

Relación entre ejercicio físico y procesos cognitivos en las personas mayores

Relationship Between Physical Exercise and Cognitive Processes in Elderly People

JESÚS FORTUÑO-GODES

Facultad de Psicología, Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, Blanquerna
Universidad Ramón Llul, Barcelona. España

C. Císter, 34. 08022 Barcelona

jesusfg@blanquerna.url.edu

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9758-9266>

Recibido: 14-09-2016. Aceptado: 11-01-2017.

Cómo citar / Citation: Fortuño-Godes, J. (2017). Relación entre ejercicio físico y procesos cognitivos en las personas mayores. *Ágora para la Educación Física y el Deporte* 19(1), 73-87.

DOI: <https://doi.org/10.24197/aefd.1.2017.73-87>

Resumen. Este artículo es una revisión bibliográfica que pretende reflejar el estado del arte de la relación entre práctica de ejercicio físico y los procesos cognitivos en la última fase de la vida de las personas. Diferentes estudios han relacionado la práctica del ejercicio con la reducción de síntomas de ansiedad y depresión, con la mejora del bienestar y con una menor prevalencia en la aparición de enfermedades como el Alzheimer, Parkinson y síntomas de demencia. La actividad física favorece aquellos aspectos relacionados con la plasticidad neuronal, reflejándose beneficios a nivel molecular o celular, y a nivel estructural. La relación entre ejercicio físico y capacidad cognitiva se ha visto favorecida por el proceso de selección natural biológico al que ha sido sometido la especie humana y, en este marco, se señalan distintas hipótesis que fundamentan dicha relación. Se concluye explicando cuáles son las capacidades que podemos trabajar a través del ejercicio físico, la cantidad de actividad física necesaria para provocar mejoras, los tipos de actividades que pueden llevarse a cabo con personas mayores según su estado funcional, así como los programas que se pueden llevar a cabo con ellas.

Palabras clave: envejecimiento; ejercicio físico; capacidades cognitivas.

Abstract. This article reviews the literature about the relationship between physical exercise and the cognitive process of elderly people. Different studies have connected physical activity to a diminution of some disease symptoms (e.g., depression and anxiety), to the improvement of the wellbeing and to a reduction in Alzheimer, Parkinson and dementia symptoms. This is so because physical activity improves neuronal plasticity. The relationship between exercise and cognitive capacity has been benefited by the process of biological natural selection and, in this context, several hypothesis in which that relation is based are pointed out. Finally, the focus moves towards the capacities that should be worked, the amount of physical exercise needed to improve them, and the types of activities and programs.

Keywords: aging; physical exercise; cognitive capacities.

INTRODUCCIÓN

Con el aumento del envejecimiento de la población los demógrafos europeos predicen que pronto será normal vivir más de 100 años. Pero ello servirá de poco si nuestra salud durante este tiempo añadido no se conserva en buenas condiciones. En el caso de la salud mental, más de 5 millones de europeos padecen demencia, lo que viene aproximadamente a ser del 1,1% al 1,3% de la población (Jané-Llopis & Gabilondo, 2008). Se estima que la prevalencia de la enfermedad Alzheimer es del 2% en las personas comprendidas entre los 65 y 69 años y del 22% en las personas comprendidas entre los 85 y los 89 años. La misma fuente indica que aumentará al doble el número de casos en 2040 en Europa Occidental. Las expectativas hacen que debamos pensar cómo compatibilizar el incremento en el tiempo vivido con una buena calidad vivida.

Hasta el momento los tratamientos farmacéuticos para el deterioro cognitivo han tenido resultados moderadamente eficaces, por lo que se buscan enfoques alternativos. En este sentido, se ha centrado el interés en utilizar el ejercicio físico como una importante estrategia terapéutica en materia cognitiva. Este artículo es una revisión bibliográfica que pretende reflejar el estado del arte de la relación entre práctica de ejercicio físico y los procesos cognitivos en la última fase de la vida de las personas. Se hace especial énfasis en los beneficios que comporta la práctica física y las causas evolutivas de la vinculación entre esfuerzo y salud mental. En la parte final se hace una propuesta práctica de intervención.

El envejecimiento biológico se entiende como un proceso involutivo gradual que aparece cuando finaliza el crecimiento (25-30) y se hace evidente a partir de los 40 años. La concepción del envejecimiento en su acepción psicológica ha evolucionado desde principios del siglo XX, donde el desarrollo cognitivo se comparaba al crecimiento biológico. La vida mental se entendía como si evolucionara en la dirección de equilibrio y una posterior etapa final más inestable, iniciando una regresión en la vejez. Es en el periodo de entreguerras donde se desarrolla este modelo teórico deficitario.

La aparición de una mayor presión demográfica, desarrollará estudios poblacionales específicos de este sector desde una metodología

longitudinal. Este nuevo enfoque demostraría que el deterioro cognitivo relacionado con la edad no es en absoluto la regla general. Son los factores relacionados con la velocidad, los más afectados, mientras que los vinculados al conocimiento consolidado, son susceptibles de ser incrementados. A ello hay que añadir, que la edad aparece como un condicionante más entre otros factores, pero no es el decisivo en el declinar de las personas. La generación de nuevos aprendizajes a lo largo de toda la vida es un elemento que protege el proceso de degeneración funcional (Goldberg, 2007), y por tanto, la variable personal, es muy importante. Por ello se dice que la forma de envejecer es diferencial, ya que cada uno lo hace en función de la historia vital (de Febrer & Soler, 1989).

El paso del tiempo, pues, no tiene por qué interpretarse estrictamente en forma de pérdida. Como la Psicología del Ciclo Vital entiende, la senescencia es una etapa más de la vida, marcada por situaciones cualitativamente diferentes, donde se puede continuar creciendo, y que necesita por parte del mayor, estar siempre en actualización permanente.

Con el nuevo siglo se ha impuesto el concepto de Envejecimiento Activo (OMS, 2002), definido como “el proceso de optimización de las oportunidades de salud, participación y seguridad en orden a mejorar la calidad de vida de las personas que envejecen”. Se denomina “gerontolescencia” a la caracterización de una nueva etapa vital, en la que se viven todavía muchos años en plenitud, desde la sexta década en adelante e incluye el aprendizaje como el cuarto pilar del Envejecimiento Activo (International Longevity Centre Brazil, 2015). En este sentido, el envejecimiento es un ciclo más de crecimiento personal, que añade “vida a los años y no solamente años a la vida”, que puede ser interpretado en sentido positivo. Se vive más tiempo, con mejor salud y mayores condiciones materiales respecto a cualquier otro momento de la historia. Las organizaciones sociales y sanitarias promocionan estilos de vida saludables en los que el ejercicio físico y la actividad física (ambos términos se utilizarán indistintamente en este artículo) desempeñan un papel importante.

1. INVESTIGACIONES SOBRE EJERCICIO, ENVEJECIMIENTO Y FACTORES COGNITIVOS

1. 1. Beneficios relacionados con la capacidad mental

Estilo de vida activo y envejecimiento cognitivo han sido objeto científico desde los años 70, donde se definieron los comportamientos cognitivos susceptibles de ser modificados (Spirduso & Asplund, 1978) y se observó que los deportistas mayores superaban a las personas de su edad sedentarias en capacidades como rapidez de movimientos, precisión de funciones ejecutivas o memoria de trabajo (Spirduso, 1975).

Los estudios epidemiológicos han relacionado la práctica del ejercicio físico con la reducción de síntomas de depresión, ansiedad, y con la mejora del bienestar. Se observa también un menor riesgo en la aparición o gravedad de la enfermedad de Alzheimer, Parkinson, y síntomas de demencia (DHHS, 2008). Se ha asociado también un declive generalizado en las tareas cognitivas con la conducta sedentaria (Willey et al. 2016).

Los mayores efectos positivos se observan en los procesos que muestran una disminución con el paso de los años, como son las habilidades de control ejecutivo, que incluyen planificación y programación de tareas, memoria de trabajo, procesos inhibitorios y multitareas (Colcombe & Kramer, 2004).

También se ha encontrado asociación positiva entre buena condición física y resiliencia, entendida ésta como "la capacidad de resistir, recuperarse y crecer frente a los factores de estrés y las demandas cambiantes del ambiente" (Silverman & Deuster, 2014).

Los estudios longitudinales han confirmado que la participación temprana en programas de ejercicio físico mejora la cognición en las fases más tardías de la vida, con efectos mejores para los que participan en los ejercicios más intensos (Middleton et al. 2010).

Pero los estudios observacionales, por su propia naturaleza metodológica, no pueden obtener afirmaciones causales entre ejercicio y cognición. Los resultados pueden indicarnos que los individuos con una mejor función cognitiva, eligen participar en actividades físicas. Por ello, otro tipo de estudios como los ensayos controlados aleatorios, han permitido demostrar causalmente que el ejercicio es eficaz para mejorar el rendimiento cognitivo incluso en pacientes con demencia o deterioro cognitivo (Voss et al. 2010).

1. 2. Beneficios relacionados con la estructura fisiológica cognitiva

La actividad física favorece aquellos aspectos relacionados con la plasticidad neuronal, entendida ésta como capacidad de adaptarse anatómica y funcionalmente a los cambios del ambiente que incluyen resolución de problemas, estimulación motora, cambios traumáticos o enfermedades (Mattson, 2012). Esta capacidad es esencial para el aprendizaje y permite

conservar y/ o restaurar la función cerebral en los ajustes del envejecimiento y las lesiones.

La influencia del ejercicio se produce siguiendo el principio de especificidad, por el cual aunque la mejora cognitiva es general, las zonas que evidencian mayores cambios son las vinculadas a las funciones de más alto nivel cognitivo, como el hipocampo, la corteza frontal y parietal, que están implicadas en la ejecución de tareas, la memoria, la resolución de conflictos y la atención selectiva (Colcombe et al. 2004).

A pesar de la complejidad y diversidad de los mecanismos que intervienen, podríamos sistematizar los beneficios del ejercicio físico, con un primer nivel molecular y/o celular, y un segundo relacionado con los cambios estructurales del SNC como el tamaño y la conectividad neurológica.

1.2.1. Cambios moleculares y celulares

El ejercicio mejora la capacidad del cerebro de reorganizarse fomentando la proliferación celular del hipocampo, con el aumento del número de neuronas y la formación de nuevas conexiones, incluso en los más envejecidos, en un proceso denominado Neurogénesis Adulta (van Praag et al. 1999). Al proceso que conlleva cambios en las conexiones sinápticas de las neuronas, el alargamiento de sus axones y las ramificaciones colaterales y la remodelación de nuevas sinapsis, se le denomina sinaptogénesis (Foster Philip, 2015).

El ejercicio, estimula este proceso a través de la expresión de factores de crecimiento o neurotrofinas, que son unas proteínas que regulan la estructura y la actividad neuronal. Una de las más importantes es el factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF- Brain Derived Neurotrophic Factor), que es factor crítico en los beneficios inducidos por el ejercicio en el aprendizaje y la memoria (Raichlen & Polk, J. D. 2013).

El ejercicio físico prolongado también incrementa las concentraciones de IGF-1, otro factor de crecimiento similar a la insulina tipo I, que regulan la proliferación celular. Entre las diferentes funciones que lleva a cabo, tiene un papel fundamental en el crecimiento y desarrollo de las neuronas (Raichlen & Polk, 2013).

La necesidad de alimentar nuevas células conlleva una demanda de nutrientes que permitan sobrevivir a la nueva estructura. Es la propia necesidad metabólica de crecimiento del tejido neuronal, la que produce los elementos necesarios para su propio desarrollo, mediados por el estímulo del ejercicio físico, incidiendo éste, de forma positiva sobre la vascularización

cerebral y el flujo sanguíneo, en un proceso denominado angiogénesis. La hipoxia cerebral generada por el ejercicio físico tiene un gran efecto estimulador sobre la liberación del factor de crecimiento endotelial vascular o VEGF (da Silva et al. 2012).

Por otro lado, el ejercicio revierte procesos mitocondriales neurodegenerativos relacionados con el envejecimiento, como la disminución de la capacidad antioxidante, el aumento del daño oxidativo y el aumento de la inflamación.

También se ha demostrado que el ejercicio físico agudo y prolongado aumenta los neurotransmisores o catecolaminas cerebrales, lo que provoca sensación de bienestar inducida principalmente por noradrenalina, endorfina y dopamina. Además, también aumentan los niveles de dopamina, serotonina y acetilcolina (Kashihara et al. 2009),

Por último, el ejercicio incide en la producción de melatonina y puede inducir cambios de fase circadianos. Influye en el metabolismo de la adenosina, y activa en el cerebro circuitos neurológicos lo que supone una sensación menor de ansiedad y depresión (DHHS., 2008).

1.2.2. Efectos morfológicos del EF sobre la cognición humana.

La capacidad aeróbica se correlaciona positivamente con aumentos de volumen de varias regiones del cerebro y de sustancia gris y blanca en el lóbulo frontal (Erickson et al, 2008). Estos incrementos estructurales tienen, a su vez, efectos funcionales significativos, como la mejora de la memoria o la función ejecutiva.

Los expertos también se han interesado en conocer la relación de la estructura anatómica de nuestro cerebro con sus, aproximadamente, 20 redes neuronales, y su funcionamiento con estudios de neuroimagen. De todas las redes examinadas, la Red Neuronal por Defecto (RND) parece ser la más afectada por el ejercicio físico. La RND es responsable de los pensamientos centrados en uno mismo, que llevamos a cabo cuando “soñamos despiertos”. Se halla especialmente activa en el descanso, antes de la realización de tareas concretas. En las personas en estado normal una mayor supresión de la DMN se asocia con un mejor rendimiento en las tareas de atención exigente.

2. CAUSAS EVOLUTIVAS QUE FUNDAMENTAN LA RELACIÓN EJERCICIO FÍSICO Y BIENESTAR COGNITIVO

La abrumadora relación entre la capacidad biológica para el esfuerzo y el bienestar cognitivo induce a pensar que somos el fruto de la adaptación a una fuerte presión evolutiva en un ambiente incierto y austero. Son varias las hipótesis que avalan este argumento.

La hipótesis del hombre corredor. El cambio a un estilo de vida fundamentado en la caza y la recolección, de alrededor de 2 millones de años, exigió mayores niveles de actividad física, alteró la forma del cuerpo y aumentó el tamaño del cerebro. Dado el alto costo energético del tejido neuronal, esta ampliación sólo pudo haber surgido si mejoraba la capacidad de explorar nuevas posibilidades de supervivencia en ambientes con altos niveles de incertidumbre y podía hacer frente a retos socio-ecológicos impredecibles (Sherwood et al. 2008).

Los estudios de Bramble y Lieberman (2009), nos indican que el correr grandes distancias pudo ser factor decisivo para la consolidación orgánica y funcional del cuerpo humano. Adaptación que fue posible a base de producir el 90% de la energía necesaria para la contracción muscular en presencia de oxígeno. Esta característica estuvo acompañada por una habilidad excepcional para disipar el calor durante el esfuerzo, facilitada por la caída de pelo y el establecimiento de un sistema de sudoración único en el reino animal (Carrier, 1984).

La hipótesis del hombre corredor es coherente con la creencia desarrollada por Neel en los años 60 en el sentido de que el medio fue seleccionando progresivamente un tipo de "gen ahorrador" que actuaba en ciclos (Neel, 1962). Proporcionaba una ganancia rápida de energía que se guardaba en forma de grasa en los momentos de abundancia y proporcionaba ventajas en épocas de hambre al permitir una mayor eficiencia muscular derivada del almacén energético. Este antiquísimo "gen ahorrador" ha permanecido inalterable durante los últimos 10,000 años, ya que sigue regulando las diferentes dinámicas a las que se somete el actual ser humano.

La Hipótesis de la restricción calórica fue formulada por primera vez en 1935 (McCay et al., 1935) y afirma que las situaciones de restricción calórica que mantienen los nutrientes vitales (RC sin malnutrición), son propicias para aumentar la longevidad. La RC enlentece el proceso biológico de envejecimiento, aumenta la longevidad y reduce el riesgo de desarrollar enfermedades asociadas a la edad, como diabetes tipo 2, aterosclerosis, cáncer y enfermedades neurodegenerativas (Reinald Pamplona, 2009). Estas mejoras son similares a las observadas en sujetos sometidos a entrenamiento físico aeróbico (Erickson et al. 2011).

La hipótesis de la “reserva cognitiva”, proviene de la observación de personas mayores que logran tener un funcionamiento cognitivo sano en una situación de patología cerebral, revelada en la autopsia posterior a su muerte. Existen diferentes factores que influyen en el mantenimiento de la reserva cognitiva, tales como el nivel educativo, el cociente intelectual, el logro ocupacional, la participación en actividades de ocio, y la integridad de las redes sociales (Tucker & Stern, 2011). Evolutivamente hablando, el poder mantener el cerebro saludable en etapas post-reproductivas pudo ser favorecido en un contexto de fomento de las redes de soporte intergeneracional (Allen et al., 2005).

Todo parece indicar que la evolución ha favorecido a aquellos individuos con una mente inteligente y un cuerpo atlético que han podido sobrevivir en condiciones precarias de alimentación, capaces de mantenerse corriendo o caminando durante prolongados períodos a una temperatura ambiental alta y en un contexto ambiental de incertidumbre. Tal vez pudiéramos acabar este apartado recordando a Nietzsche en *El Ocaso de los ídolos*: “Lo que no me mata, me hace más fuerte”.

3. PROPUESTA PRÁCTICA

A continuación se presenta una propuesta que sugiere pautas específicas de trabajo para profesionales especializados en este ámbito.

Capacidades sobre las que podemos incidir para mejorar la salud cognitiva. La relación con el medio es posible gracias a las capacidades que se fundamentan en la producción de energía. En el caso de las personas mayores se utiliza a menudo el concepto de condición física funcional y hace referencia a la "capacidad física para desarrollar las actividades de la vida diaria de forma segura e independiente y sin excesiva fatiga" (Rikli & Jones, 2001). Existen diferentes componentes de la forma física, como la resistencia, la fuerza, la flexibilidad o la agilidad.

Capacidades Coordinativas. Para que nuestro cuerpo se adapte al contexto externo deben producirse también mecanismos de regulación y control de las respuestas que se producen. La integración adecuada de todos los datos recibidos, junto con la elección de la respuesta motora adecuada, forma los diferentes tipos de coordinaciones. Se incluyen las de tipo automático como la coordinación dinámica general (la más importante es caminar), el equilibrio y el movimiento consciente propio de la coordinación específica (óculo manual y pédica).

Capacidades sensoriales y perceptivas. Nuestro cuerpo coordina acciones

motoras con los datos obtenidos de nuestros sentidos, la percepción espacial y temporal. Se incluyen en este apartado capacidades de carácter psicomotor como esquema corporal, lateralidad; o perceptivas como percepción espacial y temporal, ritmo y las sensaciones como el oído y la vista.

Capacidades cognitivas. Cada acción necesita una atención determinada y un proceso de adquisición y recuerdo de actuaciones motrices. Todo ello exige el más elevado nivel de control consciente para hacer efectivo el aprendizaje motor. Se incluyen en este apartado la atención, la memoria, la comprensión, la capacidad de aprendizaje y la toma de decisiones.

Capacidades de relación. La actividad física es un excelente medio de relación y de comunicación con otras personas y con el propio entorno.

Cantidad de ejercicio necesaria. El tiempo de ejercicio continuado de moderado a baja intensidad, considerado necesario para producir beneficios para la salud, debe estar alrededor de 150 minutos a la semana (ACSM 2009). Los beneficios son más importantes si la actividad corresponde a una intensidad mayor, una frecuencia más alta y un tiempo más prolongado por sesión. Entre frecuencia, duración e intensidad, se pueden establecer diferentes relaciones de forma equilibrada. Para intensidades moderadas, es necesario acumular al menos entre 30 y 60 minutos por día en series de 10 minutos cada una hasta un total comprendido entre 150 y 300 minutos por semana. Si la intensidad de práctica es vigorosa, se reducirá el tiempo entre 20-30 minutos/día hasta un total de entre 75 y 150 minutos a la semana.

Para calcular la intensidad de ejercicio se puede usar la Escala de Percepción Subjetiva de Börg donde, en una gradación de 0 a 10, el nivel moderado es 5-6 y el vigoroso es 7- 8.

Si debido a las condiciones de fragilidad no se puede llegar a hacer los 150 minutos semanales, deberá llevarse a cabo el tiempo de actividad que sus condiciones le permitan.

Para la práctica de la fuerza o del ejercicio con resistencias, llevar a cabo ejercicios que impliquen grandes grupos musculares. Son adecuados 8 o 10 ejercicios por sesión, de entre 8 y 12 repeticiones por ejercicio, al menos dos días a la semana, a una intensidad entre moderada (5-6) y vigorosa (7- 8) según la Escala Subjetiva de Borg.

Ejercicios que estimulen la flexibilidad son positivos de practicar 2 veces/semana, con intensidad moderada, con estiramientos globales estáticos.

Se recomienda también ejercicios de equilibrio para personas que tienen frecuentes caídas o con problemas de movilidad. Aunque no existen directrices específicas referidas a frecuencia, intensidad o duración, se pueden llevar a cabo ejercicios que progresivamente reducen la base de apoyo,

movimientos que alteren el centro de gravedad, estimular grupos musculares posturales y trabajar los canales sensoriales de forma específica.

Pueden incorporarse propuestas de ejercicios que impliquen el trabajo específico de las otras capacidades comentadas anteriormente, de forma que el diseño del programa de intervención tenga una visión global de la persona a la que va dirigido.

Por último, comentar que la inactividad es factor de riesgo incluso si se siguen las recomendaciones de actividad física diarias. Prolongados períodos de inactividad como estar sentados o encamados, se vinculan con riesgo de enfermedad crónica. En este sentido, la “rotura” frecuente del tiempo de inactividad se asocia con atributos de salud favorables.

Tipos de actividades que podemos utilizar.

Actividades musicales y expresivas, donde música y expresión se presentan como elementos de intervención a través de los cuales se estructura la sesión. Forman parte de este grupo los bailes de salón, las danzas populares, las coreografías adaptadas...

Las actividades derivadas del acondicionamiento físico, que pretenden el desarrollo de sistemas energéticos a través del trabajo de mantenimiento, tonificación y musculación, el trabajo cardiovascular en cinta, la estimulación en plataformas vibratorias, el aeróbic,...

Las gimnasias suaves, se fundamentan en restablecer el equilibrio tónico, postural y emocional a través de técnicas de relajación, consciencia del movimiento, eutonía...

Las actividades al aire libre, con base en el goce por la naturaleza, como caminar, pasear en bicicleta, el “nordic walking”, la carrera, el esquí de fondo, el excursionismo, etc.

Las nuevas tecnologías abren un horizonte todavía por descubrir y aplicable, especialmente a las personas mayores en situación de vulnerabilidad. Aquí se pueden incluir actividades que implican la ejecución de movimientos a través de simulaciones virtuales con videojuegos.

Con las actividades terapéuticas se pretende incidir sobre el restablecimiento de la salud y cuenta con el trabajo coordinado de otros especialistas como psicólogos, fisioterapeutas o terapeutas ocupacionales. Incluye técnicas como psicomotricidad o estimulación cognitiva.

En las actividades lúdicas, el elemento más importante es el agónico o competitivo. Se incluyen en este apartado los juegos, las formas jugadas, los predeportes y los deportes.

Las actividades acuáticas pueden desarrollarse bajo diferentes planteamientos como el “fitness” acuático, la práctica de estilos tradicionales

de natación o el movimiento con música.

En las actividades orientales, se busca adaptar las técnicas originarias a las posibilidades de las personas mayores y la realidad de nuestra sociedad occidental. Se incluyen aquí técnicas como el mind body, tai- chí, chi- kung, yoga, reiki, etc.

Tipos de programas a llevar a cabo con personas mayores. No hay límites claros que relacionen diferentes programas con las actividades enunciadas y los perfiles de usuarios. Pero sabemos que los programas de ejercicio estructurados, individualizados, de mayor intensidad y duración, y con estimulación de varios componentes, se muestran los más prometedores para preservar el rendimiento cognitivo de los mayores (Voss et al. 2011; Erickson et al. 2013). Además, las situaciones motrices ofrecen un amplio margen de flexibilidad. Sólo deben adaptarse a las fases del ciclo vital de las personas, de forma que se adecúen a sus diferentes posibilidades. Conforme a estos criterios genéricos, proponemos la siguiente propuesta de programas.

Los programas deportivos se ciñen preferentemente a la práctica deportiva federada. Los programas sociomotrices son tal vez los más eclécticos, al recoger propuestas de cada tipo de actividades. Los programas de acondicionamiento físico y terapéutico tienden a utilizar las actividades con un mayor componente biológico cardiovascular y muscular. Por su parte, los de carácter estimulativo usan actividades de carácter terapéutico, como la psicomotricidad o la estimulación cognitiva a través del movimiento o coreografías adaptadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, J.S., Bruss, J., & Damasio, H. (2005). The aging brain: the cognitive reserve hypothesis and hominid evolution. *American Journal of Human Biology*, 17(6), 673-689. DOI: 10.1002/ajhb.20439
- American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko, W.J., Proctor, D.N., Fiatarone, M.A., Minson, C.T., Nigg, C.R., Salem, GJ, & Skinner, J.S. (2009). Exercise and physical activity in older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41, 1510-1530.
- Bramble, D.M., Lieberman, D.E. (2009). Endurance running and the evolution of Homo. *Nature*, 432, 345–352.
- Carrier, D. R., Kapoor, A. K., Kimura, T., Nickels, M. K., Satwanti, K., Scott, E. C., So, J. K., & Trinkaus, E. (1984). The energetic paradox of human running and hominid evolution. *Current Anthropology*, 25(4), 483-495. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273047446_The_Energetic_Paradox_of_Human_Running_and_Hominid_Evolution
- Colcombe, S.J., Kramer, A.F., Erickson, K., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N.J., Webb, A., Jerome, G.J., Marquez, D.X., & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*. Mar 2; 101(9), 3316-3321.
- da Silva, J. F. R., Rocha, N. G., & da Nóbrega, A. C. L. (2012). Movilización de Células Progenitoras Endoteliales con el Ejercicio en Sanos: una Revisión Sistemática. *Arq Bras Cardiol*, 98(2), 182-191.
- De Febrer, A. & Soler, A. (1989). *Cuerpo, dinamismo y vejez*. Barcelona: INDE.
- DHHS. (2008). *Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report*. Washington, DC: US Department of Health and Human Services.
- Erickson, K., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R, Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A.F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, (2011, Feb-15), 108(7), 3017-3022.

- Erickson, K. I., Raji, C. A., Lopez, O. L., Becker, J. T., Rosano, C., Newman, A. B., Kuller, L. H. (2008). Physical activity predicts gray matter volume in late adulthood: The Cardiovascular Health Study (e-Pub ahead of print). *Neurology*, 75(16), 1415–1422.
- Foster, P., (2015). Role of physical and mental training in brain network configuration. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 7(117). DOI: [10.3389/fnagi.2015.00117](https://doi.org/10.3389/fnagi.2015.00117).
- Goldberg, E. (2007). *La paradoja de la sabiduría*. Barcelona: Crítica.
- International Longevity Centre Brazil. (2015). Active Ageing: A Policy Framework in Response to the Longevity Revolution". Recuperado el 26/06/16 de <http://ilcbrazil.org/news/active-ageing-a-policy-framework-in-response-to-the-longevity-revolution/>
- Jané-Llopis, E., & Gabilondo, A. (Eds). (2008). *Mental Health in Older People. Consensus paper*. Luxembourg: European Communities.
- Kashihara, K., Maruyama, T., Murota, M., & Nakahara, Y. (2009). Positive effects of acute and moderate physical exercise on cognitive function. *J Physiol Anthropol*, 28(4), 155-164
- Mattson, M. P. (2012). Energy Intake and Exercise as Determinants of Brain Health and Vulnerability to Injury and Disease. *Cell Metabolism*, 16(6), 706-722.
- McCay, C. M., Crowell, M. F., & Maynard, L. A. (1935). The effect of retarded growth upon length of lifespan and ultimate body size. *The Journal of Nutrition*, 10(1), 63-79.
- Middleton, L. E., Barnes, D. E., Lui, L. Y., & Yaffe, K. (2010). Physical activity over the life course and its association with cognitive performance and impairment in old age. *Journal of the American Geriatric Society*, 58(7), 1322-1326.
- Neel, J. (1962). Diabetes mellitus: a 'thrifty' genotype rendered detrimental by 'progress'? *American Journal of Human Genetics*, 14(4), 353-362.
- OMS. (2002). Envejecimiento activo: un marco político. *Revista Española de Geriatría y Gerontología*, 37(S2), 74-105. Disponible en: <https://bbpgal.xunta.es/images/BBPGAL/Envejecimiento%20activo%20marco%20politico%20-%20OMS.pdf>

- Raichlen, D. A., & Polk, J. (2013). Linking brains and brawn: exercise and the evolution of human neurobiology. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 280(1750), 20122250. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233746419_Linking_brains_and_brawn_Exercise_and_the_evolution_of_human_neurobiology
- Pamplona, R. (2009). Restricción calórica y envejecimiento en humanos. *Revista española geriatría y gerontología*, (44)4, 225-230.
- Rikli, R.E., Jones CJ. (2001). *Senior Fitness Test Manual*. Champaign IL: Human Kinetics.
- Silverman, M. N., & Deuster, P. A. (2014). Biological mechanisms underlying the role of physical fitness in health and resilience. *Interface focus*, 4(5). DOI: [10.1098/rsfs.2014.0040](https://doi.org/10.1098/rsfs.2014.0040).
- Sherwood, C. C., Subiaul, F., & Zawidzki, T. W. (2008). A natural history of the human mind: tracing evolutionary changes in brain and cognition. *Journal of Anatomy*, 212(4), 426-454.
- Spirduso, W. W., (1975). Reaction and movement time as a function of age and physical activity level. *Journal of Gerontology*, 30(4), 435-440.
- Spirduso, W. W. & Asplund, L. A. (1978). Physical Activity and Cognitive Function in the Elderly. *Quest*, 47, 395-410.
- Tucker, A.M. & Stern, Y. (2011). Cognitive Reserve in Aging. *Current Alzheimer Research*, 8(4), 354-60.
- Van Praag, H., Kempermann, G., & Gage, F. H. (1999). Running increases cell proliferation and neurogenesis in the adult mouse dentate gyrus. *Nature Neuroscience*, 2(3), 266-270.
- Voss, M. W., Nagamatsu, L. S., Liu-Ambrose, T., & Kramer, A. F. (2011). Exercise, brain, and cognition across the life span. *Journal of Applied Physiology*, 111(5), 1505-1513.
- Voss, M. W., Prakash, R. S., Erickson, K. I., Basak, C., Chaddock, L., Kim, J. S., Alves, H., Heo, S., Szabo, A., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E. L., Gothe, N., Olson, E. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2010). Plasticity of brain networks in a randomized intervention trial of exercise training in older

adults. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 2. DOI: [10.3389/fnagi.2010.00032](https://doi.org/10.3389/fnagi.2010.00032).
Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20890449#>.

Willey, J. Z., Gardener, H., Caunca, M. R., Moon, Y. P., Dong, C., Cheung, Y. K., Sacco, R. L., Elkind, M. S., & Wright, C. B. (2016). Leisure-time physical activity associates with cognitive decline: The Northern Manhattan Study. *Neurology*, 86(20), 1897-903.