



ORIGINAL/SECCIÓN CIENCIAS SOCIALES Y DEL COMPORTAMIENTO

Asociación entre la realización de ejercicio e indicadores de funcionamiento físico y cognitivo. Comparativa de resultados en función de la edad

María Dolores López^{a,*}, María Dolores Zamarrón^b y Rocío Fernández-Ballesteros^b

^a Área de Ciencias de la Salud, Centro Superior de Estudios Universitarios La Salle, Madrid, España

^b Departamento de Psicología Biológica y de la Salud, Facultad de Psicología, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 3 de octubre de 2009

Aceptado el 10 de junio de 2010

On-line el 17 de septiembre de 2010

Palabras clave:

Ejercicio físico

Funcionamiento físico

Funcionamiento cognitivo

R E S U M E N

Introducción: La investigación gerontológica muestra el importante peso que tiene el ejercicio físico en la génesis del envejecimiento activo. Este estudio aporta datos empíricos sobre la relación entre la intensidad en la práctica de ejercicio físico de tipo aeróbico e indicadores de funcionamiento físico (fuerza muscular, capacidad respiratoria y velocidad motora) y cognitivo (memoria y velocidad visoperceptiva). También evalúa si esta relación se modula en función de la edad cronológica.

Material y métodos: Se parte de una muestra de 690 sujetos con un rango de edad entre 30 y 85 años. El nivel de ejercicio físico fue evaluado mediante autoinforme. Para la evaluación del funcionamiento cognitivo se utilizaron las subescalas «Memoria de dígitos en orden inverso» y «Dígitos símbolo» del test de medida de la inteligencia para adultos de Wechsler. El funcionamiento físico se evaluó a través de mediciones bioconductuales (fuerza, amplitud pulmonar y rapidez). Para contrastar el efecto conjunto del ejercicio y la edad sobre las dos variables de funcionamiento (físico y cognitivo) se llevaron a cabo sendos análisis de varianza factorial (procedimiento–modelo lineal general: univariante).

Resultados: Los resultados más significativos muestran que la puntuación en funcionamiento cognitivo está en función de la intensidad en la realización de ejercicio ($F=4,8$; $p<0,002$). Con respecto al funcionamiento físico, es significativa también su relación con el ejercicio ($F=4,10$; $p<0,007$), así como la interacción entre el ejercicio y la edad ($F=2,2$; $p<0,001$).

Conclusiones: La intensidad en la realización de ejercicio aeróbico está asociada tanto al funcionamiento físico como cognitivo. La edad tiene un peso específico en la relación entre el ejercicio y el funcionamiento físico, y esta influencia es más clara en los rangos de mayor edad (65–74 y 75–85 años con respecto a 30–49 y 50–64 años). Estos datos sugieren el efecto compensador del ejercicio sobre el declive, evidenciado, de forma más clara, en las edades superiores de la muestra.

© 2009 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Relationship between exercising and physical and cognitive function indicators. Comparison of results with age

A B S T R A C T

Background: Gerontology research shows the importance of physical exercise for active aging. This study demonstrates the relationship between the practice of aerobic exercise, and physical fitness (muscle strength, respiratory capacity and motor speed) and cognitive performance (memory and visual-perceptual speed) and analyzes whether age is a modulating factor of this relationship.

Material and methods: The sample included 690 subjects with an age range of 30–85 years. The level of physical exercise was assessed using self-report form. Two sub-scales were used for the evaluation of cognitive performance: Digit Span Backwards and Digit Symbol (both are sub-scales of the Wechsler Adult Intelligence Scale - WAIS). The physical fitness was assessed using bio-behavioral measurements (strength, lung capacity, speed). To test the combined effect of exercise and age on the two variables (physical fitness and cognitive performance) two separate factorial analysis of variance were performed (procedure - general linear model: Univariate).

Keywords:

Physical exercise

Physical fitness

Cognitive performance

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: llopezbravo@lasallecampus.es (M.D. María Dolores López).

Result: The most significant result showed that scores on cognitive performance is a function of the intensity of the physical activity ($F=4.8$; $P<0.002$). With regard to physical fitness, its relationship with physical exercise is also significant ($F=4.10$; $P<0.007$) as well as the interaction between exercise and age ($F=2.2$; $P<0.001$).

Conclusions: The intensity in achieving aerobic exercise is associated with physical fitness and cognitive performance. Age has a specific weight in the association between exercise and physical fitness, this effect is higher in the older age groups (65–74 and 75–85 years for 30–49 and 50–64 years). These data suggest the compensatory effect of exercise on decline in old age.

© 2009 SEGG. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Todos los estudios transversales y longitudinales concluyen que el control de la dieta, la realización de ejercicio físico, no fumar y el consumo de alcohol moderado tienen un efecto positivo sobre la salud. Estos hábitos son considerados los más importantes durante todo el ciclo vital y específicamente durante la vejez^{1,2}. Centrándonos de forma concreta en el ejercicio físico, son muchas las investigaciones que documentan sus beneficios basándose en indicadores de funcionamiento físico, cognitivo, ajuste emocional y social (para una revisión ver Fernández-Ballesteros³).

Por ejemplo, la investigación EXCELSA (European Longitudinal Study of Aging)⁴, sobre la que se basa este estudio, mostró el efecto de los hábitos saludables (ejercicio físico, ingesta de alcohol y tabaquismo) sobre la variable competencia física y cognitiva. Esta relación se obtuvo a través de un modelo de ecuaciones estructurales LISREL en el que valoró el efecto de las variables edad, nivel socioeconómico, salud objetiva y percibida, relaciones sociales y hábitos sobre la variable competencia. Los hábitos (entre los que se encuentra el ejercicio físico) predijeron el 18% de la varianza.

En una segunda oleada de análisis de la investigación EXCELSA, en la que se incluyen los resultados del presente estudio, se pretende profundizar sobre asociaciones entre variables específicas. En concreto, los objetivos de este estudio son valorar si realizar ejercicio físico está asociado, por una parte, al funcionamiento cognitivo en función de la edad y, por otra, si está asociado al funcionamiento físico en función también de esta variable edad. Se espera encontrar un efecto de interacción múltiple entre la edad y el nivel de ejercicio físico (operativizada en 4 niveles: bajo, ligero, moderado y alto), según la cual a mayor edad mayor interacción entre el ejercicio físico y el funcionamiento cognitivo y, también, entre el ejercicio físico y el funcionamiento físico.

Son muchas las investigaciones que muestran cómo el ejercicio, fundamentalmente de tipo aeróbico, se vincula con indicadores de funcionamiento físico y cognitivo. Asimismo, se esgrimen argumentaciones acerca de los mecanismos explicativos que están detrás de tales beneficios y también se encuentran indicios que muestran cómo dichos beneficios podrían ser más relevantes en función de la edad cronológica. Esta introducción muestra ejemplos representativos de estos hallazgos.

La investigación evidencia los efectos del ejercicio físico sobre indicadores de funcionamiento, competencia, salud o forma física desde dos perspectivas.

- 1) La primera, referida a valorar los efectos negativos de su carencia sobre indicadores de mortalidad^{2,5} o con el riesgo de padecer diverso tipo de patología (trastornos cardiovasculares, diabetes, osteoporosis, entre otras).
- 2) La segunda muestra los efectos positivos del ejercicio físico en los diversos componentes de la forma física (fuerza, capacidad cardiovascular, equilibrio, flexibilidad y tiempo de reacción entre los aspectos más relevantes).

Con respecto a la primera perspectiva de estudio, la investigación epidemiológica^{3,6} muestra que tales beneficios son relativos

a la disminución del riesgo cardiovascular (reducción de accidentes cardiovasculares y cerebrovasculares), del riesgo de obesidad, diabetes mellitus e intolerancia a hidratos de carbono, artritis, osteoporosis, y también ayuda a prevenir determinados tipos de cáncer (de colon y de mama). En términos generales, el ejercicio disminuye la discapacidad⁷ y factores de riesgo como la alta tensión arterial⁸.

La segunda perspectiva de estudios se centra en los efectos del ejercicio sobre la forma física. Esta se entiende como el compendio de todas las cualidades físicas que una persona requiere para la práctica de ejercicio, como son la función locomotriz, cardiorrespiratoria, hematocirculatoria, psiconeurológica y endocrinometabólica⁹. Son muchas las investigaciones que muestran cómo el ejercicio mejora el funcionamiento cardiovascular¹⁰⁻¹³, la fuerza muscular¹⁰ o la velocidad de procesamiento de la información¹⁴, entre otros aspectos.

Centrándonos en los estudios que vinculan la práctica de ejercicio físico y el funcionamiento cognitivo, estos también han sido valorados desde varios enfoques: 1) una tradición de estudios que muestra el efecto protector del ejercicio físico ante la demencia^{2,15-20}; 2) una segunda línea de investigación que evidencia el efecto positivo del ejercicio sobre el volumen cerebral²¹, y 3) una tercera trayectoria de investigación que muestra el efecto positivo del ejercicio físico sobre el rendimiento de tareas cognitivas^{22,23}.

Profundizando en los dos últimos tipos de estudios, Colcombe et al²¹ examinaron cómo el entrenamiento en ejercicio aeróbico podría incrementar el volumen cerebral en regiones relacionadas con funciones cognitivas que declinan con la edad. Esto sugiere la importante base biológica que cumple el ejercicio aeróbico en el mantenimiento y aumento del funcionamiento cerebral en personas mayores.

En el metaanálisis llevado a cabo por Colcombe y Kramer²² sobre dieciocho estudios de intervención publicados entre 1966 y 2001 examinaron la hipótesis del efecto del entrenamiento aeróbico sobre el funcionamiento cognitivo operativizado; este último, a través de «función ejecutiva», «función visoespacial» y «velocidad de procesamiento». Este metaanálisis muestra diversidad de condiciones: 1) comparativa por grupos de edades (55–65/66–70/más de 70 años); 2) tipos de entrenamiento (cardiovascular y cardiovascular combinado con otros); 3) duración de los programas (1–3 meses/4–6 meses/más de 6 meses), y 4) duración de las sesiones (15–30 min/30–45 min/45–60 min). Los resultados confirman, de forma clara, el efecto del entrenamiento cardiovascular sobre el rendimiento cognitivo. Enfatizan el efecto más significativo de los programas de más de 4 meses y de las sesiones de una duración de más de 30 min.

Ballesteros²³ muestra que la realización continuada de ejercicio físico de tipo aeróbico mejora la función ejecutiva y la velocidad de procesamiento de la información. Este resultado se halló comparando estos indicadores de funcionamiento cognitivo entre personas mayores sanas que llevaban a cabo una práctica de ejercicio regular y personas mayores sanas que no llevaban a cabo este tipo de práctica regularmente. Se encontraron resultados significativamente más altos en los integrantes del primer grupo.

Los factores explicativos de los beneficios que en el plano cognitivo se observan con la práctica de ejercicio físico aluden a cambios cerebrales. Se establece, de este modo, que el ejercicio físico de tipo aeróbico favorece el transporte y la utilización de oxígeno en el cerebro, aumenta el metabolismo de la glucosa a nivel celular y permite una más adecuada provisión y utilización de energía en el sistema nervioso central. Esta mejor renovación de neurotransmisores y transporte de oxígeno y nutrientes serían los factores que favorecen un mejor funcionamiento cognitivo^{24,25}.

La investigación, por tanto, muestra el efecto beneficioso de la práctica del ejercicio físico (sobre todo de tipo aeróbico) sobre aspectos referidos al funcionamiento físico (forma física) y también sobre habilidades cognitivas, fundamentalmente aquellas más afectadas por el declive asociado al proceso de envejecimiento. Se plantea, pues, la pregunta de sobre si los efectos beneficiosos de la actividad física son mayores a medida que aumenta la edad cronológica, tal y como algunos estudios sugieren (ver por ejemplo, Aldwin et al²⁶). El mecanismo explicativo de este efecto se concretaría en una compensación aumentada de ejercicio sobre el declive físico a medida que la edad aumenta.

Cotman y Berchtold²⁷ sugieren que la práctica sistemática y continuada de ejercicio físico mejora la salud y la plasticidad cerebral a lo largo del ciclo vital, pero especialmente en la vejez. En el estudio de Ballesteros²³ antes mencionado las puntuaciones significativamente más altas en habilidades cognitivas (especialmente la función ejecutiva y la velocidad de procesamiento de la información) que muestran los sujetos mayores que llevan a cabo una práctica de ejercicio regular (con respecto a los sujetos jóvenes que llevan una práctica análoga) son también aquellas funciones que experimentan más declive debido al proceso de envejecimiento. Esto permite suponer que el ejercicio físico continuo y sistemático reduce el declive propio de la edad.

Se requiere más investigación para conocer cómo la edad modula los beneficios del ejercicio físico y si la actividad física puede compensar el declive físico y cognitivo asociado a la edad.

Método

Muestra

Este estudio, como se ha expuesto más arriba, se desarrolla sobre la base de datos del estudio europeo sobre envejecimiento EXCELSA⁴. Este estudio transversal profundiza sobre la contribución de aspectos bioconductuales y psicosociales en las diferencias de salud y competencia en distintos grupos de edad.

La muestra está compuesta por 690 sujetos provenientes de 7 países europeos: Alemania, Austria, España, Finlandia, Italia, Polonia y Portugal. Para la selección de esta se utilizó el método de cuotas por edad (30-49 años, n=175; 50-64 años, n=175; 65-74 años, n=169; 75-85 años, n=171) sexo (344 mujeres y 346 hombres), educación (elemental, n=387; superior, n=303) y contexto donde vive (capital o ciudad grande, n=281; ciudad pequeña o pueblo, n=409).

En la (tabla 1) se detallan las medias y desviaciones típicas por grupo de edad.

Tabla 1
Medias y desviaciones típicas por rangos de edad

| Rango de edad | Media | Desviación típica |
|---------------|-------|-------------------|
| 30-49 años | 39,14 | 5,77 |
| 50-64 años | 56,12 | 4,03 |
| 65-74 años | 68,87 | 3,01 |
| 75-85 años | 78,88 | 3,46 |

Procedimiento e instrumentos

El protocolo de evaluación *European Survey Assessment Protocol* utilizado en el estudio EXCELSA fue diseñado por un grupo de expertos²⁸⁻³². Su desarrollo inicial fue en lengua inglesa a partir de grupos de trabajo. Posteriormente, y antes de iniciar el estudio, se tradujo a las lenguas de los países participantes³¹.

Las variables que componen el protocolo *European Survey Assessment Protocol* son relativas a diversidad de dominios: relaciones sociales, capacidad cognitiva, bienestar subjetivo, personalidad, percepción de control, estado de salud y salud percibida, estilos de vida, medidas antropométricas, medidas bioconductuales y variables sociodemográficas. A su vez, los criterios para la selección de los instrumentos que componen el protocolo de evaluación fueron relevancia del constructo evaluado, sensibilidad a la edad, fiabilidad y validez del instrumento seleccionado, predictores de morbimortalidad, estar adaptado a algunas lenguas europeas, ser fácil de administrar y eficiente (en términos de coste-beneficio) y también tomando como referencia a conocidos estudios sobre envejecimiento³³⁻³⁷. El proceso de validación de los instrumentos incluyó análisis de fiabilidad (a través del índice de consistencia alpha de Cronbach y la correlación de medidas test-retest) y de validez externa (mediante análisis factorial exploratorio y confirmatorio)³⁰.

En el presente estudio se utilizaron las siguientes variables: ejercicio físico y edad (como variables independientes), funcionamiento cognitivo, funcionamiento físico (como variables dependientes) y nivel socioeconómico: educación y renta (como covariables).

Los instrumentos de medida para las mencionadas variables fueron los siguientes:

- **Nivel de ejercicio físico (variable incluida en la sección «estilos de vida» del protocolo).** El nivel de ejercicio físico fue evaluado mediante un autoinforme que cuantificaba este a través de opciones de respuestas¹ que graduaban la actividad aeróbica desarrollada por el sujeto en su vida cotidiana.

Los 6 niveles de ejercicio previos fueron recodificados en 4 niveles: 1) bajo (sumatorio de las opciones 1+2) y 2) ligero (opción 3)/moderado (opción 4)/alto (sumatorios opciones 5+6). Todo ello justificado por el bajo porcentaje de sujetos representados en los dos primeros y últimos niveles de ejercicio físico. De este modo se pudo operar con muestras más amplias para cada opción. La (tabla 2) muestra la distribución de frecuencias de la variable original y de la variable recodificada.

Este autoinforme se utilizó tomando como referencia otros estudios europeos^{35,36}. Su interés radica en que permite cuantificar la realización del ejercicio físico cotidiano de forma concreta, sencilla y rápida; criterios, estos, fundamentales dada la naturaleza de estudio global del envejecimiento que perseguía la investigación EXCELSA⁴.

- **Edad.** El criterio de edad era previo a la realización de la entrevista (en función del método por cuotas para la selección de la muestra ya especificado con anterioridad).

Los cuatro grupos de edad son: 30-49 años; 50-64 años; 65-74 años, y 75-85 años.

^a a) Apenas actividad física; 2) actividad ligera: generalmente sentado, algunas veces paseo o trabajo sedentario que no requiera esfuerzo; 3) ejercicio físico ligero entre 2 y 4 h, como paseos, pesca, baile; 4) ejercicio moderado 1 o 2 h a la semana, como correr, nadar, gimnasia, etc.; 5) ejercicio fuerte: al menos 3h a la semana, como tenis, nadar, correr, etc., y 6) ejercicio muy fuerte del tipo tenis, nadar, correr varias veces a la semana.

Tabla 2
Niveles de ejercicio o actividad física

| Variable original | Frecuencia | Porcentaje | Variable recodificada | Frecuencia | Porcentaje |
|-----------------------------------|------------|------------|-----------------------------|------------|------------|
| Apenas actividad física | 44 | 6,4 | Nivel de actividad baja | 163 | 23,6 |
| Actividad ligera ^a | 119 | 17,2 | | | |
| Ejercicio ligero ^b | 246 | 35,7 | Nivel de actividad ligera | 246 | 35,7 |
| Ejercicio moderado ^c | 201 | 29,1 | Nivel de actividad moderada | 201 | 29,1 |
| Ejercicio fuerte ^d | 54 | 7,8 | Nivel de actividad alta | 80 | 11,6 |
| Ejercicio muy fuerte ^e | 26 | 3,8 | | | |
| Total | 690 | 100,0 | Total | 690 | 100,0 |

^a Generalmente sentado, algunas veces paseo o trabajo sedentario que no requiera esfuerzo.

^b Ejercicio físico ligero entre 2 y 4 h, como paseos, pesca, baile.

^c Ejercicio moderado 1 o 2 h a la semana, como correr, nadar, gimnasia, etc.

^d Ejercicio moderado al menos 3 h a la semana, como tenis, nadar, correr, etc.

^e Ejercicio duro o muy duro regularmente y varias veces a la semana.

• *Funcionamiento cognitivo*

Para evaluar esta variable se han utilizado las subescalas del test de medida de la inteligencia para adultos de Wechsler³⁸, memoria de dígitos (dígitos en orden inverso) y dígito símbolo.

- 1) Dígitos en orden inverso forma parte de la «escala verbal». Este subtest completo consiste en la presentación de dígitos que tienen que repetirse en orden directo e inverso. Para este estudio sólo se administró la segunda parte relativa a la presentación de 2 a 8 dígitos que tienen que ser repetidos en orden inverso. Este subtest evalúa directamente memoria auditiva e indirectamente capacidad de atención y resistencia a la distracción.
- 2) Dígitos símbolo o clave de números forma parte de la escala manipulativa. Este subtest consta de la presentación de una clave en la que hay 9 símbolos emparejados con 9 dígitos (números). Se le presenta al sujeto una serie de números, del 1 al 9, presentados de forma aleatoria y el sujeto debe anotar el símbolo que corresponde a cada número a lo largo de 90 s. Con esta prueba se evalúa la capacidad de aprendizaje, la memoria asociativa y la destreza visomotora.

Ambos subtest de la escala de medida de inteligencia de Wechsler³⁸ presentan datos muy consistentes de fiabilidad y validez, al mismo tiempo que se ha contrastado que las puntuaciones de ambas son muy sensibles a los efectos de la edad³⁹ y, por lo tanto, resultan adecuados para contrastar tanto los efectos de la edad como las supuestas influencias del ejercicio físico.

En este estudio se ha utilizado el sumatorio entre ambas variables (denominado «funcionamiento cognitivo»). El sumatorio se ha llevado a cabo a partir de las puntuaciones típicas con el objeto de homogeneizar el rango de puntuaciones obtenidas en cada una de las subescalas. Mediante esta variable se obtuvo un rango de puntuaciones que osciló entre -4,05 y 5,45.

• *Funcionamiento físico (incluidas como medidas bioconductuales en el protocolo)*

Esta variable se ha obtenido mediante los indicadores de fuerza muscular, capacidad respiratoria y velocidad de golpeteo (velocidad motora).

- 1) Fuerza muscular (fuerza de agarre): su medida se obtuvo mediante un dinamómetro electrónico que consta de un dispositivo de fuerza manual. El mecanismo incluye un asa de metal ajustable a cada mano. El asa se conecta con un amplificador de fuerza que está en la misma caja incluyendo un dispositivo digital que indica el nivel de fuerza.

A partir de este instrumento se obtuvieron dos mediciones para la mano derecha y dos mediciones para la mano izquierda. La puntuación con la que se ha operado para el análisis de los datos es la media más alta de entre las dos medidas de cada mano.

- 2) Capacidad respiratoria: la medida se ha obtenido mediante un espirómetro (Mini Peak Flow Meter, distribuido por productos Body Care®). Puntuación máxima: 10 l/mm.

Con el instrumento se obtuvieron tres puntuaciones. La puntuación con la que se ha operado en el análisis de datos es la más alta de las tres.

- 3) Velocidad motora: la medida se ha obtenido mediante el Tapping Test (TP/EXCELSA-UAM), dispositivo diseñado en el Laboratorio de Microelectrónica de la Universidad Autónoma de Madrid para tal efecto. Este test requiere pulsar con el dedo índice un botón, siendo una medida de velocidad motora simple. El aparato incluye una caja de plástico con un sensor electrónico (pulsador), una pantalla y un interruptor de encendido. El instrumento incluye tres tiempos preseleccionados: 5 s/10 s y sin tiempo. Para el estudio se utilizó el tiempo de 5 s. La prueba completa incluye un ensayo y tres pruebas de ejecución por cada mano. Para el análisis de los datos se utilizó la mejor puntuación obtenida a partir de la mano dominante.

Para el estudio se ha utilizado un sumatorio de las tres variables (denominado «funcionamiento físico»). Este sumatorio, al igual que para la variable funcionamiento cognitivo, se ha obtenido a partir de las puntuaciones típicas con el objeto de homogeneizar el rango de puntuaciones obtenidas en cada una de las subescalas. Mediante esta variable se ha manejado un rango de puntuaciones que osciló entre -7,01 y 6,82.

- *Nivel socioeconómico.* Ha sido definido mediante ingresos y educación.

Para ello, se aislaron las siguientes variables, con los siguientes criterios de clasificación.

- *Ingresos*

Se utilizó el nivel de ingresos netos del entrevistado y de la familia. Las respuestas obtenidas se llevaron a cabo en función de la siguiente clasificación por rangos de sueldo mensual: hasta 300 euros, 300-450 euros, 450-600 euros, 600-900 euros, 900-1.200 euros, 1.200-1.650 euros, 1.650-2.100 euros, 2.100-3.000 euros, más de 3.000 euros.

- *Educación*

Se utilizó el indicador de años de educación del entrevistado: número total de años de educación informada.

Análisis estadísticos

Para contrastar si la intensidad de realización de ejercicio físico se asocia al nivel de funcionamiento cognitivo y a la edad se llevó a cabo un análisis de varianza factorial (procedimiento-modelo lineal general: univariante) con la variable dependiente «funcionamiento cognitivo» y las variables edad y nivel de actividad física como variables independientes. Al mismo tiempo se introdujeron las variables educación y nivel de ingresos (en sus modalidades «ingresos entrevistado» e «ingresos

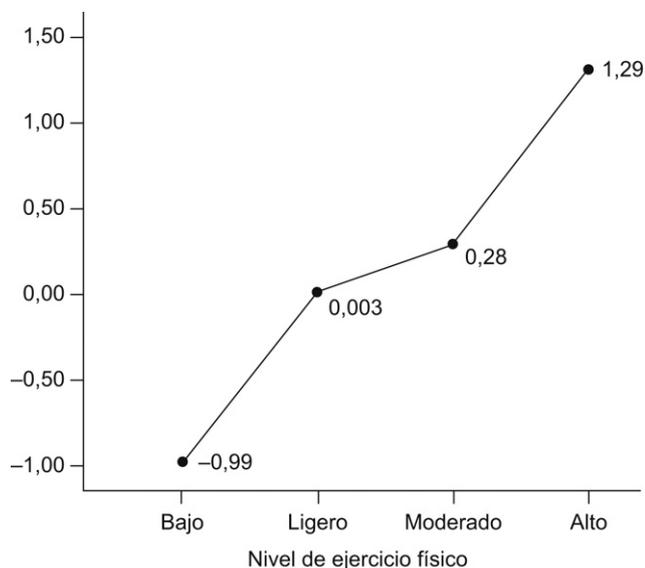


Figura 1. Media del funcionamiento cognitivo en función de la intensidad de ejercicio físico.

familiares») como covariables debido a la correlación entre estos indicadores con el resto de las variables del estudio. También se controló el efecto de la variable «funcionamiento físico».

Con el objeto de contrastar si la intensidad de realización de ejercicio físico se asocia al nivel de funcionamiento físico y a la edad se replicó el mismo tipo de análisis de varianza para la variable dependiente «funcionamiento físico»^b.

Resultados

Los resultados muestran que las medias en funcionamiento cognitivo oscilan en función de la edad ($F=15,20$; $p<0,000$) y también en función del nivel de actividad física ($F=4,8$; $p<0,002$). Asimismo, las covariables que resultaron significativas fueron «años de educación» ($F=50,15$; $p<0,001$), «ingresos familiares» ($F=14,3$; $p<0,001$) y «funcionamiento físico» ($F=16,74$; $p<0,001$) no anulando el peso de las variables independientes. No se ha encontrado interacción alguna ($F=1,0$; $p<0,38$) entre las variables actividad física y edad, no pudiendo confirmar que el peso del ejercicio físico sobre la variable funcionamiento cognitivo esté en función de la edad.

Con el objeto de profundizar sobre el peso de la variable «ejercicio físico» se llevó a cabo un contraste posthoc Tukey. Los datos muestran una relación directa entre funcionamiento cognitivo y actividad física, tal y como se visualiza de forma gráfica en la figura 1. Se encontraron diferencias entre todos los niveles de actividad física, excepto para los grupos intermedios relativos a actividad física ligera y moderada.

Con respecto al segundo grupo de análisis dirigidos a valorar el efecto de la actividad física y la edad sobre el funcionamiento físico, el análisis de varianza reveló un efecto principal de las variables nivel de actividad física ($F=4,10$; $p<0,007$), edad ($F=25,06$; $p<0,001$) y de la interacción de ambas variables ($F=2,2$; $p<0,001$). Asimismo, las variables introducidas como covariables mostraron también un peso significativo («años de educación» [$F=6,64$; $p<0,001$], «ingresos entrevistado» [$F=15,37$; $p<0,000$], «ingresos familiares» [$F=12$; $p<0,001$], «funcionamiento cognitivo» [$F=16,74$; $p<0,001$]), no anulando el efecto de las variables independientes ni de su interacción.

^b En este caso, se introdujo como covariable el «funcionamiento cognitivo» en lugar de «funcionamiento físico».

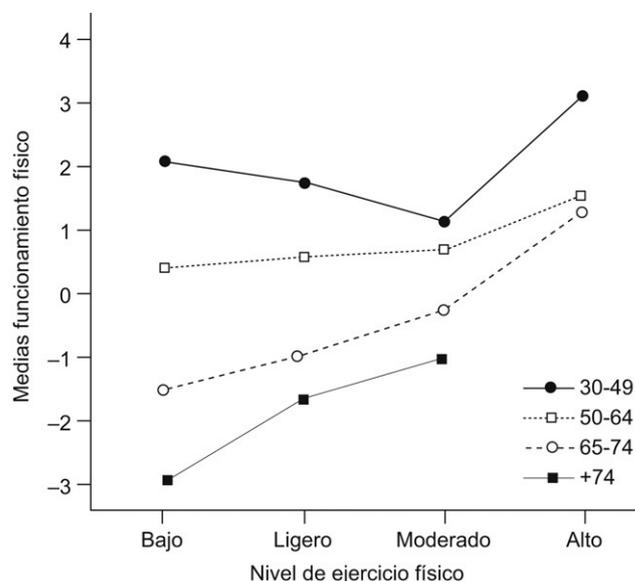


Figura 2. Medias en las puntuaciones de funcionamiento físico en función del nivel de ejercicio físico y edad.

Asumiendo varianzas iguales, se llevó a cabo el contraste posthoc DHS de Tukey. Los resultados mostraron que todos los grupos de edad difieren significativamente entre sí, y con respecto a los niveles de actividad sucede lo mismo, excepto para los niveles de actividad ligero y moderado. La figura 2 muestra de forma visual los resultados.

Tal y como se puede observar en la figura 2, una inspección de las líneas aclara que la relación entre el nivel de realización de ejercicio físico y funcionamiento físico es más clara en los grupos de mayor edad (intervalos 65-74 y 75-85 años). Los grupos más jóvenes (intervalos 30-49 y 50-64 años) muestran una tendencia menos clara. Aunque los resultados muestran puntuaciones discretas, se confirma que la actividad física tiene mayor impacto sobre las puntuaciones en funcionamiento físico en los grupos de mayor edad.

Discusión

Los resultados muestran que la intensidad en la realización de ejercicio físico se asocia de forma directa a las puntuaciones en funcionamiento cognitivo y físico, siendo, además, la asociación con esta última, más clara con la edad.

La asociación hallada entre ejercicio físico y funcionamiento cognitivo concuerda con la encontrada en investigaciones que vinculan sus efectos positivos en la función visoespacial y velocidad de procesamiento^{22,23} y con aquellas que sugieren un efecto positivo del ejercicio sobre la activación cerebral^{24,25}.

También la asociación encontrada entre ejercicio físico y funcionamiento físico es coherente con los estudios que vinculan la realización de ejercicio con diversos indicadores de funcionamiento cardiovascular¹⁰⁻¹³, fuerza muscular¹⁰ o velocidad de procesamiento de la información¹⁴, todos ellos evaluados en este estudio.

En lo que respecta a mostrar si el peso del ejercicio físico es mayor con la edad, los resultados del estudio solo confirman de forma parcial esos hallazgos. En concreto, se confirma un efecto discreto del ejercicio sobre los indicadores de funcionamiento físico en función de la edad, pero no se ha encontrado una réplica de estos resultados con respecto a la variable funcionamiento cognitivo.

Para contrastar el efecto del ejercicio físico sobre el rendimiento intelectual sería necesario evaluar esta variable de forma más exhaustiva. A través, por ejemplo, de medidas que valoren más

en profundidad las funciones cognitivas que experimentan mayor declive con la edad (por ejemplo, profundizando en el estudio de las funciones ejecutivas no valoradas en este estudio).

Al mismo tiempo, sería pertinente contar con grupos de sujetos mayores, correspondientes a los rangos de mayor edad (75 y más años) que practiquen ejercicio vigoroso (dato del que carece este estudio) para poder valorar el efecto de este. Es en estos grupos de sujetos en los que se tendría que evidenciar de forma más clara, como sugiere la investigación, el efecto compensador del ejercicio físico sobre el declive. Finalmente, otra variable para considerar sería la evaluación del tiempo que los sujetos llevan practicando ejercicio, un aspecto relevante para profundizar sobre el efecto de este.

En general, se puede concluir que los resultados del estudio son interesantes, ya que muestran el peso de la edad en la interacción entre variables vinculadas a hábitos y a niveles de funcionamiento. Sobre todo, sugieren procesos optimizadores y compensatorios sobre el funcionamiento en edades avanzadas. No obstante, para obtener una visión de proceso es preciso replicar este tipo de análisis en estudios longitudinales.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Vaillant GE, Mukamal K. Successful aging. *Am J Psychiatry*. 2001;158:839-47. June.
- Bogers RP, Tijhuis MAR, Van Gelder BM, Kromhout D. Final report of the HALE (Healthy Ageing: A longitudinal study in Europe) project. RIVM report 260853001; 2005.
- Fernández-Ballesteros R. *Envejecimiento activo. Contribuciones de la Psicología*. Madrid: Psicología-Pirámide; 2009.
- Fernández-Ballesteros R, Zamarrón M, Rudinger G, Schroots JF, Hekkinen E, Drusini A, et al. Assessing competence: The European Survey on Aging Protocol (ESAP). *Gerontology*. 2004;50:330-47.
- McGinnis JM, Foege WH. Actual causes of death in the United States. *JAMA*. 1993;270:2207-12.
- Varo JJ, Martínez JA, Martínez-González MA. Beneficios de la actividad física y riesgos del sedentarismo. *Med Clin (Barc)*. 2003;121:665-72.
- Fries JF, Singh G, Morfeld D, Hubert HB, Lane NE, Brown BW. Running and development of disability with age. *Ann Intern Med*. 1994;121:502-9.
- Hagberg JM, Montain SJ, Martin WH, Ehsani AA. Effect of exercise training in 60 to 69 year old person with essential hypertension. *Am J Hyperten*. 1989;7:115.
- Castillo MJ, Ortega FB, Ruiz J. Mejora de la forma física como terapia antienvejecimiento. *Med Clin (Barc)*. 2005;124:146-55.
- Fatarone M, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME. Exercise training and nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*. 1994;330:1769-75.
- Shephard RJ, Balady GJ. Exercise as cardiovascular therapy. *Circulation*. 1999;99:963-72.
- Stefanick ML, Mackey S, Sheehan M, Ellsworth N, Haskell WL, Wood PD. Effects of diet and exercise in men and postmenopausal women with low levels of HDL cholesterol and high levels of LDL cholesterol. *N Engl J Med*. 1989;339:2-20.
- Manson JE, Greenland P, LaCroix AZ, Stefanick ML, Mouton CP, Oberman A. Walking compared with vigorous exercise for the prevention of cardiovascular events in women. *N Engl J Med*. 2002;347:716-25.
- McRae PG. Physical activity and central nervous system integrity. En: Spirduso WW, Eckerts HM, editors. *Physical activity and aging*. Champaign IL: Human Kinetics Books; 1989. p. 69-77.
- Snowdon D. *678 monjas y un científico*. Barcelona: Planeta Divulgación; 2001.
- Fratiglioni L, Paillard-Borg S, Winblad B. An active and socially integrated lifestyle in late life might protect against dementia. *Lancet Neurol*. 2004;3:343-53.
- Larson EB, Wang L, Bowen JD, McCormick WC, Teri L, Crane P, et al. Exercise is associated with reduced risk for incident dementia among persons 65 years of age and older. *Ann Intern Med*. 2006;144:73-81.
- Laurin D, Verreault R, Lindsay J, MacPherson K, Rockwood K. Physical activity and risk of cognitive impairment and dementia in elderly persons. *Arch Neurol*. 2001;58:498-504.
- Podewils LJ, Guallar E, Kuller LM, Fried LP, López OL, Carlson M. Physical activity, APOE genotype, and dementia risk: Findings from the Cardiovascular Health Cognition Study. *Am J Epidemiol*. 2005;161:639-51.
- Van Gelder, Tijhuis MAR, Kalmijn S, Giampaoli S, Nissinen A, Kromhout D. Physical activity in relation to cognitive decline in elderly men. *Neurology*. 2004;63:2316-21.
- Colcombe SJ, Erickson KI, Scalf PE, Kim JS, Prakash R, McAuley E, et al. Aerobic exercise training increases brain volume in aging humans. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006;61:1166-70.
- Colcombe SJ, Kramer AF. Fitness effects on the cognitive function of older adults: A meta-analytic study. *Psychol Sci*. 2003;14:125-30.
- Ballesteros S. Influencia de la actividad física y la alimentación en la prevención del envejecimiento cognitivo. 2005 [consultado 1/4/2009]. Disponible en: <http://www.segsocial.es/imserso/investigacion/idi2005/66envejecimcongntivo.doc>.
- Sanabria I. Meta-análisis sobre los efectos del ejercicio en parámetros cognitivos. Tesis presentada para optar al grado de Licenciatura en Educación. Universidad de Costa Rica, Escuela de Educación Física y Deportes de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 1995.
- Chodzko-Zajko WJ. Physical fitness, cognitive performance and aging. *Med Sci Sports Exerc*. 1991;23:868-72.
- Aldwin CM, Spiro III A, Park CL. Health, behavior, and optimal aging: A life span developmental perspective. En: Birren JE, Schaie KW, editors. *Handbook of the Psychology of Aging*. San Diego: Elsevier Academic Press Publications; 2006. p. 85-104.
- Cotman CW, Berchtold NC. Exercise: A behavioural intervention to enhance brain health and plasticity. *Trends Neurosci*. 2002;25:295-301.
- Schroots JF, Fernández-Ballesteros R, Rudinger G. *Aging in Europe*. Amsterdam: IOS Press; 1999.
- Schroots JF, Fernández-Ballesteros R, Rudinger G. From EuGeron to EXCELSA. En: Schroots JF, Fernández-Ballesteros R, Rudinger G, editors. *Aging in Europe*. Amsterdam: IOS Press; 1999. p. 143-56.
- Fernández-Ballesteros R. Guidelines for instrument adaptation in cross-cultural studies. En: Schroots JF, editor. *From EuGeron to EXCELSA: Issues in Cross-National Comparative Research*. 3rd Eur Congr of Gerontology. Amsterdam: ERGO/University of Amsterdam; 1995.
- Fernández-Ballesteros R, Hambleton RK, Van de Vijver F. Protocol adaptation procedures. En: Schroots JF, Fernández-Ballesteros R, Rudinger G, editors. *Aging in Europe*. Amsterdam: IOS Press; 1999. p. 169-84.
- Rudinger G, Rietz C. Methodological issues in a Cross-European study. En: Schroots JF, Fernández-Ballesteros R, Rudinger G, editors. *Aging in Europe*. Amsterdam: IOS Press; 1999. p. 157-67.
- Baltes PB, Mayer KU. *The Berlin Aging Study. Aging from 70 to 100*. Cambridge, UK: Cambridge University Press; 1999.
- Rowe JW, Kahn RL. *Successful Aging*. The MacArthur Foundation Study. Pantheon Books, New York; 1998.
- Bruin A, De Picavet HS, Nossikov A. *Health interview surveys*. Copenhagen: WHO Regional Publications, European Series; 1996, n.º 58.
- Ferrucci L, Heikinen E, Waters E, Baroni A. *Pendulum: Health and quality of life in older Europeans*. Florence: INRCA & WHO; 1995.
- ESOMAR: European Survey of Opinion and Market Research. In: McDonald C, Vangelder P, editors. *ESOMAR: Handbook of Market and Opinion Research*. Bruselas: Verlag; 1998.
- Wechsler D. *Wechsler adult intelligence scale*. Nueva York: The Psychological Corporation; 1955.
- Botwinick J. Intellectual abilities. En: Birren JE, Schaie KW, editors. *Handbook of the psychology of aging*. Nueva York: Van Nostrand Reinhold; 1977. p. 580-605.