

Correlación entre la actividad física en adultos mayores y los marcadores de estrés oxidativo y de capacidad antioxidante

Correlation between physical activity in older adults and markers of oxidative stress and antioxidant capacity

Cristián BARROS-OSORIO¹, Victoria SOTOMAYOR², Vanessa Suziane PROBST³, Oscar PIZARRO SALAZAR⁴, Walter SEPÚLVEDA-LOYOLA²

¹ Programa de magister en neurociencias, Dirección de Postgrado, Universidad Autónoma de Chile.

² Facultad de la salud y ciencias sociales, Universidad de las Américas, Santiago, Chile.

³ Program of Masters and Doctoral degree in rehabilitation sciences, Londrina State University (UEL) and University of Northern Paraná (UNOPAR), Londrina, Brasil).

⁴ Instituto De Salud Integral Intercultural (ISI), Facultad de Ciencias de la Salud (FACISA), Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM).

Recibido: 28/agosto/2024. Aceptado: 9/octubre/2024.

RESUMEN

Introducción: En el proceso de envejecimiento, el equilibrio entre la producción de proteínas por las especies reactivas de oxígeno y la capacidad antioxidante se desestabiliza, lo que provoca el envejecimiento celular y molecular. Sin embargo, la actividad física puede mejorar la capacidad antioxidante y reducir el estrés oxidativo.

Objetivo: Analizar la correlación entre la actividad física con marcadores oxidativos y marcadores antioxidantes en adultos mayores de la comunidad.

Método: Se realizó un estudio transversal con 34 adultos mayores de la comunidad (57% varones, edad media 69±6 años). Las variables de actividad física (número de pasos, tiempo realizando diversas actividades, gasto energético total) fueron evaluadas con un acelerómetro. Adicionalmente, los marcadores antioxidantes SOD, PON1, CAT y SH, y los oxidativos NOX, LOOH y AOPP en muestras de sangre tomadas después de 10 horas de ayuno fueron analizados. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y Spearman para verificar la relación entre las variables de actividad física y los marcadores oxidativos y antioxidantes. Adicionalmente, un análisis

de regresión logística fue utilizado para explorar la asociación entre los marcadores oxidativos y antioxidantes con las variables de actividad física.

Resultados: El número de pasos fue correlacionado con mayores niveles de antioxidantes SOD (r: 0,477; p: 0,006) y CAT (r: 0,417; p: 0,018); el tiempo de actividades de intensidad leve con menores niveles de PON1 (r: -0,44; p: 0,01); el gasto energético total con los niveles de SOD (r: 0,596; p: 0,001) y SH (r: 0,491; p: 0,011); el tiempo en actividad física vigorosa con los niveles de NOX (r: 0,38; p: 0,03). Se observaron asociaciones entre número de pasos con los niveles de CAT (coeficiente beta. [5,7 IC95%: 0.8-10,6] x 10⁵; p: 0,024) y SOD (coeficiente beta. [8,7; IC95%: 2,7-14,8] x 10⁵; p: 0,006). El tiempo realizando actividades de intensidad leve (1,5 METS) fue asociado con PON1 (coeficiente beta. [-1,9; IC95%: -3,9- -0,1] x 10⁴; p: 0,006).

Conclusiones: Existe una correlación entre la actividad física con marcadores oxidativos y antioxidantes en adultos mayores de la comunidad. El número de pasos y el tiempo que dedica el adulto mayor a las actividades físicas son las principales variables asociadas con los marcadores de estrés oxidativo

PALABRAS CLAVE

Envejecimiento, ejercicio, estrés celular, longevidad, estilo de vida activo.

Correspondencia:

Walter Sepúlveda-Loyola
walterkine2014@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: In the aging process, the balance between protein production by reactive oxygen species and antioxidant capacity becomes destabilized, leading to cellular and molecular aging. However, physical activity can improve antioxidant capacity and reduce oxidative stress.

Objective: To analyze the correlation between physical activity and oxidative and antioxidant markers in community-dwelling older adults.

Method: A cross-sectional study was conducted with 34 community-dwelling older adults (57% male, mean age 69±6 years). Physical activity variables (number of steps, time spent on various activities, total energy expenditure) were assessed using an accelerometer. Additionally, antioxidant markers (SOD, PON1, CAT, and SH) and oxidative markers (NOX, LOOH, and AOPP) in blood samples taken after 10 hours of fasting were analyzed. Pearson's and Spearman's correlation coefficients were used to assess the relationship between physical activity variables and oxidative and antioxidant markers. Additionally, a logistic regression analysis was performed to explore the association between oxidative and antioxidant markers with physical activity variables.

Results: The number of steps was correlated with higher levels of antioxidants SOD ($r: 0,477$; $p: 0,006$) and CAT ($r: 0,417$; $p: 0,018$); time spent on light-intensity activities was associated with lower levels of PON1 ($r: -0,44$; $p: 0,01$); total energy expenditure correlated with levels of SOD ($r: 0,596$; $p: 0,001$) and SH ($r: 0,491$; $p: 0,011$); and time spent on vigorous physical activity was associated with levels of NOX ($r: 0,38$; $p: 0,03$). Associations were observed between the number of steps and levels of CAT (beta coefficient $[5,7$; 95% CI: $0,8-10,6$] $\times 10^5$; $p: 0,024$) and SOD (beta coefficient $[8,7$; 95% CI: $2,7-14,8$] $\times 10^5$; $p: 0,006$). Time spent on light-intensity activities (1,5 METs) was associated with PON1 (beta coefficient $[-1,9$; 95% CI: $-3,9$ to $-0,1$] $\times 10^4$; $p: 0,006$).

Conclusions: There is a correlation between physical activity and oxidative and antioxidant markers in community-dwelling older adults. The number of steps and the time spent on physical activities are the main variables associated with oxidative stress markers.

KEYWORDS

Aging, exercise, cellular stress, longevity, active lifestyle.

INTRODUCCIÓN

El envejecimiento se caracteriza por una pérdida progresiva de las funciones físicas, asociadas a factores biológicos, sociales y estilos de vida¹. La teoría del envejecimiento de los radicales libres se basa en la acumulación del daño oxidativo en macromoléculas como lípidos, ADN y proteínas por

las especies reactivas de oxígeno (ROS)². Este daño oxidativo a nivel celular y molecular es producto de un desequilibrio entre los procesos oxidativos y los sistemas de defensa antioxidantes, cuya función es limitar la aparición del daño celular³. Se ha evidenciado que el estrés oxidativo se relaciona con enfermedades crónicas cardiovasculares, neurodegenerativas, cardiopulmonares, metabólicas, cáncer, sarcopenia y fragilidad^{4,5}. Por otro lado, factores relacionados con el estilo de vida como la práctica frecuente de ejercicio, nutrición o el nivel de actividad física podrían beneficiar la capacidad antioxidante⁶.

La actividad física es definida como cualquier movimiento corporal producido por los músculos esqueléticos con el consiguiente consumo de energía⁷, medido en unidades de tarea metabólica equivalente (METS)⁸. La Organización mundial de la salud (OMS) en su plan de acción, ha creado estrategias para promover la actividad física para los adultos mayores, recomendando a que realicen actividades físicas variadas y con diversos componentes, dentro de ellas, caminar entre 10.000 a 12.499 pasos al día⁹. Además del número de pasos, la intensidad de las actividades realizadas a diferentes METS podría influenciar en la salud de las personas mayores¹⁰. De la misma manera la evaluación del gasto energético total (GET) podría ser una variable importante a considerar para la evaluación de la condición física de los adultos mayores¹¹. Por otro lado, una manera de evaluar el nivel de actividad física son los monitores de actividad física, los cuales miden de manera objetiva la cantidad e intensidad de los movimientos realizados por un individuo¹².

La gran mayoría de las investigaciones han evaluado la relación entre el ejercicio físico y los marcadores de ROS, demostrando una respuesta favorable del ejercicio para la capacidad antioxidante¹³, función endotelial, disminuyendo la inflamación y el daño oxidativo¹⁴. Sin embargo, estudios que analicen el nivel de actividad física con las variables de estrés oxidativo son escasos¹⁵. Uno de los pocos estudios en este campo, publicado por Traustadóttir et al., 2012, observó que los niveles de actividad física podrían influenciar en los marcadores antioxidantes, por lo que podría generar un impacto biológico en el control del estrés oxidativo¹⁶. A pesar de la evidencia publicada^{12,15}, aún existe poca evidencia en la literatura sobre la relación entre la actividad física con marcadores de estrés oxidativo y la función antioxidante. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue analizar la correlación entre la actividad física con marcadores oxidativos y marcadores antioxidantes en adultos mayores de la comunidad.

MATERIAL Y MÉTODOS

Diseño del estudio y Población

Se realizó un estudio transversal con una muestra de conveniencia formada por 34 sujetos con edades iguales o ma-

yores a 60 años, provenientes de la comunidad de la ciudad de Londrina, Paraná, Brasil. La participación de los sujetos fue voluntaria, el proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad Estatal de Londrina (UEL), Brasil (1.830.048).

Las evaluaciones y mediciones se realizaron en el Laboratorio del Centro de Post Graduación de la Universidad Estadual de Londrina, Brasil. Fueron incluidos adultos mayores de ambos sexos, mayores de 60 años y autovalentes en las actividades de la vida diaria. Fueron excluidos aquellos sujetos que tenían enfermedades (neurológicas, ortopédicas, respiratorias, cardiovasculares o psiquiátricas) que interfirieran la realización de las evaluaciones. Adicionalmente, individuos que utilizaban medicamentos antioxidantes, o con dependencia de alcohol fueron excluidos del estudio.

Actividad física de la vida diaria (AFVD)

En el presente estudio fue utilizado el acelerómetro SenseWear® Armband (Bodymedia, United States) durante un período de una semana, considerando finales de semana. Todos los individuos fueron evaluados utilizando el monitor de actividad física, considerando las siguientes variables entregadas por el aparato: número de pasos diarios, tiempo en sedente, tiempo en actividad leve (1,5 Mets), tiempo en actividad moderada (3 Mets), tiempo en actividad vigoroso (6 Mets) y gasto energético total, siguiendo el protocolo de referencia¹⁵.

Biomarcadores oxidantes y antioxidantes

El análisis de marcadores de estrés oxidativo fue realizado por medio de una muestra de sangre periférica en ayunas de 10 horas, un total de 10 ml de sangre de cada paciente, para después separar el suero y los glóbulos rojos para las mediciones de los biomarcadores oxidativos y antioxidantes. Los marcadores utilizados fueron los antioxidantes superóxido dismutasa (SOD), paroxonasa 1 total (PON1), catalasa (CAT) y grupos sulfhidrilo SH, mientras que los marcadores oxidativos utilizados fueron el óxido nítrico (NOX), hiperóxido lipídico (LOOH) y los productos de oxidación avanzada de proteínas (AOPP).

Análisis estadístico

Para la tabulación de datos, se utilizó el programa Microsoft Excel 2010, y para el análisis estadístico, se utilizó el software SPSS versión 22. La normalidad de los datos se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y Spearman para verificar la relación entre las variables de actividad física y los marcadores oxidativos y antioxidantes. El análisis de regresión logística fue utilizado para explorar la asociación entre los marcadores de estrés oxidativo y de capacidad antioxidante (variables dependientes) con las

variables de actividad física (variables explicativas). El modelo de regresión logística fue ajustado por edad y género como variables de confusión. El software GraphPad Prism versión 8.0, también fue utilizado para la realización de la Figura 1. La significación estadística adoptada para todos los análisis fue $P < 0,05$.

RESULTADOS

Se incluyeron 34 adultos mayores (20 hombres y 14 mujeres). La edad, índice de masa corporal, circunferencia abdominal, marcadores antioxidantes y marcadores oxidativos fueron reportados en la tabla 1.

En la tabla 2 se presentan las correlaciones entre las variables de actividad física y marcadores antioxidantes. El número de pasos se correlacionó con los niveles de SOD ($r: 0,477$; $p: 0,006$) y CAT ($r: 0,417$; $p: 0,018$). El tiempo realizando actividades de intensidad leve (1,5 METS) se correlacionó con los niveles de PON1 ($r: -0,443$; $p: 0,012$). El gasto energético total se correlacionó con los niveles de SOD ($r: 0,596$; $p: 0,001$) y SH ($r: 0,491$; $p: 0,011$) (Figura 1). En la tabla 3 se presenta la correlación entre los niveles de actividad física con los marcadores oxidativos. El tiempo realizando ac-

Tabla 1. Características basales de los adultos mayores

Variables	N= 34
Edad (años)	69±6
Hombres n (%)	20 (57%)
IMC (Kg/m ²)	28,5±5,3
Circunferencia abdominal (cm)	99,4±10,8
Biomarcadores Antioxidantes	
SOD (U/mgHb)	35,2 ± 12,7
PON1 (U/ml)	152,3 ± 47
CAT (U/mgHb)	53,8 ± 11
SH (µm/mg Pt)	317,8 ± 44,2
Biomarcadores oxidativos	
NOX (µM)	9,78 ± 7,5
LOOH (mM/L)	1911947 ± 1368048
AOPP (µmoles/L)	115,9 ± 68

Los valores se presentan como media y desviación estándar. Índice de masa corporal (IMC), superóxido dismutasa (SOD), paroxonasa 1 total (PON1), catalasa (CAT), grupos sulfhidrilo SH, óxido nítrico (NOX), hiperóxido lipídico (LOOH) y los productos de oxidación avanzada de proteínas (AOPP).

tividad física vigorosa (6 METS) se correlacionó con mayores niveles de NOX ($r: 0,387$; $p: 0,033$) (Figura 1). Las variables de estrés oxidativo que reportaron correlaciones con variables de actividad física fueron analizadas en un modelo de regresión lineal corregidas por edad y género. Se observaron asociaciones entre número de pasos con los niveles de CAT (coeficiente beta. $[5,7 \text{ IC95\%}: 0,8-10,6] \times 10^5$; $p: 0,024$) y SOD (coeficiente beta. $[8,7$; $\text{IC95\%}: 2,7-14,8] \times 10^5$;

$p: 0,006$). El tiempo realizando actividades de intensidad leve (1,5 METS) fue asociado con PON1 (coeficiente beta. $[-1,9$; $\text{IC95\%}: -3,9- -0,1] \times 10^4$; $p: 0,006$).

En la tabla 3 se presenta la correlación entre los niveles de actividad física con los marcadores oxidativos. El tiempo realizando actividad física vigorosa (6 METS) se correlacionó con mayores niveles de NOX ($r: 0,38$; $p: 0,03$) (Figura 1).

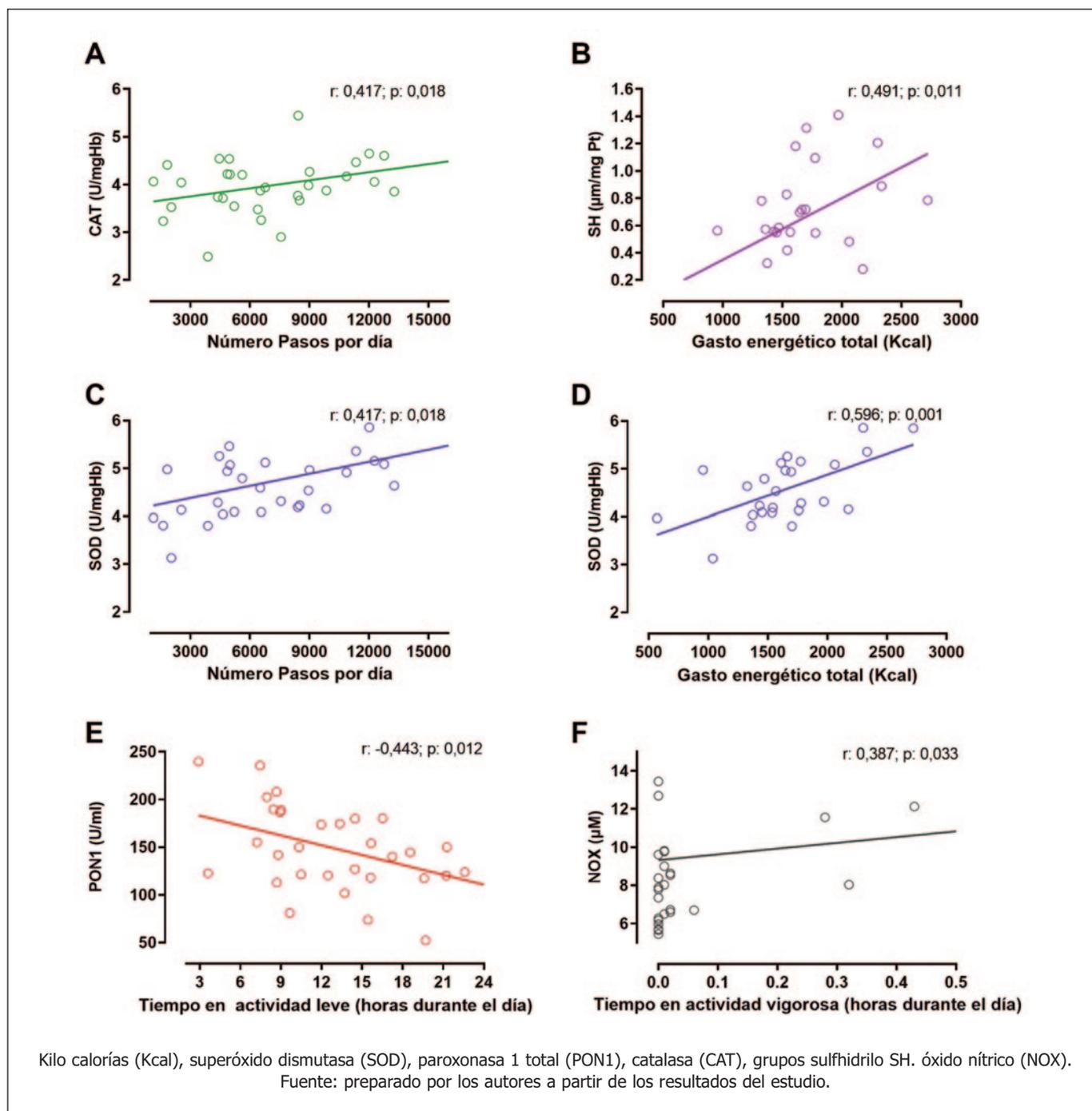


Figure 1. Correlaciones entre la actividad física con los marcadores de estrés oxidativo y de capacidad antioxidante

Tabla 2. Correlación entre la actividad física y marcadores antioxidantes

Variables	SOD (U/mgHb)		PON1 (U/ml)		CAT (U/mgHb)		SH $\mu\text{m}/\text{mg pt}$	
	r	p	r	p	r	p	r	p
Número de pasos	0,477*	0,006	-0,347	0,052	0,417*	0,018	0,225	0,215
Tiempo en Sedente, minutos	0,011	0,954	0,095	0,606	-0,081	0,661	0,014	0,572
Tiempo en actividad leve (1,5 Mets), minutos	-0,123	0,514	-0,443*	0,012	0,230	0,203	0,202	0,264
Tiempo en actividad moderada (3 Mets), minutos	-0,132	0,494	-0,224	0,231	0,153	0,423	0,293	0,122
Tiempo en actividad vigoroso (6 Mets), minutos	-0,174	0,360	-0,102	0,587	0,051	0,790	0,034	0,873
Gasto energético total (Kcal)	0,596*	0,001	-0,434	0,027	0,335	0,094	0,491*	0,011

Kilo calorías (Kcal), superóxido dismutasa (SOD), paroxonasa 1 total (PON1), catalasa (CAT) y grupos sulfhidrilo SH. * Estadísticamente significativo $P < 0,05$.

Tabla 3. Correlación entre la actividad física y marcadores oxidativos

Variables	NOX (μM)		LOOH (mM/L)		AOPP ($\mu\text{moles/L}$)	
	r	p	r	p	r	p
Pasos	-0,060	0,743	0,006	0,973	-0,276	0,126
Sedentario	-0,162	0,377	0,069	0,708	0,271	0,134
Tiempo en actividad leve 1,5 (Mets)	0,001	0,902	-0,283	0,132	-0,334	0,064
Tiempo en actividad moderada (3 Mets)	0,223	0,219	-0,062	0,738	-0,170	0,352
Tiempo en actividad vigorosa (6 Mets)	0,387*	0,033	0,284	0,130	-0,061	0,723
Gasto energético total (Kcal)	-0,051	0,804	0,156	0,448	-0,135	0,512

Kilo calorías (Kcal), óxido nítrico (NOX), hiperóxido lipídico (LOOH) y los productos de oxidación avanzada de proteínas (AOPP). * Estadísticamente significativo $P < 0,05$.

DISCUSIÓN

Este estudio confirma que existe una correlación entre la actividad física principalmente con la capacidad antioxidante en adultos mayores de la comunidad. El número de pasos y el tiempo que dedica el adulto mayor a las actividades físicas son las principales variables asociadas con los biomarcadores de estrés oxidativo. El número de pasos diarios se correlaciona con mayores niveles de los antioxidantes SOD y CAT. Por otro lado, el tiempo en actividad física leve (1,5 METS) se correlacionó con los niveles de PON1, mientras que el aumento de los niveles de NOX se correlacionaron con el tiempo en actividad vigorosa (6 METS). En cuanto al gasto energético total se correlacionó con mayores niveles de SOD y SH.

El número de pasos es un importante indicador del nivel de actividad física¹⁷. Otros estudios lo han relacionado con variables funcionales, prevención de enfermedades cardiovasculares,

metabólicas, cognitivas y de salud mental¹⁸⁻²⁰. Adicionalmente, se ha relacionado la actividad física con marcadores sanguíneos de enzimas antioxidantes como superóxido dismutasa, catalasa, entre otros²¹. En nuestro estudio, se observó que los números de pasos se correlacionaron con niveles de SOD y CAT, que podría estar relacionado con un aumento de la resistencia muscular inducida por el ejercicio^{22,23}. SOD y CAT son importantes marcadores antioxidantes, los cuales están relacionados con salud cardiovascular, metabolismo, fuerza muscular, función inmunológica y salud mental^{24,25}, por lo que disminuciones en estos marcadores estarían relacionados con enfermedades como enfermedades cardiovasculares, diabetes, sarcopenia, cáncer, depresión, entre otras^{26,27}.

El gasto de energía total también fue relacionado con niveles de SOD y SH. Esta asociación entre actividad física y estos marcadores, había sido estudiada previamente por otros

estudios, pero relacionadas al efecto del ejercicio. El ejercicio físico podría revertir la disfunción endotelial inducida por la edad a través de la regulación positiva de los niveles de SOD y CAT en el cuerpo humano^{28,29}. Por esta razón, es importante señalar el papel de la actividad física en el aumento de la capacidad antioxidante es fundamental³⁰. En nuestro estudio, al igual que estudios previos de Rosado-Pérez 2012, se encontró que estas enzimas antioxidantes estas asociadas con el aumento de la actividad física³¹. Estas correlaciones confirman que la práctica de actividad física genera un efecto protector de síndromes geriátricos y enfermedades crónicas en adultos mayores^{32,33}.

El presente estudio demostró que solamente el tiempo realizando actividades físicas de vigorosa intensidad estaría correlacionado con marcadores de estrés oxidativo NOX. Sin embargo, a pesar de que NOX es un marcador de estrés oxidativo, cumple una función favorable para el metabolismo y la angiogénesis, relacionado con el ejercicio o actividades alta intensidad³⁴. Otros estudios han evidenciado que, mayores niveles de actividad física están relacionados con el aumento de los niveles de NOX^{35,36}. Además, NOX contribuye a la biogénesis y eficiencia de las mitocondrias, siendo crucial en la mejora de la resistencia y reducción de la fatiga durante una actividad física prolongada³⁷. Es por esta razón es que sería recomendable la práctica de actividades de intensidad vigorosa en adultos mayores, debido a los beneficios que proporciona este biomarcador a su estado de salud³⁸.

Los grupos sulfhidrilo (SH) son esenciales para conservar la estructura adecuada de las proteínas y pueden salvaguardar las células y los tejidos del daño provocado el estrés oxidativo³⁹; estudios previos señalan que un ambiente prooxidante puede alterar las proteínas que se filtran hacia las placas ateroscleróticas⁴⁰. Sin embargo, los análogos del péptido similar al glucagón tipo 1 estos producen mucha más energía y estimulan la fosforilación oxidativa y suprime la glucólisis en las células SH⁴¹. En la investigación se demostró que los marcadores SH están correlacionados con el gasto energético total. Estos efectos contribuyen a la reducción del estrés oxidativo y al mantenimiento del equilibrio metabólico, lo que puede ser beneficioso para la salud cardiovascular.

Como relevancia clínica de este estudio, es importante resaltar que el nivel de actividad física puede influenciar en importantes biomarcadores, que están relacionados a la presencia de enfermedades y síndromes geriátricos en adultos mayores^{32,42,43}. Por otro, lado si bien el ejercicio físico podría estimular la actividad antioxidante^{28,29,44}, en nuestro estudio hemos demostrado que la práctica diaria de caminata y actividades vigorosas estaría correlacionada con mayores niveles sanguíneos de antioxidantes. Por esta razón, además de generar programas de ejercicio para adultos mayores, promover estilos de vida saludable que incentiven a esta población a aumentar su nivel de actividad física, puede impactar positivamente en la salud de las personas mayores.

Finalmente, este estudio tiene algunas limitaciones que son importante de mencionar. El tamaño de la muestra fue pequeño y por conveniencia. Por otro lado, el diseño de estudio fue transversal, lo cual no permite establecer causalidad. Sin embargo, las fortalezas de este estudio fueron la utilización de un padrón oro para monitorear la actividad física, el cual a diferencia de otros estudios que utilizan cuestionarios^{45,46}. Además, en nuestra investigación los sujetos utilizaron el monitor de actividad física durante una semana, incluyendo los fines de semana. Lo cual entrega un perfil real del nivel de actividad física semanal de un sujeto. Adicionalmente, nuestro estudio incluyó una amplia medición de estrés oxidativo y marcadores antioxidantes, los cuales dan un vasto perfil sobre el estado oxidativo y antioxidante de un individuo.

CONCLUSIÓN

Existe una correlación entre las variables de actividad física con marcadores de estrés oxidativo en los adultos mayores de la comunidad. El número de pasos y el tiempo realizando actividad física de intensidad vigorosa son las principales variables de la actividad física correlacionadas con los marcadores de estrés oxidativo. Futuros estudios de diseño longitudinal son necesarios para confirmar las asociaciones observadas.

REFERENCIAS

1. Guo J, Huang X, Dou L, Yan M, Shen T, Tang W, et al. Aging and aging-related diseases: from molecular mechanisms to interventions and treatments. *Sig Transduct Target Ther*. 16 de diciembre de 2022;7(1):391.
2. Forman HJ, Zhang H. Targeting oxidative stress in disease: promise and limitations of antioxidant therapy. *Nat Rev Drug Discov*. septiembre de 2021;20(9):689-709.
3. El Assar M, Álvarez-Bustos A, Sosa P, Angulo J, Rodríguez-Mañas L. Effect of Physical Activity/Exercise on Oxidative Stress and Inflammation in Muscle and Vascular Aging. *International Journal of Molecular Sciences*. 2022;23(15).
4. Liguori I, Russo G, Curcio F, Bulli G, Aran L, Della-Morte D, et al. Oxidative stress, aging, and diseases. *CIA*. abril de 2018; Volume 13:757-72.
5. Barros-Osorio C, Sepulveda-Loyola W, Astudillo I, Campos-Aguayo J, Valenzuela- Fuenzalida JJ, Suziane Probst V. Correlación entre marcadores inflamatorios con función física y composición corporal en adultos mayores de la comunidad: estudio transversal. *Nutr Clín Diet Hosp* [Internet]. 22 de abril de 2024 [citado 16 de agosto de 2024];44(2). Disponible en: <https://revista.nutricion.org/index.php/ncdh/article/view/558>
6. Liu Y, Wang Y, Yao N, Sun M, Guo R, Wang F, et al. Interaction between composite dietary antioxidant index and physical activity on cognitive impairment in the elderly: NHANES 2011–2014. *Journal of Functional Foods*. 1 de enero de 2024;112:105945.
7. Bull FC, Al-Ansari SS, Biddle S, Borodulin K, Buman MP, Cardon G, et al. World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *Br J Sports Med*. diciembre de 2020;54(24):1451-62.

8. Tompuri TT. Metabolic equivalents of task are confounded by adiposity, which disturbs objective measurement of physical activity. *Front Physiol* [Internet]. 11 de agosto de 2015 [citado 18 de junio de 2024];6. Disponible en: <http://journal.frontiersin.org/Article/10.3389/fphys.2015.00226/abstract>
9. Organización mundial de la salud. Actividad física. OMS. 2024. Accedido el 30 de Mayo de 2024. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/physical-activity>
10. Tudor-Locke C, Han H, Aguiar EJ, Barreira TV, Schuna Jr JM, Kang M, et al. How fast is fast enough? Walking cadence (steps/min) as a practical estimate of intensity in adults: a narrative review. *Br J Sports Med*. junio de 2018;52(12):776-88.
11. Ostendorf DM, Caldwell AE, Creasy SA, Pan Z, Lyden K, Bergouignan A, et al. Physical Activity Energy Expenditure and Total Daily Energy Expenditure in Successful Weight Loss Maintainers. *Obesity*. marzo de 2019;27(3):496-504.
12. Cordeiro Maluf J, Sepúlveda-Loyola W, Tricanico Maciel RP, Carvalho G, Pereira PS, Suziane Probst V. Correlación entre actividad física en la vida diaria y biomarcadores de estrés oxidativo y metabólicos en adultos mayores. *Rev Medicas UIS*. 10 de mayo de 2020;33(1):13-9.
13. Kawamura T, Muraoka I. Exercise-Induced Oxidative Stress and the Effects of Antioxidant Intake from a Physiological Viewpoint. *Antioxidants*. 5 de septiembre de 2018;7(9):119.
14. Fernández JM, Fuentes-Jiménez F, López-Miranda J. Función endotelial y ejercicio físico. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*. 2009;2(2):61-9.
15. Traustadóttir T, Davies SS, Su Y, Choi L, Brown-Borg HM, Roberts LJ, et al. Oxidative stress in older adults: effects of physical fitness. *AGE*. agosto de 2012;34(4):969-82.
16. Fokkenrood HJP, Verhofstad N, van den Houten MML, Lauret GJ, Wittens C, Scheltinga MRM, et al. Physical Activity Monitoring in Patients with Peripheral Arterial Disease: Validation of an Activity Monitor. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 1 de agosto de 2014;48(2):194-200.
17. Yao J, Tan CS, Lim N, Tan J, Chen C, Müller-Riemenschneider F. Number of daily measurements needed to estimate habitual step count levels using wrist-worn trackers and smartphones in 212,048 adults. *Sci Rep*. 5 de mayo de 2021;11(1):9633.
18. Kraus WE, Janz KF, Powell KE, Campbell WW, Jakicic JM, Troiano RP, et al. Daily Step Counts for Measuring Physical Activity Exposure and Its Relation to Health. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. junio de 2019;51(6):1206-12.
19. Shibukawa T, Fujiyoshi A, Moniruzzaman M, Miyagawa N, Kadota A, Kondo K, et al. Association of step counts with cognitive function in apparently healthy middle-aged and older Japanese men. *Preventive Medicine Reports*. febrero de 2024;38:102615.
20. Master H, Annis J, Huang S, Beckman JA, Ratsimbazafy F, Marginean K, et al. Association of step counts over time with the risk of chronic disease in the All of Us Research Program. *Nat Med*. noviembre de 2022;28(11):2301-8.
21. Simioni C, Zauli G, Martelli AM, Vitale M, Sacchetti G, Gonelli A, et al. Oxidative stress: role of physical exercise and antioxidant nutraceuticals in adulthood and aging. *Oncotarget*. 30 de marzo de 2018;9(24):17181-98.
22. Powers SK, Goldstein E, Schragger M, Ji LL. Exercise Training and Skeletal Muscle Antioxidant Enzymes: An Update. *Antioxidants*. 25 de diciembre de 2022;12(1):39.
23. Ściskalska M, Ołdakowska M, Marek G, Milnerowicz H. Changes in the Activity and Concentration of Superoxide Dismutase Isoenzymes (Cu/Zn SOD, MnSOD) in the Blood of Healthy Subjects and Patients with Acute Pancreatitis. *Antioxidants*. 1 de octubre de 2020;9(10):948.
24. Nandi A, Yan LJ, Jana CK, Das N. Role of Catalase in Oxidative Stress- and Age-Associated Degenerative Diseases. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 11 de noviembre de 2019; 2019:1-19.
25. Lin CH, Li TM, Huang YJ, Chen SJ, Lane HY. Differential Impacts of Endogenous Antioxidants on Clinical Symptoms and Cognitive Function in Acute and Chronic Schizophrenia Patients. *International Journal of Neuropsychopharmacology*. 1 de agosto de 2023;26(8): 576-83.
26. Sharifi-Rad M, Anil Kumar NV, Zucca P, Varoni EM, Dini L, Panzarini E, et al. Lifestyle, Oxidative Stress, and Antioxidants: Back and Forth in the Pathophysiology of Chronic Diseases. *Front Physiol*. 2 de julio de 2020;11:694.
27. Vona R, Pallotta L, Cappelletti M, Severi C, Matarrese P. The Impact of Oxidative Stress in Human Pathology: Focus on Gastrointestinal Disorders. *Antioxidants*. 30 de enero de 2021; 10(2):201.
28. Jarrete AP, Novais IP, Nunes HA, Puga GM, Delbin MA, Zanesco A. Influence of aerobic exercise training on cardiovascular and endocrine-inflammatory biomarkers in hypertensive postmenopausal women. *Journal of Clinical & Translational Endocrinology*. septiembre de 2014;1(3):108-14.
29. Fraile-Bermúdez AB, Kortajarena M, Zarrazquin I, Maquibar A, Yanguas JJ, Sánchez-Fernández CE, et al. Relationship between physical activity and markers of oxidative stress in independent community-living elderly individuals. *Experimental Gerontology*. 1 de octubre de 2015;70:26-31.
30. de Sousa CV, Sales MM, Rosa TS, Lewis JE, de Andrade RV, Simões HG. The Antioxidant Effect of Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*. 1 de febrero de 2017;47(2):277-93.
31. Rosado-Pérez J, Santiago-Osorio E, Ortiz R, Mendoza-Núñez VM. Tai Chi diminishes oxidative stress in Mexican older adults. *The Journal of nutrition, health and aging*. agosto de 2012;16(7):642-6.
32. Nyberg M, Blackwell JR, Damsgaard R, Jones AM, Hellsten Y, Mortensen SP. Lifelong physical activity prevents an age-related reduction in arterial and skeletal muscle nitric oxide bioavailability in humans. *The Journal of Physiology*. noviembre de 2012; 590(21):5361-70.
33. Dostálová R, Stillman C, Erickson KI, Slepíčka P, Mudrák J. The Relationship between Physical Activity, Self-Perceived Health, and

- Cognitive Function in Older Adults. *Brain Sciences*. 13 de abril de 2021;11(4):492.
35. Meng Q, Su CH. The Impact of Physical Exercise on Oxidative and Nitrosative Stress: Balancing the Benefits and Risks. *Antioxidants*. 7 de mayo de 2024;13(5):573.
 35. Van Niekerk E, Botha Le Roux S, Atzler D, Schwedhelm E, Böger RH, Van Rooyen JM, et al. Blood pressure and nitric oxide synthesis capacity in physically active and inactive groups: the SABPA study. *J Hum Hypertens*. abril de 2021;35(4):325-33.
 36. Taddei S, Galetta F, Viridis A, Ghiadoni L, Salvetti G, Franzoni F, et al. Physical Activity Prevents Age-Related Impairment in Nitric Oxide Availability in Elderly Athletes. *Circulation*. 27 de junio de 2000;101(25):2896-901.
 37. Vargas-Mendoza N, Angeles-Valencia M, Morales-González Á, Madrigal-Santillán EO, Morales-Martínez M, Madrigal-Bujaidar E, et al. Oxidative Stress, Mitochondrial Function and Adaptation to Exercise: New Perspectives in Nutrition. *Life*. 22 de noviembre de 2021;11(11):1269.
 38. Arefirad T, Seif E, Sepidarkish M, Mohammadian Khonsari N, Mousavifar SA, Yazdani S, et al. Effect of exercise training on nitric oxide and nitrate/nitrite (NOx) production: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology* [Internet]. 2022;13. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/physiology/articles/10.3389/fphys.2022.953912>
 39. Garavaglia, M. L., Giustarini, D., Colombo, G., Reggiani, F., Finazzi, S., Calatroni, M., Landoni, L., Portinaro, N. M., Milzani, A., Badalamenti, S., Rossi, R., & Dalle-Donne, I. Blood Thiol Redox State in Chronic Kidney Disease. *International journal of molecular sciences*. 2022; 23(5), 2853. <https://doi.org/10.3390/ijms23052853>
 40. Lepedda A, and Formato M. Oxidative Modifications in Advanced Atherosclerotic Plaques: A Focus on In Situ Protein Sulfhydryl Group Oxidation. *Oxidative Modifications in Advanced Atherosclerotic Plaques*. 2020; 2020(1). <https://doi.org/10.1155/2020/6169825> 01-07
 41. Liqin Q, Ruonan G, Zhou C, Donghai L, Zhiqing Q, Linxi W, et al. Liraglutide reduces oxidative stress and improves energy metabolism in methylglyoxal-induced SH-SY5Y cells. *NeuroToxicology*. 2022; 92, 166-179. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2022.08.007>
 42. Sepulveda Loyola W, Mella de Cuevas KM, Araya-Quintanilla F, de Barros Morselli J, Molari M, Suziane Probst V. ASOCIACIÓN ENTRE MEDIDAS CLÍNICAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE OSTEOSARCOPE-NIA CON FUNCIONALIDAD Y MORTALIDAD EN ADULTOS MAYORES: ESTUDIO LONGITUDINAL: Osteosarcopenia, funcionalidad y mortalidad. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria* [Internet]. 18 de septiembre de 2022 [citado 1 de octubre de 2024];42(3). Disponible en: <https://doi.org/10.12873/423sepulveda>
 43. Sepulveda loyola W, de Barros Morselli J, Araya-Quintanilla F, Teixeira D, Alvarez-Bustos A, Molari M, et al. Clinical impact of osteosarcopenia on mortality, physical function and chronic inflammation: a 9-year follow up cohort study.: Osteosarcopenia, mortality and physical function. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria* [Internet]. 26 de septiembre de 2023 [citado 1 de octubre de 2024];43(4). Disponible en: <https://doi.org/10.12873/434sepulveda>
 44. Oliveira DVD, Branco BHM, Jesus MCD, Sepúlveda-Loyola W, Gonzáles-Caro H, Freire GLM, et al. Relationship between vigorous physical activity and body composition in older adults. *Nutr Hosp* [Internet]. 2022 [citado 1 de octubre de 2024]; Disponible en: <https://www.nutricionhospitalaria.org/articles/03254/show>
 45. Li N, Ye Q, Deng Q, Wang Y, Hu J, Li X, et al. Physical Activity Intervention for Leisure-Time Activity Levels Among Older Adults: A Cluster Randomized Trial. *JAMA Network Open*. 15 de septiembre de 2023;6(9):e2333195-e2333195.
 46. Blackburn NE, Skjodt M, Tully MA, Mc Mullan I, Giné-Garriga M, Caserotti P, et al. Older Adults' Experiences of a Physical Activity and Sedentary Behaviour Intervention: A Nested Qualitative Study in the SITLESS Multi-Country Randomised Clinical Trial. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(9).