

## Actividad física y funciones cognitivas en personas mayores: revisión sistemática de los últimos 5 años

### Physical activity and cognitive functions in older people: a systematic review of the last 5 years

Nestor Romero Ramos, Óscar Romero-Ramos, Arnoldo José González Suárez  
Universidad de Málaga (España)

**Resumen.** La actividad física (AF) afecta de manera positiva en la salud de las personas a cualquier edad, de acuerdo con los resultados de diferentes estudios en cuanto a la salud cognitiva de las personas mayores, los beneficios son más evidentes. Por esa razón, se ha realizado una revisión sistemática de la literatura científica que aborda los efectos de la AF en las funciones cognitivas (FC) de las personas mayores. Se consultaron cuatro bases de datos: Scopus, Web of Science, ScienceDirect, y Pub Med, y el buscador Scholar Google. Tras aplicar los criterios de selección, quedaron 31 artículos, que fueron analizados en cuanto a) país, cantidad de individuos y edad, b) variables, y c) enfoque de investigación, duración y resultados. En general, la AF mejora diversas dimensiones de las funciones cognitivas de las personas mayores, donde median factores genéticos y ambientales que tienen que ver con el estilo de vida del individuo. Los tipos de AF se comportan de manera diferencial en cuanto a la dimensión de la función cognitiva que mejoran. La determinación de marcadores bioquímicos (BDNF, dopamina, péptido  $\beta$ -amiloide, gamma gap), de imagenología por resonancia magnética nuclear (RMN) y cambios en la actividad eléctrica del cerebro, soportan la hipótesis de que la AF produce cambios en la forma y actividad cerebral, sin que ello suponga cambios significativos en la conducta observada y medible mediante test estandarizados de salud mental.

**Palabras clave:** demencia, cognición, ejercicio, calidad de vida, vejez.

**Abstract.** Physical activity (PA) positively affects people's health at any age, and according to the results of different studies on the cognitive health of older people, the benefits are more evident. For this reason, a systematic review of the scientific literature addressing the effects of PA on the cognitive functions (CF) of older people has been conducted. Four databases were consulted to locate relevant literature: Scopus, Web of Science, Science Direct and Pub Med, and the Scholar Google search engine. After applying the selection criteria, 31 articles were left, which were analyzed in terms of a) country, number of individuals and age, b) variables, and c) research approach, duration and results. In general, PA improves several dimensions of cognitive functions of older people, where genetic and environmental factors that have to do with the individual's lifestyle are mediated. Types of PA behave differently in terms of the dimension of cognitive function they improve. The determination of biochemical markers (BDNF, dopamine, amyloid peptide  $\beta$ , gamma gap), nuclear magnetic resonance imaging (NMR) and changes in the electrical activity of the brain support the hypothesis that PA produces changes in brain shape and activity, without significant changes in behavior observed and measurable by standardized tests of mental health.

**Keywords:** dementia, cognition, exercise, quality of life, adulthood.

### Introducción

La actividad física (AF) se refiere a cualquier movimiento realizado por el cuerpo que implica al sistema músculo-esquelético y que conlleva a un consumo de energía (Donnelly et al. 2016; World Health Organization, 2010). La realización de AF correctamente realizada, en intensidad de moderada a vigorosa, tiene beneficios sobre la salud del individuo, mejorando el estado cardiovascular (Pandey et al. 2017; Schroeder et al. 2017), óseo (Tebar et al. 2019), salud mental (Balchin et al. 2016), vitalidad cognitiva (Prakash et al. 2015; Ratey & Loehr, 2011), reducción de la obesidad (Cuadri Fernández, et al. 2018), depresión y bienestar subjetivo (Guillén Pereira, et al. 2018), autoestima y calidad de vida (García González & Froment, 2018), entre otros. Por esta razón, la Organización Mundial de la Salud ha recomendado la práctica de 150 min de AF de mediana intensidad semanal, como componente de un estilo de vida saludable, para obtener los beneficios a la salud antes mencionados (World Health Organization, 2010). Esto es de particular relevancia para las personas mayores, que experimentan un creciente deterioro físico caracterizado por la sarcopenia, osteoporosis, artritis, daños en el sistema circulatorio, diabetes (Deschenes, 2012; North & Sinclair,

2012) y afectaciones en el sistema nervioso central (Murman, 2015) en el transcurso vital.

En este sentido, el envejecimiento trae consigo una disminución de todas las funciones corporales, y en particular, las FC pueden verse seriamente comprometidas, siendo los cambios más destacados que ocurren con la cognición durante el envejecimiento, la rapidez de procesamiento de la información obtenida para la toma de decisiones, incluyendo la memoria de trabajo y las funciones cognitivas ejecutivas (Murman, 2015). Se ha señalado, que una forma de atenuar los efectos del envejecimiento sobre los procesos mentales es la realización de AF regular, ya que se activan todos los procesos fisiológicos, celulares y moleculares, que previenen el deterioro de diversas zonas del cerebro (Ratey & Loehr, 2011). Estos procesos fisiológicos tienen que ver con un aumento del flujo de sangre al cerebro y la oxigenación, aumento de la sinapsis entre las neuronas y la síntesis de sustancias neurotróficas (Ratey & Loehr, 2011). Una de las áreas de investigación más activas a este respecto, trata de esclarecer todos los aspectos vinculados a la AF (tipos, frecuencia, intensidad, etc.) y la disminución de los factores de riesgo de padecer diversos tipos de demencia, como la demencia vascular (Ravaglia et al. 2008) y el Alzheimer (Santos-Lozano et al. 2016). Los enfoques que combinan la calidad de vida, con una dieta saludable, AF, actividad mental regular y controles de salud cardiovascular, han probado disminuir el riesgo de demencia en ancianos (Strandberg et al. 2017).

Aunque hay un consenso general sobre los beneficios

de la AF sobre las FC, los resultados en algunos trabajos de investigación no son concluyentes al respecto, sobre todo en lo relativo a la dosis-respuesta y tipos de AF, factores de predisposición genética asociados y otros aspectos del estado de vida de los participantes, como la alimentación, ingesta de bebidas alcohólicas, estrés laboral y hábitos fumadores. Al tener un sistema multivariado, la asociación causa-efecto son difíciles de establecer, por lo que entender los mecanismos por los cuales la AF se traduce en mejores desempeños de las funciones cognitivas y disminución de los riesgos de padecer algún tipo de demencia, para las personas mayores, aun sigue siendo un tema apasionante de investigación.

Por esta razón, el propósito de esta revisión sistemática es analizar los trabajos de investigación reportados sobre AF en personas mayores en los últimos cinco años, para establecer las características de la AF, mejoras en las funciones cerebrales y los enfoques de los diversos trabajos para evaluar el efecto del conjunto de variables involucradas, que incluye información genética, imagenología por resonancia magnética nuclear (RMN), electroencefalografía (EEG) y marcadores bioquímicos.

## Metodología

Para la ejecución de esta revisión sistemática de la literatura en relación a la AF y su efecto sobre las funciones cognitivas en personas mayores, se siguió la metodología PRISMA que resume y sugiere una serie de procedimientos para la elaboración y presentación de informes de revisiones sistemáticas y meta-análisis (Moher et al., 2009). Para localizar la literatura científica de interés, se emplearon cuatro bases de datos: *ScienceDirect*, *Scopus*, *Web of Science*, y *Pub Med*, y como buscador de fuentes electrónicas académicas *Google Scholar*. También se revisó la base de datos de la revista *Retos* entre los números 32-38, ya que es una revista indexada en bases de datos prestigiosas como *Web of Science* y *Scopus*, se especializa en temas de la educación física, deportes y la AF en general, publicados principalmente en idioma español. Las palabras clave empleadas en las búsquedas fueron «*physical and activity and cognition and elderly and mental and health*», acotando la revisión entre los años 2015 al 2019. La revisión culminó en marzo de 2020.

Los criterios empleados para la selección de los artículos fueron: a) artículos dentro del intervalo de años considerado, b) artículos de calidad de acuerdo a la escala de estimación aplicada, c) que apliquen algún tipo de test para evaluar las funciones cognitivas en las personas mayores, d) que la edad del grupo de estudio fuese mayor a 50 años, e) que el grupo de estudio tenga funciones cognitivas normales o disfunciones cognitivas leves, f) trabajos de investigación originales donde la AF y las funciones cognitivas sean el objetivo principal, y g) artículos escritos en idioma inglés. En la Figura 1, se muestra todo el proceso de selección empleado en esta revisión para la selección de los artículos.

Para la estructuración del análisis de los artículos se empleó un procedimiento similar al seguido por Bores-García et al. (2020), quienes construyeron una escala de estimación para evaluar la calidad de los artículos. En este trabajo, la escala de estimación incluía: a) artículo en revista indexada,

b) descripción de la metodología, c) número de participantes en el estudio, d) duración del estudio, y e) enfoque estadístico. Para el análisis de los artículos se contruyó una tabla que contiene: país de origen, cantidad de participantes y edad, variables consideradas, enfoque de la investigación, duración y resultados más resaltantes.

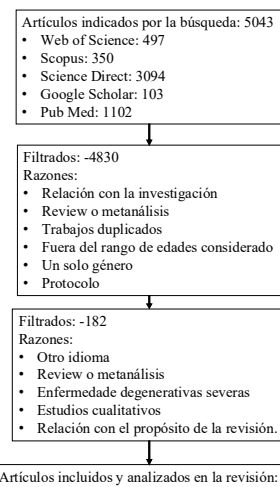


Figura 1. Diagrama del proceso de selección de los artículos incluidos en la revisión

## Resultados

Como se muestra en la Figura 1, luego de la aplicación de los criterios de inclusión, la cantidad de artículos se redujo hasta 31, los cuales fueron completamente analizados en esta revisión. De acuerdo a la escala de estimación aplicada para evaluar la calidad de los artículos considerados en esta revisión (Ver Tabla 1), todos son de excelente calidad. La Tabla 2 muestra un resumen de todos los trabajos de investigación, en cuanto a país de origen, cantidad de participantes y edad, variables de la investigación, enfoque de la investigación y

Tabla 1.

Escala de estimación empleada para evaluar la calidad de los artículos. (adaptado de Bores-García et al. 2020)

Referencias	A	B	C	D	E	F	G
Lee et al. 2015	2	2	2	2	2	10	e
Nascimento et al. 2015	2	2	1	2	2	9	e
Iuliano et al. 2015	2	2	2	2	2	10	e
Gill et al. 2015	2	2	2	1	2	9	e
Rahe et al. 2015	2	2	2	1	2	9	e
Sun et al. 2015	2	2	2	2	2	10	e
Yokoyama et al. 2015	2	2	1	2	2	9	e
Zhao et al. 2015	2	2	2	2	2	10	e
Willey et al. 2016	2	2	2	2	2	10	e
Tarazona-Santabalbina et al. 2016	2	2	2	2	2	10	e
Kishimoto et al. 2016	2	2	2	2	2	10	e
Andrieu et al. 2017	2	2	2	2	2	10	e
Chang et al. 2017	2	2	2	2	2	10	e
Gross et al. 2017	2	2	2	2	2	10	e
Sabia et al. 2017	2	2	2	2	2	10	e
Wilckens, Erickson, & Wheeler, 2017	2	2	2	0	2	8	e
Frith & Loprinzi, 2018	2	2	2	2	2	10	e
Iso-Markku et al. 2018	2	2	2	2	2	10	e
Sanchez-Lopez et al. 2018	2	2	2	2	2	10	e
Shakersain et al. 2018	2	2	2	2	2	10	e
Köhncke et al. 2018	2	2	2	2	2	10	e
Lerche et al. 2018	2	2	2	2	2	10	e
Chen et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Halloway et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Haripriya et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Hishikawa et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Imaoka et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Kleinloog et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Lin et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Reas et al. 2019	2	2	2	2	2	10	e
Song & Yu, 2019	2	2	2	2	2	10	e

A) Publicación en revista debidamente indexada: 0, no indexada; 2, indexada. B) Métodos (¿se describe en forma exhaustiva la metodología?): 0, poca descripción; 1, con detalles; 2, descripción minuciosa. C) Muestra (cantidad de participantes, n, en el estudio): n < 10, 0; 10 < n < 50, 1; n > 50, 2. D) Tiempo (cantidad de semanas empleada en el ensayo): menor a 2 semanas, 0; entre 2 y 8 semanas, 1; más de 8 semanas, 2. E) Estadística: 0, inadecuada; 2, adecuada. F) Total: suma simple de los ítems A al E. G) Índice de calidad: entre 0 y 5, deficiente; d; entre 6 y 7, bueno; b; mayo a 7, excelente, e.

resultados más resaltantes.

En estos trabajos predomina el enfoque transversal, sea con el propósito de describir las variables y su relación en un contexto determinado (ver Lee et al. 2015) o evaluando modelos de intervención para provocar cambios en las varia-

bles físicas y cognitivas evaluadas (ver Halloway et al. 2019), con el propósito de ir generando protocolos que permitan mejorar la calidad de vida de las personas mayores, durante el envejecimiento, o para ralentizar los efectos del deterioro cognitivo.

**Tabla 2.**  
Resumen de los trabajos sobre AF y cognición en personas mayores entre 2015-2019, considerados en esta revisión.

Referencia	País/n/Edad	Variables	Enfoque de Investigación / Resultados
Lee et al. (2015)	China 15,589 ●65	Cantidad y tipo de AF <sup>2</sup> , riesgo de padecer demencia en ancianos que viven en una comunidad.	Cuantitativa. Test estandarizado de demencia a los 6 años. Entrevista sobre AF. Ejercicios cardiovasculares y de mente-cuerpo (yoga y Tai Chi) disminuyen el riesgo de demencia. Los ejercicios de tonificación y estiramiento no tuvieron efecto.
Nascimento et al. (2015)	Brasil 45 ●60	Programa de ejercicios multimodal, FC <sup>3</sup> , BDNF <sup>4</sup> y genotipo, en personas con déficit cognitivo leve.	Cuantitativa y de intervención. Test estandarizados para FC, BDNF en sangre. Duración: 16 semanas. La realización de los ejercicios mejora las FC y es independiente de los niveles de BDNF. En la producción de BDNF, el genotipo modula los efectos de AF.
Iuliano et al. (2015)	Italia 80 67 ± 12	Tipos de ejercicios (cardiovascular, resistencia, balance), FC.	Cuantitativa, aleatorio. Test de desempeño cognitivo estandarizados (pre y post). Duración: 12 semanas. Los ejercicios cardiovasculares mejoran el desempeño en los test de atención y análisis, mientras que los ejercicios de resistencia mejoran las tareas de tipo práctico.
Gill et al. (2015)	Canadá 226 ●55	Tiempo total de AF, FC y FCV <sup>5</sup> .	Cuantitativo, AF mediante cuestionario, test estandarizado de lectura, medición del FCV. Asociación entre mejor desempeño cognitivo con mayor tiempo de AF, AF-R <sup>6</sup> y AF-V <sup>7</sup> . El FCV no media la relación entre AF y cognición.
Rahe et al. 2015	Alemania 68 ●50 años	EC <sup>8</sup> , AF + EC, AF + EC + Terapia, BDNF, IGF-1 <sup>9</sup> , VEGF <sup>10</sup>	Cuantitativo, intervención, aleatorizado. Test de Memoria, atención y funciones cognitivas. Duración: 7 semanas. EC, AF + EC, AF + EC+ Terapia mejoran la cognición. La AF mejora la salud física general. Se produce un incremento en BDNF, y el IGF-1 solo incrementa para AF + EC.
Sun et al. (2015)	Japón 150 ●60	Tai Chi, FC.	Cuantitativo, de intervención y aleatorizado. Test estandarizado para FC. Duración: 6 meses. Mejor desempeño en el test de FC para el grupo con Tai Chi, en relación al grupo control.
Yokoyama et al. (2015)	Japón 25 ●65	Entrenamiento dual, funciones ejecutivas, péptido β-amiloide en plasma sanguíneo.	Cuantitativo, de intervención, aleatorizado. Test para FC. EL entrenamiento dual mejoró las FC, en comparación al grupo que solo hizo AF. En ambos grupos el contenido del péptido β-amiloide disminuyó.
Zhao et al. (2015)	Estados Unidos 102 57 ± 6	AF, Memoria verbal y visual.	Cuantitativo. Test de memoria. Cuestionario de AF. Atletas retirados poseen mejor desempeño en test de memoria visual y verbal y mejor salud física que las personas sedentarias.
Willey et al. (2016)	Estados Unidos 876	AF-TL <sup>11</sup> , Dominios cognitivos específicos	Cuantitativo. Escores estandarizados: velocidad de procesamiento, memoria semántica y episódica y función ejecutiva. Entrevista de AF. Un bajo nivel de AF-TL se asocia independientemente con un mayor deterioro cognitivo en todos los dominios.
Tarazona-Santabalbina et al. (2016)	España 100 70	FC, función social y emocional, fragilidad Alimentación.	Cuantitativo, de intervención y aleatorizado. Test de FC, sociales y emocionales. Duración: 24 semanas. La aplicación del programa de intervención mejoró todos los indicadores, en comparación al grupo control.
Kishimoto et al. (2016)	Japón 803 ●65	AF, riesgo de padecer demencia.	Cuantitativo. Test para FC. Cuestionario de AF. Duración: 17 años. Disminución en la incidencia de Alzheimer para el grupo con AF regular.
Andrieu et al. (2017)	Francia Mónaco 1680 ●70	Suplementación con AG <sup>12</sup> omega-3, test de desempeño cognitivo.	Cuantitativo, de intervención multidominio, aleatorio. Test cognitivos combinados. Duración: 3 años. No hubo diferencias, entre los grupos en los test de desempeños cognitivo, ni entre el inicio y el final de la intervención.
Chang, et al. (2017)	Taiwán 60 55-70	AFC <sup>13</sup> , AFA <sup>14</sup> , FC, EEG <sup>15</sup> , Tiempo de reacción	Cuantitativo. FC (test de congruencia). AF por auto-reporte. Relación entre la AFC y AFA con un mejor desempeño en las AF y la FC.
Gross et al. (2017)	Estados Unidos 646 77	AF, FC, Demencia	Cuantitativo. Cuestionario de AF, Test para FC. Ausencia de relación entre la AF en la mitad de la vida y las FC, pero si con la AF reciente.
Sabia et al. (2017)	Inglaterra 10308 35-55	AF, FC, Demencia	Cuantitativo. Test de FC. Cuestionario de AF. Ausencia de relación entre: AF-deterioro cognitivo, AF-riesgo de demencia.
Wilckens, Erickson, & Wheeler (2017)	Estados Unidos 59 21-30 53 55-80	Sueño, eficiencia del sueño, AF y las FC ejecutivas.	Cuantitativa. Test de tareas en forma digital y en papel. La AF (en MET <sup>16</sup> ) y el sueño, se estimó con un acelerómetro. La eficiencia del sueño puede explicar la asociación entre AF y las FC.
Frith & Loprinzi (2018)	Estados Unidos 2352 60-85	AF, FC, Gamma Gap	Cuantitativo. Test para FC. Cuestionario de AF. Gamma Gap en sangre (g L <sup>-1</sup> ). Niveles altos de Gamma Gap se asocia con bajos desempeños cognitivos, siendo atenuado por la AF.
Iso-Markku et al. (2018)	Finlandia 726 73	AF, sedentarismo, FC, Gemelos.	Cuantitativo. Entrevista de FC. AF con acelerómetro. No se encontró asociación entre la AF y la cognición entre gemelos monovitelinos y vivitelinos.
Sanchez-Lopez et al. (2018)	México 97 ●60	AF <sup>17</sup> , FC, EEG, Serología, TSH <sup>18</sup>	Cuantitativo. Test para FC. Cuestionario para AF. Análisis del EEG con FT <sup>19</sup> . Serología y TSH en sangre. Mayor AF, mejor desempeño en las FC. Menor actividad física, menor actividad eléctrica en la región frontal, temporal y central.
Shakersain et al. (2018)	Suecia 2223 ●60	AF, Dieta (DNP <sup>20</sup> ), FC	Cuantitativo, longitudinal. Cuestionario para AF y Dieta. Test de FC. Vínculo entre la dieta-menor declive cognitivo. La AF acentúa el efecto de la dieta sobre las FC.
Köhncke et al. (2018)	Suecia 178 = 64	AF, receptores (D <sub>2</sub> ) de dopamina (DA), performance cognitivo.	Cuantitativo. Cuestionario de AF. Test para rapidez de procesamiento, memoria episódica y memoria de trabajo. Dopamina se midió con TEP <sup>21</sup> . Correlación entre la disponibilidad de dopamina y la memoria episódica y asociación con la AF.
Lerche et al. (2018)	Alemania 667 ●50	Sedentarismo, depresión, desorden del sueño, enfermedades neurodegenerativas.	Cuantitativo. Test para FC, nivel de AF, depresión y trastorno del sueño. La AF (deportiva) mejora la flexibilidad mental, síndromes depresivos y el sueño. Los deportes se asocian con una mejor memoria de trabajo y atención.
Chen et al., (2019)	Taiwán 70 58	Modos de ejercicio, memoria de trabajo, RMN <sup>22</sup> de cerebro.	Cuantitativa. Test de FC. Cuestionario de AF. Algoritmos para la interpretación de las imágenes de RMN. El ejercicio mejoró el desempeño en las pruebas de memoria de trabajo espacial. Los deportes abiertos activan más zonas del cerebro (lóbulo prefrontal e hipocampo) que los deportes cerrados.
Halloway et al. (2019)	Estados Unidos 262 ●80	AF, FC, VMG <sup>23</sup>	Cuantitativo. AF con acelerómetro. Test de FC. VMG con RMN. Mayores niveles de AF se asocian con mayor VMG, pero no con las FC.
HariPriya et al. (2019)	India 52 = 65	AF, FC, AVD <sup>24</sup>	Cuantitativo, intervención (pre y post test, diferentes ejercicios). Test para FC y cuestionario para AVD. Duración: 10 semanas. Mejora en las FC y los niveles de AVD.
Hishikawa et al. (2019)	Japón 385 75,5	AF, FC, Afectividad, Apatía, Depresión	Cuantitativo, intervención (yoga y ejercicios). Cuestionario de AVD, Test para FC, afectividad, apatía, depresión. Duración 12 meses. Mejoran todos los indicadores, sobre todo en los grupos con desempeño más bajos.
Imaoka et al., (2019)	Japón 67 ●60	AF, ejercicios mentales con o sin suplementación con AHS <sup>25</sup> , FC	Cuantitativo, de intervención y aleatorizado. Test de FC. Duración 90 días. La intervención con AF y entrenamiento mental mejora la atención en ambos grupos. El grupo con AHS, mejoró en el desempeño de los test de cálculo.
Kleinloog et al., (2019)	Países Bajos 70 60-70 años	AF aeróbica, FCV, FC ejecutivas.	Cuantitativo, de intervención, cruzado y aleatorizado. Test de funciones ejecutivas, memoria y rapidez psicomotora. Medida de FCV con RMN. Consumo de oxígeno (VO <sub>2</sub> psico). Respuesta al consumo de glucosa. La AF aeróbica, aumenta el consumo de oxígeno, el FCV en el lóbulo prefrontal y disminuye la concentración de glucosa. La función ejecutiva mejora.
Lin et al. (2019)	China 2074 71	AF, FC, nivel de lípidos en sangre y anatomía del cerebro.	Cuantitativo. Cuestionario de AF. Test de FC. Test serológicos para lípidos en sangre. Anatomía del cerebro mediante RMN. La AF mejoró las FC (visual-espacial). No hay efecto de los lípidos ni la anatomía del cerebro.
Reas et al. (2019)	Estados Unidos 1826 ●60	AF, FC	Cuantitativo. Test para FC. Cuestionario para AF (juventud, mediana edad y persona mayor). Correlación entre FC-AF actual. La AF en la juventud previene el deterioro en FC.
Song & Yu (2019)	China 120 ●60	AF, FC	Cuantitativo, aleatorio, intervención (AF aeróbica). Test de FC. Duración: 16 semanas. Grupo con AF obtuvo mejor desempeño en el test de FC que el grupo control.

n, número de participantes  
 AF, actividad física  
 FC, funciones cognitivas  
 BDNF: *brain-derived neurotrophic factor*, factor neurotrófico derivado del cerebro.  
 FCV: flujo cerebro vascular  
 AF-R: actividad física recreativa  
 AF-V: actividad física de intensidad vigorosa  
 EC: entrenamiento cognitivo  
 IGF-1: *insulin-like growth factor*, factor de crecimiento similar a la insulina  
 VEGF: *vascular endothelial growth factor*, factor de crecimiento del endotelio vascular  
 AF-TL: actividad física de tiempo libre  
 AG: ácidos grasos  
 AFC: actividad física de coordinación  
 AFA: actividad física aeróbica  
 EEG: electroencefalograma  
 MET: *metabolic equivalent of task*, equivalente metabólico de esfuerzo  
 AFI: actividad física incidental  
 TSH: hormona estimulante de las tiroides  
 FT: Transformada de Fourier  
 DNP: dieta nórdica prudente  
 TEP: tomografía de emisión de positrones  
 RMN: resonancia magnética nuclear  
 VMG: volumen de materia gris  
 AVD: actividades de la vida diaria  
 AHS: aislado hidrolizado de soya

## Discusión

De acuerdo a lo revisado en la literatura científica (Tabla 2), el estilo de vida, es decir, hábitos alimenticios, ingesta de alcohol, fumar, prácticas deportivas o cualquier tipo de actividad física y años de estudio, tienen un efecto directo sobre el declive cognitivo durante el envejecimiento. Cuando se consideran el país de origen de los reportes (Tabla 2) se destaca el contexto de la investigación, ya que se sabe que ciertos estilos de vida típicos de ciertas regiones pueden atenuar los efectos de la vejez sobre la cognición, como el encontrado por Trichopoulou et al. (2014), donde la adherencia a la dieta mediterránea por individuos proveniente de una comunidad griega en Atenas, trae consigo una disminución del impacto del declive cognitivo. Iso-Markku et al. (2018) no encontró asociación entre la AF y las funciones cognitivas de personas mayores gemelos (monovitelinos y vivitelinos), sugiriendo que los factores genéticos y ambientales (crianza, alimentación, estilo de vida) tiene mayor efecto que la AF sobre la salud mental. Si se comparan los reportes provenientes del mismo país, como los reportados por Imaoka, et al. (2019), Kishimoto, et al. (2016), Sun et al. (2015) y Yokoyama et al. (2015) para Japón y los reportados por Lin et al. (2019) y Lee et al. (2015) para China, los resultados son similares en cuanto a los beneficios de la AF sobre las FC y su efecto protector sobre las enfermedades neurodegenerativas asociadas con el envejecimiento.

El factor neurotrófico derivado del cerebro (*brain-derived neurotrophic factor*, BDNF) parece ser el más susceptible de ser regulado por la AF y posee un amplio repertorio de propiedades neurotróficas y neuroprotectoras en el sistema nervioso central y la periferia (Meeusen, 2014). La producción de esta proteína está asociada a factores genéticos, lo cual concuerda con los resultados de Nascimento et al. (2015), aunque sus niveles no se asocian con el desempeño en las FC evaluadas. La presencia de alelos que puedan condicionar la producción de estas sustancias o que guarden relación con el riesgo de padecer enfermedades neurodegenerativas, es un aspecto relevante a considerar en la investigación, ya que la variabilidad atribuida a este factor debe ser controlada. Desde este punto de vista, disponer de una muestra representativa y grande y emplear los métodos estadísticos apropiados puede ser el enfoque ade-

cuado.

Otros marcadores bioquímicos que son afectados por el nivel de AF son la dopamina, el factor de crecimiento similar a la insulina (IGF-1: *insulin-like growth factor*), el factor de crecimiento del endotelio vascular (VEGF: *vascular endothelial growth factor*) y el gamma gap. La IGF-1 es un péptido que participa en la regulación de la proliferación celular y potencia la acción de la insulina (Granada-Ybern, 2006) y el VEGF es una proteína que promueve la angiogénesis, o crecimiento de nuevos vasos a partir de otros preexistentes (González-Pacheco et al. 2004). El empleo de IGF-1 y VEGF como indicador en estudios de AF y FC no han mostrado resultados claros (Rahe et al. 2015), por lo que sus efectos a largo plazo deben estudiarse. Por otro lado, la dopamina (químicamente monoamina) es un neurotransmisor involucrado en la FC de alto orden, como la memoria episódica y la memoria de trabajo (Bäckman et al. 2006). En una muestra de 178 adultos de entre 64-68 años, Köhnecke et al. (2018) encontro una asociación positiva entre los receptores de dopamina en el caudate y el hipocampo con la memoria episódica, así como una asociación positiva entre la intensidad de AF con los receptores de dopamina en el caudate. Por último, el gamma gap esta asociado a los procesos inflamatorios que se vuelven importantes en la vejez y que son un factor de riesgo importante de mortalidad, cuyos efectos sobre la cognición y la AF deben ser evaluados (Frith & Loprinzi, 2018).

Otro aspecto que debe destacarse en la relación entre la AF y las FC en los personas mayores, es el tipo de actividad física, que puede tener diferentes categorías y diferentes formas de estimarse. En este caso se puede mencionar, de acuerdo a lo revisado en la literatura (ver Tabla 2)

a) De acuerdo a la intensidad puede ser baja (sedentario), media o alta intensidad con referencia al equivalente metabólico de esfuerzo, MET (U.S. Department of Health & Human Services, 2018).

b) Cardiovascular, resistencia y balance (Iuliano et al. 2015; Chang et al. 2017)

c) Deportes que relacionan la resistencia y el balance como el Tai Chi (Lee et al. 2015; Sun et al. 2015)

d) AF de tiempo libre (Willey et al. 2016) o incidental (Sanchez-Lopez et al. 2018)

e) Deportes abiertos (tenis, bádminton, etc.) y deportes cerrados (ciclismo, natación) (Chen et al. 2019).

f) Programas multimodales, que incorporan ejercicios físicos con ejercicios mentales (Yokoyama et al. 2015).

Cuando se quiere estimar el nivel de AF se pueden emplear test auto-administrados (por ejemplo, Chen et al. 2019, ver Tabla 2) o dispositivos electrónicos, como los acelerómetros (por ejemplo en Wilckens, Erickson, & Wheeler, 2017; Iso-Markku et al. 2018 en Tabla 2). Aunque los acelerómetros pueden proveer una forma objetiva de medir la AF, en la literatura se prefiere el empleo de los test (Vease por ejemplo a Craig et al. 2003) ya que se puede tener una idea del histórico de actividad física realizada por el individuo, la puede responder el sujeto encuestado, se puede aplicar mediante entrevista telefónica, y el alcance en cuanto al número de personas es mayor. Aunque estan limitados a la veracidad de la información suministrada por los encuestados, los test de AF son instrumentos idóneos en



estas investigaciones. Lee et al. (2015) emplearon un test para medir el nivel de AF a 15,589 personas mayores de 65 años en China, estableciendo categorías como AF de tipo cardiovascular, mente-cuerpo (yoga, Tai-Chi) o de resistencia, y encontraron mejores desempeños en los test de actividades cognitivas para los grupos que practicaban ejercicios aeróbicos o de mente-cuerpo. Las mediciones realizadas por Wilckens, Erickson, & Wheeler (2017) e Iso-Markku et al. (2018) de AF basada en el empleo de acelerómetros, les permitió evaluar el nivel de AF actual y su relación con las FC. El acceso a dispositivos más pequeños y asequibles, puede que cambie la tendencia en la evaluación de la AF en los estudios futuros.

La realización de estudios de intervención, permite establecer programas de AF previamente estructurados y diseñados, cuya frecuencia y duración, así como el tipo de ejercicio, se espera tengan un efecto en las variables cognitivas evaluadas. Los estudios de intervención, sobre todo cuando la formación de los grupos se hace en forma homogénea y aleatorizada, permiten un mejor control de las variables y se disminuyen la superposición de efectos. Iuliano et al. (2015) comparó el efecto de tres tipos de ejercicios (aeróbico, balance y resistencia, por 12 semanas) en un grupo de 80 adultos con edad promedio de 67 años, sobre las funciones cognitivas, y reportó que los ejercicios aeróbicos mejoran la atención, mientras que los de resistencia mejoran el desempeño en las tareas de tipo práctico. En otro estudio de intervención, Kleinloog et al. (2019) encontró que los ejercicios aeróbicos (grupo de 70 adultos entre 60-70 años) conducen a un aumento en el flujo de sangre al lóbulo prefrontal, aumenta el consumo de oxígeno y se obtienen mejoras en las funciones ejecutivas. Por lo general, la limitante de los estudios de intervención, es la cantidad de individuos y el seguimiento que debe hacerse durante el tiempo que dure el ensayo sobre las AF programadas y las diferentes mediciones. La ventajas de estos estudios, es la posibilidad de estudiar efectos específicos como la incorporación de suplementos alimenticios (Andrieu et al. 2017; Sun et al. 2015), condiciones genéticas para la producción de BDNF (Nascimento et al. 2015), contenido del péptido  $\alpha$ -amiloide en sangre (Yokoyama et al. 2015), IGF-1 y VEGF (Rahe et al. 2015) y control de la dieta (Tarazona-Santabalbina et al. 2016).

El entrenamiento cognitivo (EC) ha mostrado efectos positivos sobre las FC (Imaoka et al. 2019), por lo cual, la estrategias de intervención que incorporan a la AF con EC, o aquellos denominados multipropósito (donde además se controla la dieta), pueden proveer mejoras a calidad de vida de los personas mayores. Aunque los resultados pueden no ser concluyentes (ver Andrieu et al. 2017, Tabla 2), en otros casos el EC con AF, mejoran los indicadores de salud física y mental (Rahe et al. 2015; Yokoyama et al. 2015).

El empleo de técnicas de la neurociencia, como las Imágenes de Resonancia Magnética Nuclear (RMN, en Kleinloog et al. 2019; Lin et al. 2019; Chen et al. 2019), la Tomografía de Emisiones (TEP, en Köhncke et al. 2018) y la electroencefalografía (Chang et al. 2017; Sanchez-Lopez et al. 2018) aportan información relevante sobre los cambios que ocurren en el cerebro. En el caso de la RMN, las imágenes indican las zonas del cerebro que se activan durante ciertos procesos cognitivos y el efecto que tiene la AF sobre

la activación de esas zonas, así como cambios a nivel estructural de la materia blanca y el hipotálamo. Aunque el cerebro esta involucrado en todos los procesos del pensamiento, en ocasiones las medidas de esas zonas no se correlacionan con las respuesta conductual medida a través de los diferentes test empleados (Lin et al. 2019).

## Conclusiones

La AF de cualquier tipo tiene influencia positiva en la mejora de las funciones cognitivas de las personas mayores y disminuye el riesgo de padecer enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer. Los efectos del medio ambiente y el estilo de vida de las personas pueden tener un efecto incluso mayor que el atribuido a la AF por si sola. Los estudios donde se realiza AF, EC y una dieta balanceada, reportan una mejor calidad de vida para las personas mayores.

La incorporación de las herramientas de la neurociencia como la RMN, TEP y marcadores bioquímicos, puede brindar nueva información que permita un mejor discernimiento sobre los mecanismos involucrados entre la AF y la cognición, con estudios de intervención, con grupos homogéneos y variables controladas.

## Referencias

- Andrieu, S., Guyonnet, S., Coley, N., Cantet, C., Bonnefoy, M., Bordes, S., . . . Sudre, K. (2017). Effect of long-term omega 3 polyunsaturated fatty acid supplementation with or without multidomain intervention on cognitive function in elderly adults with memory complaints (MAPT): a randomised, placebo-controlled trial. *Neurology*, *16*(5), 377-389.
- Bäckman, L., Nyberg, L., Lindenberger, U., Li, S.-C., & Farde, L. (2006). The correlative triad among aging, dopamine, and cognition: Current status and future prospects. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, *30*(6), 791-807.
- Balchin, R., Linde, J., Blackhurst, D., Raugh, H. L., & Schönbacher, G. (2016). Sweating away depression? The impact of intensive exercise on depression. *Journal of Affective Disorders*, *200*, 218-221.
- Bores-García, D., Hortigüela-Alcalá, D., Fernandez-Rio, F. J., González-Calvo, G., & Barba-Martín, R. (2020). Research on Cooperative Learning in Physical Education. Systematic Review of the Last Five Years. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. doi: 10.1080/02701367.2020.1719276
- Chang, Y.-K., Chu, I.-H., Liu, J.-H., Wu, C.-H., Chu, C.-H., Yang, K.-T., & Chen, A.-G. (2017). Exercise Modality Is Differentially Associated with Neurocognition in Older Adults. *Neural Plasticity*. doi:10.1155/2017/3480413
- Chen, F. T., Chen, Y. P., Schneider, S., Kao, S. C., Huang, C. M., & Chang, Y. K. (2019). Effects of Exercise Modes on Neural Processing of Working Memory in Late Middle-Aged Adults: An fMRI Study. *Frontiers in Aging Neuroscience*, *11*. doi:10.3389/fnagi.2019.00224
- Craig, C. L., Marshall, A. L., Sjöström, M., Bauman, A. E., Booth, M. L., Ainsworth, B. E., . . . Oja, P. (2003). International Physical Activity Questionnaire: 12-Country

- Reliability and Validity. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 1381-1395.
- Cuadri Fernández, J., Tornero Quiñones, I., Sierra Robles, Á., & Sáez Padilla, J. M. (2018). Revisión sistemática sobre los estudios de intervención de actividad física para el tratamiento de la obesidad. *Retos*(33), 261-266.
- Deschenes, M. R. (2012). Effects of Aging on Muscle Fibre Type and Size. *Sports Medicine*, 34, 809-824. doi:10.2165/00007256-200434120-00002
- Donnelly, J., Hillman, C., Castelli, D., Etnier, J., Lee, S., Tomporowski, P., . . . Szabo-Reed, A. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *American College of Sports Medicine*, 1197-1222.
- Freudenberger, P., Petrovic, K., Sen, A., Töglhofer, A. M., Fixa, A., Hofer, E., . . . Schmidt, H. (2016). Fitness and cognition in the elderly, The Austrian Stroke Prevention Study. *Neurology*, 86. doi:10.1212/WNL.000000000000232
- Frith, E., & Loprinzi, P. D. (2018). Physical Activity and Cognitive Function Among Older Adults with an Elevated Gamma Gap. *Medical Principles and Practices*. doi:10.1159/000493732
- García González, A. J., & Froment, F. (2018). Beneficios de la actividad física sobre la autoestima y la calidad de vida de personas mayores. *Retos*(33), 3-9.
- Gill, S. J., Friedenreich, C. M., Sajobi, T. T., Stewart Longman, R., Drogos, L. L., Davenport, M. H., . . . Poulin, M. J. (2015). Association between Lifetime Physical Activity and Cognitive Functioning in Middle-Aged and Older Community Dwelling Adults: Results from the Brain in Motion Study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 21, 816-830.
- González-Pacheco, F. R., Castilla, M. A., Álvarez-Arroyo, M. V., Deudero, J. J., Neria, F., de Solís, A. J., . . . Caramelo, C. (2004). Papel del factor de crecimiento endotelial vascular (VEGF) en la protección de las células endoteliales. *Nefrología*, XXIV(I), 6-7.
- Granada-Yberm, M. L. (2006). Factor de crecimiento similar a la insulina y sus proteínas de transporte. *Endocrinología y Nutrición*, 53(7), 467-475.
- Gross, A. L., Lu, H., Meoni, L., Gallo, J. J., Schrack, J. A., & Sharretta, A. R. (2017). Physical Activity in Midlife is not Associated with Cognitive Health in Later Life Among Cognitively Normal Older Adults. *Journal of Alzheimer's Disease*, 1349-1358. doi:10.3233/JAD-170290
- Guillén Pereira, L., Bueno Fernández, E., Gutiérrez Cruz, M., & Guerra Santiesteban, J. (2018). Programa de actividad física y su incidencia en la depresión y bienestar subjetivo de adultos mayores. *Retos*(33), 14-19.
- Halloway, S., Arfanakis, K., Wilbur, J. E., Schoeny, M. E., & Pressler, S. J. (2019). Accelerometer Physical Activity is Associated with Greater Gray Matter Volumes in Older Adults Without Dementia or Mild Cognitive Impairment. *Psychological Sciences*, 74(7), 1142-1151. doi:10.1093/geronb/gby010
- Haripriya, S., Dhanesh, K. K., Sanjay Eapen, S., & Ajith, S. (2019). The effect of a multicomponent exercise program on cognitive function and functional ability in community dwelling older adults. *International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences*, 11(1), 109-114. doi:10.26452/ijrps.v11i1.1793
- Hishikawa, N., Takahashi, Y., Fukui, Y., Tokuchi, R., Furusawa, J., Takemoto, M., . . . Abe, K. (2019). Yoga-plus exercise mix promotes cognitive, affective, and physical functions in elderly people. *Neurological Research*. doi:10.1080/01616412.2019.1672380
- Imaoka, M., Nakao, H., Nakamura, M., Tazaki, F., Maebuchi, M., Ibuki, M., & Takeda, M. (2019). Effect of Multicomponent Exercise and Nutrition Support on the Cognitive Function of Older Adults: A Randomized Controlled Trial. *Clinical Interventions and Aging*, 14, 2145-2153.
- Iso-Markku, P., Waller, K., Vuoksima, E., Vähä-Ypyä, H., Lindgren, N., Heikkilä, K., . . . Kujala, U. M. (2018). Objectively measured physical activity profile and cognition in Finnish elderly twins. *Alzheimer & Dementia: Translational Research & Clinical Interventions*, 4, 263-271.
- Iuliano, E., di Cagno, A., Aquino, G., Fiorilli, G., Mignogna, P., Calcagno, G., & Di Costanzo, A. (2015). Effects of Different Types of Physical Activity on the Cognitive Functions and Attention in Older People: A Randomised Controlled Study. *Experimental Gerontology*, 70, 105-110.
- Kishimoto, H., Ohara, T., Hata, J., Ninomiya, T., Yoshida, D., Mukai, N., . . . Kiyohara, Y. (2016). The long-term association between physical activity and risk of dementia in the community: the Hisayama Study. *European Journal of Epidemiology*. doi:10.1007/s10654-016-0125-y
- Kleinloog, J. P., Mensink, R. P., Ivanov, D., Adam, J. J., Uludag, K., & Joris, P. J. (2019). Aerobic Exercise Training Improves Cerebral Blood Flow and Executive Function: A Randomized, Controlled Cross-Over Trial in Sedentary Older Men. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11(333). doi:10.3389/fnagi.2019.00333
- Köhncke, Y., Papenberg, G., Jonasson, L., Karalija, N., Wählin, A., Salami, A., . . . Lövdén, M. (2018). Self-rated intensity of habitual physical activities is positively associated with dopamine D2/3 receptor availability and cognition. *NeuroImage*, 181, 605-616.
- Lee, A., Richards, M., Chan, W. C., Chiu, H. F., Lee, R., & Lam, L. (2015). Intensity and types of physical exercise in relation to dementia risk reduction in community-living older adults. *JAMDA*, 16, 899.e1-899.e7.
- Lerche, S., Gutfreund, A., Brockmann, K., Hobert, M. A., Würster, I., Sünkel, U., . . . Berg, D. (2018). Effect of physical activity on cognitive flexibility, depression and RBD in healthy elderly. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. doi:10.1016/j.clineuro.2018.01.008
- Lin, S., Yang, Y., Qi, Q., Wei, L., Jing, N., Jie, Z., . . . Shifu, X. (2019). The Beneficial Effect of Physical Exercise on Cognitive Function in a Non-dementia Aging Chinese Population. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 11(238). doi:10.3389/fnagi.2019.00238
- Meeusen, R. (2014). Exercise, Nutrition and the Brain. *Sports Medicine*, 44(Suppl 1), S47-S56.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, T. P. (2010). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *International Journal of Surgery*, 8, 336-341. doi:10.1016/j.jisu.2010.02.007

- Murman, D. L. (2015). The Impact of Age on Cognition. *SEMINARS IN HEARING*, 36(3), 111-121.
- Nascimento, C. M., Pereira, J. R., de Andrade, L. P., Garufia, M., Ayan, C., Kerr, D. S., . . . Stella, F. (2015). Physical Exercise Improves Peripheral BDNF Levels and Cognitive Functions in Mild Cognitive Impairment Elderly with Different BDNF Val66Met Genotypes. *Journal of Alzheimer's Disease*, 43, 81-91.
- North, B. J., & Sinclair, D. A. (2012). The Intersection Between Aging and Cardiovascular Disease. *Circulation Research*, 110, 1097-1108. doi:10.1161/circresaha.111.246876
- Pandey, A., LaMonte, M., Klein, L., Ayers, C., Psaty, B., Eaton, C., . . . Berry, J. (2017). Relationship between Physical Activity, Body Mass Index, and risk of heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 69(9), 1129-1142.
- Prakash, R. S., Voss, M. W., Erickson, K. I., & Kramer, A. F. (2015). Physical Activity and Cognitive Vitality. *Annu. Rev. Psychol.*, 66, 769-797.
- Rahe, J., Becker, J., Fink, G. R., Kessler, J., Kukulja, J., Rahn, A., . . . Kalbe, E. (2015). Cognitive training with and without additional physical activity in healthy older adults: cognitive effects, neurobiological mechanisms, and prediction of training success. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7(187).
- Ratey, J. J., & Loehr, J. E. (2011). The positive impact of physical activity on cognition during adulthood: a review of underlying mechanisms, evidences and recommendations. *Review of Neuroscience*, 22(2), 171-185. doi:10.1515/RNS.2011.017
- Ravaglia, G., Forti, P., Lucicesare, A., Pisacane, N., Rietti, E., Bianchin, M., & Dalmonte, E. (2008). Physical activity and dementia risk in the elderly: Findings a prospective italyan study. *Neurology*, 70(19 Part 2), 1786-1794. doi:10.1212/01.wnl.0000296276.50595.86
- Reas, E. T., Laughlin, G. A., Bergstrom, J., Kritz-Silverstein, D., Richard, E. L., Barret-Connor, E., & McEvoy, L. K. (2019). Lifetime physical activity and late-life cognitive function: the Rancho Bernardo study. *Age and Ageing*, 1-6. doi:10.1093/ageing/afy188
- Sabia, S., Dugravot, A., Dartigues, J.-F., Abell, J., Elbaz, A., Kivimäki, M., & Singh-Manoux, A. (2017). Physical activity, cognitive decline, and risk of dementia: 28 year follow-up of Whitehall II cohort study. *BMJ*. doi:10.1136/bmj2709
- Sanchez-Lopez, J., Silva-Pereyra, J., Fernández, T., Alatorre Cruz, G. C., Castro-Chavira, S. A., González-López, M., & Sánchez-Moguel, S. M. (2018). High levels of incidental physical activity are positively associated with cognition and EEG activity in aging. *PLoS ONE*, 13(1). doi:10.1371/journal.pone.0191561
- Santos-Lozano, A., Pareja-Galeano, H., Sanchis-Gomar, F., Quindós-Rubial, M., Fiuza-Luces, C., Cristi-Montero, C., . . . Lucia, A. (2016). Physical Activity and Alzheimer Disease: A Protective Association. *Mayo Clinic Proceedings*, 91(8), 999-1020. doi:10.1016/j.mayocp.2016.04.024
- Schroeder, E. C., Welk, G. J., Franke, W. D., & Lee, D.-c. (2017). Associations of Health Club Membership with Physical Activity and Cardiovascular Health. *PLoS ONE*, 12(1). doi:10.1371/journal.pone.0170471
- Shakersain, B., Rizzuto, D., Wang, H.-X., Faxén-Irving, G., Prinelli, F., Fratiglioni, L., & Xu, W. (2018). An Active Lifestyle Reinforces the Effect of a Healthy Diet on Cognitive Function: A Population-Based Longitudinal Study. *Nutrients*(10). doi:doi:10.3390/nu10091297
- Song, D., & Yu, D. S. (2019). Effects of a moderate-intensity exercise programme on the cognitive function and quality of life of community-dwelling elderly people with mild cognitive impairment: A randomised controlled trial. *International Journal of Nursing Studies*(93), 97-105.
- Sun, J., Kanagawa, K., SaSaKi, J., OoKi, S., Xu, H., & Wang, L. (2015). Tai chi improves cognitive and physical function in the elderly: a randomized controlled trial. *Journal of Physical Therapy Science*, 27, 1467-1471.
- Tarazona-Santabalbina, F. J., Gómez-Cabrera, M. C., Pérez-Ros, P., Martínez-Arnau, F. M., Cabo, H., Tsaparas, K., . . . Viña, J. (2016). A multicomponent exercise intervention that reverses frailty and improves cognition, emotion and social networking in the community-dwelling frail elderly: A randomized clinical trial. *JAMDA*, 17, 426-433.
- Tebar, W. R., Ritti-Dias, R. M., Saraiva, B. T., Suetake, V. Y., Delfino, L. D., & Christofaro, D. G. (2019). Physical activity levels are associated with regional bone mineral density in boys. *The Physician and Sportsmedicine*. doi:10.1080/00913847.2019.1568770
- Trichopoulou, A., Kyzozis, A., Rossi, M., Katsoulis, M., Trichopoulos, D., La Vecchia, C., & Lagiou, P. (2014). Mediterranean diet and cognitive decline over time in an elderly Mediterranean population. *European Journal of Nutrition*. doi:10.1007/s00394-014-0811-z
- U.S. Department of Health & Human Services. (2018). *Physical Activity Guidelines for Americans*. Retrieved enero 04, 2020, from [https://health.gov/paguidelines/second-edition/pdf/Physical\\_Activity\\_Guidelines\\_2nd\\_edition.pdf](https://health.gov/paguidelines/second-edition/pdf/Physical_Activity_Guidelines_2nd_edition.pdf)
- Wilckens, K. A., Erickson, K. I., & Wheeler, M. E. (2017). Physical Activity and Cognition: A Mediating Role Efficient Sleep. *Behavioral Sleep Medicine*, 1-18.
- Wiley, J. Z., Gardener, H., Caunca, M. R., Moon, Y. P., Dong, C., Cheung, Y. K., . . . Wright, C. B. (2016). Leisure-time physical activity associates with cognitive decline. *Neurology*, 86, 1-7.
- World Health Organization. (2010). *WHO*. Retrieved enero 04, 2020, from [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44399/9789241599979\\_eng.pdf?s](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44399/9789241599979_eng.pdf?s)
- Yokoyama, H., Okazaki, K., Imai, D., Yamashina, Y., Takeda, R., Naghavi, N., . . . Miyagawa, T. (2015). The effect of cognitive-motor dual-task training on cognitive function and plasma amyloid  $\beta$  peptide 42/40 ratio in healthy elderly persons: a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics*, 15(60). doi:10.1186/s12877-015-0058-4
- Zhao, E., Tranovich, M. J., DeAngelo, R., Kontos, A. P., & Wright, V. J. (2015). Chronic exercise preserves brain function in masters athletes when compared to sedentary counterparts. *The Physician and Sportsmedicine*, 1-6. doi:10.1080/00913847.2016.1103641