

Granda-Ortells, L.; Alemany-Arrebola, I.; Cortijo-Canto, A.; Mingorance-Estrada, A.; Granda-Vera, J. (202x) Reaction Time as a Biomarker of Aging. A Study with Women over 65 Years. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. X (X) pp. xx. <http://cdeporte.rediris.es/revista/>___*

ORIGINAL

EL TIEMPO DE REACCIÓN COMO BIOMARCADOR DE ENVEJECIMIENTO. UN ESTUDIO CON MUJERES MAYORES DE 65 AÑOS

REACTION TIME AS A BIOMARKER OF AGING. A STUDY WITH WOMEN OVER 65 YEARS

Granda-Ortells, L.¹; Alemany-Arrebola, I.²; Cortijo-Canto, A.³; Mingorance-Estrada, A.⁴ y Granda-Vera, J.⁵

¹ Graduada en Sociología. Facultad de Sociología (España) lucgranda@hotmail.com

² Doctora en Psicología. Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte (España) alemany@ugr.es

³ Doctora en Ciencias de la Educación. Universidad Antonio de Lebrija (España) adisl_cc@hotmail.com

⁴ Doctor en Ciencias de la Educación. Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte. Universidad de Granada (España) amingor@ugr.es

⁵ Doctor en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte. Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte. Universidad de Granada (España) jgranda@ugr.es

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la profesora de Educación Física y Deportiva del Aula de Mayores por su compromiso en la realización de este estudio. También nuestro agradecimiento a todas las mujeres que colaboraron con su participación en el estudio y lo hicieron posible.

Código Unesco/Unesco code: 6106.11 Psicología Experimental-Reacción/Experimental Psychology-Reaction

Clasificación del Consejo de Europa/Council of Europe classification: 15. Psicología del deporte/ Sport Psychology

Recibido 16 de julio de 2021 **Received** July 16, 2021

Aceptado 30 de enero de 2022 **Accepted** January 30, 2022

RESUMEN

Investigamos los efectos del programa perceptivo-motor en comparación con un programa exclusivamente orientado a la mejora de la fuerza y la condición aeróbica en mujeres mayores de 65 años. Una muestra de 83 mujeres se distribuyó en dos grupos: grupo control y grupo experimental. Se aplicaron tres medidas durante las fases de pretest, retest y postest del programa de período

de 1 año: tiempo de reacción simple (SRT-S1), tiempo de reacción de selección (SRT-S4) y tiempo de detección de movimiento (MDT-S1) Los resultados revelan diferencias significativas a favor del grupo experimental (el que practicó con el programa perceptivo-motor) en tiempo de reacción y tiempo de movimiento en todas las pruebas realizadas en el retest y en la mayoría de las pruebas realizadas en el postest (SERT-S4, SEMT-S4, MDT-S1 y MMT-S1).

PALABRAS CLAVE: envejecimiento, actividad física, programa perceptivo-motor, mayores.

ABSTRACT

We investigated the effects of perceptive-motor program in comparison to a program exclusively oriented towards the improvement of strength and aerobic condition in women older than 65 years. A sample of 83 women was distributed in two groups: control and experimental group. Three measures were applied throughout the pretest, retest and post-test phases of the 1 year-period program: Simple Reaction Time (SRT-S1), Selection Reaction Time (SRT-S4) and Movement Detection Time (VTS-MDT-S1). The results reveal significant differences in favor of the experimental group (the one that practiced with the perceptual-motor program) in reaction time and movement time in all the tests performed in the retest and in most of the tests performed in the post-test (SERT-S4, SEMT-S4, MDT-S1 and MMT-S1).

KEY WORDS: aging, physical activity, perceptual-motor program, elderly women.

INTRODUCCIÓN

El envejecimiento se asocia a un deterioro de las funciones cognitivas y sensitivomotoras. Varios estudios sobre actividad física y cognición revelan que la práctica de actividad física puede mejorar la memoria de trabajo, las funciones ejecutivas y la capacidad motora en los ancianos; los participantes se enfrentan a un entorno cognitivo desafiante durante el ejercicio, una experiencia que podría estimular sus habilidades cognitivas (Ordanung, Holf, Kaminski, Villringer & Ragert, 2017).

El deterioro de las funciones cognitivas asociado a la edad ha sido reportado en varios estudios, aunque hallazgos recientes sugieren que puede estar influenciado por factores ambientales (Kramer, Bherer, Colcombe, Dong & Greenough, 2004). La actividad física regular es uno de los factores que integran un estilo de vida activo asociado a la preservación de la función cognitiva, por lo que se considera una actividad clave en las intervenciones antienvjecimiento.

Los resultados concuerdan con estudios realizados con personas mayores que encontraron que el mantenimiento de una buena condición aeróbica se asocia con un buen desempeño cognitivo en tareas que miden la atención y las

funciones ejecutivas (Colcombe & Kramer, 2003). Estos resultados apoyan que la actividad física puede mejorar los aspectos de control de la cognición (Hall, Smith y Keele, 2004). Esto concuerda con los resultados obtenidos tras analizar intervenciones con personas mayores de 60 años en la última década (Etnier et al., 2006) y con la revisión realizada por Martínez, Santaella y Rodríguez-García (2021), quienes sintetizan el beneficio para la salud del ejercicio físico ya que mejora la calidad del sueño, disminuye la ansiedad, el estrés, la depresión y el insomnio y reforzar la actividad intelectual debido a la buena oxigenación cerebral

Además, estudios comparativos revelan que combinar las demandas motoras y cognitivas durante el ejercicio puede tener un mejor impacto en la cognición que entrenar estas habilidades por separado (Fabre et al., 2002).

Por otro lado, Pedersen, Surburg y Brechue (2005) miden la función cognitiva a través del tiempo de reacción, que empeora gradualmente a medida que las personas envejecen. Subirana, Bruna, Virgili, Signo y Palma (2014) señalan que el desempeño cognitivo en la población normal está influenciado por numerosos factores, entre ellos la edad; cuanto mayores son los participantes, menor es su velocidad de procesamiento cognitivo. Por lo tanto, un tiempo de reacción (RT) más lento y variable a menudo se asocia con un mayor riesgo de muerte (Roberts, Der, Deary y Batty, 2009; Shipley, Der, Taylor y Deary, 2008).

Además, empeora con la edad (Granda, Barbero & Cortijo, 2015), y su deterioro está relacionado con la dificultad de la tarea que afrontan los sujetos (Salvia, Pettit, Champely, Chomette, Di Rienzo & Collet, 2016). Al respecto, los estudios indican que la actividad física (AF) parece ser una buena alternativa para mejorar los valores de RT (American College Sport Medicine, 2009).

Es destacable que numerosos estudios indiquen que la actividad física es una alternativa notable para reducir o frenar este deterioro cognitivo en personas mayores (Van Uffelen, Chinapaw, Hopman-Rock, & Van Mechelen, 2008). A pesar de estos hallazgos, Levin, Netz y Ziv (2017) concluyen, tras revisar estudios sobre los efectos de la actividad física en las funciones cognitivas y motoras, que "se encontraron mejoras en las funciones motoras y cognitivas principalmente en intervenciones que adoptan entrenamiento físico-cognitivo o entrenamiento combinado. Si bien este hallazgo aboga por el uso de ejercicio multimodal, paradigmas de entrenamiento o intervenciones para mejorar las habilidades cognitivo-motoras en adultos mayores, una considerable inconsistencia entre los protocolos de entrenamiento y las medidas finales complica la generalización de este hallazgo "(pág. 1).

La actividad física puede reducir el tiempo de reacción en los adultos mayores (Hunter, Thompson y Adams, 2001). Del mismo modo, algunos estudios indican que la actividad aeróbica mejora la RT (Barella, Etnier & Chang, 2010), aunque no todos los estudios coinciden con estos resultados. Un gran grupo de investigaciones no ha encontrado una correlación significativa entre la capacidad aeróbica y la RT (Angevaren, Aufdemkampe, Verhaar, Aleman & Vanhees, 2008; Gálvez, Caracuel & Jaenes, 2011).

Por tanto, el envejecimiento suele ir acompañado de un aumento de los valores del tiempo de reacción simple (SRT) y, en particular, del tiempo de reacción de selección o discriminativa (SERT), en el que el sistema nervioso central debe inhibir las respuestas incorrectas mientras activa la respuesta correcta, relacionados con el estímulo presentado (Yordanova et al., 2004). Asimismo, se ha comprobado que la disminución de SERT comienza a edades más tempranas que los déficits en el desempeño de SRT (Der & Deary, 2006).

Estos resultados sugieren que la disminución de los valores de RT podría depender de factores cognitivo-motores como la percepción, la atención y la memoria motora. Por tanto, el programa de actividad física debe estimular estos procesos cognitivos como un aspecto clave del programa (Willis et al., 2006).

En cuanto a la dimensión cognitiva, numerosos estudios han encontrado que la combinación de actividad física y cognitiva produce efectos más positivos sobre la función cognitiva (Fabre, Chamari, Mucci, MasseBiron & Prefaut, 2002) en adultos mayores que la práctica de una sola actividad. Gálvez y col. (2011) y Marmeleira, Soares, Tlemcani & Godinho (2011) realizaron un programa de ejercicio físico aeróbico con adultos mayores sanos en el que se incorporaron tareas cognitivas, encontrando mejoras significativas en su SRT al finalizar el programa de intervención.

A partir de estos estudios, la presente investigación se centra en conocer los efectos en un grupo de mujeres mayores de 65 años de un programa de actividad física dirigido a mejorar su capacidad aeróbica y sus procesos cognitivos (tiempo de reacción para tomar la decisión adecuada), cuyos resultados se comparan con los obtenidos por otro grupo de mujeres de la misma edad que solo participan en un programa de actividad física dirigido a mejorar la capacidad aeróbica.

MATERIAL Y MÉTODO

Diseño

Se utilizó una metodología cuantitativa desde un enfoque empírico-analítico utilizando grupos cuasi-experimentales no equivalentes (Ato, López, & Benavente, 2013).

Participantes

Los participantes fueron mujeres mayores de 65 (65-80 años) que asistieron al Aula de Mayores y aceptaron participar voluntariamente. Se requirieron dos criterios para ser incluidos en el estudio: a) llevar una vida normal dentro de la comunidad son autónomas e independientes, y b) no padecer enfermedades cardiovasculares graves, enfermedades musculares o óseas. Además, todos tienen una visión normal o corregida. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado para participar voluntariamente en el estudio, de

acuerdo con los estándares éticos establecidos en la Declaración de Helsinki de 1961 (y modificada en Edimburgo en 2000) y aprobada por el Comité de Ética para la Investigación en Humanos de la Universidad de Granada. La muestra se dividió en dos grupos: grupo control y grupo experimental (ver Tabla 1).

Tabla 1. Distribución de la muestra: grupo control-grupo experimental

	Grupo Control	Grupo Experimental
N	42	41
M (edad)	69.8	69.4

Variables

Variables independientes: PROGRAMA DE INTERVENCIÓN

Variables dependientes: SRTS1, MTS1, SERTS4, SEMTS4, MDTS1, MCRTS1 y MMTS1.

Instrumento

Se usaron tres pruebas diferentes del Vienna System Test (VTS) (Schuhfried GmbH, Moedling, Austria). El sistema consistía en una computadora de escritorio con un conjunto de periféricos del sistema VTS. Los participantes se sentaron aproximadamente a 50 cm de la pantalla de la computadora, que se colocó a unos 15 cm frente al panel de respuesta y al nivel de la cabeza de los participantes. Se les pidió que usaran el dedo índice de la mano que eligieron para responder a los estímulos. La otra mano debe colocarse junto al panel de respuesta. Antes de la prueba, los participantes recibieron instrucciones y se les dio tiempo para practicar hasta que realizaron 5 repeticiones correctamente ejecutadas. Se llevaron a cabo las siguientes medidas:

TIEMPO DE REACCIÓN SIMPLE S1 (SRTS1) (milisegundos). Esta prueba utilizó una luz amarilla como estímulo visual que aparece en la pantalla a intervalos aleatorios. El participante tuvo que reaccionar lo más rápido posible presionando un botón cuadrado negro en el panel. Si bien no hubo estímulo, el dedo del participante permaneció en el botón del sensor. Se midió el tiempo de reacción (SRTS1) y el tiempo de movimiento (MTS1).

TIEMPO DE REACCIÓN DISCRIMINATIVO S4 (SERTS4) (milisegundos). Esta prueba mide el tiempo de reacción de la selección y constaba de una luz amarilla y una roja que podían mostrarse en la pantalla individualmente o juntas, más un sonido que aparecía al azar. El participante tenía que presionar el botón cuadrado negro lo más rápido posible solo cuando ambos estímulos aparecían simultáneamente. Si no hubo estímulo, o el estímulo fue solo uno de los dos círculos o el sonido, el dedo del participante debe permanecer en el sensor. Se midió el tiempo de reacción (SERTS4) y el tiempo de movimiento (MTS4).

TIEMPO DETECCIÓN MOVIMIENTO S1 (MDTS1) (milisegundos). Esta prueba consistió en un estímulo que se movía desde el centro de la pantalla a cualquiera de las cuatro esquinas de la pantalla. El participante tuvo que reaccionar lo más rápido posible presionando el

botón cuadrado negro en el panel cuando el estímulo comenzó a moverse.

Los parámetros medidos en las dos primeras pruebas fueron:

1) RT: el tiempo transcurrido entre la aparición del estímulo en la pantalla y el momento en que el participante dejó de presionar el sensor con el dedo; 2) MT: el lapso de tiempo entre el alejamiento del dedo del sensor y la pulsación del botón negro.

En la tercera prueba, se midieron el tiempo de detección de movimiento (MDT), el tiempo de reacción cognitiva (MCRT) y el tiempo de movimiento (MMT).

Programas de intervención

Durante los programas de actividad física de 12 semanas, los participantes asistieron a 4 sesiones semanales de aproximadamente 60 minutos; se llevaron a cabo de acuerdo con las recomendaciones de la ACSM (2009). La dificultad de las tareas aumentó en función del progreso de los participantes. Todos los grupos fueron supervisados por un profesor de Ciencias del Deporte y Actividad Física. Para cuantificar la intensidad del ejercicio durante las sesiones -que se suponía moderada- se aplicaron los criterios establecidos por Van Uffelen, Chinapaw, HopmanRock y Van Mechelen (2008): que los participantes sean capaces de hablar y mostrar síntomas de haber participado en actividad física, como frecuencia respiratoria alta, enrojecimiento y sudoración.

Tanto el grupo experimental como el de control se formaron al azar. En el caso del grupo de control, las sesiones comenzaron con un período de calentamiento de 5 minutos que incluyó estiramientos y movimientos suaves. A esta fase le siguieron 15 minutos de actividades de fortalecimiento que involucraron a los principales grupos musculares, utilizando el peso corporal como resistencia o pesos ligeros y extensores elásticos. Luego, los participantes pasaron a ejercicios aeróbicos (danza y circuitos) y una rutina de relajación final de 10 minutos.

En cuanto al grupo experimental, el propósito de este programa fue mejorar los procesos perceptivo-cognitivos, como el procesamiento de estímulos, la toma de decisiones y la programación de movimientos (Schmidt & Lee, 2011). Estas sesiones fueron diseñadas de manera idéntica a las sesiones completadas por el grupo de control, incorporando algunos desafíos cognitivos, incluida una señal auditiva o visual que requería la respuesta motora de los participantes mientras caminaban o realizaban diferentes tareas con varios materiales al mismo tiempo, o se les pidió que recordaran secuencias de movimientos. Era fundamental que los participantes reaccionaran con diferentes respuestas motoras lo antes posible. Las tareas se volvieron gradualmente más difíciles en términos del número de estímulos y las habilidades motoras asociadas; el objetivo era crear un entorno cognitivo desafiante permanente.

Procedimiento

El tiempo de reacción (RT) y el tiempo de movimiento (MT) se midieron antes de empezar el programa de intervención (PRETEST), durante la impartición del programa de intervención (en la mitad del programa) (RETEST) y después de finalizar dicho programa (POSTEST). Una vez realizado el pretest, durante 12 semanas se procedió a desarrollar el programa. Al finalizar estas 12 semanas se procedió a realizar el retest y después de 12 semanas más de impartición del programa se procedió al realizar el postest.

Análisis estadístico

Tras la recogida de los datos, se realizó un análisis estadístico descriptivo y multivariado, así como la prueba de Kolmogorov Smirnov para la normalidad de la distribución de la muestra. Las diferencias en la evolución pretest-retest-postest para cada grupo y variable se examinaron utilizando la prueba t de Student para muestras pareadas. Los datos se analizaron con SPSS V24.0 para Mac.

RESULTADOS

Los datos se recopilaron en 3 fases: pretest, retest y postest. Los valores de la desviación estándar y media de las diferentes fases de la investigación se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Estadísticos descriptivos para los grupo control y experimental en cada fase (en msg.)

	PRETEST				RETEST				POST-TEST			
	Media GC	SD GC	Media GE	SD GE	Media GC	SD GC	Media GE	SD GE	Media GC	SD GE	Media GC	SD GE
STRS1	309.45	42.89	315.70	39.11	301.47	41.67	295	35.66	299.56	45.78	267.40	33.93
TMS1	300.45	40.67	301.74	42.11	290.56	39.23	279.33	36.33	285.32	35.67	241.26	30.06
SETRS4	498.56	68.45	486.29	70.44	487.46	61.68	434.47	68.23	482.67	67.45	431.80	70.80
TMS4	305.67	38.89	301.14	39.37	294.59	38.49	261.71	71.04	292.34	36.89	255.73	33.13
MTD	611.89	90.34	609.07	86.78	598.36	83.67	526.66	78.34	592.96	65.32	519.73	67.89
MCTR	356.78	36.23	359.37	34.56	351.78	43.29	319.38	41.78	351.37	41.23	306.73	39.45
MMT	246.58	28.49	244.48	27.89	241.56	31.69	207.42	28.39	240.12	32.78	204.93	31.56

En primer lugar, se verificó que no existían diferencias significativas entre las dos muestras antes de iniciar el programa de intervención (fase pretest). Posteriormente, las pruebas T de Student para muestras independientes confirmaron la existencia de diferencias significativas entre los dos grupos de estudio en cada una de las fases de investigación. La tabla 3 muestra los resultados de la primera fase de la intervención. Los datos indican que existen diferencias significativas en el tiempo de movimiento de la prueba S1, en el tiempo de reacción y tiempo de movimiento en la prueba S4 y en las tres medidas de la prueba MDT S1, siendo el tamaño del efecto medio en todos los casos.

Tabla 3. Comparación resultados retest (en msg.)

Test	Media Retest GC	Media Retest GE	T	P	d _{COHEN}	Effect-size R
STRS1	301.47	295	1,765	n.s.	.11	.09
TMS1	290.56	279.33	2.987	.034	.47	.34
SETRS4	487.46	434.47	2.985	.027	.39	.28
TMS4	294.59	261.71	2.178	.044	.45	.32
MTD	598.36	526.66	2.45	.028	.49	.41
MCTR	351.78	319.38	2.234	.034	.46	.38
MMT	241.56	207.42	2.065	.046	.40	.39

La Tabla 4 presenta los resultados de la comparación de los datos recolectados en la segunda fase de la investigación. Los datos indican que existen diferencias significativas en el tiempo de reacción y el tiempo de movimiento en la prueba S4, y en el tiempo de detección y el tiempo de movimiento en la prueba MDT S1, siendo el tamaño del efecto medio.

Tabla 4. Comparación resultados Posttest (en msg.)

Test	Media Post-test GC	Media Post-test GE	T	P	d _{COHEN}	Effect-size R
STRS1	299.56	267.40	1.687	n.s.	.12	.10
TMS1	285.32	241.26	2.589	.042	.14	.13
SETRS4	482.67	431.80	2.345	.039	.46	.33
TMS4	292.34	255.73	2.082	.045	.45	.28
MTD	592.96	519.73	2.033	.049	.41	.29
MCTR	351.37	306.73	2.584	.037	.39	.12
MMT	240.12	204.93	2.145	.046	.42	.32

Posteriormente, se compararon las tres colecciones de datos de cada muestra. No se encontraron diferencias significativas en el grupo de control para ninguna de las comparaciones entre sujetos. Además, no se encontraron diferencias significativas en el grupo experimental entre las fases de retest y posttest en ninguna de las dos medidas (ver Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Comparación resultados grupo experimental pretest- retest

	Student's t	Sig.
MTS1PRE-MTS1RETEST	2.481	.022*
MTS4PRE-MTS4RETEST	2.053	.049*
MTDPRE-MTDRETEST	2.420	.025*
MMTPRE-MMTRETEST	2.341	.030*

$p < .05$

Tabla 6. Comparación resultados grupo experimental pretest-postest

	Student's t	Sig.
MTS1PRE-MTS1POSTEST	3.097	.008**
SETRS4PRE-SETRS4POSTEST	2.331	.035*
MTS4PRE-MTS4POSTEST	2.145	.048*
MTDPRE-MTDPOSTEST	2,678	.028*
MMTPRE-MMTRETEST	2.186	.046*

$p < .05$ $p < .01$ **

Asumiendo la normalidad para los edades de la muestra dentro de la prueba MDT (obteniendo tres valores de las pruebas MDT, MCRT y MMT), los valores obtenidos por el grupo experimental presentan diferencias significativas entre el pretest, y los resultados retest y postest, no encontrando diferencias significativas entre los resultados de las pruebas retest y postest (ver tabla 7).

Tabla 7. Comparación del grupo experimental en las tres fases

	Student's t	Sig.
PRETESTMDT - RETEST1MDT	-2.987	0.01*
PRETESTMDT - POSTESTMDT	-2.933	0.013*
PRETESTMCRT - RETEST1MCRT	-3.046	0.009**
PRETESTMCRT - POSTESTMCRT	-3.828	0.002**
PRETESTMMT - RETEST1MMT	-2.260	0.04*
PRETESTMMT - POSTESTMMT	-2.881	0.014*

$p < .05$ $p < .01$ **

DISCUSIÓN

El objetivo de este estudio fue analizar los efectos de diferentes programas de actividad físico sobre el tiempo de reacción (RT) y el tiempo de movimiento (MT) en tres pruebas (prueba de tiempo de reacción simple, prueba de tiempo de reacción de selección o discriminación y prueba de detección de movimiento) como medida de los efectos sobre los procesos cognitivos implicados en la toma de decisiones más adecuadas.

Los resultados revelan diferencias intragrupo en todos los parámetros, aunque solamente se encontraron diferencias significativas entre ambos grupos solo en el retest en el tiempo de movimiento de la prueba S1 (TMS1), tiempo de reacción (SETRS4) y tiempo de movimiento en la prueba S4 (TMS4) y en las tres medidas en la prueba MDT S1. Estos resultados son similares a los hallados por León et al., (2011).

En el grupo experimental se encontraron diferencias significativas entre las fases pretest-retest y postest en algunas de las variables, hallazgos que concuerdan con la literatura revisada. No se encontraron diferencias significativas en los resultados del tiempo de reacción simple en las fases de retest y postest en la prueba en SRTS1 (SRTS1). Si se encontraron diferencias significativas en las pruebas MTS1, SERTS4, MTS4 y en los tres registros de la prueba MDTS1.

La ausencia de diferencias significativas en la prueba SRTS1 podría deberse a que las acciones basadas en la repetición de movimientos requieren un proceso de decisión mínimo (Spiriduso et al., 2005). Además, el grado de complejidad y el proceso de análisis requerido en este tipo de pruebas (tiempo de reacción simple) no implica una dificultad que pueda ocasionar diferencias en el tiempo de reacción entre los dos grupos. Por el contrario, la variable SERT comienza a deteriorarse antes que la SRT (Yordanova et al., 2004), lo que implica procesos de toma de decisiones más complejos. Este es el caso de la prueba MDTs1, que implica un procesamiento más complejo ya que implica la detección de un movimiento.

La evidencia sugiere que el tiempo de reacción simple en una prueba diseñada solo para detectar la aparición de un estímulo fijo es una variable insuficiente para establecer diferencias significativas entre sujetos que practican actividad física aeróbica y sujetos que practican actividad física aeróbica más un programa de intervención perceptivo-cognitiva. Por tanto, el uso de esta variable con personas físicamente activas como indicador de envejecimiento no parece tener un alto valor predictivo. Esto también está respaldado por la evidencia intrasujeto, donde no se encontraron diferencias significativas en esta variable en ninguno de los dos grupos de estudio. Solo se encontraron diferencias significativas en el grupo experimental (el grupo de control no obtuvo ninguna mejora significativa entre cada una de las fases) de pre-test a retest y post-test pero no de retest a posttest.

En cuanto al tiempo de movimiento, se encontraron diferencias entre ambos grupos en los valores de las tres pruebas realizadas en las fases retest y posttest. Estos resultados indican una mejora en el tiempo de movimiento de los sujetos del grupo experimental, quizás debido a una mejora en los centros superiores encargados de elaborar la respuesta y transferir el orden neuronal, lo que resulta en una respuesta de tiempo motor más eficiente.

CONCLUSIONES

Este estudio sostiene que un programa de trabajo que combine la actividad física y cognitiva es el que tiene más probabilidades de prevenir un aumento del tiempo de reacción en las personas mayores, como Willis et al. (2006), Galvez et al., (2011) y Marmeleira et al., (2011) sugieren, lo que se traduciría en un menor deterioro del envejecimiento.

También es relevante la mejora significativa que experimentó el grupo experimental en los parámetros de normalidad -considerando la edad de los participantes-, en comparación con el grupo control, que no mejoró en absoluto. Esto también indica un mejor nivel de desempeño por la participación en este programa combinado de actividad física y variables cognitivas frente a un programa exclusivamente orientado a la mejora de la condición física en pruebas que requieren un procesamiento de situaciones más complejo (detección de un objeto en movimiento versus la aparición de un objeto estático en la pantalla) (ver Figura 1).

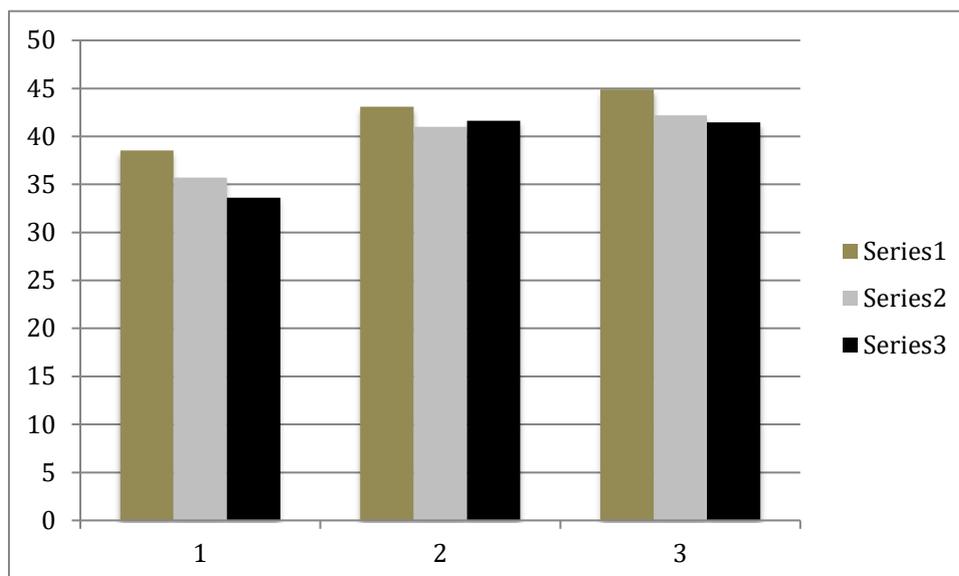


Figura 1. Valores para cada fase de los valores de normalidad en el Test MDT S1 en el grupo experimental

Este estudio reconoce algunas limitaciones que deben considerarse en investigaciones futuras. Primero, no pudimos evaluar el nivel físico. Por tanto, por un lado, no se pudo establecer si las "mejoras cognitivas obtenidas se debían a las características del programa o a la mejora de la condición física". Por otro lado, si bien una combinación de ejercicio físico y esfuerzo cognitivo conduce a mejoras significativas en los valores de RT, el programa no garantiza un efecto sobre otras variables aparte de la aptitud física debido al número limitado de estímulos. Por lo tanto, recomendamos que el ejercicio físico sea combinado con tareas complejas en rutinas de entrenamiento, ya que es fundamental en los que los adultos mayores sanos pretenden mantener y mejorar su función cognitiva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Angevaren, M., Aufdemkampe, G., Verhaar, H. J., Aleman, A., & Vanhees, L. (2008). Physical activity and enhanced fitness to improve cognitive function in older people without known cognitive impairment. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 16(3): Art. N° CD005381. Doi: 10.1002/14651858.CD005381.pub3
- American College of Spor Medicine (2009). American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Medicine and Science Sports Exercise*, 41 (3), 687-708. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.
- Ato, M., López-García, J. J., & Benavente, A. (2013). Un sistema de clasificación de los diseños de investigación en psicología. *Anales de Psicología/Annals of Psychology*, 29(3), 1038-1059.
- Barella, L.A., Etnier, J.L., & Chang, Y.K. (2010). The immediate and delayed effects of an acute 10 bout of exercise on cognitive performance of healthy older adults. *Journal of Aging and Physical Activity*, 18(1), 87-98.

- Colcombe, S. & Kramer, A. F. (2003). Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychology Science*, 14, 125-130.
- Der, G., & Deary, I. J. (2006). Age and sex differences in reaction time in adulthood: Results from the United Kingdom Health and Lifestyle Survey. *Psychology and Aging*, 21(1), 62-73.
- Etnier, J. L., Nowell, P. M., Landers, D. M., & Sibley, B. A. (2006). A meta-regression to examine the relationship between aerobic fitness and cognitive performance. *Brain Research Reviews*, 52, 119–130.
- Fabre, C., Chamari, K., Mucci, P., Massé-Biron, J., & Préfaut, C. (2002). Improvement of cognitive function by mental and/or individualized aerobic training in healthy elderly subjects. *International Journal Sports Medicine*, 23(6), 415-421. doi:10.1055/s-2002-33735
- Gálvez González, J., Caracuel Tubío, J.C. & Jaenes Sánchez, J.C. (2011). Práctica de Actividad física y velocidad de procesamiento cognitivo en mayores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 11 (44), 803-816.
- Granda-Vera, J., Barbero-Álvarez, J. C. & Cortijo-Cantós, A. (2015). Efectos de un programa perceptivo-motor en la respuesta de reacción en mayores. *Revista internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física del Deporte*, 15 (57), 105-121. doi: 10.15366/rimcafd2015.57.007
- Hall, C. D., Smith, A. L., & Keele, S. W. (2004). The impact of aerobic activity on cognitive function in older adults: A new synthesis based on the concept of executive control. *European Journal of Cognitive Psychology*, 13, 279–300.
- Hunter, S. K., Thompson, M. W., & Adams, R. D. (2001). Reaction time, strength and physical activity in women aged 20-89. *Journal of Aging and Physical Activity*, 9, 32-42.
- Kramer, A. F., Bherer, L., Colcombe, S. J., Dong, W., & Greenough, W. T. (2004). Environmental influences on cognitive and brain plasticity during aging. *Journals of Gerontology, Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 59, 940 –957.
- León, J.; Oña, A., Ureña, A.; Bilbao, A. & Bolaños, M.J. (2011). Efecto de la actividad física sobre el tiempo de reacción en mujeres mayores. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte* vol. 11 (44) pp. 791-802.
- Levin, O., Netz, Y., & Ziv, G. (2017). The beneficial effects of different types of exercise interventions on motor and cognitive functions in older age: a systematic review. *European Rev. Aging Physical Activity*, 14:20. doi: 10.1186/ s11556-017-0189-z.
- Marmeleira, J., Soares, F. M., Tlemcani, M. & Godinho, M. A. (2011). Exercise Can Improve Speed of Behavior in Older Drivers. *Journal of Aging and Physical Activity*, 19(1), 48-61.
- Martínez, N., Santaella, E., & Rodríguez-García, A. M. (2021). Beneficios de la actividad física para la promoción de un envejecimiento activo en personas mayores. Revisión bibliográfica. *Retos*, 39, 829-834.
- Ordanung, M., Hoff, M., Kaminski, E., Villringer, A. & Ragert, P.. (2017). No Overt Effects of a 6-Week Exergame Training on Sensorimotor and Cognitive Function in Older Adults. A Preliminary Investigation. *Frontiers in Human Neuroscience* 11, 1-17.

- Pedersen, S.J., Surburg, P.R., & Brechue, W.F. (2005). Ageing and midline crossing inhibition. *Laterality*, 10 (3), 279-294.
- Roberts, B. A., Der, G., Deary, I. J., & Batty, G. D. (2009). Reaction time and established risk factors for total and cardiovascular disease mortality: Comparison of effect estimates in the follow-up of a large, UK-wide, general-population based survey. *Intelligence*, 37(6), 561-566.
- Salvia, E., Pettit, C., Champely, S., Chomette, R., Di Rienzo, F. & Collet, C. (2016). Effects of age and task load on drivers' response accuracy and reaction time when responding to traffic lights. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 8, 1-9. doi: 10.3389/fnagi.2016.00169
- Schmidt, R. A., & Lee, T. D. (2011). *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (5th ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shiple, B.A., Der, G., Taylor, M., & Deary, I. J. (2008). Cognition and mortality from the major causes of death: The Health and Lifestyle Survey. *Journal Psychosom Res*, 65, 143-152.
- Spirduso, W. W., Francis, K. L., y MacRae, P. G. (2005). *Physical dimensions of Aging*. (2ª ed.).EEUU: Human Kinetics.
- Van Uffelen, J. G. Z., Chinapaw, M. J. M., Hopman-Rock, M., & Van Mechelen, W. (2008). Feasibility and Effectiveness of a Walking Program for Community-Dwelling Older Adults With Mild Cognitive Impairment. *Journal of Aging and Physical Activity*, 17, 398-415
- Yordanova, J., Kolev, V., Hohnsbein, J., & Falkenstein M. (2004). Sensorimotor slowing with aging is mediated by a functional dysregulation of motor-generation processes: evidence from high-resolution ERPs. *Brain*, 127, 351-362.

Número de citas totales/ Total references: 25 (100%)

Número de citas propias de la revista/Journal's own references: 3 (12%)