

Comparación de pedales para rehabilitación en el seguimiento de pacientes con sarcopenia

Rivero Robledo, Paula

2023

<https://hdl.handle.net/20.500.11777/5706>

<http://repositorio.iberopuebla.mx/licencia.pdf>

Comparación de pedales para rehabilitación en el seguimiento de pacientes con sarcopenia

Rivero Robledo Paula (cuarto semestre en Ingeniería Biomédica)^{1, *}, Téllez Martell Christian Mijael (cuarto semestre en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica)¹, Zerón Reyes Marco Aurelio (cuarto semestre en Ingeniería Industrial)¹, Cantú Hernández Francisco Antonio (profesor responsable)¹, Álvarez Morúa Nora (profesor asesor)¹ y Ortega Colín Juan Carlos (profesor asesor)¹.

¹Universidad Iberoamericana Puebla, San Andrés Cholula, Puebla, México

Resumen

La sarcopenia es una condición médica común que se caracteriza por una disminución de masa y fuerza muscular, esta es recurrente en los adultos mayores o se puede presentar como síntoma de diversas enfermedades, las principales son la insuficiencia renal crónica y la diabetes tipo II. Esto puede tener un impacto significativo en la movilidad y la calidad de vida de las personas, lo que a su vez aumenta el riesgo de caídas y otras complicaciones. El ejercicio físico, específicamente el entrenamiento de resistencia ha demostrado ser efectivo para mejorar la fuerza muscular y movilidad en pacientes con sarcopenia. Este proyecto tiene como objetivo seleccionar el mejor tipo de pedal para la rehabilitación de la sarcopenia mediante una comparación utilizando los repositorios médicos de investigación aprobados por la Organización Mundial de la Salud. Se analizaron cinco artículos tomados del repositorio, para elegir los pedales se analizó si realmente existe trabajo muscular en las zonas más afectadas por la sarcopenia, posteriormente se realizó la comparación muscular de los pedales. Como resultado se obtuvo que los pedales tanto estáticos como eléctricos cumplen con rehabilitar tres de los cinco músculos más afectados por la sarcopenia; mientras que los pedales con asiento incluido únicamente rehabilitan dos. Finalmente se concluyó que los pedales estáticos son ideales para la rehabilitación de la sarcopenia ya que abarcan mayor área de trabajo muscular; sin embargo, se recomienda la opinión de un especialista en rehabilitación, así como una valoración del paciente para seleccionar los más viables para su tratamiento.

Palabras clave: Sarcopenia, rehabilitación, pedales, muscular.

***Autor Corresponsal:** paula.rivero@iberopuebla.mx

Introducción

La sarcopenia es una condición médica común que se caracteriza por una disminución de masa y fuerza muscular [1]. Esto puede tener un impacto significativo en la movilidad y calidad de vida de las personas, lo que puede aumentar el riesgo de caídas y otras complicaciones. El ejercicio físico, específicamente el entrenamiento de resistencia puede ser efectivo para mejorar la fuerza muscular y la movilidad en personas con sarcopenia [2]. “En el segundo trimestre de 2022 se estimó que en México residían 17 958 707 personas de 60 años y más (adultas mayores). Lo anterior representa 14 % de la población total del país” [3]. El síntoma de la sarcopenia puede presentarse de varias maneras, la forma más común de esta enfermedad es una disminución de masa muscular y fuerza en las extremidades inferiores y superiores del cuerpo humano, lo que conlleva una disminución del rendimiento físico y la resistencia, por lo que el paciente puede llegar a experimentar dificultad para realizar actividades cotidianas simples, tales como levantarse de una silla o subir las escaleras. Es importante destacar que estos síntomas pueden ser el resultado de otras afecciones médicas, tales como problemas renales o la diabetes tipo II, por lo que es importante consultar con un médico si se experimenta alguno de estos síntomas.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud, se define rehabilitación como un conjunto de intervenciones encaminadas a optimizar el funcionamiento y reducir la discapacidad en personas con afecciones de salud en la interacción con su entorno [4].

El objetivo general de la rehabilitación es ayudar a todos los sectores de la población a ser tan independientes como sea posible en la vida diaria, permitiéndoles participar en las diversas actividades que realizan cada día. Para lograr esto, se deben de hacer modificaciones en el entorno para adaptarlo a las necesidades del paciente, así como brindarle los productos de apoyo para que sean capaces de realizar tareas con mayor seguridad e independencia. “Cualquier persona puede necesitar rehabilitación en algún momento de su vida, como consecuencia de una lesión, intervención quirúrgica o enfermedad, o porque su capacidad para funcionar se ha reducido con la edad” [4]. Los dispositivos de rehabilitación son herramientas que se utilizan para ayudar en el proceso de recuperación de una lesión o enfermedad; estos dispositivos pueden variar desde un diseño simple de ayuda para la movilidad, como lo son los bastones o andadores, hasta equipos más avanzados como máquinas de terapia de ejercicios o dispositivos de electroestimulación. El objetivo de estas ayudas técnicas para la rehabilitación es ayudar a mejorar la fuerza muscular, la flexibilidad, la coordinación y la movilidad en las personas que han sufrido lesiones o enfermedades que afectan a su capacidad física. Algunos dispositivos, como los pedales de rehabilitación, pueden ser especialmente útiles en el tratamiento de la sarcopenia, ya que se centran en mejorar la fuerza y la resistencia muscular. Es importante trabajar con un profesional de la salud capacitado para determinar cuál dispositivo es el más adecuado para cada situación y así asegurar la efectividad del tratamiento sin comprometer la seguridad del paciente.

Los ejercicios de resistencia son particularmente importantes en la rehabilitación de la sarcopenia, ya que se ha demostrado que son efectivos para mejorar la masa muscular y la fuerza. Los ejercicios de entrenamiento de fuerza son aquellos que implican el levantamiento de pesas o el uso de dispositivos de resistencia, estos han demostrado ser efectivos en el aumento de masa muscular y por consiguiente aumentar la fuerza muscular [5]. Además de los ejercicios de resistencia y entrenamiento de fuerza, los programas de rehabilitación también pueden incluir ejercicios aeróbicos para mejorar la capacidad cardiovascular y la movilidad en los pacientes con esta condición. Los ejercicios aeróbicos incluyen caminar, correr, andar en bicicleta y otros ejercicios de bajo impacto que aumentan la frecuencia cardíaca y la respiración.

En general, la rehabilitación en la sarcopenia es un enfoque integral que combina diferentes tipos de ejercicios para mejorar la fuerza muscular, la capacidad funcional y la calidad de vida de los pacientes. Es importante que estos programas sean adaptados a las necesidades individuales de cada paciente, teniendo en cuenta su edad, nivel de condición física y cualquier otra condición médica que puedan presentar [6].

Los pedales para rehabilitación son similares a las bicicletas estáticas, pero están diseñados específicamente para mejorar la fuerza y la resistencia muscular, estos resultan una herramienta útil para las personas con sarcopenia, ya que pueden ayudar a mejorar la fuerza de las piernas y la resistencia cardiovascular. Otro dispositivo de rehabilitación útil para la sarcopenia son las bandas de resistencia. Estas bandas elásticas se utilizan para proporcionar resistencia durante los ejercicios de fuerza, lo que puede ayudar a mejorar la fuerza muscular en las personas con esta condición; por lo que resultan en una herramienta muy versátil para la rehabilitación. Además de los pedales y las bandas de resistencia, los pesos libres y las máquinas de ejercicios de fuerza también son herramientas útiles para la rehabilitación de la sarcopenia. Los pesos libres, como las mancuernas y las pesas, se pueden usar para realizar una amplia variedad de ejercicios de fuerza que pueden ayudar a mejorar la masa muscular y la fuerza en las personas con sarcopenia. Las máquinas de ejercicios de fuerza, como las máquinas de pesas o los equipos de entrenamiento de fuerza, también pueden ser útiles para la rehabilitación de la sarcopenia. [7,8].

Un pedal es una máquina diseñada para favorecer el sistema endocrino, fortaleciendo los miembros superior o inferior según sea el caso, el objetivo principal de estos es ejercitar la movilidad en personas con deficiencias o problemas motores con el fin de conseguir una mayor flexibilidad, aumentar masa muscular y reforzar al sistema óseo. Su mecanismo mayoritariamente usado en el mercado se basa en el movimiento de pivote del pie respecto al talón (flexión plantar), donde son los dedos los que efectúan el pedaleo. El movimiento análogo, es decir, el pivot del pie respecto a su punta (flexión dorsal), donde el talón efectúa el ataque; es, por el contrario, una flexión más intuitiva del pie gracias a una mejor distribución de los esfuerzos sobre la musculatura en una posición más natural de la pierna [9]. A pesar de que los pedales para rehabilitación son una herramienta muy popular y es utilizada para tratar diversos padecimientos

motores, algunos de los diseños comerciales de pedales de rehabilitación no son los adecuados para trabajar las zonas musculares requeridas y poder tratar la sarcopenia en el tren inferior del cuerpo humano. Por lo tanto, seleccionar los pedales de rehabilitación ideales, dentro de los comerciales sería una forma sencilla y efectiva de ayudar a mejorar los resultados de la rehabilitación en pacientes geriátricos con sarcopenia.

Es por eso, que, tomando en cuenta la información anterior se tiene como objetivo de esta investigación seleccionar el mejor tipo de pedal para la rehabilitación de la sarcopenia por medio de una comparación de trabajo muscular de cada uno de los pedales analizados, los cuales serán tomados de repositorios aprobados por la Organización Mundial de la Salud. Con esta investigación comparativa, se espera que los usuarios sean capaces de seleccionar los mejores pedales de rehabilitación para poder combatir la sarcopenia.

Metodología

Huesos y músculos que intervienen en el pedaleo

Se realizó una investigación sobre los músculos y huesos que intervienen en el pedaleo, y se seleccionaron los músculos que únicamente producen el movimiento de flexión o extensión del pie, la pierna y el muslo (Tabla 1).

Tabla 1: Grupos musculares de la extremidad inferior humana y sus funciones [10].

Músculo	Función
Aductor largo	Aducción del muslo
Iliaco	Flexión del muslo
Sartorio	Rotación del muslo
Cuádriceps (femoral recto y vasti)	Extensión de la parte inferior del pie
Peroneo largo	Eversión
Flexor largo de los dedos	Flexión de los dedos de los pies
Extensor largo de los dedos	Extensión de los dedos de los pies
Glúteo medio	Abducción del muslo
Glúteo mayor	Extensión del muslo
Grupo Hamstring	Extensión y flexión de la parte inferior de la pierna
Gastrocnemio	Flexión plantar del tobillo y la rodilla

Se encontró que los músculos que realizan los movimientos mencionados anteriormente son: el glúteo mayor, el grupo hamstrings, el femoral recto, el bíceps femoral y el iliaco, por lo que se utilizó este filtro para poder realizar la comparación de la funcionalidad muscular de los pedales.

Tipos de pedales

En la actualidad existen tres tipos de pedales, los pedales estáticos, los cuales no contienen un motor y todo el trabajo es realizado por el paciente. Fig.1.



Fig. 1. Pedales estáticos.

El segundo tipo de pedales son los eléctricos, estos poseen un motor que permite realizar de manera más sencilla, también posee niveles de dificultad, aumentando la resistencia, lo que ayuda a estimular la fuerza muscular. Fig.2.



Fig. 2. Pedales eléctricos.

Y finalmente existen los pedales con asiento incluido, estos suelen ser eléctricos y pueden entrar a la categoría de bicicletas eléctricas; sin embargo, para esta investigación se utilizó como un tipo de pedal que existe en el mercado para tratar la sarcopenia. Fig. 3.



Fig. 2. Pedales eléctricos con asiento.

Selección de los pedales a comparar

Se recurrió a una investigación en los repositorios aprobados por la Organización Mundial de la Salud. Para que un artículo o revista sea aprobado por esta organización es necesario que cumpla con ciertos requisitos los cuales consisten en que deben de estar indexadas por el Directory of Open Access Journals y deben de haber firmado un acuerdo con la Biblioteca Nacional de Medicina de los Estados Unidos de América para enviar la versión publicada (version of record) a la base de datos PubMed Central (PMC) y enviar el contenido al repositorio Europe PMC [11]. Se ingresó al repositorio y se seleccionaron cinco artículos, los cuales hacen referencia a los tipos de pedales, ya sean estáticos, eléctricos o con asiento incluido y en cada uno de estos artículos se mencionó los músculos que se trabajan

utilizando el tipo de pedal seleccionado en cada uno de los artículos (Tabla 2).

Tabla 2: Artículos seleccionados y tipo de pedal que se analizó en el artículo [10].

Artículo	Tipo de pedal
Pedal Plantar Loop	Pedales eléctricos
Comparación de la contractilidad del músculo del piso pélvico por medio de palpación digital, dinamometría y electromiografía	Pedales estáticos
Actividad electromiográfica (EMG) durante el pedaleo, su utilidad en el diagnóstico de la fatiga en ciclistas	Pedales estáticos
Análisis electromiográfico del pedaleo: una revisión	Pedales eléctricos
Muscle activation during pedaling in different saddle position	Pedales con asiento incluido

Resultados y Discusión

Los resultados más sobresalientes de la investigación realizada fueron que los pedales eléctricos y estáticos trabajan tres de los cinco músculos enfocados en el movimiento de flexión y extensión; mientras que los pedales con asiento únicamente trabajan dos de los cinco músculos que realizan estos movimientos en el plano sagital (Tabla 3).

Tabla 2: Artículos seleccionados y tipo de pedal que se analizó en el artículo. Fuente. Elaboración propia.

	Estáticos	Eléctricos	Con Asiento
Glúteo Mayor	X		X
Grupo Hamstrings		X	
Bíceps Femoral		X	
Iliaco	X		
Vasto Medial	X	X	X
Vasto Lateral	X	X	X
Femoral recto	X	X	X
Tibial Anterior	X		X
Gastrocnemio	X	X	
Músculos del Suelo Pélvico	X		
Músculos Tibiales		X	

Los pedales estáticos tienen un mayor rango de trabajo muscular, ya que estos trabajan ocho músculos del tren inferior del cuerpo humano; mientras que los eléctricos trabajan siete y los que tienen el asiento trabajan cinco.

Conclusiones, perspectivas y recomendaciones

Se logró determinar que el mejor pedal para tratar la sarcopenia es el pedal estático, ya que este, aunque trabaja la misma cantidad de músculos en extensión y flexión que los pedales eléctricos tiene un mayor rango de trabajo, por lo que es útil para tratar esta condición. Sin embargo, los pedales eléctricos no son una mala opción para rehabilitar al

paciente, ya que trabaja siete de once músculos que se encuentran en las extremidades inferiores del cuerpo humano. Finalmente, los pedales con asiento incluido no son aptos para lograr rehabilitar al paciente, ya que estos últimos no cumplen con los requisitos necesarios para poder utilizarse en la rehabilitación de los pacientes con sarcopenia. Se recomienda que el paciente asista con un profesional de la salud para poder diagnosticar su condición y así junto con el experto en fisioterapia pueda escoger el mejor pedal para tratar la zona más afectada por la sarcopenia.

Referencias

1. Gobierno de México. **¿Qué es la Sarcopenia?**. *Secretaría de Salud*, 2015. <https://www.gob.mx/salud/articulos/que-es-la-sarcopenia>
2. Rubio del Peral, José Andrés, & Gracia Josa, M.^a Sonia. (2018). **Ejercicios de resistencia en el tratamiento y prevención de la sarcopenia en ancianos**, 2018, *Revisión sistemática. Gerokomos*, 29(3), 133-137. http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1134-928X2018000300133&lng=es&tlng=es.
3. INEGI. **Módulo de Práctica Deportiva y Ejercicio Físico 2020**. *Boletines INEGI*, 2020. <https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/EstSociodemo/mopraderf2020.pdf>
4. World Health Organization: WHO. **Política de acceso abierto de la OMS**. 2021, <https://www.who.int/es/about/policies/publishing/open-access>
5. Padilla Colón, Carlos J., Sánchez Collado, Pilar, & Cuevas, María José. **Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia**, 2014 *Nutrición Hospitalaria*, 29(5), 979-988. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.29.5.7313>
6. BH. **Prevención y tratamiento de enfermedades mediante la prescripción de ejercicio**, s.f. <https://deportes-soria.blogs.uva.es/files/2013/11/EJERCICIO-F%C3%8DSICO-ES-SALUD.pdf>
7. Fiogbé, E., Carnavale, B. F., & Takahashi, A. C. M. **Exercise training in older adults, what effects on muscle force control? A systematic review of randomized clinical trials**. *Archives of gerontology and geriatrics*, 2019. 83, 138–150. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2019.04.005>
8. O'Neill, D., & Forman, D. E. **The importance of physical function as a clinical outcome: Assessment and enhancement**. 2020, *Clinical cardiology*, 43(2), 108–117. <https://doi.org/10.1002/clc.23311>

9. Hug, F., & Dorel, S. **Electromyographic analysis of pedaling: a review.** *Journal of electromyography and kinesiology: official journal of the International Society of Electrophysiological Kinesiology*, 2009. 19(2), 182–198.
<https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2007.10.010>
10. Rodríguez, J. **Modelo Biomecánico del Pedaleo.** *Universidad de los Andes*, 2007.
<https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23278/u295956.pdf?sequence=1>
11. World Health Organization: WHO. **Política de acceso abierto de la OMS.** 2021,
<https://www.who.int/es/about/policies/publishing/open-access>
12. *Bioengineering Conference (EHB)*, 2019. pp. 1-3, doi: 10.1109 / EHB47216.2019.8969916.
13. Andrade, MF. **A comparison of the pelvic floor muscle contractility by means of digital palpation, dynamometry and electromyography.** *Brazilian Journal of Oral Science*, Vol.12, no.3. 2013.
<http://revodonto.bvsalud.org/pdf/bjos/v12n3/a16v12n3.pdf>
14. Coll, P. P., Phu, S., Hajjar, S. H., Kirk, B., Duque, G., & Taxel, P. **The prevention of osteoporosis and sarcopenia in older adults.** *Journal of the American Geriatrics Society*, 69(5), 2021. 1388-1398.
<https://doi.org/10.1111/jgs.17043>
15. Cordova, A et al. **Electromyographic (EMG) activity during pedaling, its usefulness in diagnosing fatigue in cyclists.** *Arch Med Deporte.*, 2017
http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev01_cordova_ingles.pdf
16. Diefenthaler, F., Rico Bini, R., Barcellos Karolczak, A., & Pivetta Carpes, F. **Muscle activation during pedaling in different saddle position.** *Revista Brasileira de Cineantropometria y Desempeño Humano*, 2008.
<https://periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/1980-0037.2008v10n2p161/16584>
17. F. Ciliberti, F. Giusto, L. Accetta, G. Vergari, I. Sergi y L. Patrono, "A New Approach to Monitor Sarcopenic Patients based on IoT Technologies", 2020 5th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech), 2020. pp. 1-5, doi: 10.23919/SpliTech49282.2020.9243692.
18. Ferrari, U., & Drey, M. **Sarkopenie: Wie kommt der Patient wieder zu Kräften? [Sarcopenia - how does the patient restore muscle strength again].** *MMW Fortschritte der Medizin*, 2019. 161(8), 45–48.
<https://doi.org/10.1007/s15006-019-0455-2>
19. Manzi, M. **Pedal-plantar Loop Technique for Below-the-ankle Arterial Occlusion.** *Chinese Journal of Minimally Invasive Surgery*. 2009, (12): 434-437, 2015. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/wpr-464527?lang=es>
20. Moreno Peña, Ubencenlao, Martínez Manrique, Clara Esther, Couso-Seoane, Clemente, Román Montoya, Ana de la Caridad. **Tratamiento no farmacológico y su acción sobre la musculatura esquelética en ancianos con**

- sarcopenia.** 2022, *MEDISAN*, 26(2), 403-417. Epub. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192022000200403&lng=es&tlng=es.
21. Mulet, J. **Diseño y proyecto de un pedal para batería accionado con el talón.** *Escuela Superior de Ingenierías Industrial, Aeroespacial y Audiovisual de Terrassa*, 2022. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/377642>
 22. Picca, A., Coelho-Junior, H. J., Calvani, R., Marzetti, E., & Vetrano, D. L. **Biomarkers shared by frailty and sarcopenia in older adults: A systematic review and meta-analysis.** *Ageing Research Reviews*, 73, 101530. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101530>
 23. OPS/OMS | Organización Panamericana De La Salud. **Recomendaciones mundiales sobre actividad física para la salud.** s.f. <https://www.paho.org/es/noticias/9-5-2012-recomendaciones-mundiales-sobre-actividad-fisica-para-salud#:~:text=Los%20adultos%20de%2018%20a,de%20actividades%20moderadas%20y%20vigorosas>.
 24. Urbano Bejarano, Y. T., & Vélez Barragán, J. D. **La ergonomía en la bicicleta.** *Repositorio Universidad de Cundinamarca*, 2010, <https://repositorio.ucundinamarca.edu.co/bitstream/handle/20.500.12558/3668/La%20ergonomia%20en%20la%20bicicleta.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
 25. Vasquez, J., Jerez, Paul. **Diseño y construcción de una órtesis automatizada para la rehabilitación de la articulación de la rodilla, en los pacientes del patronato municipal de amparo social de la ciudad de Latacunga.** *ESPE Universidad de las fuerzas armadas*, 2017. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/13083/2/ESPEL-MEC-0093-P.pdf>
 26. World Health Organization: WHO. **Rehabilitation**, 2023. <https://who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation>

De Miguel, R. **Los mejores pedales estáticos y manuales para hacer ejercicio en cualquier lugar**, *El País*, 2021. https://elpais.com/elpais/2021/01/25/escaparate/1611588387_473829.html