

EFFECTO AGUDO SOBRE LA COGNICIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN PERSONAS MAYORES



TRABAJO FIN DE MÁSTER

RAFAEL DORDÀ VIDAL

Tutor académico: Diego Pastor Campos

**Centro de Investigación del Deporte (CID)
Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH)
Máster Universitario en Rendimiento Deportivo y Salud
Curso Académico 2015-2016**

EFFECTO AGUDO SOBRE LA COGNICIÓN DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN PERSONAS MAYORES

Dordà Vidal, Rafael (Tutor académico: Pastor Campos, Diego).

Centro de Investigación del Deporte, Universidad Miguel Hernández, Elche

Palabras clave: *Envejecimiento, Ejercicio, Efecto Stroop, Cognición, Intensidad*

Keywords: *Aging, Exercise, Stroop Effect, Cognition, Intensity*

Resumen

La cantidad de personas mayores en la sociedad ha ido aumentando. La vejez con el paso del tiempo conlleva a un deterioro cognitivo, presentando un sujeto dependiente con severas limitaciones en la vida cotidiana. La práctica regular de ejercicio físico es el principal método de actuación para prevenir, retrasar y contrarrestar el deterioro cognitivo y la demencia. Pocos estudios han investigado la función ejecutiva después de una sola sesión de ejercicio aeróbico en adultos mayores.

Con el objetivo de comprobar los efectos de una sesión de entrenamiento aeróbico sobre las funciones cognitivas en personas mayores, hombres y mujeres pertenecientes a un programa de NeuroGym de la Universidad Miguel Hernández de Elche (n=28) en edades comprendidas entre los 55-75 años de edad ($64,5 \pm 4,53$), realizaron una sesión de entrenamiento aeróbico a una intensidad moderada (65-75 % FC máx). Se evaluó las funciones ejecutivas mediante la prueba Stroop antes e inmediatamente después de realizar el entrenamiento. Los resultados indicaron que las personas mayores habían mejorado las puntuaciones en la variable tiempo para cada una de las condiciones (P, C y PC).

Estos hallazgos sugieren que una sesión aguda de ejercicio a intensidad moderada, puede mejorar la capacidad de inhibición y la capacidad de reacción en personas mayores.

Introducción

En la actualidad, la población envejece como consecuencia de un aumento de la esperanza de vida. En los países occidentales se ha conseguido este hecho en el último siglo debido a los avances médicos y tecnológicos, a cambios en los hábitos nutricionales y estilos de vida y el acceso de la población a los servicios sanitarios (McCallum, 2011). En España entre 1992 y 2013, la esperanza de vida de los hombres pasó de 73,9 a 80 años y la de las mujeres de 81,2 a 85,6 años, según las tablas de mortalidad que publicó el INE (2014). Se espera un 20% de mayores de 65 años para el año 2021 (Morley, 2004). De esta manera cabe la necesidad de examinar el impacto del envejecimiento y el ejercicio físico sobre la salud con la finalidad de mejorar el bienestar de esta población y su adaptación al medio en el que viven.

Cuando hablamos de envejecimiento, lo definimos como un fenómeno biológico con cambios fisiológicos y anatómicos inevitables que ocurre en los distintos sistemas del organismo con el paso de los años, desde el momento que nacemos hasta la muerte natural, considerándose una de las causas directas de mortalidad y enfermedades en los seres humanos (Yeo, 2013). La *Teoría de la Programación Genética* explica este proceso como fase evolutiva determinado por el genoma. No obstante, no es la única teoría que explica el envejecimiento. Un conjunto de teorías se han añadido para explicarlo (Yeo, 2013).

La *Teoría de Teleomeros*, explica el envejecimiento por la limitación de reproducirse de las células en función del acortamiento de sus teleomeros durante los procesos de división celular (Yeo, 2013).

La *Teoría Endocrina*, considera que los sistemas de la glándula hipotálamo-pituitaria deteriorados que regulan la homeostasis en el cuerpo son la causa principal del envejecimiento (Yeo, 2013).

La *Hipótesis del daño del ADN*, hace mención a la capacidad para reparar los daños de ADN, siendo directamente proporcional a la duración de vida de las especies y la

capacidad de reparación está alterada en las células normales, debido a la progresión del envejecimiento (Yeo, 2013).

La Teoría del Ratio de vida sugiere que el gasto de energía es inversamente proporcional a la duración de vida. Estudios en animales han demostrado que la vida útil es más corta cuando el gasto de energía es mayor, y viceversa (Yeo, 2013).

Las *Teorías del Daño Mitocondrial*, muestran como con el envejecimiento las mitocondrias cambian su morfología y deterioran su funcionalidad alterando el aporte energético de las células y produciendo más radicales libres.

Por último, la *Teoría de los Radicales Libres* considera que la acumulación de varios radicales libres son la causa del envejecimiento (Yeo, 2013).

Independientemente de las causas que conllevan a este proceso vital, el envejecimiento puede llevar a la fragilidad, un síndrome biológico que disminuye las reservas y la resistencia al estrés, como resultado del deterioro de múltiples sistemas fisiológicos, causando la vulnerabilidad del anciano ante posibles eventos y limitando la capacidad funcional para realizar actividades de la vida diaria (Fried, 2001). La fuerza, el equilibrio y la coordinación son las cualidades que más se ven mermadas durante esta etapa. Un factor importante de la fragilidad es la sarcopenia, definida como la pérdida gradual de masa muscular esquelético, fuerza y potencia muscular, en los que se presentan cambios cualitativos en los tejidos, fundamentalmente en las fibras musculares tipo II de los miembros inferiores (Spiriduso, 2005). De igual manera, el envejecimiento afecta al sistema nervioso central, provocando una menor respuesta de las motoneuronas, de tal modo que se reduce la capacidad de efectuar fuerza óptima y actuar de manera eficiente ante situaciones adversas de incertidumbre presentadas diariamente.

Con el paso del tiempo, el envejecimiento comporta una disminución de la cognición (Chan, Ho, Cheung, Albert, Chiu & Lam, 2005), causando posibles trastornos, tales como la demencia y el deterioro cognitivo (Bhattacharya, Shumsky & Waterhouse, 2015). La pérdida de función cognitiva es ya una de las principales causas de discapacidad y dependencia entre las personas mayores en todo el mundo (Organización Mundial de la

Salud [OMS], 2012). La función ejecutiva (tiempo de reacción y tareas de atención) son una parte de la función cognitiva, esta manipula, controla, y organiza otros aspectos de la cognición, e incluye una amplia variedad de tareas, tales como la planificación, la atención, la resolución de problemas, el inicio y la dirección de acciones, de cambio de tareas, de razonamiento y de multitarea (Beilock & Carr, 2005). La disminución de estas funciones dificultara la realización de las tareas básicas de la vida cotidiana. Las funciones ejecutivas implican las porciones del cerebro del frontal, pre-frontal y parietal (Colcombe et al., 2004). Los cambios estructurales y fisiológicos en la parte frontal del cerebro son comunes en los adultos mayores (Colcombe et al., 2004).

Casi el 50% de los adultos de 85 años sufren algún tipo de demencia, convirtiéndose el deterioro cognitivo es una de las mayores amenazas para la salud en la tercera edad (Prince, Bryce, Albanese, Wimo, Ribeiro & Ferri, 2013). Parece ser que el deterioro cognitivo durante el envejecimiento puede estar asociado con una desregulación de la plasticidad cerebral, como solución, se sugiere que con el ejercicio físico se promueve la neuro-plasticidad positiva, aumentando la reserva cognitiva con una mayor densidad de conexiones neuronales dando como resultado la mejora de la función cognitiva. En cambio, los resultados negativos de la neuro-plasticidad se asocian con la inactividad física, la mala alimentación, el abuso de sustancias y el aislamiento social. Cambios que disminuyen la reserva cognitiva e inhiben la formación de conexiones neuronales, y consecuentemente, conduce a la reducción de la función cognitiva.

Por otra parte, se ha observado que las mujeres mayores pueden tener un mayor riesgo de desarrollar deterioro cognitivo respecto a los hombres debido a la disminución de los niveles de estrógenos durante el proceso menopáusico (Spirduso, Poon & Chodsko-Zajko, 2007).

Análisis recientes han comprobado que la relación entre el deterioro cognitivo y la edad en personas mayores es heterogénea, y establecen que el ejercicio físico es un factor modulador del impacto del envejecimiento sobre la cognición (Colcombe & Kramer, 2003). Los avances en intervenciones nutricionales (suplementos proteínicos y vitamina D) y farmacológicos (antimiostáticos y antioxidantes, creatina, etc) no parecen ser la única solución para combatir el deterioro cognitivo en la vejez, siendo muchos los

estudios que han observado los efectos del ejercicio físico sobre la cognición, considerándola una opción válida para la mejora de la función cognitiva y una herramienta eficaz para reducir las intervenciones farmacológicas (Casas-Herrero & Izquierdo, 2011). De hecho, en los últimos años se han realizado estudios buscando determinar si el ejercicio físico pudiera prevenir el riesgo de Alzheimer, como en el caso del estudio de Lautenschlager et al. (2008), donde 6 meses de programa de ejercicio físico mejoró los resultados de valoración de la función cognitiva y Alzheimer (ADAS-Cog). Además estas mejoras se mantuvieron durante 18 meses posteriores al periodo de seguimiento. De esta forma, parece evidente la importancia del papel que juega el ejercicio físico. Entendemos por ejercicio físico como una actividad física planificada, estructurada y repetitiva que es llevada a cabo con el objetivo de mejorar o mantener la salud o la condición física (Gremeaux, Gayda, Lepers, Sosner, Juneau & Niga, 2012), siendo uno de los factores que pueden reducir los efectos del envejecimiento sobre la función cognitiva (Voss, Nagamatsu, Liu-Ambrose & Kramer, 2011).

Con el ejercicio físico se obtienen una serie de beneficios. A grandes rasgos, de manera directa, el ejercicio físico mantiene y mejora la función músculo-esquelética, osteo-articular, cardio-circulatoria, respiratoria, endocrino-metabólica, inmunológica y psico-neurológica. De manera indirecta, la práctica de actividad física tiene efectos beneficiosos en las mejoras de su funcionalidad, lo cual es sinónimo de mejor salud, mejor respuesta adaptativa y mayor resistencia ante las posibles enfermedades que conlleva el envejecimiento (Castillo-Garzón, Ruiz, Ortega & Gutiérrez, 2006). El ejercicio físico incide positivamente sobre la mayor parte de funciones físicas, psicológicas y sociales de la persona mayor. Actualmente, se considera que la práctica regular de ejercicio físico se identifica como una terapia no farmacológica eficaz que actúa contra las principales enfermedades asociadas con el envejecimiento. Además, influye positivamente en la mejora de la función cognitiva, previniendo y retrasando la progresión del deterioro cognitivo en los ancianos, incluidos la demencia de Alzheimer u otros trastornos neuro-cognitivos (Colcombe & Kramer, 2003).

Parece ser que la práctica regular de ejercicio físico de tipo aeróbico en personas mayores de 55 años mejora la memoria y aumenta el tamaño del hipocampo, una región

del cerebro importante para el aprendizaje y la memoria, siendo el sitio temprano de enfermedades neurodegenerativas (Carvalho, Rea, Parimon & Cusack, 2013). En una revisión llevada a cabo por Liu-Ambrose, Nagamatzu, Graf, Beattie, Ashe & Handy (2010) han comprobado con trabajos de ejercicio de resistencia aeróbica semanales durante 12 semanas para mayores, que no solo provocan aumentos de la velocidad de la marcha, sino que resultan beneficiosos en la mejoría de funciones cognitivas ejecutivas, que están intrínsecamente relacionadas con el riesgo de caídas. De tal modo que el ejercicio cardiovascular parece reducir considerablemente la pérdida de tejido cerebral en las regiones que controlan la función ejecutiva (Colcombe & Kramer, 2003). El ejercicio aeróbico por tanto, tiene un efecto protector fuerte en la función cerebral y en la anatomía en adultos mayores, así como en aquellos que son susceptibles a desarrollar deterioro cognitivo (Colcombe & Kramer, 2003).

Un reciente estudio analizó 50 personas de edad avanzada donde se examinaba si los beneficios de ejercicio aeróbico (caminar rápido y baile aeróbico) se extienden a diferentes procesos ejecutivos medidos por una versión de la tarea Stroop. Las sesiones de entrenamiento fueron 3 veces por semana durante 60 minutos. Los resultados sugirieron que las intervenciones físicas, incluso a corto plazo, pueden mejorar las funciones ejecutivas y por tanto, el rendimiento cognitivo en adultos mayores (Pedrovan, Fraser, Renaud & Bherer, 2012).

Otros análisis sugieren que el trabajo aeróbico agudo (20 minutos) independientemente de la intensidad, moderado (50% VO₂ máx) o alta intensidad (75% VO₂ máx), en mujeres adultas mayores de 60-75 años de edad, mejoran su atención inmediata y reducen su tiempo de reacción (Peiffer, Darby, Fullenkamp & Morgan, 2015).

Además, se ha comprobado los efectos que tiene la actividad física con la mejora de la función del cerebro. Un estudio controlaba la cognición mediante la prueba del Efecto Stroop antes y después de realizar un ejercicio con cicloergometro durante 10 minutos, revelando que el ejercicio agudo a intensidad moderada mejoraba el rendimiento en dicha tarea. El aumento de la capacidad aeróbica se relaciona con una mayor ejecución de la tarea en la condición incongruente (Hyodo et al., 2012).

Colcombe & Kramer (2003) en su meta-análisis de 18 ensayos controlados aleatorios (ECA) informaron que, en general, los programas que duran más de seis meses conducen a mejores resultados. Curiosamente se observó que los programas cortos (1-3 meses) conducen a mejoras cognitivas significativamente más grandes que los programas de tiempo moderado (4-6 meses).

Como ejemplo, un programa corto que investigó los efectos de cuatro semanas (12 sesiones) de entrenamiento concurrente (trabajo de fuerza y de resistencia aeróbica) en personas mayores evaluando siete funciones cognitivas (funciones ejecutivas, memoria episódica, la memoria a corto plazo, memoria de trabajo, la atención, la capacidad de lectura y velocidad de procesamiento), sugirieron que el entrenamiento con intervenciones combinadas podría ser eficaz en la reducción de los factores de riesgo cognitivos en comparación con el tipo de entrenamiento tradicional, es decir, trabajo de fuerza o aeróbico por sí solos (Nouchi et al., 2012).

Para ciertos autores la danza se ha destacado como una actividad potencialmente superior para mantener o mejorar la capacidad cognitiva (Brown, Martinez & Parsons, 2006). Parece ser que este tipo de práctica es fundamentalmente una actividad social con dimensiones afectivas que se ha demostrado que promueven la participación social en las personas mayores (Keyani, Hsieh, Mutlu, Easterday & Forlizzi, 2005). Si bien, los resultados que se obtuvieron en el estudio de Merom, Grunseit, Eramudugolla, Jefferis, Mcneill & Ansley (2016) no apoyaron la hipótesis de que el baile como actividad física multidimensional presentara mayores cambios en la función ejecutiva, en el aprendizaje y en la memoria con respecto a una actividad motora como es caminar, viéndose que solamente se mejoró los dominios cognitivos de la memoria espacial.

En otro análisis, se quiso comparar el impacto de un entrenamiento con Cibercycling (ergómetro virtual) frente a un entrenamiento tradicional durante tres meses en adultos mayores, resultando que los sujetos que realizaban la práctica virtual alcanzaban una mejor función cognitiva con el mismo esfuerzo que un entrenamiento tradicional, sugiriendo que el ejercicio físico y cognitivo trabajado de manera simultánea podría tener un mayor potencial para la prevención del deterioro cognitivo (Anderson-Handely et al., 2012).

Desde otra perspectiva, se analizó el posible efecto del yoga sobre la función cognitiva como una actividad que pueda servir para mejorar el estado de ánimo y reducir el estrés, con la posibilidad de mejorar las habilidades atencionales generales. En el estudio participaron 135 sujetos entre 65-85 años de edad. Después de 6 meses de intervención los resultados no apoyaron la hipótesis de que esta práctica tuviera mejoras relativas en las funciones cognitivas en adultos mayores sanos (Oken et al., 2006). Quizás por la escasa intensidad de la tarea.

Una de las pruebas que se ha utilizado a la hora de explorar las diferencias de edad en los procesos de control inhibitorio, es la condición de interferencia de la tarea Stroop de colores y palabras (Kramer et al., 1999).

Debemos entender la inhibición cognitiva como una capacidad básica de las funciones ejecutivas que implica la posibilidad de frenar o reducir una respuesta automatizada y permite inhibir respuestas aprendidas (Miyake, Friedman, Emerson, Witzki, Howeter & Wager, 2000).

Descrito por John R. Stroop, en 1935, este efecto muestra la interferencia que se produce en la mente del sujeto cuando realiza una prueba en la que debe indicar el color con la que está escrita una palabra, que no coincide con su significado (interferencia semántica). En el momento que hay un cambio o modificación en los colores o palabras se percibe una interferencia que dificulta y ralentiza el tiempo de reacción para dar una respuesta dado que el cerebro tiende por causas naturales a automatizar y adelantarse a aquello que ha aprendido con anterioridad.

Así pues, este proyecto se centra en la realización de una sesión de ejercicio físico durante 50 minutos con personas mayores de 55 años evaluando sus condiciones a través de un test cognitivo (Efecto Stroop). La hipótesis inicial es que un programa de entrenamiento de intensidad moderada será efectivo a la hora de incrementar las respuestas cognitivas en personas de edad avanzada.

Material y métodos

Participantes

Un total de 28 sujetos tanto hombres como mujeres ($64,5 \pm 4,53$ años) físicamente activos participaron voluntariamente en el estudio. Los sujetos provenían del Programa NeuroGym de la Universidad Miguel Hernández de Elche (UMH). Los criterios de inclusión eran tener una edad superior a 55 años y no presentar patologías o limitaciones que impidiesen el desarrollo del entrenamiento. Antes de iniciar la investigación, los participantes fueron informados de los riesgos del estudio y firmaron un consentimiento informado aprobado por el comité ético de la Universidad.

Procedimiento

Siguiendo un calendario de registro, cada día se recibía aleatoriamente unos 8 sujetos en el Centro de Investigación del Deporte (CID) de la UMH. Se les informaba en la primera sesión del consentimiento informado. Posteriormente, se les sentaba enfrente de un ordenador en la sala de ordenadores para realizar dos veces la tarea Stroop antes y después de la intervención (sesión de entrenamiento). Terminada esta, los participantes se dirigían a la sala de registros donde realizaban la intervención práctica. Antes de empezar el entrenamiento, los sujetos eran monitorizados con un acelerómetro y un pulsómetro (se utilizó el Polar Team2 Pro Set). En cada una de las sesiones se tomaba la edad, el sexo, los resultados de la tarea Stroop y los datos recogidos durante la sesión por la frecuencia cardiaca (FC) y la acelerometría. Los participantes estaban familiarizados con la tarea Stroop previamente al estudio, con lo que no permitió valorar el efecto de aprendizaje del test.

El test como tal, es un test atencional que se encarga de evaluar la habilidad para resistir a la interferencia de tipo verbal, por lo que es una buena medida de la atención selectiva, además de valorar la flexibilidad cognitiva y la resistencia a la interferencia ejercida por estímulos externos. Este test no presenta un formato estandarizado sino que se han hecho versiones basadas en el test original de Stroop. La versión que se ha adaptado a nuestro estudio (Efecto de Jaensch) trata de una prueba donde se realizan tres fases con 50 enunciados. En cada fase se dispone como máximo de un minuto y medio para completar dichas fases. Una primera fase donde no existe interferencia (misma palabra

mismo color), una segunda fase donde hay una mínima interferencia (X con el mismo color) y una última fase donde hay una alta interferencia (el color y la palabra no coinciden). Al finalizar el test se recoge el tiempo que el sujeto ha empleado en contestar cada una de las fases y los aciertos en cada una de ellas.

Sesión

Previamente a la intervención se utilizó la fórmula de Tanaka ($207 - 0,8 * \text{Edad}$) para delimitar, registrar y ajustar la frecuencia máxima de cada sujeto en función de la sesión. La sesión se basa en un entrenamiento a una intensidad moderada de 50 minutos donde se empleaba un trabajo aeróbico mediante una prueba funcional llamada "Six Minute Walk Test" que se realizaba dos veces durante la sesión. Esta prueba consiste en recorrer la máxima distancia durante 6 minutos a través de un circuito cerrado predeterminado. La intensidad oscilaba entorno a los 65-75 % de la FCmáx.

En las sesiones se realizaba un calentamiento que consistía en 10 minutos de activación a través de ejercicio aeróbico de baja intensidad y ejercicios de movilidad articular de hombros, cadera y rodillas. Al finalizar cada sesión se llevaba a cabo una vuelta a la calma en la cual realizaban estiramientos estáticos de 10-15 segundos de los principales grupos musculares.

Los participantes recibieron retroacción verbal (feedback) cada vez que se elevaban o bajaban las pulsaciones para mantenerlas dentro de las franjas establecidas para la sesión.

Análisis estadístico

Se llevó a cabo un análisis descriptivo para determinar las medias y desviaciones típicas para cada una de las condiciones y variables estudiadas: el pre-test y pos-test en la variable de aciertos para las tres condiciones, tanto la condición de palabras y colores coincidentes (P), la condición solo color (C), así como la condición de palabra y color diferente (PC). Por su parte también se evaluó la variable tiempo entre el pre-post test en cada una de las condiciones (P t, C t, PC t) y la edad. Para comparar las diferencias entre las variables se empleó una prueba T para muestras relacionadas (paired T-test)

con un nivel de significación de 0,05. Además se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación entre las diferentes variables y la edad. El análisis estadístico se realizó con el programa Sigmaplot versión 12.

Resultados

A continuación, se muestra los resultados (Tabla 1) y los estadísticos descriptivos de cada una de las variables analizadas. El análisis de las comparaciones por pares mostró diferencias significativas en la variable tiempo para la condición P y en la condición PC entre pre y post con una paired t-test (P, $p < 0.014$; PC, $p < 0.001$) y una tendencia en la condición C ($p = 0.092$) tal y como se muestra en la Figura 2.

En la Figura 1 se muestran los resultados de la comparación entre el pre y post test en la variable aciertos. No se encontraron diferencias significativas en ninguna de las condiciones analizadas. Esto indica, que no hay ningún efecto del ejercicio físico sobre el número de aciertos, el cual se mantuvo muy alto antes y después.

Por otro lado, no se encontraron correlaciones al analizar la edad entre las distintas variables estudiadas.

Tabla 1

Resultados (media (SD)) para la prueba de Stroop

| | Tiempo de reacción (s) | | Aciertos | |
|----|------------------------|---------------|---------------|--------------|
| | pre | post | pre | post |
| P | 85,79 (16,87) | 81,50 (17,39) | 47,36 (4,53) | 47,75 (6,14) |
| C | 86,50 (15,40) | 82,68 (19,05) | 47,32 (6,09) | 47,54 (6,21) |
| PC | 94,46 (14,11) | 89,17 (15,56) | 43,39 (9,52) | 44,68 (9,72) |

P= Aciertos solo palabras; C= Aciertos solo color; PC= Aciertos palabra con color diferente (PC).

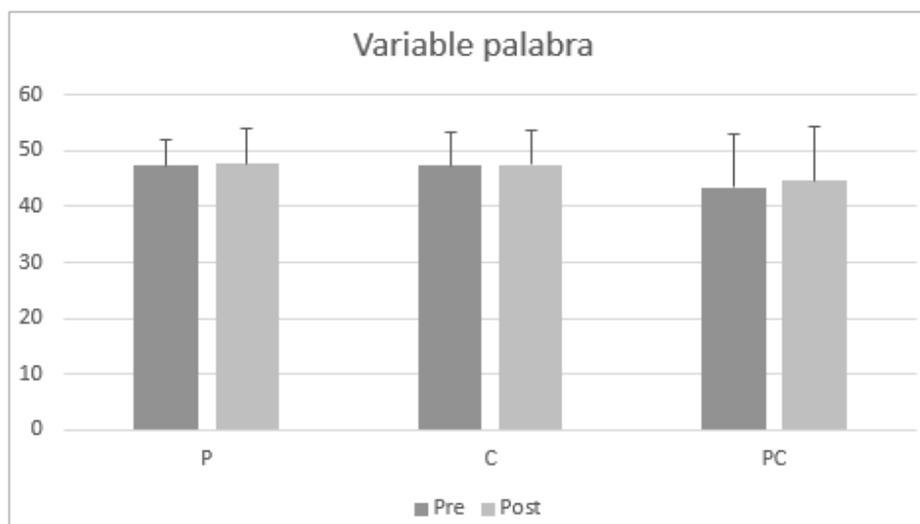


Figura 1: Comparación entre el pre y post test en las condiciones de la variable palabra. Acertos solo palabras (P), Acertos solo color (C) y Acertos palabra con color diferente (PC).

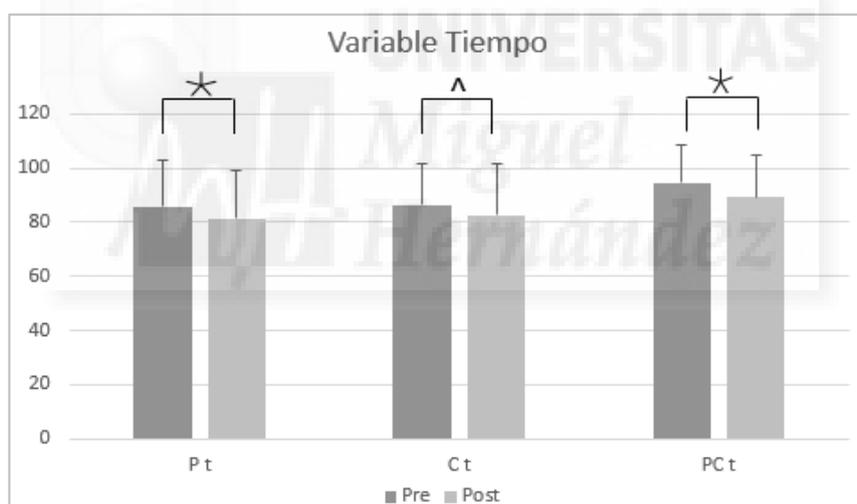


Figura 2: Comparación entre el pre y post test en las condiciones de la variable tiempo. Tiempo en la primera fase (P t), segunda fase (C t) y tercera fase (PC t).

Discusión

El objetivo principal del estudio era examinar la respuesta cognitiva en personas mayores después de haber realizado una sesión de ejercicio físico a intensidad moderada. A partir de los resultados del estudio podemos afirmar que no se encuentran diferencias significativas en la variable aciertos en cada una de las condiciones (P, C y PC).

Aun así, los resultados mostraron diferencias significativas en la variable tiempo en las condiciones P t y PC t, habiendo una tendencia en la variable C t. Estos resultados sugieren que, en los mayores, los beneficios de una sesión de entrenamiento aeróbico producen mejoras en las funciones ejecutivas, y que estos beneficios se pueden ver después de solo una sesión de intensidad moderada en la capacidad de inhibición y la capacidad de reacción. La función ejecutiva es típicamente parte de declive cognitivo relacionado con la edad pero los adultos mayores son capaces de aumentar la función ejecutiva después del ejercicio aeróbico.

En el presente estudio, los cambios en el tiempo de reacción incongruente (PC) fueron mayores que en las condiciones congruentes (P y C). Esto puede ser porque el tiempo de reacción en la condición incongruente haya una mayor activación de la función ejecutiva (Hillman, Pontifex, Raine, Castelli, Hall & Kramer, 2009; Kamijo, Hayashi, Sakai, Yahiro, Tanaka & Nishihira, 2009) que las condiciones congruentes.

Hyodo et al. (2012) también utilizaron una versión modificable de la tarea Stroop, y encontró que una sesión aguda de ejercicio físico aeróbico tuvo mejoras en la condición interferencia. Estos hallazgos han sido apoyados con estudios previos que han demostrado que una serie aguda de ejercicio a intensidad moderada mejora la función de control inhibitorio, tanto en adultos jóvenes como en mayores (Hillman et al., 2009; Kamijo et al., 2009).

A su vez, Hyodo et al. (2012) comprobaron que la activación de interferencia Stroop se encontró en la zona prefrontal bilateral antes de la serie aguda de ejercicio y la activación de la zona frontopolar derecha (R-FPA) se mejoró después del ejercicio. En la mayoría de participantes, esto coincidió con la mejora del rendimiento en los resultados de interferencia Stroop. Por tanto, una serie aguda de ejercicio a intensidad moderada mejora el rendimiento de Stroop, y esto se asoció con la activación compensatoria contralateral (Hyodo et al., 2012). Nuestros resultados podrían ser similares pero necesitaríamos en futuros investigaciones integrar la utilización de resonancia magnética para contrastar dichos resultados.

En cambio, otros estudios como el de Pedrovan et al. (2012), examinaron el impacto del ejercicio físico aeróbico de manera crónica sobre la ejecución en la tarea Stroop. En este se comprobó el efecto de 3 meses de entrenamiento (baile y caminar) sobre las funciones cognitivas en personas mayores. Del mismo modo sus principales variables de interés fueron el tiempo de reacción (TR) y el número de errores en cada fase de la tarea Stroop. A diferencia que nuestros resultados, no hubo diferencias significativas en la fase de inhibición por sí sola pero si las hubo en la fase de inhibición/conmutación. Esta fase era una tarea similar a la de inhibición, excepto que 20 de las 100 palabras de color que había fueron marcadas para indicar al participante que leyera la palabra en lugar de nombrar a su color. Por lo tanto, el participante debía alternar (o cambiar) en la inhibición/conmutación entre nombrar el color de las palabras y la lectura de ella, considerada la condición más compleja, ya que requería dos procesos ejecutivos (inhibición y de conmutación). Por otra parte, el aumento de la capacidad cardiorrespiratoria en los sujetos se correlacionaba negativamente con en el tiempo de reacción en la condición inhibición/conmutación en el post test de la tarea Stroop, lo que sugiere que efectivamente existe una relación entre la mejora de la capacidad respiratoria y la mejoras en la condición de Stroop (Pedrovan et al., 2012).

Hay alguna limitación en este estudio. Una limitación que afecta a la generalización de nuestros resultados podría ser el método de asignación por la autoselección, lo que podría incluir a personas más motivados y entrenadas en nuestro grupo. Un futuro estudio debe incluir un método más sistemático y aleatorio de asignación. Por otro lado, el corto plazo de intervención, tal como una sesión es una de los puntos fuertes de este estudio. Estudios previos ya han demostrado que intervenciones de tan solo 10 - 20 minutos es suficiente para mejorar alguna funciones cognitivas (Hyodo et al., 2012; Peiffer et al., 2015). Sin embargo, puede no ser la duración suficiente como para obtener salud cardiovascular, controlar el peso y adherir a la práctica deportiva a personas mayores.

En resumen, este estudio evalúa los efectos beneficiosos del ejercicio agudo aeróbico en las funciones cognitivas de las personas mayores. Teniendo en cuenta que la mayoría de las funciones cognitivas disminuyen con la edad (Chan et al., 2005), y que estas

funciones están fuertemente correlacionados con las actividades de la vida diaria, nuestros resultados sugieren el ejercicio agudo realizado por sanos adultos de edad avanzada tiene efectos beneficiosos a corto plazo para la velocidad de procesamiento y rendimiento cognitivo.

Bibliografía

Anderson-Hanley, C., Arciero, P. J., Brickman, A. M., Nimon, J. P., Okuma, N., Westen, S. C., ... & Zimmerman, E. A. (2012). Exergaming and older adult cognition: a cluster randomized clinical trial. *American journal of preventive medicine*, 42(2), 109-119.

Beilock, S. L., & Carr, T. H. (2005). When high-powered people fail working memory and “choking under pressure” in math. *Psychological Science*, 16(2), 101-105.

Bhattacharya, S. E., Shumsky, J. S., & Waterhouse, B. D. (2015). Attention enhancing effects of methylphenidate are age-dependent. *Experimental gerontology*, 61, 1-7.

Brown, S., Martinez, M. J., & Parsons, L. M. (2006). The neural basis of human dance. *Cerebral cortex*, 16(8), 1157-1167.

Carvalho, A., Rea, I. M., Parimon, T., & Cusack, B. J. (2013). Physical activity and cognitive function in individuals over 60 years of age: a systematic review. *Clinical interventions in aging*, 9, 661-682.

Casas-Herrero, A., & Izquierdo, M. (2011, December). Physical exercise as an efficient intervention in frail elderly persons. In *Anales del sistema sanitario de Navarra* (Vol. 35, No. 1, pp. 69-85).

Castillo-Garzón, M.J., Ruiz, J.R., Ortega, F.B. & Gutiérrez, A. (2006). Anti-aging therapy through fitness enhancement. *Clinical interventions in aging*, 1(3), 213-220.

- Chan A.S., Ho Y., Cheung M., Albert M.S., Chiu H.F.K., Lam L.C.W. (2005). Association between mind-body and cardiovascular exercises and memory in older adults. *Journal of the American Geriatrics Society*, 53, 1754-1760.
- 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.
- Colcombe, S. J., Kramer, A. F., Erickson, K. I., Scalf, P., McAuley, E., Cohen, N. J., ... & Elavsky, S. (2004). Cardiovascular fitness, cortical plasticity, and aging. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101(9), 3316-3321.
- Fried, P. T. (2001). Frailty in Older Adult: Evidence for a Phenotype. *Journal of Gerontology*, 146-156.
- Gremeaux, V., Gayda, M., Lepers, R., Sosner, P., Juneau, M. and Niga, A. (2012). Exercise and longevity. *Maturitas*, 73(4), 312-317.
- Hillman, C. H., Pontifex, M. B., Raine, L. B., Castelli, D. M., Hall, E. E., & Kramer, A. F. (2009). The effect of acute treadmill walking on cognitive control and academic achievement in preadolescent children. *Neuroscience*, 159(3), 1044-1054.
- Hyodo, K., Dan, I., Suwabe, K., Kyutoku, Y., Yamada, Y., Akahori, M., ... & Soya, H. (2012). Acute moderate exercise enhances compensatory brain activation in older adults. *Neurobiology of aging*, 33(11), 2621-2632.
- Kamijo, K., Hayashi, Y., Sakai, T., Yahiro, T., Tanaka, K., & Nishihira, Y. (2009). Acute effects of aerobic exercise on cognitive function in older adults. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 64(3), 356-363.
- Keyani, P., Hsieh, G., Mutlu, B., Easterday, M., & Forlizzi, J. (2005, April). DanceAlong: supporting positive social exchange and exercise for the elderly through dance. In *CHI'05 extended abstracts on Human factors in computing systems* (pp. 1541- 1544). ACM.

- Kramer, A. F., Hahn, S., Cohen, N. J., Banich, M. T., McAuley, E., Harrison, C. R., ... & Colcombe, A. (1999). Ageing, fitness and neurocognitive function. *Nature*, *400*(6743), 418-419.
- Lautenschlager, N. T., Cox, K. L., Flicker, L., Foster, J. K., van Bockxmeer, F. M., Xiao, J., ... & Almeida, O. P. (2008). Effect of physical activity on cognitive function in older adults at risk for Alzheimer disease: a randomized trial. *Jama*, *300* (9), 1027-1037.
- Liu-Ambrose, T., Nagamatsu, L. S., Graf, P., Beattie, B. L., Ashe, M. C., & Handy, T. C. (2010). Resistance training and executive functions: a 12-month randomized controlled trial. *Archives of internal medicine*, *170*(2), 170-178.
- McCallum, J. (2011). Ageing Research directions for Australia. *Australas Journal Ageing*, *30*, 1-3.
- Merom, D., Grunseit, A., Eramudugolla, R., Jefferis, B., Mcneill, J., & Anstey, K. J. (2016). Cognitive benefits of social dancing and walking in old age: the Dancing Mind randomized controlled trial. *Frontiers in aging neuroscience*, *8*.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive psychology*, *41*(1), 49-100.
- Morley, J. E. (2004). The top 10 hot topics in aging. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, *59*(1), 24-33.
- Nouchi, R., Taki, Y., Takeuchi, H., Hashizume, H., Nozawa, T., Sekiguchi, A., ... & Kawashima, R. (2012). Beneficial effects of short-term combination exercise training on diverse cognitive functions in healthy older people: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*, *13*(1), 200.
- Oken, B. S., Zajdel, D., Kishiyama, S., Flegal, K., Dehen, C., Haas, M., ... & Leyva, J. (2006). Randomized, controlled, six-month trial of yoga in healthy seniors: effects on

cognition and quality of life. *Alternative therapies in health and medicine*, 12(1), 40.

Peiffer, R., Darby, L. A., Fullenkamp, A., & Morgan, A. L. (2015). Effects of acute aerobic exercise on executive function in older women. *Journal of sports science & medicine*, 14(3), 574.

Predovan, D., Fraser, S. A., Renaud, M., & Bherer, L. (2012). The effect of three months of aerobic training on stroop performance in older adults. *Journal of aging research*, 2012.

Prince, M., Bryce, R., Albanese, E., Wimo, A., Ribeiro, W., & Ferri, C. P. (2013). The global prevalence of dementia: a systematic review and metaanalysis. *Alzheimer's & Dementia*, 9(1), 63-75.

Spiriduso, W. W. (2005). *Physical Dimension of Aging*. USA: Human Kinetics.

Spiriduso, W. W., Poon, L. W., & Chodzko-Zajko, W. J. (2007). *Exercise and its mediating effects on cognition* (Vol. 2). Human Kinetics.

Stroop, J. R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of experimental psychology*, 18(6), 643.

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.

World Health Organization, 2012. *Dementia: A Public Health Priority*. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

Yeo, D. C. (2013). Aging. *Korean Journal Audiological Society*, 39-44.

