

Efectos de un programa cognitivo-motriz sobre la función ejecutiva en una muestra de personas mayores

Effects of a cognitive-motor programme on executive function in a sample of elderly people

Rafael E. Reigal

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Universidad de Granada

Antonio Hernández-Mendo

Facultad de Psicología. Universidad de Málaga

Resumen

El propósito de este trabajo fue analizar los efectos de un programa integrado de actividad física y estimulación cognitiva, con una duración de 20 semanas, sobre diversas variables vinculadas al constructo función ejecutiva, comparándolo con otro programa exclusivo de actividad física. Las participantes fueron 57 mujeres de la ciudad de Málaga (España), con edades comprendidas entre los 65 y 69 años ($M = 66.07$; $DT = 1.31$). Se empleó un diseño pre-post con dos grupos aleatorizados, en el que uno de ellos realizó un programa de ejercicios físicos sin estimulación cognitiva añadida y otro que desarrolló el programa integrado de actividad física y cognitiva. Los instrumentos utilizados para evaluar las habilidades cognitivas fueron el Trail Making Test (A y B) y el Test Stroop. Se realizó un análisis de la varianza bifactorial mixto, para cada variable dependiente, con el objetivo de determinar los efectos del tratamiento. Los resultados obtenidos indicaron efectos positivos en ambos grupos y diferencias a favor del programa integrado. Este trabajo contribuye a incrementar el cuerpo de conocimiento sobre la aplicación y efectos de este tipo de intervenciones.

Palabras clave: actividad física; desarrollo cognitivo; mayores; bienestar.

Abstract

The purpose of this study was to analyse the impact of a cognitive stimulation and physical activity integrated programme, over a period of twenty weeks, on several variables linked to the executive function construct, compared with other physical activity program without additional cognitive stimulation. The participants were 57 women from Malaga City, Spain, whose age ranged between 65 and 69 years old ($M = 66.07$; $SD = 1.31$). A pre-post test design was applied to two random groups. One of them followed a programme of physical exercises without added cognitive stimulation and the other one followed the cognitive and physical activity integrated programme. The tools to evaluate the cognitive skills were Trail Making Test (A and B) and Stroop Test. In order to determine the effects of the treatment a mixed bi-factor analysis of variance was applied to each dependent variable. The results revealed positive effects in both groups and differences in favor of integrated programme. This paper helps to increase the body of knowledge on the application and effects of this type of interventions.

Key words: physical activity; cognitive development; elderly; well-being.

Correspondencia/correspondence: Rafael Enrique Reigal Garrido
Facultad de Psicología. Universidad de Málaga. España
Email: rafareigal@gmail.com

Introducción

En las últimas décadas la esperanza de vida ha aumentando considerablemente, incrementándose el porcentaje de personas mayores entre la población (Erickson y Kramer, 2009). Sin embargo, este fenómeno va acompañado de los efectos que tiene el envejecimiento natural sobre el organismo, lo que puede afectar a su funcionamiento y a la calidad de vida del ser humano (Mander y col., 2013; Shaffer y Harrison, 2007; Walhovd y col., 2010). Además, durante esta fase de la vida se suelen experimentar situaciones como el cese de la actividad laboral y otras ocupaciones cotidianas que disminuyen el número de interacciones sociales y tareas a realizar, afrontándose la vida desde un punto de vista más pasivo. De esta forma, dichos factores pueden provocar un desentrenamiento paulatino en ciertas habilidades físicas o cognitivas (Valencia y col., 2008). Para contrarrestar los efectos de la edad y de esta falta de actividad, organismos públicos y privados han desarrollado numerosos programas de intervención, entre los que la actividad física tiene un papel bastante relevante (Carlson y col., 2008; Cyarto y col., 2012).

El impacto positivo que tiene la práctica de actividad física en el ser humano, y en concreto sobre las personas mayores, ha sido puesto de manifiesto por diversos autores (Chen y Lee, 2013; García-Molina, Carbonell-Baeza, y Delgado-Fernández, 2010; Gómez-Cabello, Ara, González-Agüero, Casajús, y Vicente-Rodríguez, 2012; Zschucke, Gaudlitz, y Ströhle, 2013). Específicamente, las relaciones entre la práctica de actividad física y el funcionamiento cognitivo está siendo objeto de numerosas investigaciones en los últimos años (Colcombe y Kramer, 2003; Kim y col., 2011; Miller, Taler, Davidson, y Messier, 2012; Smith, Nielson, Woodard, Seidenberg y Rao, 2013). Aunque esta cuestión ha sido centro de interés desde hace tiempo, la sistematización en su estudio y evaluación es relativamente reciente. Una de las razones más importantes ha sido, posiblemente, la aplicación actual de técnicas como la neuroimagen que proporcionan información esencial para resolver cuestiones necesarias seguir avanzando en este campo de estudio (Erickson, Gildengers, y Butters, 2013; Holzschnieder, Wolbers, Röder, y Hötting, 2012).

Del conjunto de trabajos que se han llevado a cabo, algunos se han centrado en la relación entre la actividad física y la función ejecutiva (Hillman, Erickson, y Kramer, 2008; Voelcker-Rehage, Godde, y Staudinger, 2011). La función ejecutiva es un constructo que aglutina un amplio espectro de capacidades que permiten realizar tareas como organizar y planificar una tarea, seleccionar correctamente objetivos, iniciar una acción, ser flexible en las estrategias desarrolladas para alcanzar una meta o inhibir estímulos accesorios (Banich, 2009; Diamond, 2006; Soprano, 2003). Este conjunto de habilidades está controlado, fundamentalmente, por los circuitos de la corteza prefrontal, aunque requieren la participación de otras estructuras como la corteza cingulada anterior, los ganglios basales, el cerebelo o el núcleo talámico dorsomedial (Davis y col., 2011; Goldberg y Bougakov, 2005; Verdejo-García y Bechara, 2010). Estas capacidades son fundamentales para la adaptación de las personas al medio y se ha relacionado positivamente con diferentes variables de salud y calidad de vida, por lo que es muy interesante preservar su deterioro (Diamond, 2013; Kramer y Erickson, 2007; Leckie, Weinstein, Hodzic, y Erickson, 2012).

Entre las investigaciones que han analizado esta cuestión, Eggermont, Milberg, Lipsitz, Scherder, y Leveille (2009) llevaron a cabo un estudio en personas con edades desde 70 años hasta más de 85, en el que encontraron relaciones positivas entre la actividad física realizada y la

flexibilidad cognitiva. Wilbur y col. (2012) observaron relaciones positivas entre la práctica física y el control de la interferencia o inhibición en un estudio con 174 personas con 66 años de edad media. De igual modo, Boucard y col. (2012) pusieron de manifiesto estas asociaciones tras analizar un grupo de 30 personas entre 71 y 81 años. Además, indicaron el efecto mediador de parámetros de condición física como el rendimiento cardiovascular en dichas relaciones, hipótesis que ha sido discutida en otros trabajos (Smiley-Oyen, Lowry, Kohut, y Ekkekakis, 2008). En este sentido, Weinstein y col. (2012), tras evaluar a un conjunto de personas mayores, encontraron resultados que indicaban que la asociación entre el rendimiento aeróbico y parámetros como el control inhibitorio o la memoria de trabajo estaba condicionada por el volumen de materia gris en áreas de la corteza prefrontal dorsolateral.

Actualmente, existen líneas de investigación en las que se están combinando los programas de actividad física con tareas de entrenamiento cognitivo. Estas sesiones se pueden estructurar para llevarlas a cabo de manera paralela y diferenciada, o se pueden integrar en la misma unidad de trabajo (Fabre, Chamari, Mucci, Masse-Biron, y Prefaut, 2002; Kraft, 2012; Rey, Canales, y Táboas, 2011; Oswald, Gunzelmann, Rupperecht, y Hagen, 2006; Valencia y col., 2008). De esta forma, a los beneficios que la práctica física aporta, se suman los propios de las actividades de estimulación cognitiva que tradicionalmente se han realizado en otros contextos (Belleville y col., 2006; Calero y Navarro, 2007; Hu, Ying, Gomez-Pinilla, y Frautschy, 2009; Lista y Sorrentino, 2010). Como ejemplo de este tipo de procedimientos, Rey y Canales (2012), a través de un programa integrado de estimulación cognitivo-motriz denominado “Memoria en Movimiento”, pusieron de manifiesto beneficios sobre la atención y memoria en un grupo de 234 personas mayores de 69.92 ± 7.23 años. Este programa se basaba en el afrontamiento de problemas cognitivos incorporando implicaciones de tipo motriz para su resolución.

En base a los antecedentes descritos y observando la necesidad de continuar profundizando en el contexto de los programas de intervención integrados, el presente trabajo analiza los efectos de un programa de actividad física y entrenamiento cognitivo, de 20 semanas de duración, sobre diversas variables vinculadas al constructo funciones ejecutivas y comparado con otro en el que no se realizaba entrenamiento cognitivo suplementario. La hipótesis que motivó el presente trabajo fue que existiría un efecto diferenciado sobre las funciones ejecutivas en función del programa implementado.

Método

Participantes

Participaron en la investigación 57 mujeres de la ciudad de Málaga (España), con edades entre los 65 y 69 años ($M \pm DT$: edad= 66.07 ± 1.31 años; altura= 153.40 ± 5.12 cm; peso= 70.83 ± 9.26 kg; IMC= 30.09 ± 3.61 kg·m⁻²; masa grasa= 32.34 ± 6.48 %; FCmax= 159.93 ± 1.31 ppm). La muestra se seleccionó de un grupo de familiares de alumnos pertenecientes a un centro educativo de dicha localidad, donde se realizó la intervención y las mediciones pertinentes. Los criterios de exclusión fueron: tener menos de 65 años y más de 69, padecimiento de alguna enfermedad o problema físico que incapacitara para la práctica física, estar participando en otros programas de actividad física regular, así como obtener puntuaciones muy desviadas en las evaluaciones iniciales.

Medidas

a) *Flexibilidad cognitiva*. Se empleó el *Trail Making Test*, formas A y B (Reitan, 1958; Reitan, 1992; Reitan y Wolfson, 1985; Tombaugh, 2004) para explorar esta medida de función ejecutiva. Básicamente, estas pruebas evalúan atención visual y flexibilidad cognitiva, siendo la *forma B* un buen indicador de esta última. La forma A está compuesta por una prueba en la que se presentan 25 números distribuidos en una hoja y las participantes tienen que conectarlos con una línea en orden ascendente, pasando de manera correlativa por todos los números. En la forma B, hay que alternar números y letras uniéndolos de forma ascendente y ordenada 13 números, así como las letras desde la A hasta la L. Antes de realizar cada una de las pruebas se permite efectuar un ensayo sobre un ejemplo, que es diferente al ejercicio evaluado. Se ha contabilizado el tiempo, indicando al participante que debía volver al último ítem correcto cuando se equivocase. De hecho, debe inhibir una secuencia de números que había practicado en la parte A para alternarlas con letras. La persona que es más impulsiva y presta menos atención suele cometer más errores durante su ejecución (Soprano, 2003).

b) *Control inhibitorio*. Se utilizó el *Test Stroop* (Stroop, 1935; Golden, 1994) para analizar esta dimensión. Dicha prueba, considerada indicador de función ejecutiva, trata de evaluar la capacidad para seleccionar información, inhibiendo respuestas automáticas y formulando la respuesta correcta (Soprano, 2003). Consta de tres partes. En la primera, se presenta una lista de 100 palabras, en la que el ejecutante debe decir el mayor número de ellas en 45 segundos, empezando de nuevo si no se ha consumido el tiempo aún cuando llega a la última. De igual forma, en la segunda lámina se presenta el texto XXXX escrito en un color determinado, en otra lista de 100 elementos. Hay que resolverlo indicando, en este caso, el color en que está escrito y siguiendo el procedimiento anterior. En la tercera hoja, se presentan 100 palabras que indican un color pero escritas en otro diferente, debiéndose decir el color en el que están impresas. En esta tercera lámina, el efecto interferencia que genera la propia palabra y el color con el que está escrita debe ser solventado por quien ejecuta la prueba.

c) *Medidas antropométricas y composición corporal*. Para analizar la altura se empleó una cinta métrica, así como un bioimpedanciómetro (Tanita® *Body Composition Monitor* modelo BC-543) para evaluar el porcentaje de masa grasa. El modelo utilizado, que posee electrodos en cuatro puntos de contacto para la planta del pie, es un aparato funcional que mediante señal de baja frecuencia permite medidas instantáneas de porcentaje de agua y grasa corporal, peso óseo, masa muscular, índice metabólico basal o masa muscular, entre otros.

d) *Frecuencia cardíaca*. Para medir el valor de la frecuencia cardíaca de trabajo para el control de la actividad, se utilizó pulsómetros Polar® modelo S610, que registran la frecuencia cardíaca cada cinco segundos.

Diseño y procedimiento

Se informó, mediante carta a las familias, sobre el estudio que se pretendía realizar y las personas que podían participar. Se citó a las personas interesadas para explicarles el proyecto y se obtuvo consentimiento informado antes de iniciar el programa de intervención. Además, durante el proceso de la investigación, se respetaron los principios de la declaración de Helsinki. Asimismo, se solicitó certificación sobre su capacidad para la práctica física. Asimismo, se solicitó efectuar una revisión médica para certificar que esa persona era apta para realizar actividad física.

Se realizaron dos evaluaciones neuropsicológicas a todas las participantes, una semana antes de comenzar el programa y durante la semana posterior a la finalización, empleándose aproximadamente 20 minutos para cada uno de ellos. Además, antes del programa se efectuaron medidas de tipo antropométrico y de composición corporal como medida de control, así como para analizar la homogeneidad de los grupos, empleándose 10 minutos por cada participante. Para ello, colaboraron varios psicólogos especializados y otros ayudantes, que desconocían la pertenencia de las participantes a cada grupo. Al analizar la composición corporal, y para que los resultados obtenidos con la Tanita® BF-350 tuvieran un mínimo margen de error, se tuvieron en cuenta una serie de pautas y recomendaciones, como las propuestas por George, Fisher, y Vehrs (2007). El protocolo a seguir fue: no realizar ejercicios agotadores el día anterior, no alterar significativamente la alimentación el día previo a la prueba, vestir ropa cómoda, controlar la toma de medicamentos que puedan alterar los niveles de agua corporal y evitar retener líquidos.

Se presentaron 65 personas para realizar el estudio, pero 8 de ellas se descartaron por sus bajas puntuaciones en los test efectuados o por abandonar el programa. En cualquier caso, las personas excluidas siguieron el programa aunque sus puntuaciones no fueron consideradas. Tras la primera toma de datos, se distribuyó a las participantes al azar en dos grupos experimentales (grupo 1, n= 28; grupo 2, n= 29). Se intervino durante 20 semanas, 2 días a la semana y sobre ambos grupos, a través de un programa de actividad física. En total, se desarrollaron 40 sesiones, organizadas en bloques de 10, que se repitieron en 4 ocasiones. Cada sesión tuvo una duración de 75 minutos, estando estructurada de la siguiente forma: 10 minutos para dar información sobre la actividad, 10 minutos para efectuar ejercicios suaves de desplazamientos y estiramientos, 45 minutos de sesión principal y 10 minutos de vuelta a la calma. Además, en el programa de uno de los grupos se implementaron ejercicios de estimulación cognitiva suplementaria.

La intensidad con la que se desarrollaron las sesiones fue moderada y predominantemente aeróbica, tales como caminar, aerobio, circuitos de trabajo, juegos colectivos modificados o de adversario, aunque adaptados para que la actividad fuese continuada y de intensidad adecuada. La frecuencia cardíaca máxima de las participantes fue de 159.93 ± 1.31 ppm, calculada mediante la fórmula 226-EDAD (Warburton, Nicol, y Bredin, 2006), y la frecuencia cardíaca media con la que se participó fue de 109.18 ± 10.61 ppm (68.26 ± 6.59 %FCmax). Además, se indicó que no existiera sensación de malestar y que la respiración fuese relativamente cómoda durante la práctica, sin sensación de ahogo. Asimismo, se efectuó un entrenamiento previo para identificar niveles de esfuerzo mediante la escala de Borg (niveles entre 6 y 20), solicitando que la intensidad estuviera siempre entre los niveles 12 y 13.

El grupo que efectuó el programa integrado, incluyó actividades cognitivas en las que se perseguía trabajar la función ejecutiva. La combinación de la actividad física establecida y la actividad cognitiva planificada impulsaba el uso del control ejecutivo para resolver la tarea. Debido a ello, la atención, la flexibilidad a la hora de emitir una respuesta y la inhibición de una acción a favor de otra más eficaz, han sido habilidades puestas en práctica. Como ejemplo de actividades: a) caminar realizando juegos de palabras por parejas, como “palabras encadenadas” (utilizar la última sílaba de una palabra para formar la siguiente) o de “asociación no frecuente” (se establecen asociaciones como limón-azul, plátano-rojo, mandarina-marrón o sandía-negra, y ante la elección de una fruta el compañero debe decir el estímulo asociado); b) partido de bádminton con globos inflados moderadamente (de esta forma se evitan demasiadas interrupciones) mientras que se efectúan juegos como los de “asociación no frecuente” o de tipo matemático (e.g., el que golpea dice dos números de una cifra que hay que multiplicar o sumar);

c) realizar ejercicios de aeróbic durante los cuales se dan una serie de instrucciones para que ante ciertos estímulos, sonoros o visuales, se realice una acción sencilla (e.g., cuando el monitor dice la palabra ceja las participantes levantan la mano derecha, cuando el monitor levanta la mano izquierda las participantes levantan la derecha, cuando se hace funcionar un silbato se levantan las dos manos, etc.); d) jugar un partido de balonmano modificado (con una pelota blanda y unas zonas delimitadas para cada jugador con el objetivo de evitar el contacto físico, así como con modificación de reglas como el bote) en el que se tiene un tiempo máximo para realizar una acción (e.g., 5 segundos).

Análisis de los datos

Para valorar el objetivo del estudio se realizó un análisis de la varianza bifactorial mixto, siendo un primer factor el grupo (con dos niveles, grupo 1 y grupo 2) y un segundo factor las medidas *pre-post*, para cada prueba cognitiva realizada (*Trail Making Test* y *Test Stroop*) definidas como variables dependientes. Se estudiaron los efectos simples y la interacción entre variables. La significación de cada efecto se analizó mediante comparaciones de Bonferroni. También se realizaron pruebas t-student, tras analizar la normalidad con la prueba de Kolmogorov-Smirnov, para analizar la homogeneidad de los grupos en diversas variables previas al programa de actividad física. El programa estadístico utilizado fue el SPSS en su versión 20.0.

Resultados

Estadísticos descriptivos y homogeneidad de los grupos

En la tabla 1 se pueden observar los valores de condición física de ambos grupos tras la distribución de las participantes. Se realizó análisis de normalidad mediante la prueba de *Kolmogorov-Smirnov* y análisis de la *asimetría* y *curtosis*. La comparación de medias (*t-student*) indicó la homogeneidad existente entre los grupos al no hallarse diferencias significativas.

Tabla 1. Medidas previas al programa de actividad física, así como la prueba de normalidad de Kolmogorov-Smirnov y t-student para observar diferencias entre grupos.

		<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>As</i>	<i>K</i>	<i>Z</i>	<i>t</i>
Altura	Grupo 1	153.25	4.37	-.17	-.59	.69 ^a	-.22
	Grupo 2	153.54	5.82	.58	-.28	.62 ^a	
Peso	Grupo 1	69.97	9.68	-.28	-.81	.48 ^a	-.68
	Grupo 2	71.66	8.91	-.43	-.17	.68 ^a	
IMC	Grupo 1	29.79	4.03	-.08	-.10	.58 ^a	-.60
	Grupo 2	30.37	3.19	-.63	-.04	.81 ^a	
Masa Grasa	Grupo 1	31.84	6.91	-.10	-1.54	.76 ^a	-.55
	Grupo 2	32.81	6.14	-.35	-1.25	.86 ^a	

IMC= Índice de masa corporal; *As*= Asimetría; *K*= Kurtosis

Evaluación cognitiva

En la tabla 2 se muestran los análisis descriptivos para cada medida y grupo, así como los resultados de la prueba de *Levene* para analizar la homogeneidad de las varianzas. Como se puede apreciar, no hubo problemas de homogeneidad de varianza en ninguna prueba tanto antes como después de la intervención.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos de las pruebas de evaluación cognitiva

		Grupo 1		Grupo 2		<i>Levene</i>
		<i>M</i>	<i>DT</i>	<i>M</i>	<i>DT</i>	
TMT-A	Pre	56.08	20.25	54.51	19.86	.06
	Post	54.05	19.76	50.47	17.83	.28
TMT-B	Pre	118.18	31.73	116.46	26.97	1.16
	Post	112.07	30.33	105.15	25.58	.79
TS-P	Pre	92.11	19.17	93.76	18.24	1.04
	Post	95.86	20.72	99.66	17.12	1.57
TS-C	Pre	55.18	11.92	56.76	9.52	.72
	Post	57.32	11.49	61.72	10.11	.19
TS-PC	Pre	36.02	6.14	37.83	7.20	.33
	Post	37.75	6.57	41.34	7.65	1.18

A= Trail Making Test forma A; TMT-B= Trail Making Test forma B; TS-P= Test Stroop Palabras; TS-C= Test Stroop Colores; TS-PC= Test Stroop Palabras-Colores.

En la tabla 3 se muestran los resultados de los ANOVAs factoriales mixtos realizados, para el *Making Test* y *Test Stroop*. Como se aprecia, existieron diferencias significativas en los efectos principales de la variable pre-post para todas las medidas evaluadas, aunque no para la variable *grupo*. Por otro lado, en los efectos de interacción, hubo diferencias significativas en las medidas de los *Trail Making Test forma B* ($F_{[1,55]} = 5.47; p < .05; \eta^2 = .09; 1-\beta = .63$), *Test Stroop Colores* ($F_{[1,55]} = 4.08; p < .05; \eta^2 = .07; 1-\beta = .51$) y *Test Stroop Palabras/Colores* ($F_{[1,55]} = 3.59; p < .05; \eta^2 = .06; 1-\beta = .46$).

Tabla 3. Resultados de los ANOVAs factoriales mixtos para cada prueba de evaluación cognitiva. Se muestran los valores de la F , el valor p , el tamaño del efecto (η^2) y la potencia del contraste ($1-\beta$)

		Pre-post	Grupo	Interacción
Trail Making Test A	F	9.03**	.25	.98
	η^2	.14	.01	.02
	$1-\beta$	.84	.08	.16
Trail Making Test B	F	61.36***	.31	5.47*
	η^2	.53	.01	.09
	$1-\beta$	.99	.09	.63
Test Stroop Palabras	F	35.22***	.38	1.74
	η^2	.39	.01	.03
	$1-\beta$	.99	.09	.25
Test Stroop Colores	F	25.90***	1.16	4.08*
	η^2	.32	.02	.07
	$1-\beta$	.99	.19	.51
Test Stroop Palabras / Colores	F	36.08***	2.23	3.59*
	η^2	.40	.04	.06
	$1-\beta$	.99	.31	.46

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Como se puede observar en la tabla 4, ambos grupos mejoraron las puntuaciones en todas las pruebas tras la intervención, salvo el grupo 1 en las correspondientes al TMT-A. Asimismo, no hubo diferencias significativas entre los grupos, tanto en el pretest como en el postest. En cualquier caso, sí se observaron mayores diferencias en el grupo 2 entre las evaluaciones iniciales y finales.

Tabla 4. Comparaciones entregupos e intragrupos para cada prueba de evaluación cognitiva

	Grupo		Factor	
	Grupo 1 Pre vs. Post	Grupo 2 Pre vs. Post	Pretest C vs. E	Posttest C vs. E
TMT - A	2.03	4.03**	1.58	3.57
TMT - B	6.11**	11.31***	1.72	6.92
TS-P	-3.75**	-5.89***	-1.65	-3.79
TS-C	-2.14*	-4.96***	-1.58	-4.40
TS-PC	-1.75**	-3.52***	-1.83	-3.59

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Test forma A; TMT-B= Trail Making Test forma B; TS-P= Test Stroop Palabras; TS-C= Test Stroop Colores; TS-PC= Test Stroop Palabras-Colores.

Discusión

El objetivo de este trabajo era poner de manifiesto los efectos de un programa integrado de actividad física y cognitiva, comparado con el mismo programa de actividad física sin estimulación cognitiva suplementaria, sobre diversas variables vinculadas a la función ejecutiva como el control inhibitorio y flexibilidad cognitiva. Este trabajo aporta datos sobre un ámbito de gran actualidad pero del que no existen demasiados estudios que avalen sus efectos. Los resultados obtenidos han puesto de manifiesto cambios en las evaluaciones realizadas tras la intervención, siendo significativos a favor del grupo que realizó el programa integrado, lo que satisface el objetivo de la investigación y confirma la hipótesis planteada inicialmente. Aunque estas diferencias se han hecho visibles sólo en algunas de las medidas analizadas y el tamaño del efecto no ha sido demasiado alto, los hallazgos encontrados permiten considerar efectivo el tratamiento aplicado y contribuir a consolidar una línea de trabajo que está acumulando un alto interés en los últimos años.

Los resultados encontrados en la presente investigación se sitúan en la línea de otras que habían indagado en los efectos de la actividad física sobre el funcionamiento ejecutivo en personas mayores, especialmente aquellos que habían presentado intervenciones combinadas o integradas de tipo motriz y cognitivo (Fabre y col., 2002; Rey y Canales; 2012; Rey y col., 2011; Valencia y col., 2008). Los datos hallados en este trabajo ponen de manifiesto las diferencias a favor del programa integrado, lo que sugiere que la combinación de actividad física y estimulación cognitiva suplementaria puede ser un recurso adecuado para obtener buenos resultados (Rey y col., 2011). La revisión de la literatura efectuada ha permitido observar que la base de las mejoras a nivel cognitivo propiciadas por la práctica física se suelen asociar a varios factores. Por un lado, a los beneficios orgánicos en general y específicamente a nivel cerebral, como una mejor vascularización, cambios estructurales y un mejor funcionamiento nervioso. Por otro, a causa de las demandas cognitivas presentes durante el ejercicio, para decidir cómo y cuándo llevar a cabo una acción o para coordinar un movimiento complejo (Best, 2010; Hillman, Belopolsky, Snook, Kramer, y McAuley, 2004; Hillman y col., 2008; Kramer y Erickson, 2007). Con el tipo de programa implementado en este trabajo, lo que se pretende es incrementar las demandas cognitivas presentes durante la tarea, aumentando la implicación cognitiva.

El tipo de actividad física desarrollada, aunque se han incorporado algunos ejercicios de estiramiento muscular, ha sido predominantemente de tipo aeróbica de intensidad moderada por varios motivos. Uno de ellos es por la edad de las participantes, lo que no permite desarrollar un tipo de práctica intensa, sino adaptada a las características de la muestra. Siendo de tipo aeróbico, la intensidad desarrollada no fue alta, intentando que siempre la sensación fuera agradable y positiva. Por otro lado, este tipo de actividad es la que se ha descrito como la más determinante a la hora de establecer relaciones entre el ejercicio físico y la salud cognitiva en el ser humano, tanto niños como adultos o mayores (Albinet, Boucard, Bouquet, y Audiffren, 2010; Best, 2010; Colcombe y col., 2006; Erickson y col., 2013; Smith, 2010; Weinstein y col., 2012). De hecho, uno de los paradigmas sobre los que se está trabajando actualmente es, dentro de los programas combinados, aquellos que integran actividad física de tipo aeróbico y estimulación cognitiva, dentro del cual se sitúa esta investigación (Kraft, 2012).

En futuras investigaciones sería pertinente, siendo una limitación de este estudio, incluir un grupo control para evaluar específicamente los efectos de la actividad física. Aunque el objetivo de este trabajo era comparar los efectos de un programa exclusivo de actividad física y otro integrado, asumiéndose como punto de partida las evidencias existentes del impacto del ejercicio físico sobre las funciones ejecutivas (Boucard y col., 2012; Eggermont y col., 2009; Wilbur y col., 2012), un grupo de referencia sobre el que no se hubiera intervenido habría contribuido a aumentar la información resultante y a tener una visión más amplia de los efectos del programa. De hecho, el grupo que realizaba únicamente actividad física mejoró sus puntuaciones tras la evaluación final, pero no ha sido posible interpretar adecuadamente si se ha producido como resultado de la actividad física realizada o por efecto aprendizaje. Además, sería adecuado efectuar evaluaciones intermedias, para ir observando la evolución de los resultados. Por otro lado, sería interesante analizar los cambios físicos y fisiológicos ocurridos durante la intervención, para tener un mayor número de elementos para apoyar los resultados obtenidos. Asimismo, aportaría una información muy valiosa efectuar evaluaciones posteriores para observar si los efectos se mantienen y el tiempo durante el cual lo hacen. Por último, también se debería ampliar el número de herramientas de evaluación cognitiva utilizadas para tener una visión más global de los cambios acontecidos tras la intervención.

Conclusiones

A pesar de la necesidad de mejorar y reformular ciertos aspectos de la investigación, el presente trabajo aporta nuevos datos sobre el impacto que la actividad física tiene sobre la cognición en personas mayores, específicamente sobre la función ejecutiva. En esta línea, se pone de relieve que la promoción de la práctica de actividad física en la edad adulta es positiva para la salud cognitiva de las personas mayores (Buchman y col., 2012; Perrot, Gagnon, y Bertsch, 2009). De esta forma, se incorporan datos que incrementan el valor de los programas combinados de actividad física y cognitiva, sugiriendo la idoneidad de este tipo de planteamientos y proponiendo nuevas vías de trabajo. Por lo tanto, los datos encontrados en este trabajo siguen insistiendo en la importancia de la actividad física en personas mayores, tanto como actividad en sí mismo como contexto en el que desarrollar otro tipo de intervenciones con el objetivo de mejorar la salud cognitiva de las personas en esta etapa de la vida.

Referencias

- Albinet, C.T.; Boucard, G.; Bouquet, C.A., & Audiffren, M. (2010). Increased heart rate variability and executive performance after aerobic training in the elderly. *European Journal of Applied Physiology* 109(4), 617-624.
- Banich, M.T. (2009). Executive Function: The search for an integrated account. *Current Directions in Psychological Science*, 18(2), 89-94.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8721.2009.01615.x>
- Belleville, S.; Gilbert, B.; Fontaine, F.; Gagnon, L.; Ménard, É., & Gauthier, S. (2006). Improvement of episodic memory in persons with mild cognitive impairment and healthy older adults: evidence from a cognitive intervention program. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 22(5-6), 486-499.
<http://dx.doi.org/10.1159/000096316>
- Best, J.R. (2010). Effects of physical activity on children's executive function: Contributions of experimental research on aerobic exercise. *Developmental Review*, 30(4), 331-351.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.dr.2010.08.001>
- Boucard, G.K.; Albinet, C.T.; Bugajska, A.; Bouquet, C.A.; Clarys, D., & Audiffren, M. (2012). Impact of physical activity on executive functions in aging: a selective effect on inhibition among old adults. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 34(6), 808-827.
- Buchman, A.S.; Boyle, P.A.; Yu, L.; Shah, R.C.; Wilson, R.S., & Bennett, D.A. (2012). Total daily physical activity and the risk of AD and cognitive decline in older adults. *Neurology*, 78(1), 1323-1329.
<http://dx.doi.org/10.1212/WNL.0b013e3182535d35>
- Calero, M.D., & Navarro, E. (2007). Cognitive plasticity as a modulating variable on the effects of memory training in elderly persons. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 22(1), 63-72.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.acn.2006.06.020>
- Carlson, M.C.; Saczynski, J.S.; Rebok, G.W.; Seeman, T.; Glass, T.A.; McGill, S.; Tielsch, J.; Frick, K.D.; Hill, J., & Fried, L.P. (2008). Exploring the effects of an "everyday" activity program on executive function and memory in older adults: Experience Corps®. *The Gerontologist*, 48(6), 793-801.
<http://dx.doi.org/10.1093/geront/48.6.793>
- Chen, J.J., & Lee, Y. (2013). Physical Activity for Health: Evidence, Theory, and Practice. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 46(Suppl 1), S1-S2.
<http://dx.doi.org/10.3961/jpmph.2013.46.S.S1>
- Colcombe, S.J.; Erickson, K.I.; Scalf, P.E.; Kim, J.S.; Prakash, R.; McAuley, E.; Elavsky, S.; Marquez, D.X.; Hu, L., & Kramer, A.F. (2006). Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *The Journals of Gerontology. Series A, Biological Sciences and Medical Sciences*, 61(11), 1166-1170.
- 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.
<http://dx.doi.org/10.1111/1467-9280.t01-1-01430>

- Cyarto, E.V.; Lautenschlager, N.T.; Desmond, P.M.; Ames, D.; Szoeki, C.; Salvado, O.; Sharman, M.J.; Ellis, K.A.; Phal, P.M.; Masters, C.L.; Rowe, C.C.; Martins, R.N., & Cox, K. L. (2012). Protocol for a randomized controlled trial evaluating the effect of physical activity on delaying the progression of white matter changes on MRI in older adults with memory complaints and mild cognitive impairment: The AIBL Active trial. *BMC Psychiatry*, 12(167), 1-11.
<http://dx.doi.org/10.1186/1471-244X-12-167>
- Davis, C.L.; Tomporowski, P.D.; McDowell, J E.; Austin, B.P.; Miller, P.H.; Yanasak, N.E.; Allison, J.D., & Naglieri, J.A. (2011). Exercise improves executive function and achievement and alters brain activation in overweight children: a randomized, controlled trial. *Health psychology: official journal of the Division of Health Psychology, American Psychological Association*, 30(1), 91-98.
<http://dx.doi.org/10.1037/a0021766>
- Diamond, A. (2006). The early development of executive functions. En E. Bialystok & F. I. Craik (Eds.), *Lifespan cognition: Mechanisms of change* (pp. 70-95). Oxford: Oxford University Press.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64(1), 135-168.
<http://dx.doi.org/10.1146/annurev-psych-113011-143750>
- Eggermont, L.H.; Milberg, W.P.; Lipsitz, L.A.; Scherder, E.J., & Leveille, S. G. (2009). Physical activity and executive function in aging: the MOBILIZE Boston Study. *Journal of the American Geriatrics Society*, 57(10), 1750-1756.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2009.02441.x>
- Erickson, K.I.; Gildengers, A.G., & Butters, M.A. (2013). Physical activity and brain plasticity in late adulthood. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 15(1), 99-108.
- Erickson, K.I., & Kramer, A.F. (2009). Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *British Journal of Sports Medicine*, 43(1), 22-24.
<http://dx.doi.org/10.1136/bjism.2008.052498>
- Fabre, C.; Chamari, K.; Mucci, P.; Masse-Biron, J., & Prefaut, C. (2002). Improvement of cognitive function by mental and/or individualized aerobic training in healthy elderly subjects. *International Journal of Sports Medicine*, 23(06), 415-421.
<http://dx.doi.org/10.1055/s-002-2127>
- García-Molina, V.A.; Carbonell-Baeza, A., y Delgado-Fernández, M. (2010). Beneficios de la actividad física en personas mayores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 10(40), 556-576.
- George, J.D.; Fisher, A.G., y Vehrs, P.R. (2007). *Tests y pruebas físicas (4ª ed.)*. Barcelona: Paidotribo.
- Goldberg, E., & Bougakov, D. (2005). Neuropsychologic assesement of frontal lobe dysfunction. *Psychiatric Clinics of North America*, 28(3) 567-580.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.psc.2005.05.005>
- Golden, C.J. (1994). *Stroop: Test de colores y palabras*. Madrid: TEA Ediciones.
- Gómez-Cabello, A.; Ara, I.; González-Agüero, A.; Casajús, J. A., & Vicente-Rodríguez, G. (2012). Effects of Training on Bone Mass in Older Adults. *Sports Medicine*, 42(4), 301-325. <http://dx,doi.org/10.2165/11597670-000000000-00000>

- Hillman, C.H.; Belopolsky, A.V.; Snook, E.M.; Kramer, A.F., & McAuley, E. (2004). Physical activity and executive control: Implications for increased cognitive health during older adulthood. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 75(2), 176-185.
<http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2004.10609149>
- Hillman, C.H.; Erickson, K.I., & Kramer, A.F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65.
<http://dx.doi.org/10.1038/nrn2298>
- Holzschneider, K.; Wolbers, T.; Röder, B., & Hötting, K. (2012). Cardiovascular fitness modulates brain activation associated with spatial learning. *Neuroimage*, 59(3), 3003-3014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.10.021>
- Hu, S.; Ying, Z.; Gomez-Pinilla, F., & Frautschy, S. A. (2009). Exercise can increase small heat shock proteins (sHSP) and pre- and post-synaptic proteins in the hippocampus. *Brain Research*, 1249, 191-201.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.brainres.2008.10.054>
- Kim, S.; Kim, M.; Ahn, Y.; Lim, H.; Kang, S.; Cho, J.; Park, S., & Song, S. (2011). Effect of dance exercise on cognitive function in elderly patients with metabolic syndrome: A pilot study. *Journal of Sport Science and Medicine*, 10, 671-678.
- Kraft, E. (2012). Cognitive function, physical activity, and aging: Possible biological links and implications for multimodal interventions. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*. 19(1-2), 248-263. <http://dx.doi.org/10.1080/13825585.2011.645010>
- Kramer, A.F., & Erickson, K.I. (2007). Capitalizing on cortical plasticity: influence of physical activity on cognition and brain function. *Trends in Cognitive Sciences*, 11(8), 342-348.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2007.06.009>
- Leckie, R.L.; Weinstein, A.M.; Hodzic, J.C., & Erickson, K.I. (2012). Potential moderators of physical activity on brain health. *Journal of Aging Research*, 2012, Article ID 948981, 1-14.
<http://dx.doi.org/10.1155/2012/948981>
- Lista, I., & Sorrentino, G. (2010). Biological mechanisms of physical activity in preventing cognitive decline. *Cellular and Molecular Neurobiology*, 30(4), 493-503.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10571-009-9488-x>
- Mander, B.A.; Rao, V.; Lu, B.; Saletin, J.M.; Lindquist, J.R.; Ancoli-Israel, S.; Jagust, W., & Walker, M.P. (2013). Prefrontal atrophy, disrupted NREM slow waves and impaired hippocampal-dependent memory in aging. *Nature Neuroscience*, 16(3), 357-364.
<http://dx.doi.org/10.1038/nn.3324>
- Miller, D.I.; Taler, V.; Davidson, P.S.R., & Messier, C. (2012). Measuring the impact of exercise on cognitive aging: methodological issues. *Neurobiology of Aging*, 33, 622.e29-622.e43.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2011.02.020>
- Oswald, W.; Gunzelmann, T.; Rupprecht, R., & Hagen, B. (2006). Differential effects of single versus combined cognitive and physical training with older adults: The SimA study in a 5-year perspective. *European Journal of Ageing*, 3(4), 179-192.
<http://dx.doi.org/10.1007/s10433-006-0035-z>
- Perrot, A.; Gagnon, C., & Bertsch, J. (2009). Physical activity as a moderator of the relationship between aging and inductive reasoning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(2), 393-397.
<http://dx.doi.org/10.1080/02701367.2009.10599576>

- Reitan, R. M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indication of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 5, 271-276.
<http://dx.doi.org/10.2466/pms.1958.8.3.271>
- Reitan, R. M. (1992). *Trail making test: Manual for administration and scoring*. Tucson, AZ: Reitan Neuropsychology Laboratory.
- Reitan, R.M., & Wolfson, D. (1985). *The Halstead-Reitan Neuropsychological Test Battery: Therapy and clinical interpretation*. Tucson, AZ: Neuropsychological Press.
- Rey, A., y Canales, I. (2012) Cognitive and perceptual-motor improvements in elderly participating in a cognitive-motor integrated stimulation program. *Revista Brasileira de Geriatria e Gerontologia*, 15(1), 27-39.
<http://dx.doi.org/10.1590/S1809-98232012000100004>
- Rey, A.; Canales, I., y Táboas, M.I. (2011). Calidad de vida percibida por las personas mayores. Consecuencias de un programa de estimulación cognitiva a través de la motricidad «Memoria en movimiento». *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 46(2), 74-80.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.regg.2010.08.005>
- Shaffer, S.W., & Harrison, A. L. (2007). Aging of the somatosensory system: a translational perspective. *Physical Therapy*, 87(2), 193-207.
<http://dx.doi.org/10.2522/ptj.20060083>
- Smiley-Oyen, A.L.; Lowry, K.A.; Kohut, M.L., & Ekkekakis, P. (2008). Exercise, fitness, and neurocognitive function in older adults: the “selective improvement” and “cardiovascular fitness” hypotheses. *Annals of Behavioral Medicine*, 36(3), 280-291.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12160-008-9064-5>
- Smith P. J.; Blumenthal J.A.; Hoffman B.M.; Cooper, H.; Strauman, T.A.; Welsh-Bohmer, K.; Browndyke, J.N., & Sherwood, A. (2010). Aerobic exercise and neurocognitive performance: a meta-analytic review of randomized controlled trials. *Psychosomatic Medicine*, 72(3), 239-252.
<http://dx.doi.org/10.1097/PSY.0b013e3181d14633>
- Smith, J.C.; Nielson, K.A.; Woodard, J.L.; Seidenberg, M., & Rao, S.M. (2013). Physical Activity and Brain Function in Older Adults at Increased Risk for Alzheimer’s Disease. *Brain Sciences*, 3(1), 54-83.
<http://dx.doi.org/10.3390/brainsci3010054>
- Soprano, A.M. (2003). Evaluación de las funciones ejecutivas. *Revista de Neurología*, 37(1), 44-50.
- Stroop, J.R. (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *Journal of Experimental Psychology*, 18, 643-662.
<http://dx.doi.org/10.1037/h0054651>
- Tombaugh, T. N. (2004). Trail Making Test A and B: Normative data stratified by age and education. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 19(2), 203-214.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0887-6177\(03\)00039-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0887-6177(03)00039-8)
- Valencia, C.; López-Alzate, E.; Tirado, V.; Zea-Herrera, M.D.; Lopera, R.; Rupperecht, R., y Oswald, W.D. (2008). Efectos cognitivos de un entrenamiento combinado de memoria y psicomotricidad en adultos mayores. *Revista de Neurología*, 46(8), 465-471.
- Verdejo-García, A., y Bechara, A. (2010). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. *Psicothema*, 22(2), 227-235.

Reigal, R. E.; Hernández-Mendo, A. (2014). Efectos de un programa cognitivo-motriz sobre la función ejecutiva en una muestra de personas mayores. RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte, 37(10), 206-220
<http://dx.doi.org/10.5232/ricyde2014.03703>

- Voelcker-Rehage, C.; Godde, B., & Staudinger, U.M. (2011). Cardiovascular and coordination training differentially improve cognitive performance and neural processing in older adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5(26), 1-12.
<http://dx.doi.org/10.3389/fnhum.2011.00026>
- Walhovd, K.B.; Fjell, A.M.; Dale, A.M.; McEvoy, L.K.; Brewer, J.; Karow, D.S.; Salmon, D.P., & Fennema-Notestine, C. (2010). Multi-modal imaging predicts memory performance in normal aging and cognitive decline. *Neurobiology of Aging*, 31(7), 1107-1121.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neurobiolaging.2008.08.013>
- Warburton, D.E.; Nicol, C.W., & Bredin, S.S. (2006). Prescribing exercise as preventive therapy. *Canadian Medical Association Journal*, 174(7), 961-974.
<http://dx.doi.org/10.1503/cmaj.1040750>
- Weinstein, A.M.; Voss, M.W.; Prakash, R.S.; Chaddock, L.; Szabo, A.; White, S.M.; Wojcicki, T.R.; Mailey, E.; McAuley, E.; Kramer, A.F., & Erickson, K.I. (2012). The association between aerobic fitness and executive function is mediated by prefrontal cortex volume. *Brain, Behavior, and Immunity*, 26, 811-819.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.bbi.2011.11.008>
- Wilbur, J.; Marquez, D.X.; Fogg, L.; Wilson, R.S.; Staffileno, B.A.; Hoyem, R.L.; Morris, M.C.; Bustamante, E.E., & Manning, A. F. (2012). The Relationship Between Physical Activity and Cognition in Older Latinos. *The Journals of Gerontology Series B: Psychological Sciences and Social Sciences*, 67(5), 525-534.
<http://dx.doi.org/10.1093/geronb/gbr137>
- Zschucke, E.; Gaudlitz, K., & Ströhle, A. (2013). Exercise and physical activity in mental disorders: clinical and experimental evidence. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 46(Suppl 1), S12-S21.
<http://dx.doi.org/10.3961/jpmph.2013.46.S.S12>