



¿Podría el entrenamiento de Tai Chi prevenir la sarcopenia contrarrestando los “hallmarks” del envejecimiento?

*David Hernández-Álvarez

INTRODUCCIÓN

La sarcopenia es una enfermedad relacionada con el proceso de envejecimiento, ya que a partir de los 30 años se observa una disminución de la masa muscular esquelética (MME) entre un 3 a 8% por década.¹ Asimismo, después de los 60 años, se observa una disminución del 0.5% del peso anual, una pérdida de 1 cm de estatura por cada década de vida y un aumento de la masa grasa, lo que favorece la aparición de la obesidad sarcopénica.² Por tal motivo, se han propuesto programas para un envejecimiento saludable (ES) definido por la OMS (2015), como el “proceso de fomentar y mantener la capacidad funcional que

*Estancia de Investigación Posdoctoral en la Unidad de Investigación en Gerontología de la FES Zaragoza, UNAM
E-mail: hereda2912@gmail.com

Boletín de la Evidencia

Septiembre-octubre, 2023

Suplemento 5 Vol. 5 Núm 2.

ISSN: 2683-1422

permite el bienestar en la vejez”, con el propósito de prevenir o retardar la aparición de las enfermedades crónicas no transmisibles (ECNT) relacionadas con el envejecimiento entre las que destaca la sarcopenia.³ Al respecto, el ejercicio físico es uno de los estilos de vida saludables del que más se ha demostrado tener un efecto positivo sobre la MME, por lo que es recomendable su entrenamiento en todas las etapas de la vida y sobre todo en la vejez.

Recientemente, López-Otín *et al.* (2023),⁴ publicaron un artículo en el que proponen doce características biológicas (*hallmarks*) del envejecimiento: (i) inestabilidad genómica, (ii) desgaste o acortamiento de telómeros, (iii) alteraciones epigenéticas, (iv) pérdida de proteostasis, (v) macroautofagia ineficiente, (vi) desregulación de nutrientes, (vii) disfunción mitocondrial, (viii) senescencia celular, (ix) agotamiento de las células troncales (células madre), (x) comunicación intercelular alterada, (xi) inflamación crónica y (xii) disbiosis; señalando que dichas características están interconectadas entre sí, las cuales pueden ser moduladas con estilos de vida saludables entre los que destacan la alimentación y el ejercicio físico.

Un tipo de ejercicio físico ampliamente recomendado en la vejez es el Ta Chi (TC), el cual ha demostrado que previene la incidencia de caídas, además de beneficios psicológicos y de la salud en general. Asimismo, se ha propuesto al TC como una opción para prevenir o retardar la sarcopenia, cuyos mecanismos biológicos no son del todo claros. En este sentido, el objetivo del presente artículo es mostrar las evidencias científicas sobre la relación del entrenamiento del TC con la MME y su vínculo con uno de los “hallmarks” del envejecimiento con énfasis en el acortamiento de telómeros.

ENVEJECIMIENTO

El envejecimiento humano es un proceso gradual y adaptativo caracterizado por la disminución de la respuesta homeostática, donde existen cambios morfológicos, bioquímicos y psicológicos propiciados por cambios relativos a la mayor edad; siendo el resultado de la carga genética, estilos de vida y ambiente sociocultural, lo que permite al organismo sobrevivir en mayor tiempo posible considerando la longevidad de la especie. Al respecto, no todos envejecemos de la misma forma. Nuestro grupo de investigación establece que el envejecimiento humano inicia a partir de 45 años de edad con fines de intervención clínica y comunitaria, por tal motivo, clasifica a la población como en proceso de envejecimiento (45-59 años) y adultos mayores (>60 años).⁵ Asimismo, se reconoce la importancia del envejecimiento activo, para la adopción y fortalecimiento de los estilos de vida saludables (alimentación adecuada, ejercicio moderado y periódico, educación para la salud, higiene del sueño, etc.) a través de estrategias de autocuidado, ayuda mutua y autogestión entre pares, para lograr el máximo bienestar, salud y calidad de vida (Figura 1).

Envejecimiento poblacional

En México y en todo el mundo la población está envejeciendo, en este sentido, el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2023), muestra que la estructura poblacional en México ha cambiado, ya que pasó de tener una estructura piramidal en el año de 1970 a una estructura en forma de cántaro en 2023 (Figura 2).⁶ Al respecto, la Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (2018), mostró que el 11.2 % de la población de 50 años y más, tiene al menos alguna limitación para realizar actividades de

Boletín de la Evidencia

Septiembre-octubre, 2023

Suplemento 5 Vol. 5 Núm 2.

ISSN: 2683-1422



Salud (*Bienestar físico*). Prevención de la enfermedades crónicas no transmisibles y promoción de hábitos saludables, con el objetivo de potenciar la capacidad física y retardar la dependencia.



Participación (*Bienestar psicológico*). Las personas son un capital humano y social para su propio desarrollo psico-emocional. Destaca la inclusión laboral y promueve las relaciones entre generaciones para favorecer su participación y contribución social, considerando una satisfacción con la vida.



Seguridad (*Binestar social*). Garantiza protección frente a situaciones de riesgo o necesidad, incluye el derecho a la seguridad social; así como, acceso a los servicios de salud y sociales, así como la participación activa en la vida pública.

Figura 1. Pilares del envejecimiento activo para un envejecimiento saludable.

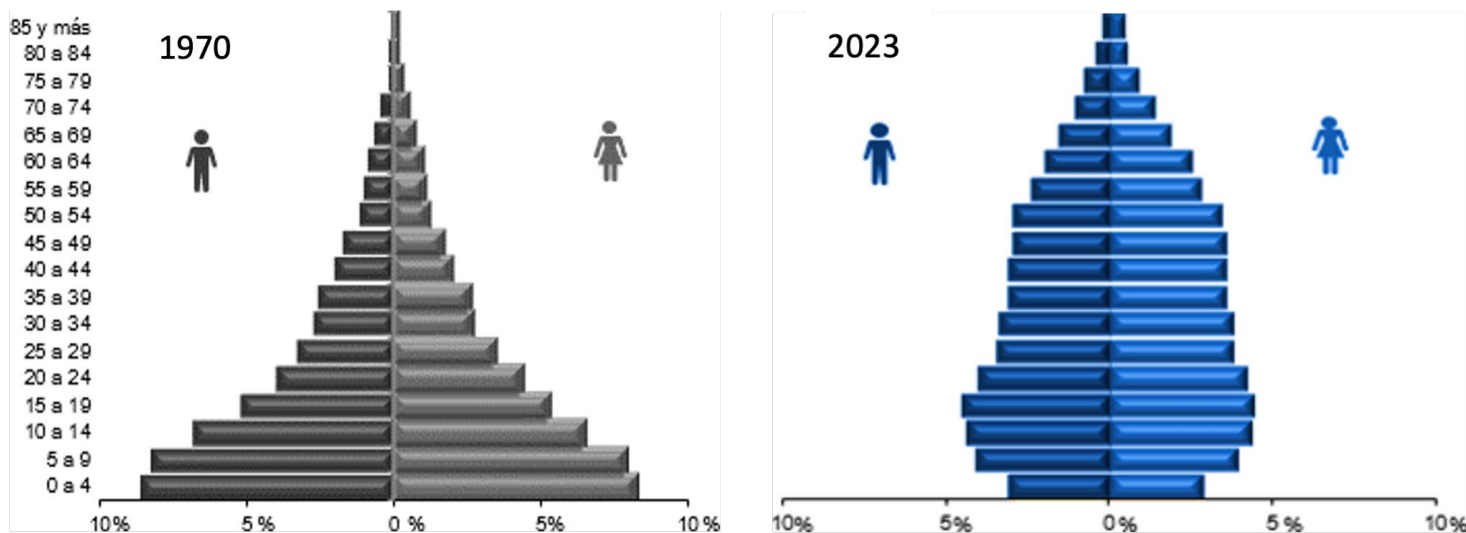


Figura 2. Estructura de la población en México 1970 y 2023.

Boletín de la Evidencia

Septiembre-octubre, 2023

Suplemento 5 Vol. 5 Núm 2.

ISSN: 2683-1422

la vida diaria, como lo son: levantarse de la cama, bañarse, comer, acostarse y caminar.⁷ Este tipo de limitaciones son consecuencia de la pérdida de masa y disminución de fuerza muscular esquelética, que se genera con el envejecimiento (sarcopenia), caracterizada por presentar, mayor dificultad para la movilidad, riesgo de fragilidad, caídas, dependencia física y mayor mortalidad.

SARCOPENIA

El Grupo de Trabajo Europeo sobre Sarcopenia en Personas Mayores (EWGSOP, por sus siglas en inglés), en 2010, definió tres criterios para su diagnóstico: 1) baja masa muscular, 2) disminución de la fuerza muscular y 3) bajo rendimiento físico.⁸

Con base en los criterios anteriormente mencionados, se clasificó de acuerdo al grado de severidad en:

1. Sarcopenia leve: disminución de la masa muscular esquelética.
2. Sarcopenia: presentar al menos 2 de los criterios antes mencionados.
3. Sarcopenia grave: presentan de los tres criterios.

Sin embargo, la pérdida de masa muscular esquelética no sólo la presentan en las personas adultas mayores y puede aparecer a temprana edad, por tal motivo, el grupo EWGSOP 2 (2019), organizó un segundo consenso en donde se estableció una nueva clasificación; tomando a la fuerza como un mejor predictor, ya que los resultados más desfavorables han reportado en la pérdida de fuerza.⁹ En este sentido, de acuerdo a la severidad se clasificó de la siguiente forma:

1. Probable sarcopenia: sólo presenta baja fuerza muscular.
2. Sarcopenia confirmada: presenta baja fuerza y masa muscular.
3. Sarcopenia grave: presenta baja fuerza, masa muscular y bajo rendimiento físico.

Existen múltiples factores asociados a la sarcopenia relativa al envejecimiento, a nivel fisiológico existe pérdida de unidades motoras alfa de la médula espinal (encargadas de mantener y regular el tono muscular), factores hormonales (disminución de la hormona de crecimiento, testosterona y estrógenos), inflamación sistémica de bajo grado y estilos de vida (sedentarismo, obesidad y tabaquismo).

“HALLMARKS” DEL ENVEJECIMIENTO SARCOPENIA

La homeostasis es un proceso fisiológico que permite un equilibrio dinámico entre todos los sistemas del organismo, para mantener el estado de salud, por lo que cuando se afecta o disminuye, los organismos tienen mayor riesgo a desarrollar ECNT asociadas al envejecimiento. Como ha sido señalado López-Otín (2023), propusieron doce características del envejecimiento biológico, cuyas alteraciones pueden ser enfocadas a la fisiopatología de la sarcopenia (Figura 3). En este sentido, cuando la homeostasis de proteínas (**proteostasis**) se ve afectada, puede generar proteínas de mala calidad, contribuyendo significativamente a la disminución de la calidad, función y masa muscular asociada al envejecimiento.¹⁰ De la misma forma, la deficiente eliminación de los componentes celulares que ya no cumplen su función de forma adecuada; pueden comprometer la integridad del tejido. Estudios recientes han mostrado, que la estimulación de la **autofagia** protege

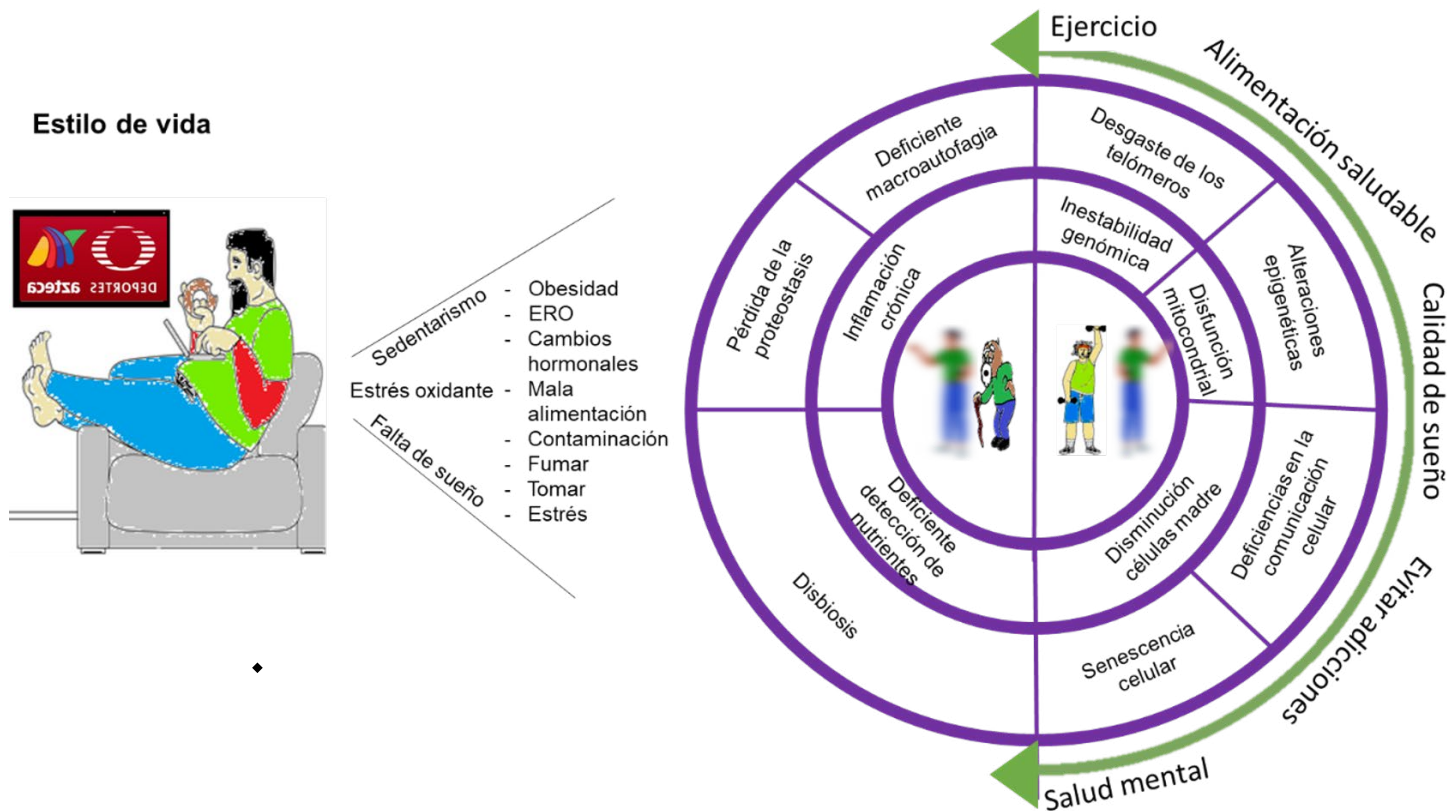


Figura 3. Características (*hallmarks*) del envejecimiento y estilos de vida no saludables relacionados con la sarcopenia.

de la disfunción muscular relacionada con la edad, al promover la degradación de proteínas mal plegadas y orgánulos disfuncionales. Por el contrario, la inhibición conduce a la pérdida de fuerza muscular, al inducir una respuesta des-adaptativa al estrés responsable de la atrofia.¹¹

El músculo esquelético ayuda a regular la homeostasis de la glucosa, se ha observado que la sarcopenia (pérdida de masa muscular esquelética) altera la homeostasis de la glucosa, pero a su vez, ésta puede ser causada por la desregulación de la misma (**desregulación de la detección de nutrientes**). En este sentido, la microbiota intestinal modula la producción de lipopolisacáridos, ácidos grasos y diversos metabolitos que afectan el metabolismo del huésped y pueden tener un papel en la etiología de la sarcopenia; por la alteración en la composición y/o funciones de los microorganismos (**disbiosis**).¹²

A nivel celular, los músculos sarcopénicos muestran un número reducido de miofibrillas, infiltración de tejido adiposo y, en etapas posteriores, un número reducido de células satélite (**células troncales**, también conoci-

das como "madre", que dan origen a fibras musculares). En este mismo sentido, la **senescencia** de las células troncales musculares también está implicada en la pérdida del potencial regenerativo muscular, que en última instancia induce la sarcopenia asociada al envejecimiento. Del mismo modo, el fenotipo secretor asociado a senescencia (SASP), crea un puente entre el microambiente de la senescencia celular y la sarcopenia.¹³ Además del deterioro de la diferenciación de las células satélite, existe una reducción del factor de transcripción Pax7, el cual es absolutamente necesario para la función normal de las células satélites en la miogénesis regenerativa del músculo esquelético. También se ha mostrado que la **inflamación crónica**, en la que se observa incrementado el Factor de Necrosis Tumoral alfa (TNF- α), la interleucina 6 (IL-6) y la proteína C-reactiva (CRP), podría estar afectando el metabolismo de las proteínas musculares, ya que se observa incrementada en personas sarcopénicas aumentando el riesgo de la pérdida de fuerza muscular esquelética.

Por otro lado, la pérdida progresiva del músculo esquelético y la fuerza, también se han asociado a la **disfunción mitocondrial**, debido a la presencia de mutaciones en su ADN (ADNmt), oxidación de lípidos y proteínas, producto del daño ocasionado por las especies reactivas de oxígeno (EROs).¹⁴ En este sentido, las EROs, radiación UV y mutágenos ambientales, pueden causar **inestabilidad genómica**; el cual tiene un papel preponderante en el envejecimiento. De la misma forma, los telómeros son más susceptibles a sufrir daño por las EROs por su gran contenido de guaninas y se ha asociado en gran parte la **erosión telomérica**. El acortamiento telomérico relacionado con el envejecimiento en tejidos altamente proliferativos se debe principalmente al proceso de replicación, como el músculo esquelético es un tejido poco proliferativo, el acortamiento es mínimo y la mayor erosión de los telómeros se debe principalmente a la inactividad física y estrés oxidante.

El ejercicio es la actividad física que se debe realizar de forma regular, la cual debe cumplir con ciertos criterios: (i) ser repetitiva, (ii) estructurada y (iii) planificada, cuyo principal objetivo es mejorar el estado físico.

TAI CHI Y SARCOPENIA

El envejecimiento se ha relacionado con la disfunción mitocondrial, lo cual limita la regeneración del tejido muscular y con ello la pérdida de masa y fuerza muscular. Esta pérdida contribuye a un fenotipo de fragilidad física. Al respecto, se ha ensayado el efecto del TC sobre la fuerza y masa muscular, función física y fragilidad en personas mayores con sarcopenia. Los resultados han sido consistentes en cuanto a que las personas que practican esta actividad, presentan un mejor rendimiento físico, reducen el número de caídas y el miedo a sufrirlas, disminuye de la presión arterial diastólica, ansiedad y depresión; aunado a una mejor respuesta neuromuscular de las extremidades inferiores, mejor capacidad de control dinámico de la postura, lo cual previene el desarrollo de fragilidad. Así mismo, se ha propuesto que las personas que practican el TC, están menos afectados por el proceso de envejecimiento fisiológico y cambios asociados en la masa grasa en comparación con las personas sedentarias, lo cual sugiere que la práctica rutinaria de TC en una buena opción para un ES.¹⁵

TELÓMEROS, TELOMERASA Y ENVEJECIMIENTO

Los telómeros se encuentran compuestos por ADN de doble cadena no codificante con más de 2000 repeticiones de nucleótidos “TTAGGG” y de complejos proteicos, los cuales son necesarios para proteger y estabilizar el ADN genómico; con la finalidad de prevenir la fusión cromosómica. El número mínimo de repeticiones para el correcto mantenimiento son de alrededor de 500 pb y al menos 12.8 repeticiones para que no se fusionen, cuando los telómeros de uno o más cromosomas alcanzan una longitud crítica durante el envejecimiento, pierden la capacidad de salvaguardar la integridad cromosómica; lo que provoca una mayor vulnerabilidad a desarrollar ECNT e incremento en la mortalidad en edades más tempranas.

Durante el envejecimiento existen dos grandes inconvenientes cuando se acorta la longitud telomérica (LT).

1. La capacidad de regeneración de los órganos es restringida. Dado que a nivel celular se limita la proliferación debido al proceso de senescencia (mecanismo que bloquea permanentemente la división celular, condenando a las células a “cadena perpetua”).¹⁶
2. Disminuye la respuesta por parte del sistema inmunológico, lo que repercute en la correcta eliminación de células senescentes; de tal modo, que las que llegan a sobrevivir son células no funcionales que pueden poner en peligro la arquitectura y función del tejido.¹⁷

Cada vez que una célula se divide se pierden alrededor de 200 pb de la secuencia telomérica; debido a que la ADN polimerasa no puede completar el espacio terminal de la doble cadena, a lo que se le conoce como “problema de replicación final”; esto daría como consecuencia un acortamiento progresivo de los cromosomas. Sin embargo; para contrarrestarlo, interviene la enzima telomerasa, una ribonucleoproteína que ayuda al mantenimiento de la longitud telomérica (LT), mediante la adición de repeticiones en tándem de ARN en el extremo 3'-OH.

TAI CHI Y LONGITUD TELOMÉRICA

El TC es una práctica popular China de mente y cuerpo basada en modificaciones de las artes marciales, su origen se remonta a finales de la dinastía Ming e inicios de la Qing. Existen cinco estilos, el Chen, Yang, Hao, Wu y Sun y aunque difieren ligeramente en el tipo de técnica respecto a la postura y posición, todas ellas, se centran en la relajación, concentración y coordinación. El TC se considera una actividad física moderada, ya que su intensidad no excede el 55% del gasto de oxígeno máximo y el 60% de ritmo cardíaco, por lo que es una disciplina altamente recomendada y practicada entre las personas adultas mayores.¹⁸ El TC es un tipo de ejercicio de movimientos suaves, lentos y continuos, es una actividad que necesita del control de la posición, respiración profunda y coordinación para pasar de una posición a otra desplazando el punto de equilibrio sin detenerse, bajo un estado de bienestar.¹⁸ Hasta el momento no existen estudios en donde se haya demostrado directamente el efecto de la práctica de TC sobre la LT, no obstante se ha demostrado en adultos mayores que la práctica de TC durante

Boletín de la Evidencia

Septiembre-octubre, 2023

Suplemento 5 Vol. 5 Núm 2.

ISSN: 2683-1422

seis meses provoca un incremento en la actividad de telomerasa en comparación con el grupo sedentario.¹⁹ En este sentido, este hallazgo nos llevaría al supuesto de que al estar aumentada la actividad enzimática se evade la senescencia y la apoptosis; por lo tanto, se genera protección contra el acortamiento de la LT y el envejecimiento celular. Es oportuno señalar que tal efecto se ha observado con la intervención durante seis meses de entrenamiento de resistencia aeróbica (carrera continua); más no así, en el de alta intensidad (entrenamiento en dispositivos: extensión de espalda, abdominales, flexión y extensión de piernas, etc.).²⁰ Además, existe cierta evidencia de que el TC altera la metilación del ADN; sugiriendo que pueden existir cambios epigenéticos beneficiosos.

PERSPECTIVAS

Las investigaciones sobre las características del envejecimiento y la pérdida de masa muscular han proporcionado una comprensión general de los procesos que pueden conducir a esta condición. Sin embargo, todavía se necesitan más investigaciones para aclarar los efectos de las diferentes intervenciones, como los tratamientos nutricionales, hormonales y el ejercicio, sobre la sarcopenia, en particular los mecanismos moleculares implicados en el crecimiento y mantenimiento de la masa del músculo esquelético. Algunos estudios han demostrado el impacto de diferentes tipos de ejercicio sobre la oxidación-reducción, los lípidos, las proteínas y el daño del ADN, pero se necesita más investigación para determinar el efecto del ejercicio, específicamente la TC, sobre la longitud de los telómeros del ADN, la estabilidad genómica, la epigenética, la proteostasis, comunicación y senescencia celular. De igual forma, es importante aclarar las vías involucradas en la práctica de ejercicio físico, incluida la detección de nutrientes como la vía AMPK, mTOR y la autofagia y su papel en la composición o funciones de los microorganismos presentes en el tejido epitelial.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el apoyo de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la Universidad Nacional Autónoma de México (DGAPA-UNAM) para la beca otorgada a DH-A para estancia postdoctoral. Este trabajo fue apoyado por la DGAPA-UNAM Proyecto PAPIIT IN306121.

REFERENCIAS

1. Doherty TJ. Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol*. 2003;95(4):1717-1727. doi: 10.1152/jappphysiol.00347.2003.
2. Beas-Jiménez JD, López-Lluch G, Sánchez-Martínez I, Muro-Jiménez A, Rodríguez-Bies E, Navas P Sarcopenia: implications of physical exercise in its pathophysiology, prevention and treatment. *Rev Andal Med Deporte*. 2011; 4(4):158-66.
3. Organización Mundial de la Salud. Informe Mundial sobre el envejecimiento y la salud. Ginebra: OMS; 2015. Disponible en: <https://www.who.int/es/publications/i/item/9789241565042>

Boletín de la Evidencia

Septiembre-octubre, 2023

Suplemento 5 Vol. 5 Núm 2.

ISSN: 2683-1422

4. López-Otín C, Blasco MA, Partridge L, Serrano M, Kroemer G. Hallmarks of aging: An expanding universe. *Cell*. 2023; 186(2):243-278. doi: 10.1016/j.cell.2022.11.001.

5. Mendoza-Núñez VM. Gerociencia y Gerontología Comunitaria. En: Piña Morán M, María Gladys Olivo Viana MG, Martínez Matamala C. Envejecimiento & Cultura: Reflexiones respecto de la pandemia, formación e investigación interdisciplinaria. Talca, Chile: Ediciones UMC; 2023. p. 20-49.

6. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Estadísticas a propósito del día mundial de la población. Datos nacionales. México: INEGI; 2013. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/aproposito/2023/EAP_DMPO23.pdf

7. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Encuesta Nacional sobre Salud y Envejecimiento en México (ENASEM) y encuesta de evaluación cognitiva 2021. México: INEGI; 2023. Disponible en: https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2023/ENASEM/ENASEM_21.pdf

8. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, *et al*. European Working Group on Sarcopenia in Older People. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010;39(4):412-23. doi: 10.1093/ageing/afq034.

9. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, Cooper C, *et al*. Writing Group for the European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2), and the Extended Group for EWGSOP2. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16-31. doi: 10.1093/ageing/afy169.

10. Paez HG, Pitzer CR, Alway SE. Age-Related Dysfunction in Proteostasis and Cellular Quality Control in the Development of Sarcopenia. *Cells*. 2023;12(2):249. doi: 10.3390/cells12020249.

11. Jiao J, Demontis F. Skeletal muscle autophagy and its role in sarcopenia and organismal aging. *Curr Opin Pharmacol*. 2017; 34:1-6. doi: 10.1016/j.coph.2017.03.009.

12. Ganapathy A, Nieves JW. Nutrition and Sarcopenia-What Do We Know? *Nutrients*. 2020; 12(6):1755. doi: 10.3390/nu12061755.

13. He Y, Xie W, Li H, Jin H, Zhang Y, Li Y. Cellular Senescence in Sarcopenia: Possible Mechanisms and Therapeutic Potential. *Front. Cell Dev Biol*. 2022;9:793088. doi: 10.3389/fcell.2021.793088.

14. Hiona A, Leeuwenburgh C. The role of mitochondrial DNA mutations in aging and sarcopenia: implications for the mitochondrial vicious cycle theory of aging. *Exp Gerontol*. 2008; 43(1):24-33. doi: 10.1016/j.exger.2007.10.001.

15. Stagi S, Doneddu A, Mulliri G, Ghiani G, Succa V, Crisafulli A, Marini E. Lower Percentage of Fat Mass among Tai Chi Chuan Practitioners. *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(4):1232. doi: 10.3390/ijerph17041232.

Boletín de la Evidencia

Septiembre-octubre, 2023

Suplemento 5 Vol. 5 Núm 2.

ISSN: 2683-1422

16. Campo-Trapero J, Cano-Sánchez J, López-Durán M, Palacios-Sánchez B, Sánchez-Gutiérrez JJ, Bascones-Martínez A. Marcadores de senescencia celular en cáncer y precáncer oral. Av. Odontoestomatol 2008; 24 (1):69-80.

17. Victorelli S, Passos JF. Telomeres and Cell Senescence - Size Matters Not. EBioMedicine. 2017;21:14-20. doi: 10.1016/j.ebiom.2017.03.027.

18. Verhagen AP, Immink M, van der Meulen A, Bierma-Zeinstra SMA. The efficacy of Tai Chi Chuan in older adults: a systematic review. Fam Pract 2004; 21:107-113.

19. Gong-xiang Duan, Ke Wang, Yin-hua Su, Shuang-yang Tang, Hong-li Jia, Xue-mei Chen, Hong-hui Xie. Effects of Tai Chi on telomerase activity and gerotranscendence in middle aged and elderly adults in Chinese society, Int J Nurs Sci. 2016; 3 (3): 235-241.

20. Werner CM, Hecksteden A, Morsch A, Zundler J, Wegmann M, Kratzsch J, *et al.* Differential effects of endurance, interval, and resistance training on telomerase activity and telomere length in a randomized, controlled study. Eur Heart J. 2019;40(1):34-46. doi: 10.1093/eurheartj/ehy585.

D.R. © Septiembre-Octubre. ¿Podría el entrenamiento de Tai Chi prevenir la sarcopenia contrarrestando los "hallmarks" del envejecimiento? 2023; 5(2 Suppl. 5): 1-10. <https://doi.org/10.22201/fesz.26831422e.2023.5.2s.5>

Suplemento **Boletín de la evidencia** de la **Revista Casos y Revisiones de Salud**

Coordinador: Dr. Víctor Manuel Mendoza Núñez
Información: Dr. David Hernández-Álvarez
Diseño: Catalina Armendáriz Beltrán

Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Campus I,
Av. Guelatao #66, Col. Ejército de Oriente, Alcaldía
Iztapalapa, C.P. 09230, Ciudad de México
Tels.: 56230700 ext. 30770. Email: mendovic@unam.mx