

Asociación entre la Arquitectura Muscular y el Índice de Calidad Muscular en Adultos Sedentarios

Association Between Muscle Architecture and Muscle Quality Index in Sedentary Adults

Rodrigo Lizama-Pérez^{1,2}; Rodrigo Muñoz-Cofré³; Nicolás Vidal-Seguel^{3,4};
Ignacio Chiroso Ríos¹; Daniel Jerez-Mayorga^{1,5} & Luis Chiroso Ríos¹

LIZAMA-PÉREZ, R.; MUÑOZ-COFRÉ, R.; VIDAL-SEGUEL, N.; CHIROSA, R. I.; JEREZ-MAYORGA, D. & CHIROSA R. L.
Asociación entre la arquitectura muscular y el índice de calidad muscular en adultos sedentarios. *Int. J. Morphol.*, 41(4):1254-1260, 2023.

RESUMEN: La evaluación de la calidad y la arquitectura muscular son importantes para comprender y cuantificar los cambios musculares asociados con el envejecimiento y el estilo de vida sedentario, además nos facilita información de la capacidad del músculo para generar fuerza, potencia o funcionalidad. los objetivos del estudio fueron (I) determinar la asociación entre los parámetros de la arquitectura muscular y el índice de calidad muscular (MQI) y (II) determinar la asociación entre los parámetros de la arquitectura muscular y la potencia media relativa del sit to stand test (STS). Únicamente el grosor muscular (MT) mostró una asociación moderada con el MQI ($r = 0,545$). En contraste, tanto la longitud del fascículo (FL) como el ángulo de penación (PA) exhibieron asociaciones "muy bajas", las cuales no resultaron significativas con el MQI. Al examinar la relación de los parámetros de la arquitectura muscular con la potencia media relativa de STS, MT presentó una asociación "moderada" ($r = 0,444$). Sin embargo, tanto FL como PA mostraron asociaciones "muy bajas" y "bajas", respectivamente, con la potencia media relativa al STS. En conclusión, estos hallazgos refuerzan la idea de que MT puede ser un indicador relevante de la calidad muscular y la capacidad de generar potencia en la prueba de STS. Específicamente, se observó que un aumento en MT estaba asociado con una mejora en MQI y la potencia media relativa de STS.

PALABRAS CLAVE: Potencia muscular, Fuerza relativa; Grosor muscular, Arquitectura muscular.

INTRODUCCIÓN

Uno de los conceptos más objetivos y globales que contemplan la capacidad fisiológica y funcional del tejido muscular, es la calidad muscular (CM) (Barbat-Artigas *et al.*, 2012). Su evaluación nos puede entregar la capacidad del músculo para generar fuerza, potencia o funcionalidad (Jerez-mayorga *et al.*, 2020). La CM se compone de cuatro dimensiones (composición muscular, arquitectura, ultraestructura y unidad funcional (sarcómero)) y dos índices, (fuerza relativa e índice de calidad muscular (MQI)).

Particularmente el MQI ha demostrado ser un importante indicador de calidad muscular el último tiempo, por evaluar la potencia muscular en la población de adultos mayores (Fragala *et al.*, 2015; Fragala *et al.*, 2014; Jerez-Mayorga *et al.*, 2019), El cálculo del MQI se realiza mediante una fórmula que considera el tiempo del sit to stand

(STS) test, la aceleración de la gravedad, el peso corporal y la longitud del miembro inferior (Fragala *et al.*, 2014). Debido a que es una prueba que presenta un bajo requerimiento de material, espacio y tiempo ha sido descrito como uno de los mejores test funcionales para valorar la capacidad funcional y calidad de vida en la población de adultos mayores (Jerez-mayorga *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2020). Además, el STS se ha utilizado como agente terapéutico en diferentes poblaciones y ha mostrado resultados favorables (Chaovalit *et al.*, 2020; Zampogna *et al.*, 2021).

La potencia muscular es un factor clave para la salud y el bienestar de los individuos, ya que no sólo permite realizar actividades físicas cotidianas (Alcazar *et al.*, 2020), sino que también juega un papel crucial en la prevención de enfermedades crónicas y en el aumento de la calidad de vida

¹ Department Physical Education and Sports, Faculty of Sport Sciences, University of Granada, 18011 Granada, Spain.

² Departamento de Ciencias Morfológicas, Facultad de Medicina y Ciencia, Universidad San Sebastián, General Lagos 1163, Valdivia 509000, Chile.

³ Escuela de Enfermería, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Chile.

⁴ Universidad de la Frontera, Facultad de Medicina, Doctorado en Ciencias Morfológicas, Temuco, Chile.

⁵ Exercise and Rehabilitation Sciences Laboratory, School of Physical Therapy, Faculty of Rehabilitation Sciences, Universidad Andres Bello, Santiago, Chile.

a medida que envejecemos (Reid & Fielding, 2012). La pérdida de potencia muscular, que puede ocurrir independientemente de la pérdida de masa muscular, tiene consecuencias graves como la disminución de la movilidad, independencia, el riesgo de caídas y la calidad de vida (Alcazar *et al.*, 2023; Jiménez-Lupián *et al.*, 2023). Por el contrario, mantener niveles óptimos de potencia muscular puede mejorar las habilidades atléticas, reducir el riesgo de lesiones (Suchomel *et al.*, 2016) y estar asociado con una reducción en los gastos de atención médica y la mortalidad (Tieland *et al.*, 2018).

La potencia muscular se define como el producto de la fuerza y la velocidad de contracción muscular, y su desarrollo implica tanto factores morfológicos como neuronales (Suchomel *et al.*, 2018). Por lo tanto, es necesario considerar tanto los parámetros funcionales como estructurales para su evaluación (Fragala *et al.*, 2015). En este escenario, conocer la arquitectura muscular proporcionaría una visión más completa de la función muscular (Narici *et al.*, 2021).

La arquitectura muscular es uno de los componentes más determinantes en la función del músculo (Lieber & Ward 2011). Estudios recientes han determinado la relación entre los parámetros arquitectónicos del músculo y los componentes funcionales y de salud (Coratella *et al.*, 2018). La arquitectura muscular incluye aspectos como el grosor muscular (MT), la longitud del fascículo (FL) y el ángulo de penación (PA) (Blazevich & Sharp 2005). La evaluación de estos parámetros proporciona una visión valiosa de la calidad muscular (Fragala *et al.*, 2015), que puede ser influenciada por varios factores, como el envejecimiento, la actividad física y el entrenamiento (Balshaw *et al.*, 2021; Marusic *et al.*, 2020; Narici *et al.*, 2003; Narici *et al.*, 2021). A pesar de la importancia de la arquitectura muscular en la capacidad de generar potencia muscular y los beneficios que podría entregarnos la evaluación del MQI, aún no está clara la relación entre el MQI y los parámetros de la arquitectura muscular.

Por esta razón, los objetivos del estudio fueron determinar la asociación de los parámetros de la arquitectura muscular con el índice de calidad muscular y la potencia media relativa de STS.

MATERIAL Y MÉTODO

Este estudio fue realizado en el Laboratorio del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad San Sebastián, sede Valdivia, Chile. Su protocolo de evaluación fue aprobado por el comité de ética científico de la Universidad de Granada, España (2380/CEIH/2021) y de la Uni-

versidad San Sebastián, Chile (55-2021-20).

Participantes. Los participantes seleccionados para este estudio cumplían los siguientes criterios: tener 18 años de edad o más, ser sedentarios y capaces de realizar el STS test de forma independiente. Por otro lado, se excluyó a los participantes si estaban profesionalmente involucrados en deportes o entrenamiento de resistencia, tenían hipertensión no tratada, presentaban una lesión neuromuscular o articular aguda, o habían sufrido un infarto agudo de miocardio o fractura en los últimos seis meses. Las características de los participantes se resumen en la Tabla I.

Tabla I. Características de los participantes.

Variable	Media \pm DS
Tamaño muestra	58
Mujer / Hombre	35/23
Edad (años)	39,1 \pm 12,5
Estatura (cm)	163,6 \pm 8,9
Masa corporal (kg)	77,5 \pm 14,6
IMC (kg x m ²)	28,9 \pm 4,9
Longitud miembro inferior (m):	0,8 \pm 0,05
Masa magra media de miembros inferiores	9,3 \pm 1,9
Tiempo 5STS test (s)	4,9 \pm 0,9
MQI	523,3 \pm 159,9
Potencia media relativa de STS (W·kg ⁻¹)	6,8 \pm 1,3
MT (cm)	2,5 \pm 0,5
FL (cm)	10,1 \pm 2,2
PA (°)	12,1 \pm 2,3

Estimación del tamaño de la muestra. Se consideró un estudio con características similares (Vega *et al.*, 2018) se determinó el número de participantes requeridos para obtener una potencia estadística del 80% y un nivel de significancia estadística al 5%, tamaño del efecto 0,4. La muestra estimada para el estudio corresponde a 44 participantes. Sin embargo, para este estudio se logró reclutar 58 participantes.

Evaluación ecográfica. En este estudio, se utilizaron imágenes de ultrasonido para evaluar el grosor muscular (MT), el ángulo de penación (PA) y la longitud del fascículo (FL) en el miembro inferior dominante de cada participante. La sonda se colocó en el eje longitudinal del músculo vasto lateral (VL), y se utilizó una sonda lineal en modo B con un rango de frecuencia de 7.5 a 10 MHz a una profundidad de 8 cm (Sonus, DUO LCP). La sonda se cubrió con un gel soluble en agua para prevenir la presión en la piel. Los participantes estaban sentados con las rodillas flexionadas a 90° y se les instruyó para que relajaran sus músculos en el momento de la medición y evitaran hacer ejercicio durante 48 horas antes de la evaluación. Las mediciones se tomaron al 50 % de la distancia entre el punto palpable más proximal del trocánter mayor y el punto palpable más distal del

cóndilo lateral del fémur, se capturaron tres imágenes en el sitio de la medición en la sesión de evaluación y se utilizó el software ImageJ (ImageJ 1.42; National Institutes of Health, Bethesda, Maryland USA,) para procesar y analizar las imágenes. Se determinó MT como la distancia entre las fascias profunda y superficial. Para calcular el valor total de MT, se tomaron tres medidas en cada imagen desde el límite inferior de la fascia superficial hasta el límite superior de la fascia profunda. La primera medición se realizó en el extremo izquierdo de la imagen, la segunda en el centro y la tercera en el extremo derecho, las cuales fueron promediadas. PA se fijó como el ángulo entre el fascículo y la fascia profunda. Para calcular el PA se determinaron los tres fascículos más evidentes de cada imagen, se siguieron hasta el punto de encuentro con la fascia profunda y se midió el ángulo. Para calcular el valor total de PA se promediaron todas las mediciones. FL se calculó utilizando la siguiente fórmula: $FL = \sin(y + 90^\circ) \times MT / \sin(180^\circ - (y + 180^\circ - PA))$, donde "y" es el ángulo entre las fascia superficial y profunda, mientras que PA es el ángulo de penetración (Blazevich *et al.*, 2006; Perkisas *et al.*, 2021). Cabe destacar que todas las mediciones y el análisis de imágenes fueron realizados por el mismo investigador.

Medidas antropométricas. La composición corporal, junto con la masa magra de los miembros inferiores fueron evaluadas usando un análisis de bioimpedancia bioeléctrica tetrapolar (Rice Lake Body Composition D1000-3, Full Body, USA). La estatura fue evaluada usando un estadiómetro portable (SECA, Model 213, Hamburg; Germany to 0.1 cm). La longitud del miembro inferior dominante fue evaluada manualmente usando una cinta métrica, basándonos en un protocolo de medición antropométrica (Norton, 2019), y se determinó la longitud del miembro inferior como la distancia (en metros) entre el punto prominente más proximal del fémur y el punto distal más prominente el maléolo lateral de la fíbula (Marzilger *et al.*, 2020).

Evaluación del sit to stand test (STS). Se estableció el tiempo requerido para que los participantes completaran cinco repeticiones del ejercicio de levantarse y sentarse. Durante la evaluación, se aconsejó a los participantes que realizaran las repeticiones lo más rápido posible, con los brazos cruzados sobre el pecho a nivel de los hombros. Se cronometraron tres series de cinco repeticiones, con un intervalo de descanso de un minuto entre cada serie (Alcazar *et al.*, 2018). El tiempo más rápido registrado fue seleccionado para el análisis posterior.

Evaluación índice de calidad muscular. El índice de calidad muscular (MQI) se calculó utilizando la fórmula pro-

puesta por Fragala *et al.* (2014). Esta fórmula utiliza el tiempo requerido para realizar cinco repeticiones de STS: $MQI = ((\text{longitud de la pierna} \times \text{altura de la silla}) \times \text{masa corporal} \times \text{gravedad} \times 10 / \text{Tiempo STS})$. Se toma en consideración la longitud de la pierna en metros, la altura de la silla utilizada en la prueba, la masa corporal en kilogramos, la aceleración debido a la gravedad (9.81 m/s^2), y una constante de 10. Además, se calculó la Potencia Media Relativa STS ($W \cdot Kg^{-1}$) utilizando los resultados de la prueba de sentarse a pararse cinco veces (5STS), según lo propuesto por Alcazar *et al.*, (2018) la fórmula utilizada para este cálculo es la siguiente:

$$\text{Potencia Media Relativa STS} = 0,9 \times \text{gravedad} \times \text{Altura} [0,5 - \text{Altura de la silla}] / (\text{Tiempo de cinco STS} \times 0,1)$$

Análisis estadístico. Los datos descriptivos se presentan como media \pm desviación estándar (SD), y la normalidad se verificó mediante la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson para determinar la correlación entre las mediciones de MT, PA y FL con MQI y la potencia media relativa de STS. Todos los análisis se realizaron utilizando el software JASP (versión 0.17), y se consideró una significación estadística de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Todas las variables mostraron una distribución normal. Al evaluar la correlación entre las variables de la arquitectura muscular y el MQI, únicamente MT mostró una asociación positiva de grado "moderado" con el MQI. En contraste, tanto FL como PA exhibieron asociaciones "muy bajas", las cuales no resultaron significativas con el MQI.

Al examinar la relación de los parámetros de la arquitectura muscular con la potencia media relativa de STS, MT presentó una asociación "moderada". Sin embargo, tanto FL como PA mostraron asociaciones "muy bajas" y "bajas", respectivamente, con la potencia media relativa al STS (Tabla II). La distribución de las correlaciones para cada variable se representa en la Figura 1.

DISCUSIÓN

Los principales resultados del estudio revelaron que solo MT presentó una correlación tanto con MQI y la potencia media relativa de STS, mientras que FL y PA presentaron correlaciones muy bajas y bajas respectivamente.

Tabla II. Asociaciones entre los parámetros de la arquitectura muscular con, el índice de calidad muscular y la potencia relativa de STS.

	Pearson's r	p	95% CI	
			Límite inferior	Límite superior
MT- MQI	0,545 ***	< 0,001	0,333	0,704
MT- Potencia relativa de STS	0,444 ***	< 0,001	0,730	0,897
FL -MQI	- 0,056	0,674	-0,310	0,205
FL - Potencia relativa de STS	0,121	0,367	-0,142	0,368
PA-MQI	0,083	0,536	-0,179	0,334
PA- Potencia relativa de STS	0,225	0,090	-0,035	0,457

MQI = índice de calidad muscular; MT = grosor muscular; FL = longitud del fascículo; PA = ángulo de penación; STS = sit to stand CI = intervalo de confianza. *** p < 0,001.

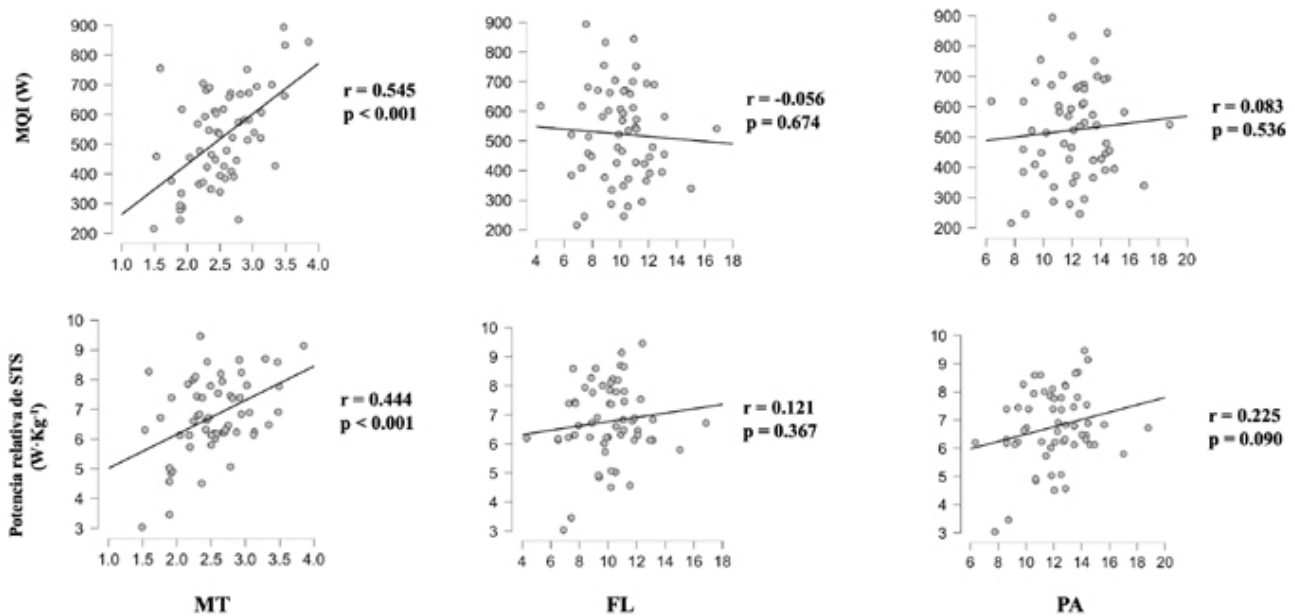


Fig. 1. Distribución de las correlaciones entre los parámetros de la arquitectura muscular, el MQI y la potencia media relativa al STS. Donde MQI = índice de calidad muscular; STS = sit to stand; MT = grosor muscular; FL = longitud del fascículo; PA = ángulo de penación; r = coeficiente de correlación de Pearson. IMC = índice de masa corporal; MQI = índice de calidad muscular; MT = grosor muscular; FL = longitud del fascículo; PA = ángulo de penación. Los valores se muestran como media \pm desviación estándar (DS).

te, las cuales no son significativas. Estos hallazgos sugieren que el MT puede ser un indicador relevante de la calidad muscular y la capacidad de generar potencia en la prueba de STS. Sin embargo, FL y PA parecen tener una relación más débil con estos parámetros en el contexto de este estudio. Estos resultados proporcionan una mayor comprensión de las asociaciones entre los parámetros de la arquitectura muscular, el MQI y la potencia media relativa de STS, y pueden tener implicaciones importantes para el diseño de programas de entrenamiento y la evaluación de la función muscular en poblaciones específicas.

El MQI es una herramienta útil, de bajo costo, y fácil de aplicar para evaluar la calidad muscular en la

población de adultos mayores (Brown *et al.*, 2016), y se ha demostrado su comportamiento como una herramienta clínica para evaluar la potencia muscular de los miembros inferiores en esta población (Jerez-Mayorga *et al.*, 2020). Además, el MQI ha demostrado su eficacia en la identificación temprana de la sarcopenia, una condición caracterizada por la pérdida progresiva de la masa y la fuerza muscular que ocurre con el envejecimiento (Barbat- Artigas *et al.*). Este índice puede ser particularmente beneficioso para aquellos pacientes en riesgo de caídas o con movilidad reducida debido a su habilidad para proporcionar una medida objetiva y reproducible de la potencia muscular (Jerez-Mayorga *et al.*, 2019; Jiménez-Lupión *et al.*).

Un estudio realizado en 2014 evaluó el MQI entre otros factores funcionales en una población de adultos mayores ($70 \pm 6,2$ años) (Fragala *et al.*, 2014), encontrándose que los valores del MQI eran inferiores ($203,43 \pm 64,31$) a los reportados en el presente estudio ($523,3 \pm 159,9$). Sin embargo, esta situación puede ser explicada por la diferencia en las edades medias de las poblaciones estudiadas, donde la población en nuestro estudio presenta una edad media más baja ($39,1 \pm 12,5$), lo cual podría influir en los valores más altos de MQI encontrados. En línea con estos hallazgos, Jerez Mayorga *et al.* en 2020, presentaron resultados del MQI calculados utilizando la fórmula propuesta por Takai *et al.*, (2002), que utiliza el tiempo de ejecución del test STS de 10 repeticiones. Aunque las diferencias no resultaron ser estadísticamente significativas, este estudio reportó un valor de MQI inferior en las mujeres de edad avanzada en comparación con las mujeres más jóvenes. Específicamente, se observaron diferencias en los valores de MQI entre las mujeres jóvenes ($21,2 \pm 2,2$ años) y las mujeres mayores ($66,2 \pm 5,6$ años). Estos hallazgos destacan la importancia de considerar la edad al evaluar la calidad muscular mediante el MQI. Asimismo, es crucial reconocer el valor de la potencia media relativa al test STS, la cual se ha demostrado como un indicador fiable de la función muscular de los miembros inferiores (Alcazar *et al.*, 2018). No sólo sirve como una métrica de la fuerza muscular, sino que también tiene una correlación significativa con la calidad de vida y la funcionalidad en los adultos mayores (Alcazar *et al.*, 2020; Alcazar *et al.*, 2018).

La asociación entre los parámetros de la arquitectura muscular y la función muscular ya ha sido evaluada previamente. Por ejemplo, Guadagnin *et al.*, (2019), encontraron una correlación positiva entre MT del VL con la velocidad normal y máxima de la marcha en suelo ($r = -0,60$; $r = -0,56$, respectivamente), estos hallazgos son consistentes con los resultados presentados en este estudio donde también se reportó una correlación de MT con variables funcionales como el MQI, y la potencia media relativa de STS ($r = 0,545$; $r = 0,444$). Los mismos autores no encontraron una correlación significativa de FL y PA del VL con la velocidad de la marcha normal en suelo, situación que se asemeja a los reportado en este estudio. No obstante, encontraron una correlación negativa entre PA y velocidad de la marcha con obstáculos ($r = -0,56$). A pesar de esto, cuando se considera la relación con la fuerza, FL parece mostrar asociaciones "altas" con la fuerza isométrica máxima de la extensión de la articulación de la rodilla ($r = 0,63$), inclusive más que MT y PA (Lanferdini *et al.*, 2023). Del mismo modo, la investigación de Lee *et al.* (2021), sugiere que FL del músculo recto femoral en los ciclistas de corta distancia y PA en los ciclistas de larga distancia fueron los principales predictores de la poten-

cia ($r = 0,81$ $r = 0,93$). No obstante, este mismo estudio, sugiere que MT del VL presenta una asociación "moderada" con la potencia en la población de ciclistas ($r = 0,48$), lo cual coincide con lo reportado en el presente estudio. Este hallazgo resalta la complejidad de la relación entre la arquitectura y la función muscular, la cual parece variar dependiendo del músculo o del movimiento que se esté analizando.

El presente estudio no está exento de limitaciones, el mismo evaluador realizó las evaluaciones y posterior análisis, lo cual puede generar un sesgo en las mediciones. Del mismo modo, si bien los participantes cumplían los criterios de inclusión, hubo heterogeneidad en la edad de los participantes lo cual tiene que ser considerado en la interpretación de los resultados.

CONCLUSIÓN

En conclusión, los resultados demostraron que solo el MT presentó una correlación significativa tanto con MQI como con la potencia media relativa de STS. En contraste, tanto PA como FL mostraron correlaciones más débiles, las cuales no fueron significativas. Estos hallazgos refuerzan la idea de que el MT puede ser un indicador relevante de la calidad muscular y la capacidad de generar potencia en la prueba de STS. Específicamente, se observó que un aumento en MT estaba asociado con una mejora en MQI y la potencia media relativa de STS de los adultos sedentarios. Aunque PA y FL parecen tener una relación más débil con estos parámetros, esta observación no descarta su importancia en otros contextos o tipos de pruebas de rendimiento muscular. Este estudio ofrece una mayor comprensión de las relaciones entre los parámetros de la arquitectura muscular, MQI y la potencia media relativa de STS. Los resultados podrían tener implicaciones significativas para el diseño de programas de entrenamiento y la evaluación de la función muscular en poblaciones específicas. Por ejemplo, podrían influir en cómo se programan y se prescriben los ejercicios, con la posibilidad de que el entrenamiento se oriente hacia la optimización del grosor muscular para mejorar la calidad y la potencia muscular. No obstante, es importante señalar que este estudio también destaca la necesidad de investigaciones adicionales. A pesar de que MT mostró una mejor correlación con MQI y la potencia media relativa de STS, sería beneficioso explorar aún más cómo los cambios en PA y FL pueden influir en estos parámetros. Además, sería útil entender cómo los parámetros de la arquitectura muscular interactúan entre sí y cómo pueden afectar conjuntamente la función muscular, en otras poblaciones.

AGRADECIMIENTOS. Este artículo será parte de la tesis doctoral de Rodrigo Lizama-Pérez realizada en el Programa de Doctorado en Biomedicina de la Universidad de Granada, España. El investigador postdoctoral Daniel Jerez-Mayorga, tiene un contrato a través del programa "Recualificación del Profesorado Universitario. Modalidad Margarita Salas", Universidad de Granada / Ministerio de Universidades y Fondos Next Generation de la Unión Europea.

LIZAMA-PÉREZ, R.; MUÑOZ-COFRÉ, R.; VIDAL-SEGUEL, N.; CHIROSA, R. I.; JEREZ-MAYORGA, D. & CHIROSA R. L.: Association between muscle architecture and muscle quality index in sedentary adults. *Int. J. Morphol.*, 41(4):1254-1260, 2023.

SUMMARY: Assessment of muscle quality and architecture is important for understanding and quantifying muscle changes associated with aging and a sedentary lifestyle and provides information on the muscle's ability to generate strength, power, or function. The aims of the study were (I) to determine the association between muscle architecture parameters and muscle quality index (MQI) and (II) to determine the association between muscle architecture parameters and mean relative power in the sit-to-stand test (STS). Only muscle thickness (MT) showed a moderate association with MQI ($r = 0.545$). In contrast, both fascicle length (FL) and penile angle (PA) exhibited "very low" associations, which were not significant with the MQI. When examining the relationship between muscle architecture parameters and mean relative STS power, MT presented a "moderate" association ($r = 0.444$). However, both LF and PA showed "very low" and "low" associations, respectively, with a mean power relative to STS. In conclusion, these findings reinforce the idea that MT may be a relevant indicator of muscle quality and ability to generate power in the STS test. Specifically, an increase in MT was associated with an improvement in MQI and mean power relative to STS.

KEY WORDS: Muscle power; Relative strength; Muscle thickness; Architecture muscle.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcazar, J.; Aagaard, P.; Haddock, B.; Kamper, R. S.; Hansen, S. K.; Prescott, E.; Alegre, L. M.; Frandsen, U. & Suetta, C. Age- And sex-specific changes in lower-limb muscle power throughout the lifespan. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.*, 75(7):1369-78, 2020. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa013>.
- Alcazar, J.; Losa-reyna, J.; Rodriguez-Lopez, C.; Alfaro-Acha, A.; Rodriguez-mañas, L.; Ara, I.; García-garcía, F. J. & Alegre, L. M. The sit-to-stand muscle power test?: An easy, inexpensive and portable procedure to assess muscle power in olderpeople. *Exp. Gerontol.*, 112:38-43, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.08.006>.
- Alcazar, J.; Rodriguez-lopez, C.; Delecluse, C.; Thomis, M. & Roie, E. Van. Ten-year longitudinal changes in muscle power, force, and velocity in young, middle-aged, and older adults. *J. Cachexia. Sarcopenia. Muscle.*, 14(2):1019-32, 2023. <https://doi.org/10.1002/jcsm.13184>.
- Balshaw, T. M. M. W. T. G.; Massey, G. J. & Folland, J. P. Muscle architecture and morphology as determinants of explosive strength. *Eur. J. Appl. Physiol.* 121(4):1099-10, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00421-020-04585-1>.
- Barbat-Artigas, S.; Rolland, Y.; Zamboni, M. & Aubertin-Leheudre, M. How to assess functional status: a new muscle quality index. *J. Nutr. Health. Aging.*, 16(1):67-77, 2012. <https://doi.org/10.1007/s12603-012-0004-5>.
- Blazevich, A. J.; Gill, N. D. & Zhou, S. Intra- and intermuscular variation in human quadriceps femoris architecture assessed *in vivo*. 289-310, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7580.2006.00619.x>.
- Blazevich, A. J. & Sharp, N.C.C. Understanding Muscle Architectural Adaptation: Macro- and Micro-Level. *Cells. Tissues. Organs.*, 181(1):1-10, 2005. <https://doi.org/10.1159/000089964>.
- Brown, J. C.; Harhay, M. O. & Harhay, M. N. The muscle quality index and mortality among males and females. *Ann. Epidemiol.*, 26:648-53, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2016.07.006>.
- Chaovalit, S.; Taylor, N. F. & Dodd, K. J. Sit-to-stand exercise programs improve sit-to-stand performance in people with physical impairments due to health conditions: a systematic review and meta-analysis. *Disabil. Rehabil.*, 42:1202-11, 2020. <https://doi.org/10.1080/09638288.2018.1524518>.
- Coratella, G.; Rinaldo, N. & Schena, F. Quadriceps concentric-eccentric force and muscle architecture in COPD patients vs healthy men. *Hum. Mov. Sci.*, 59:88-95, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.03.015>.
- Fragala, M. S.; Fukuda, D. H.; Stout, J. R.; Townsend, J. R.; Emerson, N. S.; Boone, C. H.; Beyer, K. S.; Oliveira, L. P. & Hoffman, J. R. Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Exp. Gerontol.*, 53:1-6, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.exger.2014.01.027>.
- Fragala, M. S.; Kenny, A. M. & Kuchel, G. A. Muscle quality in aging: a multi-dimensional approach to muscle functioning with applications for treatment. *Sports. Med.*, 45:641-58, 2015. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0305-z>.
- Guadagnin, E. C.; Priario, L. A. A.; Carpes, F. P. & Vaz, M. A. Correlation between lower limb isometric strength and muscle structure with normal and challenged gait performance in older adults. *Gait. Posture.*, 73:101-7, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2019.07.131>.
- Jerez-mayorga, D.; Delgado-floody, P.; Intelangelo, L.; Campos-jara, C.; Arias-poblete, L.; García-verazaluce, J.; Garcia-ramos, A. & Javier, L. Physiology & Behavior Behavior of the muscle quality index and isometric strength in elderly women. *Physiol. Behav.*, 227:113145, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113145>.
- Jerez-Mayorga, D.; Ríos, L. J. C.; Reyes, A.; Delgado-Floody, P.; Payer, R. M. & Requena, I. M. G. Muscle quality index and isometric strength in older adults with hip osteoarthritis. *PeerJ.*, 2019. <https://doi.org/10.7717/peerj.7471>.
- Jiménez-Lupión, D.; Chiroso-Ríos, L.; Martínez-García, D.; Rodríguez-Pérez, M. & Jerez-Mayorga, D. Effects of power training on functional capacity related to fall risk in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2023.01.022>.
- Lanferdini, F. J.; Diefenthaler, F.; Ávila, A. G.; Moro, A. R. P.; van der Zwaard, S. & Vaz, M. A. Quadriceps Muscle Morphology Is an Important Determinant of Maximal Isometric and Crank Torques of Cyclists. *Sports.*, 11, 2023. <https://doi.org/10.3390/sports11020022>.
- Lee, H. J.; Lee, K. W.; Takeshi, K.; Lee, Y. W. & Kim, H. J. Correlation analysis between lower limb muscle architectures and cycling power via ultrasonography. *Sci. Rep.*, 11, 2021. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-84870-x>.
- Lieber, R. L. & Ward, S. R. Skeletal muscle design to meet functional demands. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.*, 366(1570): 1466-1476, 2011. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0316>.
- Marusic, J.; Vatovec, R.; Markovic, G. & Sarabon, N. Effects of eccentric training at long-muscle length on architectural and functional characteristics of the hamstrings. *Scand J. Med. Sci. Sports.*, 30:2130-42, 2020. <https://doi.org/10.1111/sms.13770>.

- Marzilger, R.; Bohm, S.; Mersmann, F. & Arampatzis, A. Modulation of physiological cross-sectional area and fascicle length of vastus lateralis muscle in response to eccentric exercise. *J. Biomech.*, 111:110016, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2020.110016>.
- Narici, M.; McPhee, J.; Conte, M.; Franchi, M. V.; Mitchell, K.; Tagliaferri, S.; Monti, E. & Marcolin, G.; Atherton, P. J.; Smith, K.; Phillips, B.; Lund, J.; Franceschi, C.; Maggio, M. & Butler-Browne, G. S. Age-related alterations in muscle architecture are a signature of sarcopenia: the ultrasound sarcopenia index. *J. Cachexia. Sarcopenia. Muscle.*, 12(4):973-82, 2021. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12720>.
- Narici, M. V.; Maganaris, C. N.; Reeves, N. D. & Capodaglio, P. Effect of aging on human muscle architecture. *J. Appl. Physiol.*, 95(6):2229-34, 2003. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00433.2003>.
- Norton, K. I. *Standards for Anthropometry Assessment*. In: *Kinanthropometry and Exercise Physiology*. pp. 68-137. Routledge, 2019
- Perkisas, S.; Bastijns, S.; Baudry, S.; Bauer, J.; Beaudart, C.; Beckwée, D.; Cruz-Jentoft, A.; Gasowski, J.; Hobbelen, H.; Jager-Wittenaar, H.; Kasiukiewicz, A.; Landi, F.; Maek, M.; Marco, E.; Martone, A.M.; de Miguel, A.M.; Piotrowicz, K.; Sanchez, E.; Sanchez-Rodriguez, D.; Scafoglieri, A.; Vandewoude, M.; Verhoeven, V.; Wojszel, Z.B. & De Cock, A.M. Application of ultrasound for muscle assessment in sarcopenia: 2020 SARCUS update. *Eur. Geriatr. Med.*, 12:45-59, 2021. <https://doi.org/10.1007/s41999-020-00433-9>
- Reid, K. F. & Fielding, R. A. Skeletal muscle power: A critical determinant of physical functioning in older adults. *Exerc. Sport Sci. Rev.*, 40:4-12, 2012. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e31823b5f13>.
- Ribeiro, A. S.; Picoloto, A.; Pedro Nunes, J.; Bezerra, E. S.; Schoenfeld, B. J. & Cyrino, E. S. Effects of Different Resistance Training Loads on the Muscle Quality Index in Older Women. *J. Strength. Cond. Res.*, 36(5):1445-9, 2022.
- Suchomel, T. J.; Nimphius, S.; Bellon, C. R.; & Stone, M. H. The Importance of Muscular Strength?: Training Considerations. *Sports. Med.*, 2018. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0862-z>.
- Suchomel, T. J.; Nimphius, S. & Stone, M. H. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. *Sports. Med.*, 46:1419-49, 2016. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0486-0>.
- Takai, Y.; Ohta, M.; Akagi, R. & Kanehisa, H. *Sit-to-stand Test to Evaluate Knee Extensor Muscle Size and Strength in the Elderly?: A Novel Approach*, 2002. <https://doi.org/10.2114/jpa2.28.123>.
- Tieland, M.; Trouwborst, I. & Clark, B. C. Skeletal muscle performance and ageing. *J. Cachexia. Sarcopenia. Muscle.*, 9:3-19, 2018. <https://doi.org/10.1002/jcsm.12238>.
- Vega, E. C.; Jerez-mayorga, D.; Jara, C. C.; Guzman-guzman, I.; Ponce, A. R. & Chiroso, J. Validity and reliability of evaluating hip abductor strength using different normalization methods in a functional electromechanical device. *PLoS One.*, 1-12, 2018.
- Zampogna, E.; Pignatti, P.; Ambrosino, N.; Cherubino, F.; Fadda, A. M.; Zappa, M.; Spanevello, A. & Visca, D. The 5-repetition sit-to-stand test as an outcome measure for pulmonary rehabilitation in subjects with Asthma. *Respir. Care.*, 66:769-76, 2021. <https://doi.org/10.4187/respcare.08452>.

Dirección para correspondencia:

Daniel Jerez-Mayorga, PhD en Biomedicina
Cam. de Alfacar, 21, 18071
Granada
ESPAÑA

E-mail: djerezmayorga@ugr.es

ORCID: 0000-0002-6878-8004