

Article

Efectos del Entrenamiento de la Fuerza y de la Resistencia sobre las Capacidades Cognitivas en Personas Ancianas

Effect of Strength and Endurance Training on Cognition in Older People

Gül Y Özkaya¹, Hülya Aydın², Füsün N Toraman¹, Ferah Kizilay², Özgür Özdemir¹ y Vedat Cetinkaya¹

¹School of Physical Education and Sports, Akdeniz University, Antalya, Turquía.

²Department of Neurology, Medical Faculty, Akdeniz University, Antalya, Turquía.

RESUMEN

El propósito de este estudio fue investigar el efecto del entrenamiento de la fuerza y la resistencia de moderada intensidad sobre las capacidades cognitivas evaluadas mediante un test para evaluar los potenciales relacionados con eventos (ERP) en personas ancianas. Treinta y seis adultos, de entre 60-85 años de edad, fueron divididos aleatoriamente en tres grupos: sedentarios control (C), entrenamiento de la fuerza (ST), y entrenamiento de la resistencia (ET). Los participantes realizaron diferentes tests para evaluar la aptitud física funcional y los datos del ERP fueron registrados antes y después de nueve semanas de entrenamiento. El entrenamiento involucró tres sesiones semanales de ejercicio. Los valores en los test de aptitud física funcional se incrementaron significativamente en los grupos ST y ET. Las latencias de los componentes N1, N2 y P2 y las amplitudes de los componentes N1P1, P2N2 y N2P3 en el sitio Fz y los componentes N1P2 y N2P3 en el sitio Cz, se incrementaron significativamente en el grupo ST en comparación con el grupo ET. Luego del entrenamiento las latencias de los componentes N1, N2 y P2 se acortaron significativamente, y las amplitudes de los componentes N1P1, P2N2 y N2P3 se incrementaron significativamente en el grupo ST en comparación con el grupo C. Las latencias de los componentes N2 y P2 se acortaron significativamente en el grupo ET en comparación con el grupo C, aunque las amplitudes del ERP no difirieron significativamente entre los grupos. Estos datos sugieren que el entrenamiento de la fuerza podría facilitar el procesamiento sensorial temprano y las funciones cognitivas en individuos ancianos.

Palabras Clave: entrenamiento, función cognitiva, envejecimiento, potenciales relacionados a eventos, aptitud física

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effect of moderate strength and endurance training on cognition evaluated by event-related potentials (ERP) in older people. Thirty-six adults, aged 60-85 years, were randomly divided into three

groups: sedentary control (C), strength training (ST), and endurance training (ET). Participants performed functional fitness tests and ERP data were recorded before and after nine weeks of training. Training involved three sessions per week. Functional fitness test performance improved significantly in the ST and ET groups. The latencies of the N1, N2, and P2 components and the amplitudes of the N1P2, P2N2, and N2P3 components differed significantly between groups ($p < 0.05$). After training, the latencies of the P2 and N2 components at the Fz and Cz sites, decreased significantly, and the amplitudes of the N1P2, P2N2, and N2P3 components at the Fz site and the N1P2 and N2P3 components at the Cz site, increased significantly in the ST group compared with the ET group. After training, the latencies of N1, N2, and P2 components shortened significantly, and the amplitudes of the N1P2, P2N2, and N2P3 components increased significantly in the ST group compared with the C group. The latencies of the N2 and P2 components shortened significantly in the ET group compared with the C group, although the amplitudes of the ERP recordings did not differ significantly between groups. These data suggest that strength training might facilitate early sensory processing and cognitive functioning in older individuals.

Keywords: Exercise training, cognitive function, aging, event-related potentials, functional fitness

INTRODUCCION

El envejecimiento es un fenómeno natural caracterizado por la pérdida de neuronas, y la reducción en la liberación de neurotransmisores y de funciones fisiológicas (Dice, 1993; Yu, 1994). El proceso de envejecimiento es acompañado por el deterioro de funciones cognitivas, tales como la memoria, la atención, el tiempo de reacción y la velocidad de procesamiento de la información (Van Boxtel et al., 1997). El sistema neurotransmisor desempeña un rol importante en los procesos cognitivos, y el deterioro de los sistemas transmisores provoca una reducción en las capacidades cognitivas con el envejecimiento. Un creciente cuerpo de evidencias sugiere que el ejercicio físico puede tener un efecto de facilitación sobre las funciones cognitivas generales durante el envejecimiento (Chodzko-Zajko and Moore, 1994; Hatta et al., 2005; McDowell et al., 2003; Polich and Lardon, 1997; Yagi et al., 1999). En el primer estudio bien controlado de entrenamiento y funciones cognitivas, Dustman et al (1984) hallaron que el rendimiento en ciertas tareas cognitivas era menor en aquellos participantes con una menor aptitud física. A pesar de las implicancias de los hallazgos que señalan que el ejercicio puede contribuir a la capacidad cognitiva (rendimiento intelectual), no es claro que tipo de actividad física puede influenciar la cognición. Se han publicado recomendaciones respecto del tipo de ejercicio apropiado para mantener la aptitud músculo esquelética y reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares tales como la arteriosclerosis y las enfermedades coronarias, lo cual puede contribuir a que un individuo tenga un envejecimiento saludable (ACSM, 1995; Brandon et al., 2000; Kasch et al., 1999; Pollock et al., 2000). Aunque el ejercicio aeróbico es la forma de ejercicio más frecuentemente recomendada para incrementar la aptitud cardiovascular en adultos mayores (Kasch et al., 1999), el entrenamiento de la fuerza también es muy frecuentemente recomendado como un componente importante de un programa global para la mejora de la aptitud física (Evans and Cyr-Campbell, 1997; Feigenbaum and Pollock, 1999; Hass et al., 2001; Pollock et al., 2000). Si bien estudios previos han sugerido que el entrenamiento físico afecta el rendimiento cognitivo en sujetos ancianos (Dustman et al., 1984; 1990; 1993; Polich and Lardon 1997), la literatura no investigado la cuestión de si diferentes regímenes de ejercicio pueden contribuir al mantenimiento de las capacidades cognitivas.

Los potenciales relacionados a eventos (ERP) proveen un método no invasivo para valorar la función del sistema nervioso central (CNS) (Beck and Dustman, 1975). Los ERP son potenciales eléctricos provocados por una serie de estímulos repetitivos tales como flashes de luz, chasquidos o tonos que el sujeto no espera. Debido a que los ERP reflejan los procesos que ocurren en el CNS entre el estímulo y la respuesta, estos pueden proveer información acerca del curso de los procesos cognitivos en el cerebro. Los ERP comprenden un grupo de componentes involucrados en el procesamiento cognitivo humano que comúnmente son identificados por su polaridad y secuencia de ocurrencia (e.g., el P3 específica el tercer componente positivo luego del comienzo del estímulo) (Beck and Dustman, 1975).

Los ERP pueden ser evocados de varias formas para estudiar el proceso de envejecimiento, incluyendo los potenciales evocados por la latencia visual temprana (VEP), los potenciales evocados por la corriente cerebral auditiva (BAEP), y los potenciales evocados somatosensorialmente (SEP). Los componentes del ERP se extienden solo por unos pocos milisegundos y proveen información acerca de la transmisión de señales neurales a través de las estaciones sensoriales en las estructuras cerebrales. Los componentes de latencia media ocurren entre 20 y 80 ms luego de la presentación del estímulo y reflejan la llegada y el procesamiento inicial del impulso sensorial en las principales áreas receptoras corticales (Beck and Dustman, 1975). Los componentes de latencia larga ocurren luego de aproximadamente 80 ms y reflejan las características del estado fisiológico del sujeto, por ejemplo, el nivel de estimulación, atención y habituación (Beck and Dustman, 1975; Picton et al., 1984; Regan, 1972).

Los ERP de latencia larga reflejan las funciones cognitivas tales como el tiempo de estímulo - evaluación (latencia P3) y la relevancia de la tarea (amplitud del P3). La latencia de P3 se reconoce como una medida de la velocidad de procesamiento de la información para la atención, memoria de trabajo y probabilidades subjetivas (Kügler et al., 1993). Los ERP de latencia larga han sido estudiados extensivamente en personas ancianas saludables y en individuos con patologías mentales tales como demencia, Alzheimer, y Parkinson (Raudino et al., 1997; Tandon and Majahan, 1999). Estudios previos han demostrado que la latencia de P3 es influenciada solo por el grado de discriminación del estímulo pero no por el grado de dificultad para ejecutar la respuesta motora. Los factores que pueden influenciar la amplitud de P3 son sensibles a las variaciones en la secuencia del estímulo que precede al evento provocador de la respuesta, y está inversamente relacionada tanto con la expectativa subjetiva como por la probabilidad objetiva de la ocurrencia del evento (Kügler et al., 1993).

Varios estudios han intentado determinar el efecto de la edad sobre los componentes de P3, y si estos tienen alguna utilidad diagnóstica (Kügler et al., 1993; Polich, 2004; Ozgocmen et al., 2003; Yamaguchi and Knight, 1991). Por ejemplo, la latencia del P3 se incrementa progresivamente con el envejecimiento normal (Kügler et al., 1993). Los hombres con altos valores de VO_2 máx. tienen latencias tempranas del P3, mayores amplitudes de P3 y una eficiencia cognitiva superior respecto de los hombres con una menor aptitud física (Dustman et al., 1993). El propósito de este estudio fue determinar el efecto de diferentes tipos de entrenamiento (entrenamiento de la resistencia y entrenamiento de la fuerza de moderada intensidad) sobre el rendimiento cognitivo evaluado mediante el registro de los ERP en individuos ancianos.

MÉTODOS

Participantes

El protocolo del estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Akedniz (número de aprobación 26.12.2002/08). Todos los participantes tenían el permiso médico para participar en las sesiones de evaluación y entrenamiento. Ciento veinte ancianos, sedentarios que no estaban involucrados en programas para el entrenamiento físico fueron evaluados para determinar la elegibilidad (Figura 1). Todos firmaron un formulario de consentimiento informado antes de llevar a cabo cualquier evaluación y el subsiguiente entrenamiento. Los participantes eran voluntarios saludables de entre 60 y 85 años de edad vivían independientemente en un hogar de retiro, realizando actividades de la vida diaria sin ayuda de movilidad, y que obtuvieron una puntuación ≥ 24 en un Mini - Examen Mental Estandarizado (SMMSE). Setenta y seis personas fueron excluidas: 21 debido a que obtuvieron un puntaje < 24 en el SMMSE y 55 debido a historia previa de derrames cerebrales, diabetes, depresión, hipertensión, osteoartritis, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, desmejoras visuales o auditivas o eran fumadores.

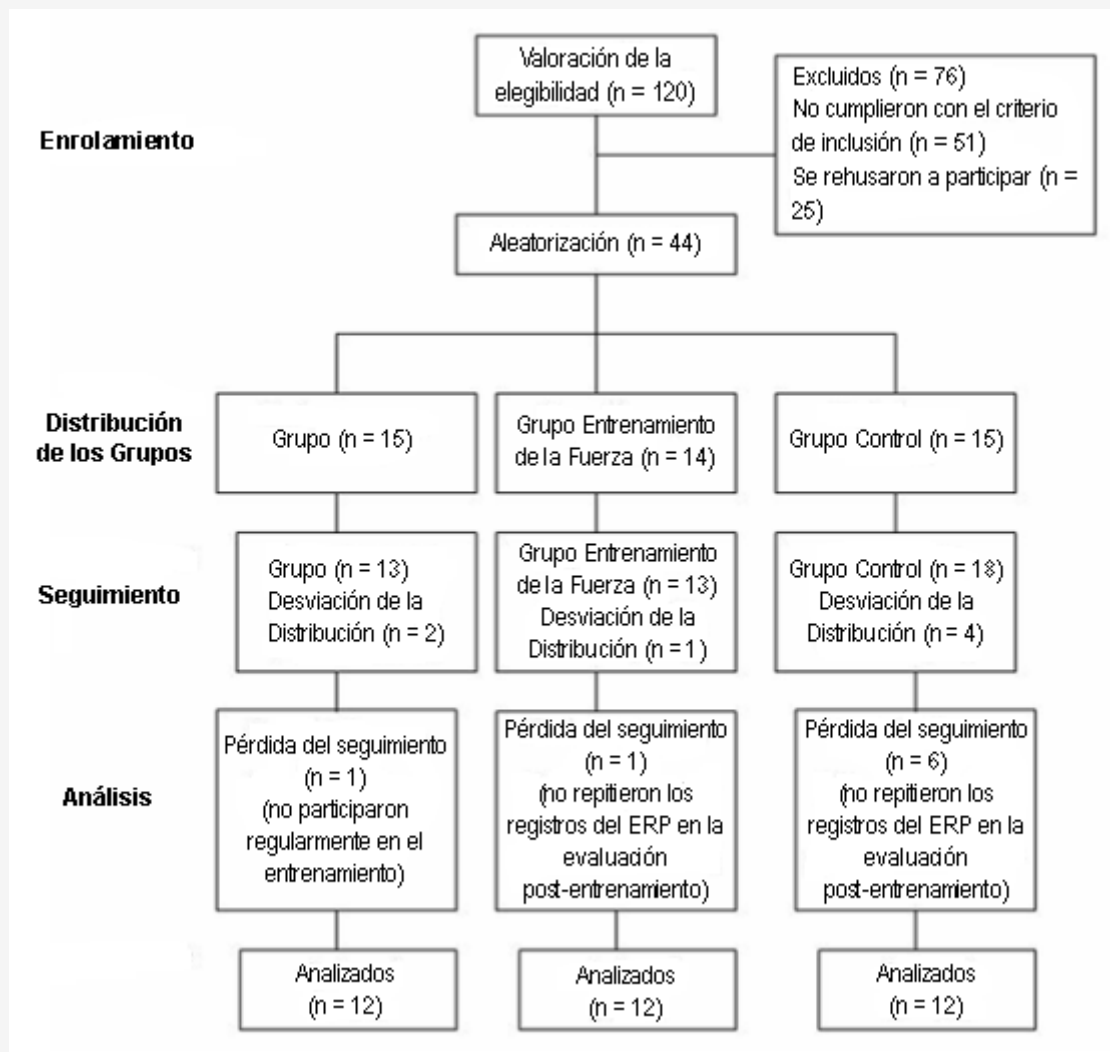


Figura 1. Procedimiento para la prueba clínica aleatoria.

Cuarenta y cuatro de los 120 individuos entrevistados inicialmente fueron incluidos en el estudio; un adicional de 25 individuos no desearon participar. Los 44 adultos (30 hombres, 14 mujeres) aceptados en el estudio fueron estratificados según su sexo y fueron aleatoriamente asignados a o al grupo control (C), o al grupo entrenamiento de la resistencia (ET), o a el grupo entrenamiento de la fuerza (ST). Dos de las mujeres en el grupo ET y una del grupo ST prefirieron ser asignadas al grupo C, dejando 10 hombres y tres mujeres en el grupo ET, 10 hombres y tres mujeres en el grupo ST y 10 hombres y ocho mujeres en el grupo C. Se les pidió a los participantes del grupo control que no participaran en ningún programa formal de ejercicios o que cambiaran su rutina de actividades físicas durante las nueve semanas que duró el período de control.

Las evaluaciones clínicas incluyeron una completa evaluación médica de prevención que cubría aspectos tales como historia de salud familiar y personal, un examen físico, un cuestionario acerca de las características demográficas y de los hábitos de salud, electrocardiografía de reposo, radiografía de pulmones, análisis químicos sanguíneos, y test hematológicos seguidos de una consulta con un cardiólogo y un neurólogo. Los participantes de mayor edad que no repitieron todas las mediciones post entrenamiento y aquellos que no participaron en tres sesiones consecutivas de entrenamiento fueron excluidos del estudio. Treinta y seis ancianos no fumadores completaron la prueba aleatoria.

La información necesaria acerca de las habilidades funcionales, afectivas y de las habilidades cognitivas fue obtenida al comienzo del estudio.

Capacidad Funcional

La habilidad funcional es un indicador de la función física y refleja el nivel de desenvolvimiento de un adulto mayor en actividades de la vida diaria, en actividades instrumentales de la vida diaria y en la movilidad (DiPietro, 1996). La habilidad

funcional fue valorada mediante una autoevaluación, utilizando la versión Turca del Cuestionario de Función Física Compuesta (CPF) (Rikli and Jones, 1998). La confiabilidad test-retest de la versión turca del cuestionario es de 0.93. La clasificación funcional se basó en la escala del CPF a las respuestas a 12 ítems en los cuales los participantes debían indicar su habilidad para realizar actividades comunes de la vida diaria en un rango que incluía actividades de cuidado personal tales como bañarse y vestirse por si mismos (actividades básicas de la vida diaria), actividades como cuidado del hogar, jardinería, caminar, y levantamiento de objetos (actividades necesarias para vivir independientemente dentro de la comunidad) hasta actividades avanzadas tales como mover objetos pesados, realizar deportes, actividades aeróbicas y danza (actividades vigorosas). El protocolo para la asignación de puntajes en el cuestionario CPF requirió que los participantes tildaran una de las siguientes tres respuestas para cada uno de los 12 ítems: “puedo hacerlo” (puntaje 0), “puedo hacerlo con cierta dificultad o con ayuda” (puntaje 1), o “no puedo hacerlo” (puntaje 2). La habilidad funcional avanzada fue definida como la capacidad de realizar los 12 ítems sin ninguna dificultad, la habilidad funcional moderada fue definida como la capacidad de realizar siete de los 12 ítems sin ninguna dificultad y la habilidad funcional baja fue definida como la capacidad para realizar seis o menos de las tareas sin ninguna dificultad o asistencia (Rikli and Jones, 2001).

Función Afectiva

La sintomatología depresiva fue valorada utilizando la Escala de Depresión Geriátrica (GDS) de 30 ítems (Yesevage et al., 1983). El GDS fue dicotomizado en depresivo o no depresivo utilizando un punto de corte estándar ≥ 11 y < 11 , respectivamente. Sin embargo, queremos señalar que estos puntos de corte no han sido completamente validados con ancianos Turcos.

SMMSE

La función cognitiva fue medida utilizando la versión turca modificada del SMMSE. La sensibilidad de la escala fue de 92%, la especificidad del 93% y la confiabilidad inter evaluador fue de 0.99 (Güngen et al., 1999)

Mediciones de las Variables

El estudio fue llevado a cabo entre marzo del 2003 y mayo del 2003. Los test para la evaluación de la aptitud física funcional y los registros del ERP fueron llevados a cabo dos semanas antes del comienzo del programa de entrenamiento y fueron repetidos en la décima semana y luego de la finalización del programa de entrenamiento. Los tests fueron administrados por los mismos observadores sin referencia a los valores iniciales. El orden de evaluación fue idéntico antes y después del entrenamiento: los registros del ERP fueron llevados a cabo en primer lugar seguido de los test para la evaluación de la aptitud física funcional. Todos los registros y evaluaciones fueron llevados a cabo entre las 08:00 y las 11:00 horas.

Procedimientos para el Registro del ERP

Los registros fueron llevados a cabo en una cámara con sonido atenuado adyacente a las computadoras, monitores de video, amplificadores y registradores. Durante las evaluaciones electrofisiológicas, los participantes se mantuvieron sentados en una silla confortable colocada a 1 metro de un monitor. Los participantes se mantuvieron sentados sin moverse y con los ojos cerrados durante el registro de los P3. Durante el procedimiento de monitoreo del ERP, se mantuvo la vigilia a un nivel constante a lo largo de todo el registro alertando a los participantes en intervalos de 2 minutos. Los participantes se familiarizaron con dos tipos diferentes de tonos y fueron instruidos para que contaran en silencio los tonos raros antes de que el P3 fuera registrado.

Registro del ERP

Se colocaron electrodos de Ag-AgCl en los sitios Fz y Cz de acuerdo con el sistema internacional 10-20 (Heinze et al., 1999), referenciados un electrodo vinculante colocado en el lóbulo de la oreja, y con un electrodo en la frente que actuaba como electrodo de tierra. Las impedancias fueron mantenidas por debajo de los 5 Ω k y fueron medidas en cada derivación al comienzo y al final de cada sesión. Los potenciales P3 fueron registrados con un sistema de medición de respuesta evocada MEB-4200K Nihon-Kohden® Neuropack® 8 EMG con un ancho de paso de 0.1-50 Hz. Los registros fueron llevados a cabo durante 1000 ms, comenzando 100 ms antes del comienzo del estímulo, con una sensibilidad de amplificación de 50 μ V/unidad. Los potenciales P3 fueron obtenidos utilizando un paradigma auditivo *oddball*. Los tonos objetivo de 2 kHz fueron presentados con una probabilidad del 20%, mientras que los tonos no objetivos de 1kHz fueron presentados binauralmente con una probabilidad del 80%, utilizando para esto audífonos con un nivel de intensidad para el sonido de 90 dB. Los tonos fueron presentados con un intervalo inter - estímulo de 2 s con tiempos de aumento - disminución de 10 ms. Los tonos raros fueron presentados aleatoriamente cuando la tarea no era presentada consecutivamente más de tres veces. Las respuestas a los objetivos y a los no objetivos fueron promediadas separadamente. Al final de cada sesión, la cuenta de cada participante era comparada con el número real de tonos objetivo, para valorar de esta manera la precisión

durante la tarea. Todos los participantes realizaron las tareas con un error < 5% en todas las pruebas.

Los picos principales y su identificación fueron llevados a cabo de acuerdo a las recomendaciones estándar de la Federación Internacional de Neurofisiología Clínica, respecto de la latencia auditiva para los potenciales relacionados a eventos y de las técnicas de análisis de los componentes (Heinze et al., 1999). Las latencias y las amplitudes de los componentes N1, P2, N2 y P3, fueron medidas a partir de los puntos obtenidos pico a pico en las curvas de N2 y P3 en los registros de los sitios Cz y Fz. Se evaluaron los potenciales P3 obtenidos a partir de los tonos objetivos. Las latencias pico de N1, P2, N2 y P3 fueron medidas utilizando ya sea los puntos en los cuales la amplitud era máxima o, en donde fuese necesario, mediante la utilización de puntos extrapolados. La amplitud de P3 fue medida como el valor absoluto entre dos puntos picos de N2 y P3 (N2P3). Los valores neurofisiológicos fueron promediados entre las posiciones Cz y Fz de los electrodos en todos los participantes.

Aptitud Física Funcional

La aptitud física funcional ha sido definida como la capacidad fisiológica para realizar de forma segura, independiente y sin un alto grado de fatiga, actividades normales de la vida diaria. Luego de una entrada en calor de 10 min, dirigida por un instructor, los participantes completaron el Test de Aptitud Física para Adultos (Rikli and Jones, 2001), el cual ha sido validado por Rikli y Jones (Rikli and Jones, 1999a). Todos los tests fueron administrados en grupos de hasta 22 participantes. Para llevar a cabo las evaluaciones grupales, todos los tests excepto la caminata de 6 min. se realizaron en "circuito" dentro de un gimnasio. Las estaciones fueron distribuidas en el siguiente orden en la periferia del gimnasio: levantarse de una silla, curl de bíceps, talla y peso, test de flexibilidad "seat and reach" realizado en una silla, rascarse la espalda, y levantarse y caminar 8 pies (2.44 m). Inmediatamente después de realizar los ejercicios de entrada en calor, los participantes fueron divididos en grupos iguales (cuatro sujetos por grupo) y enviados a una de las siete estaciones de evaluación para comenzar con los tests. Los tests fueron administrados en cada estación por un asistente voluntario, mientras que el coordinador de las evaluaciones supervisaba los procedimientos y hacía que el grupo rotara de una estación a la otra en el sentido de las agujas del reloj. El test de caminata de 6 min. fue administrado luego de que se completaron todos los otros tests.

El Test de Aptitud Física para Adultos Mayores consiste en siete diferentes evaluaciones:

1. El test de levantarse de la silla fue utilizado para valorar la fuerza del tren inferior. Luego de una breve demostración realizada por el evaluador, los participantes realizaron dos repeticiones de prueba, seguidos por la prueba de 30 s. El puntaje obtenido fue el número total de veces que el sujeto se levantaba de la silla con la técnica correcta.
2. El curl de bíceps fue utilizado para valorar la fuerza del tren superior. Luego de una breve demostración realizada por el evaluador, los participantes realizaron dos repeticiones de práctica, seguidas por la prueba de 30 s. El puntaje obtenido era igual al número de repeticiones realizadas a través de todo el rango de movimiento durante los 30 segundos.
3. La talla se midió utilizando un medidor ultrasónico (Soehnle 5001, Soehnle-Waagen GmbH, Murrhardt,) y el peso corporal fue medido utilizando un Analizador de Composición Corporal Tanita (Model TBF-300 TANITA, Tokyo, Japan); el índice de masa corporal (BMI) fue calculado como el peso en kilogramos dividido por el cuadrado de la talla en metros.
4. El test de flexibilidad "sit and reach" realizado en una silla fue utilizado para valorar la flexibilidad del tren inferior. Luego de una breve demostración realizada por el evaluador los participantes realizaron dos pruebas de práctica, seguido de dos pruebas de evaluación. El puntaje obtenido fue la mayor distancia alcanzada entre los dedos extendidos y la punta de los dedos del pie, medida con una precisión de 1.3 cm.
5. El test de rascarse la espalda fue utilizado para valorar la flexibilidad del tren superior. Luego de una breve demostración realizada por el evaluador, los participantes realizaron dos pruebas de práctica, seguidas de dos pruebas de evaluación. El puntaje obtenido era la menor distancia alcanzada entre los dedos medios de las manos extendidos, medida con una precisión de 1.3 cm.
6. El test de levantarse y andar 8 pies fue utilizado para valorar la agilidad o el equilibrio dinámico. Luego de una breve demostración los participantes realizaron una prueba de práctica seguida de dos pruebas de evaluación. El puntaje obtenido fue el menor tiempo utilizado para levantarse desde la posición de sentado, caminar 0.31 m, girar, y retornar a la posición de sentado, medido con una precisión de 0.1 s.
7. El test de caminata de 6 min fue utilizado para valorar la resistencia aeróbica. Los participantes realizaron una prueba de práctica antes del test real, con una pausa de dos días entre la prueba de práctica y la evaluación real. El puntaje obtenido fue la distancia total recorrida durante los 6 min en un curso rectangular de 45.72 m, el cual fue marcado cada 4.57 m.

Protocolo de Ejercicios

Los sujetos participaron en un programa de ejercicios de 9 semanas que incluyó tres sesiones de entrenamiento por semana. Las sesiones de entrenamiento comenzaron con una entrada en calor de 10 min y finalizaron con un período de 10 min para la vuelta a la calma, y ambos períodos incluyeron caminatas lentas seguidas de estiramientos lentos estáticos. El grupo ET realizó los entrenamientos aeróbicos en una pista de atletismo, mientras que el grupo ST realizó entrenamientos de la fuerza y el grupo C no realizó entrenamientos. Cada sesión de entrenamiento fue dirigida por instructores capacitados y todas las sesiones fueron supervisadas por los investigadores.

Entrenamiento Aeróbico

La frecuencia cardiaca de entrenamiento fue determinada utilizando el método de Karvonen (Wilmore and Costill, 1994). Los parámetros utilizados para el entrenamiento fueron la intensidad (70% de la frecuencia cardiaca de reserva) y la frecuencia (3 veces por semana). La duración de la primera sesión de entrenamiento fue de 20 minutos, y esta se incrementó en 5 min por sesión hasta que los participantes realizaron caminatas de 50 min en la semana 3. La frecuencia cardiaca de entrenamiento fue monitoreada determinando la frecuencia cardiaca en la mitad y al final de cada sesión de entrenamiento a través de un monitor de frecuencia cardiaca (Sport Tester PE 300, Helsinki, Finlandia).

Entrenamiento de la Fuerza

Los participantes realizaron una serie de 12 repeticiones en siete estaciones de ejercicio en la primera semana, y tres series en la segunda semana. Los ejercicios incluidos fueron, extensiones de cadera, flexiones de rodillas, levantamiento de piernas desde la posición de sentado, sentadillas realizadas en una silla, levantamiento de brazos, curl de bíceps y abdominales. Antes de la primera semana de entrenamiento se llevaron a cabo sesiones de familiarización con los ejercicios y sesiones para la determinación de la fuerza en una repetición máxima (1RM). La fuerza en 1RM fue determinada para cada ejercicio tal como lo sugiriera Rogers et al (2003). Luego de una instrucción formal en el uso del equipamiento para el levantamiento de pesas, los participantes realizaron cada ejercicio varias veces con una carga baja para asegurar que se realizara un apropiada entrada en calor y la apropiada familiarización con los ejercicios (los pesos fueron libremente seleccionados por los participantes, tales como mancuernas, bolsas de arena y cinturones con peso).

	Grupo Control (n=12)	Grupo Entrenamiento de la Fuerza (n=12)	Grupo Entrenamiento de la Resistencia (n=12)
Edad (años)	72.3 (2.1)	75.8 (2.8)	70.9 (3.1)
SMMSE (puntaje)	27.1 (.6)	25.6 (.7)	26.5 (.6)
Educación (años)	8.0 (1.4)	7.9 (1.6)	10.1 (1.8)
Índice de Masa Corporal (kg/m ²)	29.5 (1.3)	31.2 (2.9)	29.1 (1.4)
Función Corporal Compuesta (puntos)	18.7 (1.2)	19.8 (.9)	21.9 (.9)
Escala de Depresión Geriátrica (puntos)	10.2 (.3)	9.8 (.3)	9.9 (.3)
Flexibilidad "sit and reach" (cm)	-9.3 (6.3)	-12.0 (4.5)	-6.1 (2.8)
Rascarse la Espalda (cm)	-16.7 (5)	-14.1 (4.8)	-6.4 (3.2)
Curl de Bíceps (reps)	16.8 (8)	15.3 (1.4)	12.3 (1.0) *
Levantarse de la Silla (rep.)	12.1 (9)	11.5 (1.0)	12 (.6)
8 ft levantarse y andar (s)	8.6 (9)	7.0 (.6)	6.2 (.5)
Caminata de 6 min (m)	338.2 (31.5)	359.0 (35.6)	430.5 (15.6)

Tabla 1. Características iniciales de los sujetos del estudio. Los datos son presentados como valores medios (\pm error estándar) * $p < 0.05$ en comparación con el grupo control determinado mediante ANOVA. Abreviaturas: SMMSE=Mini-Examen Mental Estandarizado, rep.=número de repeticiones.

Los pesos con los cuales se comenzó el entrenamiento estaban en el rango de 0.5 a 1.5 kg y los incrementos en el peso estuvieron en el rango de 0.5 - 7 kg, dependiendo del ejercicio, hasta que el sujeto fuera capaz de levantar el peso adicional con una técnica aceptable a pesar de la estimulación verbal. El fallo fue definido como la inhabilidad del sujeto para levantar el peso a lo largo de todo el rango de movimiento en al menos dos intentos espaciados por un período de 45-60 segundos. Los levantamientos fueron descontados si el participante realizaba un impulso o cambiaba la posición del cuerpo de una manera no relacionada directamente con el movimiento del peso durante el ejercicio para minimizar la

fatiga resultante de la repetición, cada test comenzó con un peso próximo al máximo estimado, y la fuerza en 1RM fue identificada con cuatro o a seis repeticiones. Se permitieron dos minutos de pausa entre las pruebas para evitar la instalación prematura de la fatiga. El orden en el cual se realizaron las pruebas para la determinación de la fuerza en 1RM fue: extensiones de cadera, abdominales, curl de bíceps, flexiones de rodilla, levantamiento de piernas en la posición de sentado, levantamiento de brazos, sentadillas en una silla. El peso de entrenamiento comenzó al 60% de 1RM y se ajustó progresivamente en un 5% cada dos semanas hasta que los sujetos pudieran levantar una carga igual al 80% de 1RM.

Análisis Estadísticos

Los datos están expresados como valores medios±EEM. Los datos fueron analizados utilizando el programa SPSS (SPSS V.10.0). Un valor $p < 0.05$ fue considerado significativo. Para cada sujeto se calcularon los cambios absolutos (post intervención - pre intervención) en los valores del Test de Aptitud Física para Adultos Mayores, y en las latencias y amplitudes de los registros del ERP. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) para comparar las características iniciales de los grupos, los valores de los tests de aptitud física funcional, y los valores de los registros del ERP, y para comparar los cambios entre la pre intervención y la post intervención. Cuando el análisis ANOVA era significativo, se utilizaba la prueba post hoc de Tukey para ubicar las diferencias significativas. Se utilizó la prueba t para datos apareados para comparar los valores medios pre-intervención y post-intervención de los registros del ERP en cada grupo.

RESULTADOS

El objetivo principal de este estudio fue comparar los efectos de diferentes tipos de entrenamiento (entrenamiento de la fuerza y entrenamiento de la resistencia de moderada intensidad) sobre el rendimiento cognitivo en participantes ancianos. Los grupos no difirieron significativamente respecto de la edad ($p = 0.443$), función cognitiva ($p = 0.289$), educación ($p = 0.553$), BMI ($p = 0.725$), CPF ($p = 0.101$) o GSD ($p = 0.541$). Se observaron diferencias significativas entre los grupos en los valores iniciales para el test de curl de bíceps [$F(2,33) = 4.596, p = 0.021$] (Tabla 1 y Tabla 2). Las comparaciones post hoc de los valores obtenidos en el test de curl de bíceps revelaron mayores valores para el grupo C en comparación con el grupo ET ($p = 0.017$), mientras que no se hallaron diferencias entre los grupos C y ST ($p = 0.578$) ni tampoco entre los grupos ET y ST ($p = 0.154$). No se hallaron diferencias significativas entre los grupos en los valores iniciales de los tests de flexibilidad "sit and reach" ($p = 0.713$), de rascarse la espalda ($p = 0.256$), levantarse de la silla ($p = 0.873$), levantarse y andar 8 pies ($p = 0.069$), y el test de caminata de 6 minutos ($p = 0.087$). Los grupos tampoco difirieron significativamente respecto de los valores iniciales de latencia en los componentes N1 ($p = 0.992$), P2 ($p = 0.097$), N2 ($p = 0.771$), y P3 ($p = 0.555$) en el sitio Fz, ni en los valores de latencia de los componentes N1 ($p = 0.836$), P2 ($p = 0.053$), N2 ($p = 0.174$), y P3 ($p = 0.912$) en el sitio Cz (Tabla 3). Tampoco se hallaron diferencias significativas entre los grupos respecto de las amplitudes de los componentes N1P2 ($p = 0.301$), P2N2 ($p = 0.442$), and N2P3 ($p = 0.577$) en el sitio Fz, ni en los componentes N1P2 ($p = 0.525$), P2N2 ($p = 0.058$), y N2P3 ($p = 0.156$) en el sitio Cz (Tabla 4). Todos los participantes fueron clasificados como que tenían una habilidad funcional moderada. No se observaron accidentes o complicaciones médicas relacionadas directamente con el entrenamiento.

	Grupo Control (n=12)	Grupo Entrenamiento de la Fuerza (n=12)	Grupo Entrenamiento de la Resistencia (n=12)
Índice de masa corporal (kg/m^3),	0.1(0.6)	-0.1 (0.3)	-0.2 (0.1)
Flexibilidad "sit and reach" (cm)	-2.0 (2.2)	8.3 (2.8) *	6.9 (1.4) †
Rascarse la espalda (cm)	-1.1 (0.5)	6.4 (2.2) *	5.1 (0.5) †
Curl de Bíceps (rep.)	-2.9 (0.6)	2.1 (.7) *	2.5 (0.5) †
Levantarse de la silla (reps)	-4 (0.6)	2.5 (.3) *	1.9 (0.4) †
Levantarse y andar 8 pies (s)	0.4 (0.2)	-0.4 (0.4)	-1.2 (0.4) †
Caminata de 6 minutos (m)	1.7 (9.8)	64.5 (24.2) *	56.4 (12.8)

Tabla 2. Cambios absolutos (post-intervención - pre-intervención) en los valores del test de aptitud física funcional. Los datos son presentados como valores medios (\pm error estándar). * diferencia entre los grupos ST y C ($p < 0.05$) determinado por ANOVA, † diferencia entre los grupos ET y C ($p < 0.05$) determinado por ANOVA. Abreviaturas: rep.=número de repeticiones

Cambios Absolutos en el Test de Aptitud Física para Adultos Mayores (post-intervención - pre-intervención)

Los cambios absolutos en el test de aptitud física para adultos mayores se presentan en la Tabla 2. El entrenamiento resultó en diferencias significativas entre los grupos respecto de los tests de flexibilidad "sit and reach" reach [F(2,33)=6.663, p=0.005]; de rascarse la espalda [F(2,33)=9.819, p=0.001]; de curl de bíceps [F(2,33)=27.854, p<0.001]; levantarse de la silla [F(2,33)=10.583, p=0.001]; levantarse y andar 8 pies [F(2,33)=5.740, p=0.010]; y en el test de caminata de 6 minutos [F(2,33)=4.561, p=0.022]. No se hallaron diferencias significativas entre los grupos respecto del BMI [F(2,33)=0.082, p=0.922]. Los análisis post hoc mostraron que no hubieron diferencias significativas entre los grupos ET y ST en los tests de flexibilidad "sit and reach" (p=0.899), de rascarse la espalda (p=0.765), de curl de bíceps (p=0.896), de levantarse de la silla (p=0.650), levantarse y andar 8 pies (p=0.310), y el test de caminata de 6 minutos (p=0.937). En el grupo ET, el entrenamiento produjo una mejora significativa en el rendimiento durante los tests de flexibilidad "sit and reach" (p = 0.023), de rascarse la espalda (p=0.007), curl de bíceps (p < 0.001), levantarse de la silla (p=0.007), y levantarse y andar 8 pies (p = 0.007). Similarmente, en el grupo ST, el entrenamiento produjo una mejora en los tests de flexibilidad "sit and reach" (p=0.008), de rascarse la espalda (p=0.001), curl de bíceps (p<0.001), levantarse de la silla (p=0.001), y en el test de caminata de 6 minutos (p=0.030). El rendimiento en el test de levantarse y andar 8 pies no fue diferentes entre los grupos ST y C (p=0.182) y el rendimiento en el test de caminata de 6 minutos no fue diferente entre los grupos ET y C (p=0.063). El grupo C no mostró cambios significativos en ninguna variable.

Evaluación Inerclase de las Latencias del ERP

Las latencias de los componentes del ERP para todos los grupos se presentan en la Tabla 3. La latencia del componente N1 en los sitios Fz y Cz se redujo significativamente en el grupo ST (p = 0.016 y p = 0.005 respectivamente) y en el grupo ET (p = 0.03 y p = 0.003 respectivamente). Las latencias de los componentes P2, N2 y P3 en los sitios Fz y Cz no cambiaron significativamente en los grupos ET y ST (p>0.05). En el grupo C, las latencias medias de los componentes N1, P2, N2 y P3 no cambiaron significativamente ni en el sitio Fz ni en el sitio Cz (p>0.05)

Grupos		Fz				Cz			
		N1	P2	N2	P3	N1	P2	N2	P3
Control	Inicial	122.0 (7.0)	193.0 (10.4)	269.3 (18.8)	382.9 (10.4)	122.0 (7.0)	196.2 (13.8)	265.3 (12.6)	394.0 (12.5)
	Final	115.0 (7.4)	202.9 (13.0)	255.6 (9.9)	392.0 (16.4)	119.0 (4.8)	200.2 (12.3)	259.8 (10.0)	392.1 (19.9)
Entrenamiento de la Fuerza	Inicial	123.3 (8.7)	207.9 (3.3)	261.8 (9.6)	401.9 (16.5)	128.6 (14.6)	207.4 (17.5)	271.2 (15.2)	391.7 (19.9)
	Final	99.7 (5.0) *	182.6 (4.0)	269.4 (15.6)	395.6 (11.2)	102.9 (3.3) *	180.0 (4.2)	268.4 (14.0)	404.7 (13.4)
Entrenamiento de la Resistencia	Inicial	122.9 (6.0)	182.4 (10.5)	255.7 (9.1)	374.9 (11.9)	120.9 (7.1)	173.3 (7.4)	250.6 (9.7)	389.8 (16.9)
	Final	94.7 (4.7) *	190.5 (9.6)	244.6 (17.3)	379.7 (20.0)	100.9 (4.7) *	179.3 (10.4)	254.9 (16.8)	378.3 (7.9)

Tabla 3. Latencia (ms) de los componentes del ERP en los grupos estudiados. Los datos son presentados como valores medios (\pm error estándar). * Significativamente diferente (p<0.05) del valor inicial determinado a través de la prueba t para datos apareados.

Grupos		Fz			Cz		
		N1P2	P2N2	N2P3	N1P2	P2N2	N2P3
Control	Inicial	12.1 (0.8)	5.9 (0.7)	10.7 (1.1)	12.1 (1.0)	7.9 (1.7)	11.1 (0.9)
	Final	11.3 (0.9)	6.2 (0.6)	11.4 (0.7)	14.0 (1.5)	8.0 (0.7)	11.8 (1.0)
Entrenamiento de la fuerza	Inicial	10.5 (1.3)	6.7 (1.1)	9.3 (0.9)	10.7 (2.0)	8.1 (1.0)	12.3 (1.2)
	Final	17.9 (2.7)*	10.4 (1.7)*	14.1 (1.6)*	19.8 (3.2)*	9.7 (1.0)	15.1 (2.0)
Entrenamiento de la resistencia	Inicial	11.2 (1.4)	7.4 (0.6)	9.7 (0.7)	9.9 (0.9)	8.5 (1.8)	11.6 (1.1)
	Final	12.2 (1.5)	6.2 (0.4)	13.7 (2.0)	12.4 (1.8)	7.1 (0.8)	12.6 (2.1)

Tabla 4. Valores de la amplitud (μV) de los componentes del ERP en los grupos estudiados. Los datos son presentados como valores medios (\pm error estándar). * Significativamente diferente ($p < 0.05$) del valor inicial determinado mediante la prueba t para datos apareados.

Cambios Absolutos en las Latencias del ERP (post intervención - pre intervención)

Los cambios absolutos en las latencias de los componentes del ERP se muestran en la Tabla 5. Los grupos difirieron significativamente en las latencias los componentes N1 [F (2, 33)=3.335, $p=0.041$], P2 [F(2,33)=8.111, $p=0.004$], y N2 [F (2, 33)=9.260, $p=0.002$], en el sitio Fz. También se hallaron diferencias significativas entre los grupos respecto de las latencias de los componentes P2 [F (2, 33)= 9.756, $p=0.001$] y N2 [F (2, 33)=9.787, $p=0.001$] del sitio Cz. No se hallaron diferencias significativas entre los grupos respecto de la latencia del componente P3 [F (2, 33)=0.020, $p=0.981$] en el sitio Fz. Tampoco se observaron diferencias significativas respecto de la latencia de los componentes P3 [F (2, 33)=1.145, $p=0.112$] y N1 [F (2, 33)=2.582, $p=0.0091$] en el sitio Cz. Los análisis post hoc revelaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ST y ET respecto de las latencias de los componentes P2 ($p=0.032$) y N2 ($p=0.011$) en el sitio Fz, y respecto de las latencias de los componentes P2 ($p=0.007$) y N2 ($p=0.002$) en el sitio Cz. No se observaron diferencias significativas entre los grupos ST y ET respecto de la latencia del componente N1 ($p=0.292$) en el sitio Fz. En el grupo ST y en comparación con el grupo C, el entrenamiento produjo una mejora significativa en las latencias de los componentes N2 y P2 en el sitio Fz ($p=0.013$ y $p=0.003$, respectivamente) y en el sitio Cz ($p=0.027$ and $p=0.034$, respectivamente). La latencia del componente N1 del sitio Fz fue más corta en el grupo ST en comparación con el grupo C ($p=0.022$). Los grupos ET y C difirieron significativamente en las latencias del componente N2 en el sitio Fz ($p=0.013$) y en el sitio Cz ($p=0.027$), y en la latencia del componente P2 en el sitio Fz ($p=0.003$). Los grupos no difirieron significativamente en las latencias del componente N1 en el sitio Fz ($p=0.061$) ni en la latencia del componente P2 en el sitio Cz ($p=0.066$).

Evaluación Inerclase de las Amplitudes del ERP

Las amplitudes de los componentes del ERP para todos los grupos se muestran en la Tabla 4. En el grupo ST, las amplitudes pico a pico N1P2 ($p < 0.001$), P2N2 ($p=0.027$), N2P3 ($p=0.020$) en el sitio Fz y N1P2 ($p=0.012$) en el sitio Cz, fueron significativamente mayores durante la evaluación post intervención y en comparación con la evaluación inicial, mientras que no se observaron diferencias en las amplitudes pico a pico P2N2 y N2 P3 en el sitio Cz ($p > 0.05$).

En el grupo ET, las amplitudes pico a pico de los componentes N1P2 y N2P3 tanto en el sitio Fz como en el sitio Cz no fueron significativamente menores durante la evaluación post intervención respecto de la evaluación inicial ($p > 0.05$). Las amplitudes pico a pico de todos los componentes en ambos sitios no cambiaron significativamente en el grupo C ($p > 0.05$).

Grupos	Fz				Cz			
	N1	P2	N2	P3	N1	P2	N2	P3
Control	-6.8 (10.1)†	52.8 (12.7)†‡	88.7 (18.2)†‡	9.1 (19.1)	11.1 (8.8)	23.6 (1.0)†	93.9 (14.5)†‡	11.0 (19.6)
Entrenamiento de la fuerza	-23.5 (5.0)	-23.8 (6.6)*	-11.1 (13.5)*	-1.6 (22.4)	-25.6 (16.3)	-27.4 (16.6)*	-19.7 (25.7)*	-37.0 (29.9)
Entrenamiento de la resistencia	-25.9 (3.5)	5.9 (22.2)	-7.6 (18.2)	4.8 (26.9)	-20.0 (9.1)	6.1 (16.1)	21.2 (17.1)	7.0 (2.0)

Tabla 5. Cambios absolutos (post intervención - pre intervención) en las latencias de los componentes del ERP. Los datos son presentados como valores medios (\pm error estándar). * Diferencia entre los grupos ET y ST ($p < 0.05$) determinado mediante el análisis ANOVA. † Diferencias entre los grupos ST y C ($p < 0.05$) determinado mediante el análisis ANOVA. ‡ Diferencias entre los grupos ET y C ($p < 0.05$) determinado mediante el análisis ANOVA.

Grupos	Fz			Cz		
	N1P2	P2N2	N2P3	N1P2	P2N2	N2P3
Control	2.3 (2.4) †	.4 (8) †	.4 (1.4) †	2.8 (1.5) †	.6 (1.6) .1	(1.6) †
Entrenamiento de la fuerza	8.3 (2.7) *	3.7 (1.9) *	4.8 (1.4) *	9.1 (4.0) *	1.6 (2.4)	2.8 (2.7) *
Entrenamiento de la resistencia	-1 (1.6)	-1.3 (6)	3.7 (2.4)	2.2 (2.1)	-1.6 (1.1)	.4 (2.3)

Tabla 6. Cambios absolutos (post intervención - pre intervención) en las amplitudes de los componentes del ERP. Los datos son presentados como valores medios (\pm error estándar). * diferencia entre los grupos ET y ST ($p < 0.05$) determinado mediante el análisis ANOVA. † Diferencias entre los grupos ST y C ($p < 0.05$) determinado por el análisis ANOVA.

Cambios Absolutos en las Amplitudes del ERP (post intervención - pre intervención)

Los cambios absolutos en las amplitudes de los componentes del ERP se presentan en la Tabla 6. Los grupos difirieron significativamente en las amplitudes de los componentes N1P2 [F (2, 33)=8.601, $p=0.005$], P2N2 [F (2, 33)=3.979, $p=0.013$], y N2P3 [F (2, 33)=6.497, $p=0.021$] en el sitio Fz. También se observaron diferencias significativas en las amplitudes de los componentes N1P2 [F (2, 33)=9.240, $p=0.003$] y N2P3 [F (2, 33)=4.572, $p=0.010$] en el sitio Cz. No se observaron diferencias significativas en las amplitudes del componente P2N2 [F (2, 33)=0.743, $p=0.494$] en el sitio Cz. En el sitio Fz, los cambios absolutos en las amplitudes de los componentes N1P2 ($p=0.002$), P2N2 ($p=0.038$), y N2P3 ($p=0.044$) fueron mayores en el grupo ST respecto del grupo ET. En el sitio Cz, los cambios absolutos en las amplitudes de los componentes N1P2 ($p=0.007$) y N2P3 ($p=0.024$) fueron mayores en el grupo ST que en el grupo ET. En el sitio Fz, los cambios absolutos en las amplitudes de los componentes N1P2 ($p=0.011$), P2N2 ($p=0.041$), y N2P3 ($p=0.004$) fueron mayores en el grupo ST que en el grupo C. En el sitio Cz, los cambios absolutos en las amplitudes de los componentes N1P2 ($p=0.003$) y N2P3 ($p=0.010$) fueron mayores en el grupo ST que en el grupo C. Los grupos ET y C no difirieron significativamente respecto de las amplitudes de los componentes ($p=0.206$), P2N2 ($p=0.368$), y N2P3 ($p=0.879$) en el sitio Fz, ni en las amplitudes de los componentes N1P2 ($p=0.638$) y N2P3 ($p=0.057$) en el sitio Cz.

DISCUSION

El propósito de este estudio fue determinar si dos tipos de entrenamiento podrían mejorar el rendimiento cognitivo o tener diferentes efectos sobre el procesamiento cognitivo en personas ancianas. Los test de aptitud física funcional mostraron mejoras significativas luego del entrenamiento en los dos grupos que entrenaron, sugiriendo que los programas de entrenamiento fueron suficientes para provocar una mejora en la aptitud física funcional de los participantes.

Test de Aptitud Física para Adultos Mayores

Los cambios absolutos en el rendimiento en los test de aptitud física funcional no fueron diferentes entre los dos grupos de entrenamiento. El rendimiento en ambos grupos de entrenamiento se incrementó significativamente en los test de

flexibilidad “*sit and reach*”, de rascarse la espalda, de curl de bíceps y de levantarse de la silla en comparación con el grupo control. El cambio absoluto en el rendimiento durante el test de caminata de 6 minutos fue mayor en el grupo ST que en el grupo C, y el cambio absoluto en el test de levantarse y andar 8 pies fue mayor en el grupo ET que en el grupo C.

Una alta proporción de los participantes en todos los grupos tuvieron un rendimiento por debajo del promedio para poblaciones de estas edades y de estos sexos, en estos test de aptitud física funcional (Rikli and Jones, 1999b). En el grupo ET, el 50% de los sujetos estuvo por debajo de la norma respecto de los test de curl de bíceps y de levantarse y andar 8 pies, el 58% estuvo por debajo de la norma para los tests de levantarse de la silla y de flexibilidad “*sit and reach*”, 33% estuvo por debajo de la norma en el test de rascarse la espalda, y un 75% estuvo por debajo de la norma en el test de caminata de 6 minutos. En el grupo ST, el 42% de los sujetos estuvo por debajo de la norma respecto del test de curl de bíceps, un 67% estuvo por debajo de la norma en los tests de levantarse de la silla y de levantarse y andar 8 pies, un 75% estuvo por debajo de la norma en el test de rascarse la espalda, y un 83% estuvo por debajo de la norma en el test de caminata de 6 minutos. En el grupo C, un 33% de los sujetos estuvo por debajo de la norma en el test de curl de bíceps, un 58% estuvo por debajo de la norma en el test de levantarse de la silla, un 92% estuvo por debajo de la norma en el test de levantarse y andar 8 pies, un 83% estuvo por debajo de la norma en el test de rascarse la espalda, un 67% estuvo por debajo de la norma en el test de flexibilidad “*sit and reach*”, y el 100% de los sujetos estuvieron por debajo de la norma en el test de caminata de 6 minutos. El bajo rendimiento en todos estos tests sugiere que estos participantes tenían una pobre aptitud física, por lo que las diferencias respecto de las normas publicadas probablemente resulten de la pobre aptitud física de los participantes.

Aunque los participantes en los dos grupos de entrenamiento se ejercitaron de manera controlada y fueron supervisados, las mejoras en los test de aptitud física funcional fueron pequeñas, especialmente aquellas respecto de los tests de levantarse de la silla y de curl de bíceps. Las mejoras en los tests de curl de bíceps y de levantarse de la silla en el grupo ST fueron mucho menores de lo que se esperaba para un entrenamiento de nueve semanas de duración. Sorprendentemente, el grupo ST mejoró ligeramente más su rendimiento en el test de curl de bíceps respecto del grupo ST. Aunque las edades no difirieron significativamente entre los grupos, la inspección visual de los datos sugiere que los sujetos del grupo ST eran mayores que los sujetos del grupo ET: 42% de los participantes del grupo ST tenían 75 años de edad. En un estudio previo nosotros no hallamos diferencias significativas en las respuestas al entrenamiento entre sujetos adultos y adultos mayores (Toraman and Şahin, 2004), aunque en otro estudio se ha reportado que los adultos con más de 75 años de edad tienen una menor tasa de restauración de las diversas funciones en comparación con participantes de entre 65-74 años de edad (Beland and Zunzunegui, 1999).

El protocolo de entrenamiento de la fuerza fue ajustado para incrementar la resistencia en un 5% cada dos semanas e incluyó una sesión de familiarización en la semana previa al comienzo del entrenamiento. Otra posible razón para el pequeño incremento observado en la fuerza de los brazos en los sujetos del grupo ST es que las sesiones de familiarización realizadas antes de que comience el estudio pudieron haber provocado adaptaciones neuromotoras debidas al aprendizaje de la técnica. Los factores neurales afectan la máxima producción de fuerza de un músculo determinando cuales y cuantas unidades motoras generarán fuerza durante una contracción muscular y la tasa a la cual se dispararán dichas unidades motoras. La mayor parte de las mejoras en la fuerza durante la primeras semanas de entrenamiento son atribuibles a las adaptaciones neurales, a medida que el cerebro aprende como generar más fuerza a partir de una cantidad dada de tejido contráctil (Harman, 2000). También es posible que una pobre flexibilidad de los músculos y las articulaciones de las extremidades superiores e inferiores puedan haber limitado la extensión de la mejora en los tests de curl de bíceps y de levantarse de la silla en el grupo ST. Sin embargo, no es claro como el entrenamiento de la fuerza afecta las ganancias de fuerza en las personas ancianas con un rango de movimiento limitado. Aunque nosotros no hallamos diferencias significativas entre los grupos ST y ET, el rendimiento en el test de curl de bíceps fue mayor inicialmente en el grupo ST que en el grupo ET. Al grupo ET se le enseñó la técnica apropiada de caminata, es decir, mantener los codos firmemente flexionados en un ángulo de 90 grados, y balancear los brazos desde el hombro de manera que las manos finalicen su movimiento hacia delante al nivel del esternón, y su movimiento hacia atrás con el brazo casi paralelo al suelo. Aunque el ejercicio aeróbico comúnmente tiene poco efecto sobre la fuerza muscular, esto pudo haber provocado un incremento mayor en el ejercicio de curl de bíceps en el grupo ET.

Latencias de los Componentes del ERP

Existe evidencia de que el ejercicio aeróbico produce sus efectos sobre el componente P3 a través del incremento en la excitación. El ejercicio ayuda a reducir el pico de latencia (Polich and Lardon, 1997). Yagi et al (1999) examinaron los componentes visuales y auditivos de P3 y los tiempos de reacción en jóvenes voluntarios antes y después de la realización de ejercicios en un ciclo ergómetro. Estos investigadores hallaron que la facilitación de los tiempos de reacción y la latencia de P3 durante el ejercicio estaba acompañada por una reducida precisión en las tareas auditivas de *oddball*. Bulut et al. (2003) reportaron que el ejercicio agudo y el ejercicio regular acorta la latencia de los potenciales sensorialmente evocados.

Nosotros utilizamos las mediciones del ERP para investigar los efectos de dos modos de entrenamiento sobre el procesamiento cognitivo en personas ancianas. Luego de nueve semanas de entrenamiento, los participantes en los grupos ET y ST tuvieron latencias tempranas en el componente N1, pero no se observaron cambios en las latencias de los componentes P2, N2 y P3. Sin embargo, las reducciones absolutas en las latencias de los componentes P2 y N2 en los sitios Fz y Cz fueron mayores en el grupo ST que en el grupo C. Los cambios en las latencias de los componentes P2 y N2 en el sitio Fz y del componente N2 en el sitio Cz fueron mayores en el grupo ET que en el grupo C. entre los factores fisiológicos involucrados en las variaciones del ERP, poca atención se ha puesto en la influencia del tipo de ejercicio. Los componentes P1, N1 y P2 del ERP se atribuyen al procesamiento sensorial temprano (Emmerson-Hanover et al., 1994; Kayser et al., 2003; Pekkonen et al., 2005; Yagi et al., 1999; Yordanova et al., 2004). El rol del ejercicio sobre los componentes selectivos VEP y BAEP ha sido estudiado extensivamente en sujetos jóvenes y ancianos (Delpont et al., 1991; Dustman et al., 1990) y en estudios con animales (Ozkaya et al., 2003). Se han reportado latencias más breves en los componentes VEP y BAEP y menores tiempos de reacción en individuos con buena aptitud física en comparación con sujetos sedentarios (Chodzko-Zajko and Moore, 1994; Dustman et al., 1993; McDowell et al., 2003). En el presente estudio, los registros de los componentes del ERP se realizaron mientras los participantes estaban en reposo. Chmura et al (1994) hallaron que los tiempos de reacción visual y auditivo eran precedidos por incrementos en las concentraciones plasmáticas de norepinefrina y epinefrina cuando los sujetos estaban realizando ejercicios.

Amplitud de los Componentes del ERP

Aunque se sabe que el ejercicio contribuye a incrementar la amplitud del componente P300 (), McDowell et al (2003) reportaron que los análisis de la amplitud que llevaron a cabo no revelaron ningún efecto relacionado con la historia de actividad física.

Las amplitudes de los componentes del ERP se correspondieron con los valores de latencia de los componentes del ERP, excepto la latencia del componente P3 y la amplitud del componente N2P3 en el grupo ST. En el grupo ST, las amplitudes de los componentes N1P2, P2N2, y N2P3 en el sitio Fz, y del componente N1P2 en el sitio Cz se incrementaron, mientras que estos componentes no cambiaron luego del entrenamiento en los grupos ET y C. Los cambios absolutos en las amplitudes de los componentes N1P2, P2N2, y N2P3 en el sitio Fz, y del componente N1P2 en el sitio Cz fueron mayores en el grupo ST en comparación con los grupos ET y C. Estos datos sugieren que los participantes del grupo ST tuvieron latencias menores del ERP y valores superiores de amplitud para el componente N1P2 en ambos sitios. Las mayor amplitud del componente N2P3 en ambos sitios en el grupo ST y en comparación con los grupos ET y C sugiere que el entrenamiento de la fuerza podría provocar mejoras en las funciones cognitivas. Aunque se observaron mayores amplitudes en el grupo ET en comparación con el grupo C, estas diferencias no alcanzaron significancia estadística. Para nuestro conocimiento, ningún estudio ha investigado los efectos de diferentes tipos de ejercicio sobre las funciones cognitivas evaluadas por medio de los registros del ERP.

Las distribuciones de los componentes tempranos del ERP, P1, N1 y P2 fueron evidentemente específicos de la modalidad, y dentro de cada modalidad, estos componentes tempranos fueron casi idénticos respecto de los nuevos y los viejos ítems. Estas observaciones son consistentes con las observaciones de otros estudios que utilizaron estímulos visuales (Wolpaw and Penry, 1975) y auditivos (Kayser et al., 1999). Nosotros presumimos que este patrón refleja la activación de diferentes generadores neurales asociados con un nivel bajo y temprano de análisis de los estímulos auditivos y visuales (Kayser et al., 2003). Las mayores amplitudes de los componentes P1 y N1 pueden reflejar una incrementada atención hacia los estímulos externos (Hillyard and Anllo-Vento, 1998). También es posible que, cuando un sujeto anciano realiza una tarea sensomotora más compleja, las respuestas motoras necesitan ser guiadas por, o ejecutadas con una fuerte referencia a, el estímulo externo, de manera que se presta más atención a estos estímulos para apoyar la excitación de movimiento. Si esto es así, nuestros datos sugieren que el entrenamiento de la fuerza puede ser una tarea sensomotora más compleja que el entrenamiento de la resistencia.

En un reciente estudio, Yordanova et al (2004) hallaron que, en sujetos de avanzada edad, se produce una desregulación funcional de la excitabilidad de la corteza motora durante el procesamiento sensomotor. En contraste, varios mecanismos colinérgicos (Pekkonen et al., 2005) y no colinérgicos (Raudino et al., 1997; Tandon and Majahan, 1999) son relevantes para mediar los mecanismos sinápticos involucrados en el procesamiento sensorial temprano y en la función cognitiva. Debido al diseño de nuestro estudio, es difícil identificar cuales son los mecanismos sinápticos mediante los que el ejercicio afecta la corteza sensomotora. Sin embargo, nuestros resultados sugieren que el entrenamiento de la fuerza facilita el procesamiento de la información.

Las tasas de disparo de las unidades motoras se incrementan como resultado del entrenamiento de la fuerza en adultos mayores (Roth et al., 2000). En sujetos ancianos, el entrenamiento de la fuerza induce adaptaciones de origen neurogénico, las cuales contribuyen a las mejoras en la fuerza muscular, aunque las adaptaciones neurales específicas que resultan del entrenamiento de la fuerza son, con frecuencia, difíciles de determinar. Para nuestro conocimiento, ningún estudio ha investigado los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el SNC.

Una gran cantidad de datos muestran que el ejercicio está asociado con la mejora del rendimiento cognitivo en individuos ancianos (Dustman et al., 1990; Polich and Lardon, 1997). Se han sugerido dos mecanismos básicos para explicar el efecto de la aptitud física aeróbica sobre los procesos cognitivos: la hipótesis de la circulación cerebral y la hipótesis de la estimulación neurotrófica, las cuales predicen un efecto beneficioso de la actividad neuromuscular sobre los centros cerebrales superiores; pudiendo ambos mecanismos contribuir simultáneamente (Dustman et al., 1993; Yagi et al., 1999). Nuestros datos muestran latencias menores del componente N1 tanto en el grupo ST y ET, lo cual es consistente con estos mecanismos.

Sin embargo, nosotros no hallamos ningún efecto facilitante del entrenamiento de la resistencia de moderada intensidad, el cual incrementó la capacidad oxidativa en el grupo ET, sobre los componentes selectivos del ERP. Una posible explicación es la mayor capacidad aeróbica medida en el test de caminata de 6 minutos en el grupo ST. La duración del entrenamiento de la resistencia pudo haber sido inadecuada como para que el ligero cambio en la capacidad oxidativa haya contribuido a mejorar el rendimiento cognitivo.

Es interesante que solo pequeños incrementos en la aptitud física funcional hayan afectado el rendimiento cognitivo. Para nuestro conocimiento, ningún estudio ha investigado la relación entre la proporción de incremento en la aptitud física y la proporción de incremento en las funciones cognitivas. Es probable que la simple participación en actividades grupales, las cuales requieren el compartimiento y el seguimiento de las órdenes del instructor, haya contribuido a la mejora de las funciones cognitivas, a pesar de los pequeños incrementos en la aptitud física funcional. Chodzko-Zajko y Moore (1994) concluyeron que la relación entre la aptitud física y la cognición es altamente dependiente de la tarea realizada. Los efectos de la aptitud física son más probables de ser observados con tareas que requieren de un procesamiento cognitivo rápido o que requieren de un gran esfuerzo y menos probables de ser observados con tareas de procesamiento automático (Chodzko-Zajko and Moore, 1994).

Conclusiones

En conclusión, aunque no se observaron diferencias en los tests de aptitud física funcional entre los grupos ST y ET, nuestros resultados sugieren que el entrenamiento de la fuerza pudo haber tenido efectos facilitadores sobre el procesamiento temprano de la información y sobre la cognición. El mecanismo por el cual se produjeron los cambios en el ERP inducidos por el entrenamiento de la fuerza aun no se conoce. Luego del entrenamiento de la fuerza, se pueden producir cambios neurobiológicos, tales como cambios en el flujo sanguíneo cerebral, en la función neurotransmisora, o el incremento en la complejidad celular, en diferentes regiones del cerebro y contribuir a la integridad del CNS. Son necesarias más investigaciones para determinar como los diferentes regímenes de ejercicio contribuyen a los cambios discretos en el funcionamiento del CNS y como dichos cambios afectan el componente P3 del ERP. Estos hallazgos preliminares esperan ser replicados utilizando muestras con mayor número de sujetos, lo cual puede proporcionar una fuerza motivacional más positiva para estimular la realización de programas multidimensionales de ejercicio que incluyan entrenamientos de tipo aeróbico, de la fuerza y de la flexibilidad para ancianos.

Puntos Clave

- El entrenamiento de la fuerza puede tener efectos facilitantes sobre el procesamiento temprano de la información y sobre la cognición en personas ancianas.
- Es interesante que solo pequeños incrementos en la aptitud física funcional afecten el rendimiento cognitivo
- Se necesitan más investigaciones para determinar como los diferentes regímenes de ejercicio contribuyen a los discretos cambios en el funcionamiento del CNS y como dichos cambios afectan el componente P3 del ERP.

Agradecimientos

Este estudio fue respaldado por un subsidio otorgado por la Fundación para la Investigación de la Universidad de Akdeniz (número 2005.01.0122.001) y por el Centro de Investigación y Aplicación de la Investigación en Ciencias del Deporte. Los autores quisieran agradecer a Ihat Ayceman, Gulas Sahin, y a Burak Aglamis por su liderazgo motivacional en las evaluaciones y en el entrenamiento de nuestros dedicados participantes.

Dirección para el envío de correspondencia

Füsün N. Toraman School of Physical Education and Sports, Akdeniz University, 07058, Antalya, Turquía.

REFERENCIAS

1. ACSM, American College of Sports Medicine (1995). Guidelines for exercise testing and prescription. *5th edition. Williams & Wilkins, Baltimore*
2. Beck, E.C. and Dustman, R.E (1975). Changes in evoked responses during maturation and aging in man and macaque. In: *Behavior and Brain Electrical Activity. Eds: Burch, N. and Altshuler, H.L. New York: Plenum Press, 431-472*
3. Beland, F. and Zunzunegui, M.V (1999). Predictors of functional status in older people living at home. *Age Ageing 28, 153-159*
4. Brandon, L.J., Boyette, L.W., Gaasch, D.A. and Lloyd, A (2000). Effects of lower extremity strength training on functional mobility in older adults. *Journal of Physical Activity and Aging 8, 214-227*
5. Bulut, S., Ozmerdivenli, R. and Bayer, H (2003). Effects of exercise on somatosensory-evoked potentials. *International Journal of Neuroscience 113, 315-322*
6. Chmura, J., Mazar, K. and Kaciuba-Uscilko, H (1994). Choice reaction time during graded exercise in relation to blood lactate and plasma catecholamine thresholds. *International Journal of Sports Medicine 15, 172-176*
7. Chodzko-Zajko, W.J. and Moore, K.A (1994). Physical fitness and cognitive functioning in aging. *Exercise and Sport Sciences Reviews. Ed: Holloszy, J.O. Baltimore: Williams & Wilkins. 95-220*
8. Delpont, E., Dolisi, C., Suisse, G., Bodino, G. and Gastaud, M (1991). Visual evoked potentials: Differences related to physical activity. *International Journal of Sports Medicine 12, 293-298*
9. Dice, J.F (1993). Cellular and molecular mechanisms of aging. *Physiological Reviews 73, 149-159*
10. DiPietro, L (1996). The epidemiology of physical activity and physical function in older people. *Medicine and Science in Sports and Exercise 28, 596-600*
11. Dustman, R.E., Shearer, D.E. and Emmerson, R.Y (1993). EEG and event-related potentials in normal aging. *Progress in Neurobiology 41, 369-400*
12. Dustman, R.E., Emmerson, R.Y., Ruhling, R.O., Shearer, D.E., Steinhaus, L.A., Johnson, S.C., Bonekat, H.W. and Shigeoka, J.W (1990). Age and fitness effects on EEG, ERPs, visual sensitivity, and cognition. *Neurobiology of Aging 11, 193-200*
13. Dustman, R.E., Ruhling, R.O., Russell, E.M., Shearer, D.E., Bonekat, H.W., Shigeoka, J.W., Wood, J.S. and Bradford, D.C (1984). Aerobic exercise training and improved neurophysiological function of older individuals. *Neurobiology of Aging 5, 35-42*
14. Emmerson-Hanover, R., Shearer, D.E., Creel, D.J. and Dustman, R.E (1994). Pattern reversal evoked potentials: gender differences and age-related changes in amplitude and latency. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 92, 93-101*
15. Evans, W.J. and Cyr-Campbell, D (1997). Nutrition, exercise, and healthy aging. *Journal of the American Dietetic Association 97, 632-638*
16. Feigenbaum, M.S. and Pollock, M.L (1999). Prescription of resistance training for health and disease. *Medicine and Science in Sports and Exercise 31, 38-45*
17. Harman, E (2000). The biomechanics of resistance exercise. In: *Essentials of Strength Training and Conditioning. Eds: Baechle, T.R. and Earle, R.W. Champaign, IL.: Human Kinetics. 25-56*
18. Hass, C.J., Feigenbaum, M.S. and Franklin, B.A (2001). Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Medicine 31, 953-964*
19. Hatta, A., Nishihira, Y., Kim, S.R., Kaneda, T., Kida, T., Kamijo, K., Sasahara, M. and Haga, S (2005). Effects of habitual moderate exercise on response processing and cognitive processing in older adults. *Japanese Journal of Physiology 55, 29-36*
20. Hillyard, S.A. and Anllo-Vento, L (1998). Event related brain potentials in the study of visual selective attention. *Proceedings of the National Academy of Science USA 95, 781-787*
21. Kasch, F.W., Boyer, J.L., Schmidt, P.K., Wells, R.H., Wallace, J.P., Verity, L.S. Guy, H. and Schneider, D (1999). Ageing of the cardiovascular system during 33 years of aerobic exercise. *Age Ageing 28, 531-536*
22. Kayser, J., Bruder, G.E., Friedman, D., Tenke, C.E., Amador, X.F., Clark, S.C., Malaspina, D. and Gorman, J.M (1999). Brain event-related potentials (ERPs) in schizophrenia during a work recognition memory task. *International Journal of Psychophysiology 34, 249-265*
23. Kayser, J., Fong, R., Tenke, C.E. and Bruder, G.E (2003). Event-related brain potentials during auditory and visual word-recognition memory tasks. *Cognitive Brain Research 16, 11-25*
24. McDowell, K., Kerick, S.E., Santa Maria, D.L. and Hatfield, B.D (2003). Aging, physical activity, and cognitive processing: an examination of P300. *Neurobiology of Aging 24, 597-606*
25. Ozgocmen, T., Ozgocmen, S., Yoldas, T., Kamanli, A., Yildizhan, H., Yigiter, R. and Ardicoglu, O (2003). Auditory P300 event related potentials and serotonin reuptake inhibitor treatment in patients with fibromyalgia. *Annals of the Rheumatic Diseases 62, 551-555*
26. Ozkaya, Y.G., Agar, A., Hacioglu, G., Yargicoglu, P., Abidin, I. and Senturk, U.K (2003). Training-induced alterations are not related to body temperature. *International Journal of Sports Medicine 24, 359-362*
27. Pekkonen, E., Jaaskelainen, I.P., Kaakkola, S. and Ahveninen, J (2005). Cholinergic modulation of preattentive auditory processing in aging. *Neuroimage 23 (in press)*
28. Picton, T.W., Stapells, D.R., Perrault, N., Baribeau-Braun, J. and Stuss, D.T (1984). Human event-related potentials: Current perspectives. In: *Evoked potentials II, Eds: Nodar, R.H. and Barber, C*
29. Polich, J. and Lardon, M.T (1997). P300 and long-term physical exercise. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology 103, 493-498*
30. Raudino, F., Garavaglia, P., Beretta, S. and Pellegrini, G (1997). Auditory event-related potentials in Parkinson's disease. *Electromyography and Clinical Neurophysiology 37, 409-413*
31. Regan, D (1972). Evoked potentials in psychology and clinical medicine. *Chapman and Hall, London*
32. Rikli, R.E. and Jones, C.J (1998). The reliability and validity of a 6-minute walk test as a measure of physical endurance in older

- adults. *Journal of Aging and Physical Activity* 6, 363-375
33. Rikli, R.E. and Jones, C.J (1999). Developmental and validation of a functional fitness test for community residing older adults. *Journal of Physical Activity and Aging* 7, 129-161
 34. Rikli, R.E. and Jones, C.J (1999). Functional fitness normative scores for community-residing older adults, aged 60-94. *Journal of Physical Activity and Aging* 7, 162-181
 35. Rikli, R.E. and Jones, C.J (2001). Senior fitness test manual. *Human Kinetics, Champaign, IL*
 36. Rogers, M.E., Rogers, N.L., Takeshima, N. and Islam, M.M (2003). Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Preventive Medicine* 36, 255-264
 37. Roth, S.M., Ferrell, R.E. and Hurley, B.F (2000). Strength training for the prevention and treatment of sarcopenia. *The Journal of Nutrition, Health and Aging* 4, 143-155
 38. Tandon, O.P. and Majahan, A.S (1999). Averaged evoked potentials: event-related potentials [ERPs] and their applications. *Indian Journal of Physiology and Pharmacology* 43, 425-434
 39. Toraman, F. and Ahin, G (2004). Age responses to multicomponent training programme in older adults. *Disability and Rehabilitation* 26, 448-454
 40. Van Boxtel, M.P., Paas, F.G., Houx, P.J., Adam, J.J., Teeken, J.C. and Jolles, J (1997). Aerobic capacity and cognitive performance in a cross-sectional study. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29, 1357-1365
 41. Wilmore, J.H. and Costill, D.L (1994). Physiology of sport and exercise. *Human Kinetics, Champaign, IL*
 42. Wolpaw, J.R. and Penry, J.K (1975). A temporal component of the auditory evoked response. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 39, 609-620
 43. Yagi, Y., Coburn, K.L., Estes, K.M. and Arruda, J.E (1999). Effects of aerobic exercise and gender on visual and auditory P300, reaction time, and accuracy. *European Journal of Applied Physiology* 80, 402-408
 44. Yamaguchi, S. and Knight, R.T (1991). Age effects on the P300 to novel somatosensory stimuli. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology* 78, 297-301
 45. Yesevage, J.A., Brink, T.L., Rose, T.L., Lum, O., Huang, V., Adey, M. and Leirer, O (1983). Development and validation of a geriatric depression screening scale: a preliminary report. *Journal of Psychiatric Research* 17, 37-49
 46. Yordanova, J., Kolev, V., Hohnsbein, J. and Falkenstein, M (2004). Sensorimotor slowing with ageing is mediated by a functional dysregulation of motorgeneration processes: Evidence from highresolution event-related potentials. *Brain* 127, 351-362
 47. Yu, B.P (1994). Cellular defenses against damage from reactive oxygen species. *Physiological Reviews* 74, 139-162

Cita Original

Gül Y. Özkaya, Hülya Aydın, Füsün N. Toraman, Ferah Kızılay, Özgür Özdemir and Vedat Cetinkaya. Effect of Strength and Endurance Training on Cognition in Older People. *Journal of Sports Science and Medicine*, 4, 300-313, 2005.