva desarrolla cambios en la forma que pensamos sobre algo y también permite ser lo suficientemente flexible como para adaptarse a los cambios de las demandas o prioridades. Por ello, la flexibilidad cognitiva es lo opuesto a la rigidez, ya que va ligada al cambio de tareas y a la creatividad (Diamond, 2013).

Esta habilidad mejora durante el desarrollo del niño y disminuye durante el envejecimiento (Kray, 2006). En los mayores se disminuye la velocidad en estos cambios de tareas, existiendo una gran diferencia entre el cambio de tareas mixtas frente a tareas individuales, además de requerir más tiempo que los adolescentes (Cepeda, Kramer, & Gonzalez de Sather, 2001; Mayr & Liebscher, 2001).

#### **2.4. POTENCIACIÓN DE LAS FUNCIONES EJECUTIVAS A TRAVÉS DEL EJERCICIO FÍSICO.**

De acuerdo a un considerable nivel de evidencias, se puede afirmar que la actividad física produce efectos positivos en una serie de procesos cognitivos asociados al envejecimiento normal. De hecho, altos niveles de condición física quedan

relacionados con una función cognitiva. De esta forma, una buena condición física tiene un efecto selectivo en las funciones ejecutivas (Smiley-Oyen, Lowry, Francois, Kohut, & Ekkekakis, 2008). Además, existe una relación significativa entre los cambios

---

producidos durante un periodo de entrenamiento en la condición física y los cambios cognitivos (Davis et al., 2011).

Aun existiendo gran cantidad de investigaciones, los mecanismos que crean esta relación no están totalmente comprendidos. Una de las hipótesis existentes sugiere que la capacidad aeróbica, medida por el  $VO_2$  máx es el principal mediador fisiológico, el cual puede modular las funciones cognitivas (Etnier, Nowell, Landers, & Sibley, 2006). Además del tipo de ejercicio físico y su efecto en las funciones ejecutivas, se debe tener en cuenta las condiciones o estado de la persona que realiza dicha actividad. El córtex prefrontal y las funciones ejecutivas son los más afectados antes una situación de cansancio, estrés, soledad, falta de sueño o tener malestar físico. De igual forma, se muestran mejores funciones ejecutivas ante situaciones felices, tranquilas, físicamente en forma y con apoyo social (Diamond, 2013).

Según el metaanálisis de Smith et al. (2011) se sugiere que el entrenamiento aeróbico desarrolla modestas mejoras en la función neurocognitiva en mayores sanos, concretamente en las funciones ejecutivas. Además, no parece beneficiar a la memoria de trabajo, por lo que no queda claro por qué el ejercicio aeróbico no mejora esta habilidad y sí otras funciones cognitivas. En otro estudio, en el que se desarrollaron caminatas durante 6 meses con personas mayores sin demencia, se obtuvieron mejoras significativas a nivel cognitivo, especialmente en las funciones ejecutivas. Sin embargo, realizar simplemente ejercicios de amplitud de movimiento no aportó mejoras en dicha función (Kramer et al., 1997).

Al margen de lo anterior, otros estudios en los que se ha intervenido combinando el entrenamiento aeróbico y el de fuerza, han observado mayores mejoras en la atención y en la memoria de trabajo que con intervenciones basadas, exclusivamente en el entrenamiento aeróbico.

Tras el metaanálisis de Colcombe y Kramer (2003), se destaca que la combinación de programas aeróbicos junto a entrenamientos de fuerza tiene un efecto mayor en la cognición que el entrenamiento aeróbico de forma aislada. Por lo tanto, los entrenamientos aeróbicos pueden que no sean los que ofrezcan un efecto mayor en la cognición en mayores.

Además, el entrenamiento de fuerza puede mejorar la función neurocognitiva debido al aumento del factor de crecimiento similar a la insulina-1 (IGF-1), el cual ha sido relacionado como mediador en la relación del ejercicio y la neurocognición. De hecho, parece que el entrenamiento de fuerza aporta una estimulación que podría tener un efecto aditivo en la cognición al compararlo con el entrenamiento aeróbico (Colcombe & Kramer, 2003).

En el estudio de West (1996) se observa cómo tareas de velocidad cognitiva, espacialidad, control y las funciones ejecutivas se mejoran a través del entrenamiento aeróbico, siendo las funciones ejecutivas la que obtuvo mayor magnitud del efecto. De igual forma, otros estudios han obtenidos mejoras en la velocidad de procesamiento y en el control inhibitorio a través de un ejercicio aeróbico moderado (Kashihara, Maruyama, Murota, & Nakahara, 2009).

Se debe destacar el estudio de Scherder et (2010) donde se mide la fuerza del cuádriceps, ya que ésta queda relacionada con el nivel de capacidad aeróbica. Los resultados de este estudio muestran una relación entre la capacidad aeróbica y la fuerza con diferentes funciones ejecutivas. Se sugiere que la capacidad aeróbica se asocia con la inhibición, mientras que la fuerza del cuádriceps se relaciona con la atención y la memoria de trabajo. Además, el entrenamiento de fuerza junto con algunos ejercicios de equilibrio, logran mejorar el control inhibitorio en estas edades (Ahamed, Donaldson, Graf, & Liu-Ambrose, 2007). Según Anstey et al. (1993) tras examinar la relación entre la fuerza del cuádriceps y la inteligencia, se pudo observar

cómo existe una relación entre la fuerza de éste y el resultado en los test de inteligencia. Por tanto, parece que el mantenimiento de los niveles de fuerza ejercida por los cuádriceps actúa como un predictor de las funciones ejecutivas.

En niños, la práctica de artes marciales (Lakes & Hoyt, 2004) y yoga (Manjunath & Telles, 2001), donde además de la fuerza y la capacidad aeróbica, se trabaja la concentración y la relajación, parece generar mayores beneficios en las funciones ejecutivas en comparación con la práctica habitual de ejercicio físico. Aunque estos estudios fueron realizados con niños y no con mayores, se sugiere que al realizar simplemente ejercicio aeróbico o entrenamiento de fuerza, quizás no se obtengan más beneficios en niños que en mayores en las funciones ejecutivas (Diamond, 2015).

Posiblemente, después de los 60 años las funciones ejecutivas no consigan obtener beneficios con el ejercicio aeróbico (Kramer et al., 1997). Por el contrario, tras un programa donde se incluyó ejercicio aeróbico, fuerza, coordinación óculo-manual y óculo-pedal con una población mayor de 70 años, se logró encontrar beneficios en las funciones ejecutivas (Williams & Lord, 1997). De igual forma, según el estudio de Forte et al. (2013), se sugiere que desarrollar actividades que impliquen coordinación, equilibrio y agilidad permiten mejorar la cognición independientemente de la capacidad aeróbica. Por tanto, incluir actividades de coordinación en los programas de ejercicio físico pueda tener efectos positivos en las funciones ejecutivas (Diamond, 2015), aunque no existen bastantes estudios que comparen el efecto del trabajo aeróbico, fuerza y equilibrio en dichas funciones.

Un estudio posterior a esta revisión, muestra como el entrenamiento de fuerza durante 6 meses con mayores, indica mejoras en el rendimiento de la memoria y en la formación de conceptos verbales (Cassilhas et al., 2007).

A esto le siguen otros estudios, para poder concretar el efecto del entrenamiento de fuerza en las funciones ejecutivas. Según Fallah et al. (2013), tras realizar una intervención con mujeres mayores sin demencia, se observa cómo con el entrenamiento de fuerza se obtienen mejoras en la atención selectiva y en la resolución de conflictos comparado con un entrenamiento de tonificación y equilibrio. Por tanto, se plantea la posibilidad de que a través del entrenamiento de fuerza se pueda incidir en mayor medida en la cognición de mayores sin deterioro cognitivo.

En este sentido, son varios los estudios donde se comprueba cómo este tipo de entrenamiento influye de forma positiva en la cognición de los mayores, concretamente en las funciones ejecutivas (Coelho et al., 2013; Suzuki et al., 2012). Además, parece que estas mejoras son mantenidas en el tiempo tras finalizar el periodo de entrenamiento. Según Gregory et al. (2017), tras un entrenamiento de tarea doble con ejercicio aeróbico en personas mayores sin demencia, se logró mejorar las funciones ejecutivas y estas mejoras se mantuvieron durante otras 26 semanas.

### **3. PROBLEMA Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

#### **3.1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.**

El proceso de envejecimiento trae consigo varias alteraciones en el ser humano. De entre ellas se encuentra el deterioro cognitivo. Para poder prevenir estas alteraciones existen estrategias como las terapias farmacológicas y las no farmacológicas. Dentro de estas últimas, podemos diferenciar la nutrición, las terapias psicoeducativas y por último el ejercicio físico. De este último, el ejercicio aeróbico ha sido el más investigado en la influencia en el deterioro cognitivo. Sin embargo, queda por aclarar si otro tipo de ejercicio puede tener efectos similares e incluso superiores. En este sentido se plantea el siguiente problema de investigación.

El entrenamiento para la mejora de la fuerza muscular, ¿produce beneficios sobre las funciones ejecutivas en personas mayores sin deterioro cognitivo?

#### **3.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.**

##### **3.2.1. Objetivo general.**

-Determinar si la realización de programas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular produce mejoras en las funciones ejecutivas de personas mayores de 65 años y que no presentan deterioro cognitivo.

##### **3.2.2. Objetivos específicos.**

-Definir los efectos de programas de entrenamiento de la fuerza muscular sobre el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva en personas mayores sin alteraciones cognitivas.

-Describir las principales características de estos programas identificando aquellas que pueden ser más relevantes en las mejoras de las funciones ejecutivas en este tipo de población.

## 4. METODOLOGÍA

### 4.1. PROTOCOLO Y REGISTROS.

Para la realización de esta revisión sistemática, especialmente en lo que a metodología y resultados se refiere, se ha utilizado como protocolo de referencia la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic review and Meta-analyses), que actualiza la declaración QUORUM para los trabajos de revisión sistemática. En PRISMA se concreta cada uno de los veintisiete ítems propuestos además de cómo debe ser el proceso a llevar a cabo (Urrútia & Bonfill, 2010).

### 4.2. CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD.

Para la obtención de los resultados se consideran una serie de requisitos para incluir o excluir los artículos que se realizó de todos los artículos resultantes en la primera búsqueda. Para los criterios de elegibilidad se tuvieron en cuenta criterios de inclusión y exclusión.

Los criterios de inclusión fueron:

- a) Todos los artículos debían ser regidos mediante un diseño controlado y aleatorizado.
- b) La población de estudio debía ser de más de 65 años de edad sin demencia.
- c) La intervención debía incluir un programa específico de entrenamiento de la fuerza muscular.
- d) El grupo control no debía hacer ningún tipo de terapia.
- e) La duración del tratamiento debía tener una duración mínima de 12 semanas.

Por otra parte, los criterios de exclusión que se tuvieron en cuenta para la elegibilidad de los artículos fueron:

- a) No se debía registrar ninguno de los siguientes eventos durante el tratamiento: mortalidad, no especificar si los sujetos padecen deterioro cognitivo o cualquier tipo de demencia tanto al inicio como a lo largo del estudio.
- b) La aplicación de un programa de fuerza combinado con otro tipo de entrenamiento o terapia en la intervención.
- c) Incluye a personas con trastornos mentales o que estén sometidos a tratamientos farmacológicos que puedan afectar a la cognición.

Teniendo todas estas variables para la elegibilidad de los artículos, se elaboró un “*Check-list*”, siendo la herramienta con la que se valoró la inclusión o exclusión de los estudios. En el caso de que algún artículo cumpliera todos puntos de inclusión, se incluiría en la revisión, mientras que aquellos que no respondieran a los criterios de forma afirmativa, serían excluidos.

También se deberá detallar en el *Check-List* en qué nivel de selección fue excluido el artículo, si solo con leer el título, el resumen o el texto completo. Para evaluar la calidad de los artículos incluidos y establecer el riesgo de sesgo a considerar, se utilizó

la escala PEDro, que evalúa los artículos con una puntuación entre 0 y 10, resultantes de un total de 11 ítems.

<p><b>Nivel de selección (marcar donde aplique):</b></p> <p>Título _____ Resumen _____ Texto _____</p> <p><b>Criterios de selección:</b></p> <p><b>Sujetos participantes.</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>1. ¿Se incluye como sujetos a personas mayores (más de 65)? SI/NO</li><li>2. ¿Se estudia a sujetos sin deterioro cognitivo leve o demencia? SI/No</li></ol> <p><b>Intervención</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>3. ¿Recibió al menos uno de los grupos de ejercicio físico un programa de fuerza (más de 12 semanas o 24 sesiones)? SI/NO</li><li>4. ¿La intervención se basa exclusivamente en el desarrollo de un entrenamiento de fuerza? SI/No</li></ol> <p><b>Control</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>5. ¿Quedan exentos de algún tipo de tratamiento? SI/NO</li></ol> <p><b>Variables</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>6. ¿Se evalúa como mínimo una de estas tres funciones ejecutivas: ¿Control inhibitorio, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva?</li></ol> <p><b>Diseño</b></p> <ol style="list-style-type: none"><li>7. ¿Es un ensayo clínico aleatorizado? SI/NO</li></ol> <p>ACCIÓN (Incluir SÓLO en el caso de que la respuesta a TODAS las anteriores hayan sido "si"):</p> <p>Incluir ___ Excluir ___ Dudoso ___</p>
---

**Figura 1. "Check-List". Hoja de control en el proceso de selección de los artículos para su posterior revisión. Elaboración propia.**

Las búsquedas de artículos fueron realizadas por dos investigadores de forma independiente hasta el primer cribado, con la finalidad de que se dieran diferencias en el resultado de la búsqueda inicial. A partir del primer nivel, se excluyeron los artículos no válidos y se incluyeron aquellos que cumplían los requisitos del “*Check-List*”, analizando título, resumen y/o texto completo.

#### 4.3. FUENTES DE INFORMACIÓN.

La búsqueda de artículos se efectuó en las siguientes bases de datos electrónicas:

1. **PubMed:** La base de datos está formada por más de 27 millones de artículos de la literatura biomédica pertenecientes a MEDLINE, revistas de ciencias de la salud y libros virtuales. Las citas además incluyen de links de texto completo de PubMed Central y otras publicaciones.
2. **SportDiscus:** es una base de datos online que acumula un gran número de artículos relacionados con el deporte y estudios de medicina del deporte, que proveen a los investigadores de textos completos de diferentes revistas. Es una herramienta esencial para los profesionales de la salud, estudiantes e investigadores que buscan sobre temas relacionados con la salud, el deporte y la condición física.
3. **Web of Science (WOS):** es una base de datos online que recoge numerosos artículos científicos de muchas de las ramas del conocimiento: salud, tecnológico, humanístico, deportivo, sociológico, entre otros, desde 1945, que sirven de apoyo para todos aquellos investigadores que quieren mantenerse al corriente de todos los avances realizados por la comunidad científica y tecnológica.
4. **Cochrane:** es una base de datos que destaca por los numerosos estudios que tienen un diseño aleatorizado y controlado (RCTs) de alta calidad, suponiendo así una herramienta esencial para minimizar los sesgos para los investigadores y estudiantes que buscan estos tipos de trabajos.

#### 4.4. ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDA.

Se utilizaron diversas estrategias adaptadas a cada una de las bases de datos en la cual se realizó la búsqueda, pero utilizando siempre las mismas palabras clave, los mismos filtros sobre el idioma (se tuvo en cuenta artículos en inglés) y el mismo periodo de publicación (entre 2006-2016).

En los códigos de búsqueda se incluyeron como palabras claves los términos “*strength*” y “*executive function*” con el marcador booleano *AND* Además, con cada

palabra clave se introdujeron otros términos sinónimos o íntimamente relacionados con ellos, donde se conectaba con ellos el marcador booleano OR se cerraba entre paréntesis.

Se utilizaron los siguientes códigos de búsqueda para las siguientes bases de datos:

#### **Cochrane y SportDiscus:**

(strength OR "muscle strength" OR "strength training" OR "resistance training" OR "weight-bearing exercise program" OR "weight-bearing strengthening program" OR "weight lifting training" OR "weight lifting exercise program" OR "weight lifting strengthening program" OR "weight training" OR "resistance bands" OR "isometric exercise" OR "isometric training" OR "functional training" OR "strength exercise" OR "isotonic exercise" OR "isotonic training") AND ("executive function" OR "executive functions" OR "executive control" OR "executive functioning" OR "cognitive function" OR "cognitive functions" OR "mental flexibility" OR "cognitive flexibility" OR "inhibitory control" OR "working memory")

#### **Pubmed y WOS:**

(strength [TITLE] OR "muscle strength" [TITLE] OR "strength training" [TITLE] OR "resistance training" [TITLE] OR "weight-bearing exercise program" [TITLE] OR "weight-bearing strengthening program" [TITLE] OR "weight lifting training" [TITLE] OR "weight lifting exercise program" [TITLE] OR "weight lifting strengthening program" [TITLE] OR "weight training" [TITLE] OR "resistance bands" [TITLE] OR "isometric exercise" [TITLE] OR "isometric training" [TITLE] OR "functional training" [TITLE] OR "strength exercise" [TITLE] OR "isotonic exercise" [TITLE] OR "isotonic training" [TITLE]) AND ("executive function" [TITLE] OR "executive functions" [TITLE] OR "executive control" [TITLE] OR "executive functioning" [TITLE] OR "cognitive function" [TITLE] OR "cognitive functions" [TITLE] OR "mental flexibility" [TITLE] OR "cognitive flexibility" [TITLE] OR "inhibitory control" [TITLE] OR "working memory" [TITLE])

#### **4.5. PROCESO DE EXTRACCIÓN DE DATOS.**

Tras realizar la búsqueda con los filtros y los códigos de búsqueda en cada una de las bases de datos, se realizó una importación de todas las citas encontradas a un gestor electrónico de bibliografías (Mendeley) con el objetivo de trabajar todas las referencias de forma unificada con una misma herramienta.

Después de importar todas las citas, se eliminó de forma automática todos los artículos que hubo duplicados. A partir de este punto, el proceso de selección continuó utilizando el *Check-list* elaborado ad-hoc.

## 5. RESULTADOS

En general, se identificó un total de 64 publicaciones (Figura 1). De estas, 17 fueron eliminadas por aparecer de forma duplicada, y de las restantes se excluyeron 41 artículos una vez pasados los criterios de inclusión recogidos en el “*CheckList*”, restando un total de 6 artículos, los cuales fueron finalmente elegidos para su inclusión en esta revisión.

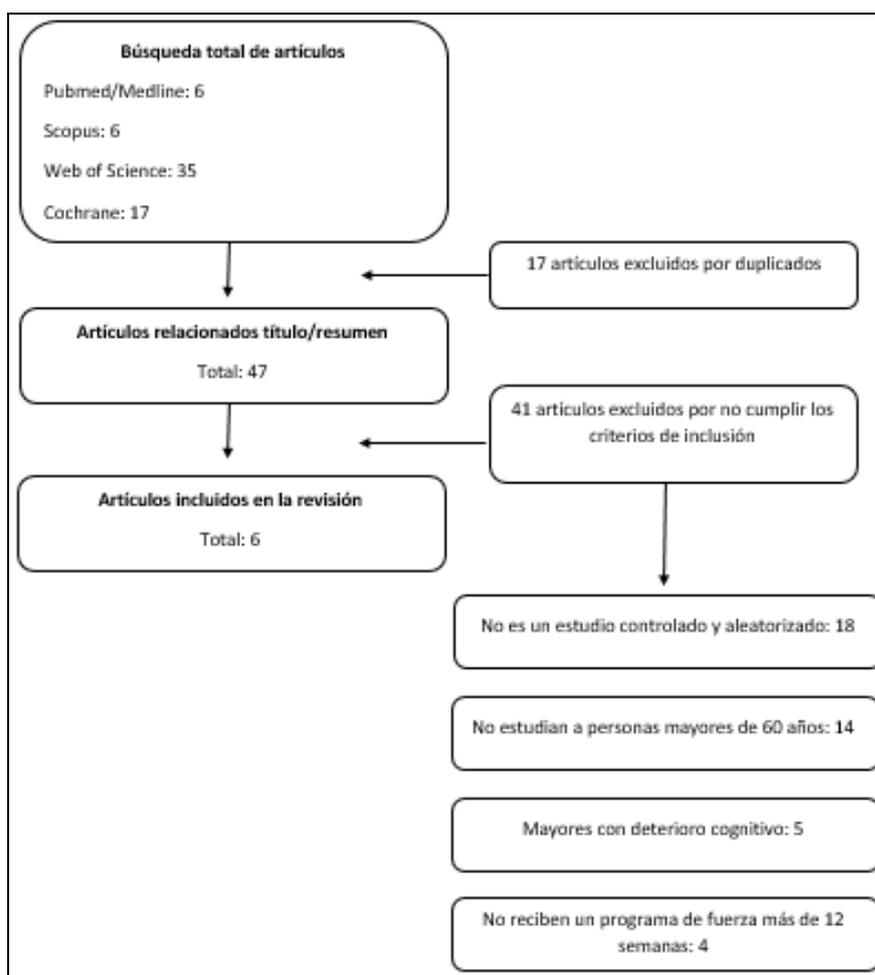


Figura 2: Proceso de búsqueda.

### Población y edad:

Las poblaciones estudiadas en esta revisión cumplieron el criterio de inclusión al ser mayores de 65 años, siendo el rango de edad estudiado de 69.5 a 89 años. Se debe destacar que tres de los estudios (Fallah et al., 2013; Liu-Ambrose et al., 2008; Powers, Fort, Di Brezzo, & Shadden, 2008) utilizaron mujeres en su totalidad como muestra de los mismos. Además, cabe destacar el estudio de Liu-Ambrose (2008) en el que se estudia una población de mayores que han sufrido una caída. Por tanto, la respuesta cognitiva ante este tipo de accidentes frecuentes en estas edades, se debe tener en consideración.

Referencia	Población	Tamaño muestral (M/F)	Edad, Años, Media (SD) [Rango]	Intervención		PEDro	Resultados medidos		Principales resultados
				Descripción	Duración (Meses)		Fuerza	Funciones Ejecutivas	
Liu-Ambrose (2008)	Mayores que han sufrido alguna caída.	59 (18/41)	82.2 (6.3)	Programa de entrenamiento Otago. (ER, FR, AC, FT, DT) -2 días/semana.	6 meses programa. 6 meses seguimiento	7	Fuerza del cuádriceps dominante.	-Set Shifting (TMT Parte B) -WM (The verbal backward test) -Respuesta inhibitoria (SCWT)	El OEP no mejoró la movilidad funcional (p=0.33). Hubo cambios significativos entre grupo en la respuesta inhibitoria en SCWT (p=0.05).
Powers (2008)	Mujeres mayores saludables sin deterioro cognitivo.	50	[77-91]	EXP EF al 80% del máximo. CON mismo entrenamiento sin carga externa.	12 semanas	6		Subescala de la FE del test rápido lingüístico cognitivo.	La FE mejoró en EXP (d=0.51) y en el CON (d=0.27). Estos resultados no fueron significativos.
Liu-Ambrose (2010)	Mujeres mayores independientes.	155	69.6 (2.9)	EF progresivo. 1 EF/semana. 2 EF/semana CON: Equilibrio	12 meses	7	Fuerza isotónica del cuádriceps (1RM) y potencia muscular máxima.	-Atención selectiva (Stroop test) y control inhibitorio -Set shifting (TMT parte A y B) -WM (Verbal digit span forward and backward test)	Ambos grupos de EF mejoraron significativamente su rendimiento en "Stroop test" comparado con CON p=0.03. Las tareas de rendimiento mejoraron en un 12.6% y 10.9% respectivamente en 1/semana y 2/semana EF a la semana.
Kimura (2010)	Residentes mayores de 65 años.	119 (49/70)	Control (75.2) (6.3) Entrenamiento 73.6 (4.7)	EF progresivo CON: Educación saludable.	3 meses.	4		Task-switching test	El grupo de entrenamiento obtuvo mejoras significativas en "salud mental" en el SF-36. Mejoras post en flexibilidad cognitiva pero no significativas.
Fallah (2013)	Mujeres de una comunidad de viviendas.	155	69.6±2.9	EF dirigido. 1 EF/semana. 2 EF/semana CON: Equilibrio	52 semanas	6		-Atención selectiva y control inhibitorio (Stroop Test) -Set shifting (TMT) -WM (Verbal digits forward and backward test)	1 EF/Semana y 2 EF/semana tuvieron resultados significativos en el "Stroop test" (49.1%) versus al CON. EF tuvo efectos significativos en la atención selectiva y en el control inhibitorio.
Smith (2013)	Mayores de 75 años.		75 años	EF alta velocidad EF baja velocidad	1 año	6		FE (Subscale of the Cognitive Linguistic Quick Test). Función cognitiva (TMT)	No diferencias significativas entre grupos y tiempo en relación al TMT y FE. El EF a alta velocidad tuvo un efecto mayor en la FE (d = -0.997).

**Tabla 1: Resultados de los artículos seleccionados.**

TMT, Trail Making Test; ER, Extensión de rodilla; FR, Flexor de rodilla; AC, Abducción de cadera; FT, Flexor plantar de tobillo; DT, Dorsiflexión de tobillo; WM, Working Memory; SCWT, Stroop Color-Word Test; OEP, Programa de ejercicios Otago; EF, Entrenamiento de fuerza; CON, Grupo control; FE, Funciones Ejecutivas; RM, Repetición Máxima; d, tamaño del efecto según Coehn 1988; CON, Grupo Control; EX, Grupo Experimental

Además, en todos los estudios las poblaciones no padecían ningún tipo de deterioro cognitivo. Para poder detectarlo, la mayoría de los estudios utilizaron el Test Mini-Mental (Folstein, 2001) para excluir a todas las personas que tuvieran una puntuación final menor o igual a 23.

Por otro lado, el tamaño muestral en todos los artículos incluidos ha oscilado entre 50 y 155 personas. Como comentamos anteriormente, del total de los artículos incluidos, tres de ellos realizaron la intervención a mujeres. Además, en el resto de estudios se observa una mayor proporción de mujeres que de hombres. Esto es algo a destacar ya que algunos estudios (Vega Alonso et al., 2016) informan de una mayor incidencia del deterioro cognitivo en mujeres que en hombres.

#### Intervención basada en el entrenamiento de fuerza:

Tan solo 4 estudios realizaron un entrenamiento exclusivo de fuerza. Los otros dos estudios contemplaban en gran parte de la sesión el entrenamiento de fuerza y una parte final donde trabajaban el equilibrio. En el estudio de Liu-Ambrose et al. (2008) en el que se aplicó el programa Otawo, se pretendía prevenir futuras acciones de riesgo en una población mayor que habían sufrido una caída. Por otro lado, en el trabajo de Kimura (2010) no se centraban en la prevención de caídas sino en la búsqueda de la funcionalidad de los mayores.

Los programas de entrenamiento objeto de revisión han tenido una duración entre 3 meses y 1 año, presentando frecuencias de 1 ó 2 sesiones semanales. En aquellos que desarrollaron una duración superior a 3 meses, se han obtenido mejoras significativas en la influencia sobre las funciones ejecutivas, sin embargo en los dos estudios con duración de tres meses (Kimura et al., 2010a; Powers et al., 2008) se obtuvieron mejoras con tendencia a la significancia pero sin llegar a lograrlo. Por tanto, quizás los programas de entrenamiento deben tener una duración mayor a 3 meses

Fallah (2013) realiza la diferenciación entre 1 y 2 entrenamientos a la semana, obteniendo que ambas frecuencias de entrenamiento logran incidir en las funciones ejecutivas, concretamente en la flexibilidad cognitiva y el control inhibitorio. Además, Liu-Ambrose (2010) encuentra mejoras de 12.6% y 10.9% con frecuencias de entrenamiento de 1 y 2 días a la semana, respectivamente. En cualquier caso, no se conoce con exactitud qué factor, duración o frecuencia, es más preciso en la mejora de las funciones ejecutivas, siendo necesario que nuevas investigaciones aclaren esta circunstancia.

Todos los programas de fuerza mantenían una estructura progresiva e individualizada en la carga aplicada (intensidad) para así incrementar el estímulo del entrenamiento. Fallah (2013) utilizó la metodología de 7RM cuando se completaban dos series de 6-8 repeticiones de forma adecuada y sin molestias. Otra de las metodologías utilizadas fue la de trabajar al 80% del máximo de cada participante (Powers et al., 2008).

Respecto a los tipos de ejercicios, todas las intervenciones realizaban una diferenciación entre miembros inferiores y superiores. Los ejercicios más repetidos incidían en los músculos flexores y extensores de la rodilla, abductores de la cadera, flexores y extensores del codo. Algunas investigaciones incidían en el trabajo de tobillo mediante dorsiflexión y flexo plantar de tobillo para actuar en la prevención de caídas (Liu-Ambrose et al., 2008); además Fallah (2013) introduce de forma complementaria ejercicios multiarticulares como mini sentadillas y mini zancadas.

Por último, destacar que realizar los ejercicios a alta velocidad, puede tener un efecto mayor en las funciones ejecutivas que realizar movimientos a baja velocidad,

por ejemplo cuando se acentúa la fase concéntrica durante 2-3 segundos (Smith, Hamill, Sadowsky, Powers, & Gray, 2013).

#### Medición de los principales efectos:

Aunque no forma parte de los objetivos planteados en la presente investigación, cabe destacar que únicamente dos trabajos incluyeron una evaluación de la fuerza muscular (Liu-Ambrose et al., 2008, 2010a).

- Funciones ejecutivas:

Todos los estudios analizados se han centrado en la evaluación de las funciones ejecutivas. Como destaca Diamond (2015) dentro de las funciones ejecutivas se puede diferenciar la flexibilidad cognitiva, la memoria de trabajo o el control inhibitorio.

Dos de los estudios (Fallah et al., 2013; Powers et al., 2008) han utilizado la subescala de las funciones ejecutivas del test rápido lingüístico cognitivo. Por su parte Kimura (2010) utilizó el test “Task-switching test” para evaluar la flexibilidad cognitiva. El resto de trabajos han utilizado diferentes test para evaluar cada elemento de las funciones ejecutivas.

Así que, para la flexibilidad cognitiva han utilizado principalmente el test “Trail Making Test” parte B. Solo un trabajo utilizó para esta medida la parte A y B (Liu-Ambrose et al., 2010a).

Para medir la memoria de trabajo se ha utilizado principalmente el test “Verbal digit span forward and backward test”.

Y por último para medir la inhibición, concretamente la atención selectiva y el control inhibitorio, se utilizó el “Stroop test” (Tabla 1).

#### Calidad de los estudios revisados:

La calidad metodológica de cada ensayo fue evaluada utilizando los 11 puntos de la escala PEDro. Cada ítem de la escala que el ensayo integra (excepto el 1, que evalúa la validez externa y no se incluye en la puntuación final) contribuye un punto de la puntuación final. El 0 representa una baja puntuación y el 10 una alta puntuación.

De nuestros ensayos, destacar que solo un artículo, con una puntuación de 7, contempló una fase de seguimiento (Liu-Ambrose et al., 2008). A pesar de ello, incluir esta fase en los estudios es relevante, ya que podemos conocer cuál es el efecto residual de estos entrenamientos en las funciones ejecutivas. Todos los artículos restantes tienen una puntuación de 6, a excepción de Kimura (2010) con 4 (Tabla 1).

Por tanto, podemos decir que la calidad metodológica de estos artículos incluidos moderada. Para futuras investigaciones, se debería incluir la fase de seguimiento para entender en mayor profundidad la duración de los cambios producidos en las funciones ejecutivas.

Síntesis de los principales resultados:

Tras la revisión de los seis artículos seleccionados, se puede constatar, de forma general, que el entrenamiento de fuerza consigue influir positivamente en las funciones ejecutivas. Teniendo en cuenta los estudios incluidos, se puede decir que el control inhibitorio (Fallah et al., 2013; Liu-Ambrose et al., 2008, 2010a) es la dimensión más beneficiada tras un programa de entrenamiento de fuerza en comparación con la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. Esta capacidad tuvo notables mejoras en los dos estudios que aplicaron el entrenamiento de fuerza 1 y 2 veces a la semana (Tabla 1).

La memoria de trabajo consigue obtener mejoras tras varios estudios, pero sin llegar a ser significativos. Por lo tanto, se plantea si esta capacidad no es modificable con este tipo de entrenamiento o son otras variables como el tipo de manifestación de fuerza, tipo de carga, estímulos a la semana, etc; las que hace que esta no quede modificada de forma significativa. Por lo tanto, se requiere más investigación para poder conocer la manera de incidir en la misma a través del entrenamiento de fuerza.

Por último, la flexibilidad cognitiva solo tuvo mejoras significativa en el estudio de Fallah (2013), por lo que es una capacidad que a través de los programas de entrenamiento de fuerza puede ser modificable. Aun así, se debe profundizar para que este tipo de entrenamiento sea más eficaz en esta capacidad.

## 6. DISCUSIÓN

Esta revisión sistemática trata sobre los efectos del entrenamiento de fuerza sobre los componentes de las funciones ejecutivas en mayores sin deterioro cognitivo. Con ella se pretende dar un enfoque más profundo y específico sobre el efecto de la actividad física en el ámbito cognitivo. Si bien la mayoría de las intervenciones se basan en la aplicación de ejercicio aeróbico, son pocos los estudios que intentan explicar las consecuencias del entrenamiento de fuerza en las funciones ejecutivas. Por ello, nos encontramos con una revisión actualizada y novedosa, ya que pretende aportar nuevas estrategias para la prevención del deterioro cognitivo y la demencia en estas edades.

Como cualquier trabajo de esta naturaleza se requiere de un exigente y sistematizado proceso, ya que, una vez realizada la búsqueda en bases de datos de rigor científico, se ha procedido a escoger solo ensayos clínicos controlados que cumplieran los criterios de inclusión y exclusión seleccionados previamente. Esta rigurosidad, necesaria para definir evidencia científica, ha limitado el número de artículos a considerar, lo cual también indica que son necesarias más investigaciones bajo diseños experimentales en este campo.

Al margen de los consabidos beneficios del ejercicio físico como herramienta preventiva y terapéutica en casi una treintena de enfermedades psíquicas y somáticas (Pedersen & Saltin, 2015), en los últimos diez años el efecto de la actividad física en el aspecto cognitivo como prevención y como terapia ha sido extensamente estudiado, sin embargo, los mecanismos subyacentes en la relación dosis-respuesta son aún pocos conocidos (Bherer, Erickson, & Liu-Ambrose, 2013).

De una forma más concreta y en lo que a las funciones ejecutivas se refiere, el ejercicio físico se ha mostrado como una terapia eficaz para incidir positivamente en ésta tanto en niños, adolescentes y mayores, llegando incluso a retardar el envejecimiento del área prefrontal cerebral (Audiffren & Andre, 2015).

Por tanto, y cerca de confirmar la hipótesis por la que se otorgan efectos significativos de la práctica de actividad física sobre las funciones ejecutivas, existe una escasez de estudios cuyas intervenciones impliquen, de forma exclusiva, el trabajo de fuerza y/o resistencia muscular. Esto se debe mayoritariamente a que los ejercicios de fuerza han sido considerados como complementarios a ejercicios aeróbicos en programas de entrenamiento utilizados como intervención. De esta forma, poco se sabe sobre los distintos efectos de los ejercicios aeróbicos y de fuerza en las funciones ejecutivas (Rodrigues Alves et al., 2012).

Por todo ello, en esta revisión se ha tratado de dar cabida al entrenamiento de fuerza en los componentes de las funciones ejecutivas definidos por Diamond (2015). A continuación, abordaremos el efecto de este entrenamiento en cada una de las funciones ejecutivas.

- Control inhibitorio.

Teniendo en cuenta los estudios incluidos, se puede decir que esta dimensión es la más beneficiada tras un programa de entrenamiento de fuerza en comparación con la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva (Fallah et al., 2013; Liu-Ambrose et al., 2008, 2010) (Tabla1).

Según los resultados de Liu-Ambrose et al. (2010) se sugiere que el efecto del entrenamiento de fuerza hacia las funciones ejecutivas es selectiva, es decir, las diversas funciones cognitivas pueden tener diferentes cambios con dicho entrenamiento. Esto es debido a que, tras un programa de fuerza desarrollado durante 12 meses, tan solo se obtuvo mejoras significativas en la atención selectiva y el control inhibitorio en mujeres mayores. Al margen de ello, y en un estudio anterior, estos mismos autores comprobaron que un programa de fuerza consiguió beneficios de un 12,8% en la respuesta inhibitoria, siendo este un resultado significativo (Liu-Ambrose et al., 2008).

La expresión de tales efectos al comparar estos datos, podemos ver cómo las funciones ejecutivas, concretamente el control inhibitorio, podría mejorar en parte la función cognitiva a través de diversos cambios a nivel estructural y funcional. Estas mejoras pueden ser debida al incremento de los niveles circulantes de IGF-1 y homocisteína resultante del entrenamiento de fuerza. Esto cobra un importante valor ya que el IGF-1 promueve el crecimiento neuronal, su supervivencia y diferenciación, potenciando una mejora del rendimiento cognitivo (Liu-Ambrose et al., 2008)

Mediante otros estudios, podemos ver de igual forma esta influencia a través del entrenamiento de fuerza. Por ejemplo, se pudo observar en hombres de 65 a 75 años tras un programa de entrenamiento cómo los niveles séricos de IGF-1 fueron más altos en los grupos de entrenamiento de fuerza en comparación al grupo control (Cassilhas et al., 2007).

Hay que tener en cuenta que elevados niveles séricos de homocisteína se han asociado con una disminución en el rendimiento cognitivo, enfermedad de Alzheimer y lesiones de la sustancia blanca cerebral. Sin embargo, en el estudio de Liu-Ambrose et al. (2010) se observó cómo este entrenamiento tuvo en su población una pequeña pero significativa reducción del volumen cerebral en ambos grupos de fuerza, los cuales realizaban el entrenamiento 1 ó 2 veces por semana. Llama la atención como aun existiendo esta reducción del volumen cerebral, se mejoraron las puntuaciones en el control inhibitorio al final de la intervención.

Además de estos cambios fisiológicos y estructurales, podemos encontrar modificaciones a nivel conductual. Por ejemplo, en el estudio de Fallah et al. (2013), tras evaluar la atención selectiva y el control inhibitorio en mujeres mayores saludables, se comprobó como el entrenamiento de fuerza tuvo efectos significativos en el tiempo de reacción en el Stroop test.

Esto sugiere que la prevención del deterioro cognitivo es posible a través de estrategias preventivas como buenos hábitos saludables, alimentación y actividad física. Al conseguir mejoras en las funciones ejecutivas, se sugiere que es posible conseguir mayor adherencia y comportamiento hacia buenos hábitos saludables (Fallah et al., 2013).

Si bien es cierto que la fuerza puede influir en el control inhibitorio, podemos ver cómo el desarrollado por Smith et al. (2013) no se encontraron diferencias significativas tras aplicar el Trail Making Test parte A y B para ver la influencia sobre las funciones ejecutivas. Este estudio tuvo una duración de 12 semanas y lo conformaba un grupo que realizaba los ejercicios de fuerza a baja velocidad y el restante a alta velocidad y otro grupo control. El grupo de intervención obtuvo un mayor beneficio en las funciones ejecutivas y un pequeño efecto para las mejoras en las diferencias en el Trail Making Test. Cabría preguntarse si estos resultados llegarían a ser significativos si el periodo de entrenamiento tuviera mayor duración.

- Memoria de trabajo.

Varios estudios de los aquí incluidos mostraron mejoras, pero sin llegar a ser significativas en su mayoría. En el estudio de Liu-Ambrose et al. (2008) se observa que tras una intervención de 6 meses el control inhibitorio obtuvo mejoras significativas pero la memoria de trabajo solo incrementó en un 2.6% y comparado con el grupo control este mejoró en un 9.7%. En el estudio desarrollado posteriormente por estos mismos autores, se observa cómo la habilidad cognitiva relacionada con la manipulación de la información verbal en la memoria de trabajo no obtiene cambios relevantes tras un programa de fuerza durante 12 meses.

Por otra parte, según el estudio de Cassilhas et al (2007) que consistía en 24 semanas con dos grupos realizando ejercicios de fuerza al 50% y al 80% de 1RM respectivamente si se encontraron diferencias significativas en la memoria de trabajo espacial. Mientras tanto, al comparar ambos grupos no se encontraron diferencias, por lo que esto demuestra que ambas intensidades contribuyen de igual forma a este componente de la función cognitiva.

Paralelamente, en este estudio se pudo también comprobar que el ejercicio a una intensidad moderada es más efectivo que el de alta intensidad para mejorar el estado de ánimo en estas edades. Vinculado a esto último, existe una relación entre el estado de ánimo con ciertos aspectos de las funciones ejecutivas en personas mayores, por lo que al mejorar el estado de ánimo por efecto mejora la función cognitiva.

En relación a lo anterior, el entrenamiento de fuerza se asocia con ciertos mecanismos que impactan de forma positiva en las funciones ejecutivas. Por ejemplo, un mejor riego sanguíneo en el cerebro provoca una serie de alteraciones hemodinámicas que mejoran el transporte de nutrientes y oxígeno a ciertas estructuras del sistema nervioso central relacionadas con el aprendizaje y la memoria, mejorando así las funciones ejecutivas. Además el incremento de la viscosidad sanguínea fue relacionado de forma negativa con el rendimiento cognitivo, por lo que una mayor viscosidad de la sangre contribuye a un deterioro cognitivo y una reducción de la perfusión cerebral (Cassilhas et al., 2007).

De igual forma, como comentamos en el punto destinado al control inhibitorio, la concentración de IGF-1 incide de igual forma en la memoria de trabajo. El rendimiento en las pruebas destinadas a evaluar la memoria de trabajo aumenta con el entrenamiento de fuerza debido, entre otros factores, al papel del IGF-1 en el SNC, una vez cruzada la barrera hematoencefálica (Trejo, Carro, & Torres-Aleman, 2001). Al mismo tiempo, el IGF-1 realiza una modulación en el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF). Esto es de relevancia ya que dicho factor neurotrófico tiene la capacidad de actuar sobre el sistema nervioso central, siendo el responsable de mantener el hipocampo, la corteza, las neuronas del tabique, cerebrales y motoras relacionadas con los procesos cognitivos (Lindvall, Kokaia, Bengzon, Elmér, & Kokaia, 1994).

Al margen de lo anterior, también es importante destacar que en ningún estudio se consiguió mejorar la memoria de trabajo verbal.

- Flexibilidad cognitiva:

Este último pilar de las funciones ejecutivas no mostró demasiada sensibilidad al entrenamiento de fuerza.

Según el estudio de Liu-Ambrose et al (2008) la flexibilidad cognitiva se benefició en un 8,7% y un 3,6% si se compara con el grupo control. De igual forma, en el estudio llevado a cabo en 2010 tampoco se obtuvieron resultados significativos sobre ella.

De esta forma, podemos ver cómo programas de fuerza destinadas al aumento de la fuerza muscular llegan a tener un efecto en la flexibilidad cognitiva. Por tanto, es necesario realizar más estudios para analizar de qué forma variables como la intensidad, frecuencia, etc pueden incidir en esta dimensión.

Según lo revisado en relación a los programas de entrenamiento de fuerza en el presente trabajo, se puede observar cómo la duración del programa parece ser una variable importante para que los efectos en las funciones ejecutivas sean significativos. Para lograr estas mejoras, los estudios que lo consiguieron tuvieron una duración entre 6 y 12 meses (Cassilhas et al., 2007; Liu-Ambrose et al., 2008, 2010). En el estudio de Liu-Ambrose et al. (2010) se encontraron diferencias a los 12 meses de entrenamiento pero no a los 6 meses. De igual manera, estudios como el de Kimura et al. (2010), con una duración de 12 semanas, tuvieron cambios positivos pero sin llegar a la significancia. Asimismo, otro estudio en el que se desarrollaron 12 semanas de entrenamiento al 80% de su máximo obtuvo mejoras en las funciones ejecutivas pero sin llegar a ser significativo (Powers et al., 2008).

Esto puede ser debido a que un programa de corta duración como este no permita desarrollar el sistema periférico tal y como para incrementar la concentración de IGF-1.

Otra posible variable que influya en el efecto puede ser el género de la población (Fallah et al., 2013; Liu-Ambrose et al., 2010; Smith et al., 2013). Esto es debido a que las respuestas cognitivas parecen diferir entre sexos (Colcombe & Kramer, 2003).

Por último, destacar como el sesgo en los participantes puede influir en el efecto de las funciones ejecutivas. El estudio de Kimura et al. (2010) nos muestra cómo tras 12 semanas de entrenamiento en personas con alta condición física y alta percepción de su calidad de vida no consiguió efectos en las funciones ejecutivas. Sin embargo, personas con baja condición física y baja percepción de su calidad de vida sí obtuvieron efectos en dichas funciones.

En cuanto a las limitaciones encontradas durante la realización de este trabajo nos encontramos con varias:

La principal limitación viene de la mano de la presencia de sesgos que podrían condicionar las conclusiones de esta revisión. Estos sesgos están relacionados con la calidad, validez o rigor científico.

Como cualquier revisión sistemática, la minimización del riesgo de sesgo es, en términos metodológicos, un elemento de relevancia. En este caso, y para controlar la presencia de posibles sesgos relacionados con la validez de los estudios incluidos, se optó por restringir dicha inclusión a estudios controlados y aleatorizados. Además, se utilizó la escala PeDro, además de evaluar la calidad metodológica de los trabajos, sirvió para advertir de la presencia de los sesgos de selección, de realización, de desgaste o pérdida y de detección. Sin embargo, y teniendo en cuenta que las puntuaciones obtenidas en los artículos revisados se encuentran entre 4 y 7 puntos (sobre 10), no se puede hablar de un total control sobre los sesgos mencionados anteriormente, en especial sobre los de realización, desgaste o pérdida y detección.

Por otra parte, el sesgo de autor intentó limitarse con la intervención de dos investigadores independientes. Sin embargo, dichos investigadores actuaron de forma paralela hasta el primer nivel de selección, es decir, hasta el punto en el que se encontró igualdad en el número de artículos seleccionados tras eliminar los correspondientes duplicados. El resto de fases en el proceso de selección, e incluso la obtención de los resultados, fue tarea exclusiva del investigador principal, habiendo sido necesario constatar todas sus actuaciones para minimizar dicho sesgo.

Al margen de lo anterior, otra de las limitaciones a considerar es la inexistencia de homogeneidad se observa que no existe homogeneidad en las clasificaciones de las funciones ejecutivas. Esto dificulta las conclusiones, ya que, según la clasificación utilizada, podemos hablar de diferentes pilares dentro de la misma función. Asimismo, según el instrumento de medida de las funciones ejecutivas, podemos encontrarnos un valor para las funciones ejecutivas de forma general o de manera aislada para cada dimensión de las mismas.

Por otra parte, los programas de entrenamientos no son homogéneos entre los estudios analizados. Esto hace que no se pueda concluir y generalizar la relación causa efecto en los resultados obtenidos en las funciones ejecutivas debido al entrenamiento de fuerza. Esta falta de homogeneidad se da tanto en el tipo de ejercicios que realizan, en la carga, la duración y la intensidad del programa.

Por último, destacar que en varios de los estudios sólo se incluyen mujeres con edades entre 65 y 75 años. Por ello, estos datos no podrían generalizarse para hombres y tampoco para mujeres de otras edades.

## 7. CONCLUSIONES

En general, y a tenor de los resultados encontrados en los estudios revisados, se puede constatar que la realización de programas de entrenamiento para el desarrollo de la fuerza muscular estimula el desarrollo de las funciones ejecutivas en la población mayor que no presenta alteración cognitiva alguna

Aunque se intente generalizar al decir que ciertos programas de fuerza mejoran las funciones ejecutivas, se tiene que tener en cuenta que es el control inhibitorio es la función que obtiene mejoras más notables tras la aplicación de estos programas. La memoria de trabajo, concretamente la espacial, tan sólo experimentó mejoras en uno de los estudios revisados, mientras que para la flexibilidad cognitiva no se apreciaron mejoras dignas de mención.

Por último, respecto a las características de estos programas, todo parece indicar que una duración mínima de los mismos de 12 semanas es necesaria para provocar las mejores antes mencionadas. Por el contrario, otras variables como la intensidad y duración del entrenamiento no quedan bien determinadas, por lo que es importante el diseño de futuros estudios que, con un mayor rigor, permitan alcanzar conclusiones claras en este sentido.

Por ello, es importante realizar futuros estudios para obtener conclusiones claras sobre el problema aquí planteado.

## 9. Bibliografía

---

- Abad-Santos, F., Novalbos-Reina, J., Gallego-Sandin, S., & Garcia, A. (2002). Treatment of mild cognitive impairment: Value of citicoline. *Revista de Neurologia*, 35(7), 675–682. Retrieved from <http://www.embase.com/search/results?subaction=viewrecord&from=export&id=L36267764>
- Ahamed, Y., Donaldson, M., Graf, P., & Liu-Ambrose, T. (2007). The Otago Home-Based Strength and Balance Training Program Significantly Improves Executive Function in Frail Older Fallers: A Randomized Controlled Trial. (Abstract). *Clinical Journal of Sport Medicine*, 17(2), 163. Retrieved from <http://articles.sirc.ca/search.cfm?id=S-1048392>
- Alain, C., & Woods, D. L. (1999). Age-related changes in processing auditory stimuli during visual attention: evidence for deficits in inhibitory control and sensory memory. *Psychology and Aging*, 14(3), 507–19. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/10509703>
- Anstey, K., Stankov, L., & Lord, S. (1993). Primary aging, secondary aging, and intelligence. *Psychology and Aging*, 8(4), 562–570. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.8.4.562>
- Audiffren, M., & Andre, N. (2015). The strength model of self-control revisited: Linking acute and chronic effects of exercise on executive functions. *JOURNAL OF SPORT AND HEALTH SCIENCE*, 4(1, SI), 30–46. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.09.002>
- Backman, L., Ginovart, N., Dixon, R. A., Wahlin, T.-B. R., Wahlin, A., Halldin, C., & Farde, L. (2000). Age-related cognitive deficits mediated by changes in the stratal dopamine system. *The American Journal of Psychiatry*, 157(4), 635–37. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.157.4.635>
- Baddeley, A. D., & Hitch, G. J. (1994). Developments in the concept of working memory. *Neuropsychology*, 8(4), 485–493. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.8.4.485>
- Bherer, L., Erickson, K. I., & Liu-Ambrose, T. (2013). A review of the effects of physical activity and exercise on cognitive and brain functions in older adults. *J Aging Res*, 2013, 657508. <https://doi.org/10.1155/2013/657508>
- Blusztajn, J. K., & Wurtman, R. J. (1983). Choline and cholinergic neurons. *Science (New York, N.Y.)*, 221(4611), 614–20. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/6867732>
- Cassilhas, R. C., Viana, V. A. R., Grassmann, V., Santos, R. T., Santos, R. F., Tufik, S., & Mello, M. T. (2007). The impact of resistance exercise on the cognitive function of the elderly. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1401–1407. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318060111f>
- Cepeda, N. J., Kramer, A. F., & Gonzalez de Sather, J. C. M. (2001). Changes in executive control across the life span: Examination of task-switching performance. *Developmental Psychology*, 37(5), 715–730. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.37.5.715>
- Chodzko-Zajko, W. J., Proctor, D. N., Fiatarone Singh, M. A., Minson, C. T., Nigg, C. R., Salem, G. J., & Skinner, J. S. (2009). Exercise and physical activity for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(7), 1510–1530.

<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181a0c95c>

- Clark, F., Jackson, J., Carlson, M., Chou, C.-P., Cherry, B. J., Jordan-Marsh, M., ... Azen, S. P. (2012). Effectiveness of a lifestyle intervention in promoting the well-being of independently living older people: results of the Well Elderly 2 Randomised Controlled Trial. *Journal of Epidemiology and Community Health*, 66(9), 782–790. <https://doi.org/10.1136/jech.2009.099754>
- Coelho, F. G. de M., Andrade, L. P., Pedrosa, R. V., Santos-Galduroz, R. F., Gobbi, S., Costa, J. L. R., & Gobbi, L. T. B. (2013). Multimodal exercise intervention improves frontal cognitive functions and gait in Alzheimer's disease: A controlled trial. *Geriatrics & Gerontology International*, 13(1), 198–203. <https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2012.00887.x>
- Colcombe, S., & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A Meta-Analytic Study. *Psychological Science*, 14(2), 125–130. <https://doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>
- Darowski, E. S., Helder, E., Zacks, R. T., Hasher, L., & Hambrick, D. Z. (2008). Age-related differences in cognition: the role of distraction control. *Neuropsychology*, 22(5), 638–44. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.22.5.638>
- Davis, C. L., Tomporowski, P. D., McDowell, J. E., Austin, B. P., Miller, P. H., Yanasak, N. E., ... Naglieri, J. A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: A randomized, controlled trial. *Health Psychology*, 30(1), 91–98. <https://doi.org/10.1037/a0021766>
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Clinical Psychology*, 64, 135–168. <https://doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750.Executive>
- Diamond, A. (2015). Effects of Physical Exercise on Executive Functions: Going beyond Simply Moving to Moving with Thought. *Ann Sports Med Res*, 2(1), 1–6. <https://doi.org/10.1038/nbt.3121.ChIP-nexus>
- Donnelly, J. E., Blair, S. N., Jakicic, J. M., Manore, M. M., Rankin, J. W., Smith, B. K., & American College of Sports Medicine. (2009). American College of Sports Medicine Position Stand. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(2), 459–71. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181949333>
- Eldreth, D. A., Patterson, M. D., Porcelli, A. J., Biswal, B. B., Rebbechi, D., & Rypma, B. (2006). Evidence for multiple manipulation processes in prefrontal cortex. *Brain Research*, 1123(1), 145–156. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2006.07.129>
- Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2008). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *British Journal of Sports Medicine*, 43(1), 22–24. <https://doi.org/10.1136/bjism.2008.052498>
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52(1), 119–130. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2006.01.002>
- Fallah, N., Hsu, C. L., Bolandzadeh, N., Davis, J., Beattie, B. L., Graf, P., & Liu-Ambrose, T. (2013). A multistate model of cognitive dynamics in relation to resistance training: the contribution of baseline function. *Annals of Epidemiology*, 23(8), 463–468. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2013.05.008>
- Féart, C., Samieri, C., & Barberger-Gateau, P. (2010). Mediterranean diet and

- cognitive function in older adults. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 13(1), 14–18. <https://doi.org/10.1097/MCO.0b013e3283331fe4>
- Fernández, J., Da Silva-Grigoletto, M. ., & Túnez-Fiñana, I. (2008). Estrés oxidativo inducido por el ejercicio físico. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 2(1), 19–34.
- Folstein, M. F. (2001). *MMSE: Mini-mental State Examination : User's Guide*. Retrieved from [https://books.google.es/books/about/MMSE.html?id=FDXroAEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.es/books/about/MMSE.html?id=FDXroAEACAAJ&redir_esc=y)
- Fornias, L., Rezende, M. De, Rey-lópez, J. P., Keihan, V., & Matsudo, R. (2014). Sedentary behavior and health outcomes among older adults: a systematic review, 1–9.
- Forte, R., Boreham, C. A. G., Leite, J. C., De Vito, G., Brennan, L., Gibney, E. R., & Pesce, C. (2013). Enhancing cognitive functioning in the elderly: Multicomponent vs resistance training. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 19–27. <https://doi.org/10.2147/CIA.S36514>
- Francis, S. T., Head, K., Morris, P. G., & Macdonald, I. A. (2006). The Effect of Flavanol-rich Cocoa on the fMRI Response to a Cognitive Task in Healthy Young People. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 47(Supplement 2), S215–S220. <https://doi.org/10.1097/00005344-200606001-00018>
- Franco Martin, M., Parra Vidales, E., Gonzalez Palau, F., Bernate Navarro, M., & Solis, A. (2013). The influence of physical exercise in the prevention of cognitive deterioration in the elderly: A systematic review. *Revista de Neurologia*, 56(11), 545–554.
- Garon, N., Bryson, S. E., & Smith, I. M. (2008). Executive function in preschoolers: A review using an integrative framework. *Psychological Bulletin*, 134(1), 31–60. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.134.1.31>
- Gill, D. P., Gregory, M. A., Zou, G., Liu-Ambrose, T., Shigematsu, R., Hachinski, V., ... Petrella, R. J. (2016). The healthy mind, healthy mobility trial: A novel exercise program for older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(2), 297–306. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000758>
- Greenwood, C. E., & Winocur, G. (2005). High-fat diets, insulin resistance and declining cognitive function. *Neurobiology of Aging*, 26(SUPPL.), 42–45. <https://doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2005.08.017>
- Gregory, M. A., Boa Sorte Silva, N. C., Gill, D. P., McGowan, C. L., Liu-Ambrose, T., Shoemaker, J. K., ... Petrella, R. J. (2017). Combined Dual-Task Gait Training and Aerobic Exercise to Improve Cognition, Mobility, and Vascular Health in Community-Dwelling Older Adults at Risk for Future Cognitive Decline1. *Journal of Alzheimer's Disease*, 1–17. <https://doi.org/10.3233/JAD-161240>
- Jacotte-Simancas, A., Costa-Miserachs, D., Coll-Andreu, M., Torras-Garcia, M., Borlongan, C., & Portell-Cortés, I. (2015). Effects of voluntary physical exercise, citicoline, and combined treatment on 1 object recognition memory, neurogenesis and neuroprotection after traumatic brain injury in rats. *Journal of Neurotrauma*, 32(10), 739–751.
- Jäger, R., Purpura, M., Kingsley, M., & Kingsley -MICKingsley, M. (2007). Phospholipids and sports performance. *Journal of the International Society of Sport Nutrition.*, 4(5). <https://doi.org/10.1186/1550-2783-4>
- Kashihara, K., Maruyama, T., Murota, M., & Nakahara, Y. (2009). Positive Effects of

- Acute and Moderate Physical Exercise on Cognitive Function. *Journal of PHYSIOLOGICAL ANTHROPOLOGY*, 28(4), 155–164. <https://doi.org/10.2114/jpa2.28.155>
- Kelly, M. E., Loughrey, D., Lawlor, B. A., Robertson, I. H., Walsh, C., & Brennan, S. (2014). The impact of cognitive training and mental stimulation on cognitive and everyday functioning of healthy older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 15(1), 28–43. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2014.02.004>
- Kimura, K., Obuchi, S., Arai, T., Nagasawa, H., Shiba, Y., Watanabe, S., & Kojima, M. (2010a). The influence of short-term strength training on health-related quality of life and executive cognitive function. *Journal of Physiological Anthropology*, 29(3), 95–101. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20558967>
- Kimura, K., Obuchi, S., Arai, T., Nagasawa, H., Shiba, Y., Watanabe, S., & Kojima, M. (2010b). The influence of short-term strength training on health-related quality of life and executive cognitive function. *Journal of Physiological Anthropology*, 29(3), 95–101. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20558967>
- Kingsley, M. (2006). Effects of Phosphatidylserine Supplementation on Exercising Humans. *Sports Medicine*, 36(8), 657–669. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636080-00003>
- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., ... Colcombe, A. (1997). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, 400(6743), 418–419. <https://doi.org/10.1038/22682>
- Kray, J. (2006). Is there an age de? cit in the selection of mental sets? Downloaded. *Brain Research*, 1105(1), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2005.11.016>
- Krikorian, R., Eliassen, J. C., Boespflug, E. L., Nash, T. A., & Shidler, M. D. (2010). Improved cognitive-cerebral function in older adults with chromium supplementation. *Nutritional Neuroscience*, 13(3), 116–122. <https://doi.org/10.1179/147683010X12611460764084>
- Lakes, K. D., & Hoyt, W. T. (2004). Promoting self-regulation through school-based martial arts training. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 25(3), 283–302. <https://doi.org/10.1016/j.appdev.2004.04.002>
- Lieselot, D., Cajsa, T., Danusa, S., Semah, T., Elsa, H., & Romain, M. (2016). Acute coca flavanol improves cerebral oxygenation without enhancing executive function at rest or after exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(12), 1225–1232.
- Lindvall, O., Kokaia, Z., Bengzon, J., Elmér, E., & Kokaia, M. (1994, November). Neurotrophins and brain insults. *Trends in Neurosciences*. [https://doi.org/10.1016/0166-2236\(94\)90139-2](https://doi.org/10.1016/0166-2236(94)90139-2)
- Liu-Ambrose, T., Donaldson, M. G., Ahamed, Y., Graf, P., Cook, W. L., Close, J., ... Khan, K. M. (2008). Otago home-based strength and balance retraining improves executive functioning in older fallers: a randomized controlled trial. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(10), 1821–1830. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.01931.x>
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010a). Resistance Training and Executive Functions. *Archives of Internal Medicine*, 170(2), 170. <https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494>
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010b). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of Internal Medicine*, 170(2), 170–178.

<https://doi.org/10.1001/archinternmed.2009.494>

- Loef, M., Schrauzer, G. N., & Walach, H. (2011). Selenium and Alzheimer's disease: a systematic review. *Journal of Alzheimer's Disease: JAD*, 26(1), 81–104. <https://doi.org/10.3233/JAD-2011-110414>
- Loef, M., & Walach, H. (2013). Midlife obesity and dementia: meta-analysis and adjusted forecast of dementia prevalence in the United States and China. *Obesity (Silver Spring, Md.)*, 21(1), E51-5. <https://doi.org/10.1002/oby.20037>
- Luna, B. (2009). Developmental changes in cognitive control through adolescence. *Advances in Child Development and Behavior*, 37, 233–78. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19673164>
- Manjunath, N. K., & Telles, S. (2001). Improved performance in the Tower of London test following yoga. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology*, 45(3), 351–4. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11881575>
- Mayr, U., & Liebscher, T. (2001). Is there an age deficit in the selection of mental sets? *European Journal of Cognitive Psychology*, 13(1–2), 47–69. <https://doi.org/10.1080/09541440042000214>
- McMorris, T., Voelcker-Rehage, C., Niemann, C., & Godde, B. (2016). EXERCISE–COGNITION INTERACTION. In *Exercise-Cognition Interaction* (pp. 295–320). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800778-5.00014-1>
- Molfino, A., Gioia, G., Fanelli, F. R., & Muscaritoli, M. (2014). The role for dietary omega-3 fatty acids supplementation in older adults. *Nutrients*, 6(10), 4058–4072. <https://doi.org/10.3390/nu6104058>
- Nelson, M. E., Rejeski, W. J., Blair, S. N., Duncan, P. W., & Judge, J. O. (2007). Physical Activity and Public Health in Older Adults: Recommendation From the American College of Sports Medicine and the American Heart Association, 116(9), 1094–1105. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.107.185650>
- Nuttall, J. R., & Oteiza, P. I. (2014). Zinc and the aging brain. *Genes and Nutrition*, 9(1). <https://doi.org/10.1007/s12263-013-0379-x>
- Parker, A. G., Gordon, J., Thornton, A., Byars, A., Lubker, J., Bartlett, M., ... Kreider, R. B. (2011). The effects of IQPLUS Focus on cognitive function, mood and endocrine response before and following acute exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 8(1), 16. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-8-16>
- Pedersen, B. K., & Saltin, B. (2015). Exercise as medicine - Evidence for prescribing exercise as therapy in 26 different chronic diseases. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 25, 1–72. <https://doi.org/10.1111/sms.12581>
- Petersen, R. C., Doody, R., Kurz, A., Mohs, R. C., Morris, J. C., Rabins, P. V., ... Winblad, B. (2001). Current Concepts in Mild Cognitive Impairment. *Archives of Neurology*, 58(12), 1985–92. <https://doi.org/10.1001/archneur.58.12.1985>
- Powers, M., Fort, I., Di Brezzo, R., & Shadden, B. (2008). EFFECT OF RESISTANCE TRAINING ON COGNITIVE FUNCTION IN OLDER WOMEN. *GERONTOLOGIST*, 48(3), 467.
- Rodakowski, J. (2015). Non-pharmacological Interventions for Adults with Mild Cognitive Impairment and Early Stage Dementia: An Updated Scoping Review, (412), 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.mam.2015.06.003.Non-pharmacological>
- Rodrigues Alves, C. R., Gualano, B., Takao, P. P., Avakian, P., Fernandes, R. M., Morine, D., & Takito, M. Y. (2012). Effects of Acute Physical Exercise on

- Executive Functions: A Comparison Between Aerobic and Strength Exercise. *JOURNAL OF SPORT & EXERCISE PSYCHOLOGY*, 34(4), 539–549.
- Romero, C. D. A., & Iturbe, A. (2001). Actividades preventivas en los ancianos. *Atencion Primaria*, 28, 171–190. [https://doi.org/10.1016/S0212-6567\(14\)70052-6](https://doi.org/10.1016/S0212-6567(14)70052-6)
- Rönnlund, M., Nyberg, L., Bäckman, L., & Nilsson, L.-G. (2005). Stability, growth, and decline in adult life span development of declarative memory: Cross-sectional and longitudinal data from a population-based study. *Psychology and Aging*, 20(1), 3–18. <https://doi.org/10.1037/0882-7974.20.1.3>
- Ruiz-Sánchez de León, J. M. (2012). Estimulación cognitiva en el envejecimiento sano, el deterioro cognitivo leve y las demencias: Estrategias de intervención y consideraciones teóricas para la práctica clínica. *Revista de Logopedia, Foniatria Y Audiologia*, 32(2), 57–66. <https://doi.org/10.1016/j.rlfa.2012.02.002>
- Salthouse, T. A. (1996). The Processing-Speed Theory of Adult Age Differences in Cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403–428. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.103.3.403>
- Schaie, K. W., & Willis, S. L. (1986). Can decline in adult intellectual functioning be reversed? *Developmental Psychology*, 22(2), 223–232. <https://doi.org/10.1037/0012-1649.22.2.223>
- Scherder, E. J. A., Eggermont, L. H. P., Geuze, R. H., Vis, J., & Verkerke, G. J. (2010). Quadriceps Strength and Executive Functions in Older Women. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 89(6), 458–463. <https://doi.org/10.1097/PHM.0b013e3181d3e9f6>
- Schmidt, R., Hayn, M., Reinhart, B., Roob, G., Schmidt, H., Schumacher, M., ... Launer, L. J. (1998). Plasma antioxidants and cognitive performance in middle-aged and older adults: results of the Austrian Stroke Prevention Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 46(11), 1407–10. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1998.tb06008.x>
- Sherwin, B. B. (2000). Mild Cognitive Impairment: Potential Pharmacological Treatment Options. *Journal of the American Geriatrics Society*, 48(4), 431–441. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2000.tb04703.x>
- Smiley-Oyen, A. L., Lowry, K. A., Francois, S. J., Kohut, M. L., & Ekkekakis, P. (2008). Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: The “selective improvement” and “cardiovascular fitness” hypotheses. *Annals of Behavioral Medicine*, 36(3), 280–291. <https://doi.org/10.1007/s12160-008-9064-5>
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Strauman, T. A., Welsh-bohmer, K., Jeffrey, N., & Sherwood, A. (2011). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, 72(3), 239–252. <https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181d14633.Aerobic>
- Smith, S., Hamill, B., Sadowsky, C., Powers, M., & Gray, M. (2013). EFFECTS OF RESISTANCE TRAINING ON COGNITIVE FUNCTION AMONG OLDER ADULTS. *GERONTOLOGIST*, 53(1), 171–172.
- Suzuki, T., Shimada, H., Makizako, H., Doi, T., Yoshida, D., Tsutsumimoto, K., ... Park, H. (2012). Effects of multicomponent exercise on cognitive function in older adults with amnesic mild cognitive impairment: a randomized controlled trial. *BMC Neurology*, 12(1), 128. <https://doi.org/10.1186/1471-2377-12-128>
- Tay, L., Lim, W. S., Chan, M., Ali, N., & Chong, M. S. (2016). A Combined Cognitive Stimulation and Physical Exercise Programme (MINDVital) in Early Dementia: Differential Effects on Single- and Dual-Task Gait Performance. *Gerontology*,

62(6), 604–610. <https://doi.org/10.1159/000444084>

- Trejo, J. L., Carro, E., & Torres-Aleman, I. (2001). Circulating insulin-like growth factor I mediates exercise-induced increases in the number of new neurons in the adult hippocampus. *The Journal of Neuroscience*, 21(5), 1628–34. <https://doi.org/21/5/1628> [pii]
- U.S. Department of Health and Human Services. (2008). 2008 Physical activity guidelines for Americans. *President's Council on Physical Fitness & Sports Research Digest*, 9(4), 1–8. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-44.1.5>
- Urrútia, G., & Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Medicina Clínica*, 135(11), 507–511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Vauzour, D., Camprubi-Robles, M., Miquel-Kergoat, S., Andres-Lacueva, C., B??n??ti, D., Barberger-Gateau, P., ... Ramirez, M. (2017). Nutrition for the ageing brain: Towards evidence for an optimal diet. *Ageing Research Reviews*, 35, 222–240. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2016.09.010>
- Vega Alonso, T., Miralles Espí, M., Mangas Reina, J. M., Castrillejo Pérez, D., Rivas Pérez, A. I., Gil Costa, M., ... Fragua Gil, M. (2016). Prevalencia de deterioro cognitivo en España. Estudio Gómez de Caso en redes centinelas sanitarias. *Neurología*. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2016.10.002>
- Viera, N. G., Rodríguez, B. M. B., De Molina Iglesias, M. T. G., Fernández, B. Y., & Zaldivar, A. G. (2003). Caracterización clínica de pacientes con deterioro cognitivo. *Revista Cubana de Medicina*, 42(1), 12–17.
- West, R. (1996). An application of prefrontal cortex function theory to cognitive aging. *Psychological Bulletin*, 120(2), 272–292. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.120.2.272>
- Williams, P., & Lord, S. R. (1997). Effects of group exercise on cognitive functioning and mood in older women. *Australian and New Zealand Journal of Public Health*, 21(1), 45–52. <https://doi.org/10.1111/j.1467-842X.1997.tb01653.x>
- World health organization. (2015). WHO | Ageing and health. Retrieved April 5, 2017, from <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs404/en/>
- Zandiyeh, Z., Zare, E., Mehrabi, T., & Shiri, M. (2017). The effect of need-oriented educational intervention on the general health of the elderly. *Iranian Journal of Nursing and Midwifery Research*, 22(1), 51. <https://doi.org/10.4103/1735-9066.202072>
- Zimprich, D., & Kurtz, T. (2013). Individual differences and predictors of forgetting in old age: the role of processing speed and working memory. *Neuropsychology, Development, and Cognition. Section B, Aging, Neuropsychology and Cognition*, 20(2), 195–219. <https://doi.org/10.1080/13825585.2012.690364>