

Una nueva herramienta para estimar el volumen muscular independientemente de la edad, el sexo y el nivel de actividad física

José J. Rivera-Sánchez,^{1*}  Laura P. Burgos-Morelos,¹  Daniel Castillo-Castillo,¹ 

Gerardo Méndez-Suárez,¹ Juan C. López-Alvarenga²  y Damián Carrillo-Ruiz³ 

¹Departamento de Geriátrica, Hospital General de México, Ciudad de México, México; ²Division of Population Health & Biostatistics, University of Texas Rio Grande Valley, Edinburg, Texas, Estados Unidos de América; ³Servicio de Neurocirugía Neurofuncional, Hospital General de México, Ciudad de México, México

Resumen

Antecedentes: Actualmente, la evaluación del volumen muscular requiere técnicas invasivas o de imagen, lo que aumenta los costos y retrasa la evaluación, y las mediciones antropométricas con frecuencia son inexactas. **Objetivo:** Desarrollar una fórmula matemática para estimar el volumen del cuádriceps. **Material y métodos:** Se evaluaron 127 sujetos: 40 adultos sedentarios de 20 a 35 años, 47 atletas adultos de 20 a 45 años y 40 adultos sedentarios de 70 a 94 años. Se dividieron en grupos de desarrollo y de validación. Se realizaron mediciones de variables antropométricas y fuerza de agarre, y se desarrolló la fórmula de predicción del volumen del cuádriceps. Este último se comparó con el volumen muscular obtenido por tomografía computarizada (TC). **Resultados:** Se encontró una relación lineal significativa entre el volumen del cuádriceps y la fuerza de agarre: grupo original $R^2 = 0.887$ por TC y $R^2 = 0.901$, grupo de validación $R^2 = 0.878$ por TC y $R^2 = 0.907$, y tras combinar ambos grupos $R^2 = 0.858$ por TC y $R^2 = 0.902$. **Conclusiones:** El volumen del cuádriceps mediante la fórmula propuesta se alinea con las mediciones obtenidas con la TC.

PALABRAS CLAVE: Tomografía computarizada. Fuerza de agarre. Fórmula matemática. Volumen muscular.

A new tool for assessing muscle volume regardless of age, sex and physical activity

Abstract

Background: Currently, assessing muscle volume requires invasive techniques and/or imaging methods, which increases costs and delays evaluation. Moreover, anthropometric measurements are often inaccurate. **Objective:** To develop a mathematical formula to estimate quadriceps volume. **Materials and methods:** A total of 127 subjects were evaluated: 40 sedentary adults aged 20 to 35 years, 47 adult athletes aged 20 to 45 years, and 40 sedentary adults aged 70 to 94 years. They were divided into development and validation groups. Anthropometric variables and handgrip strength were measured, and a predictive formula for quadriceps volume was developed. The estimated volume was then compared with the muscle volume obtained via computed tomography (CT). **Results:** A significant linear relationship was found between quadriceps volume and handgrip strength: original group $R^2 = 0.887$ CT and $R^2 = 0.901$, validation group $R^2 = 0.878$ CT and $R^2 = 0.907$, and combined groups $R^2 = 0.858$ CT and $R^2 = 0.902$. **Conclusions:** Quadriceps volume estimated using the proposed formula aligns closely with measurements obtained through CT.

KEYWORDS: Computed tomography. Handgrip strength. Mathematical formula. Muscle volume.

*Correspondencia:

José J. Rivera-Sánchez

E-mail: the_barbarian52@hotmail.com

Fecha de recepción: 07-07-2025

Fecha de aceptación: 07-11-2025

DOI: 10.24875/GMM.25000283

Gac Med Mex. 2026;162:326-334

Disponible en PubMed

www.gacetamedicademexico.com

0016-3813/© 2025 Academia Nacional de Medicina de México, A.C. Publicado por Permanyer. Este es un artículo open access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

Las evaluaciones integrales se han vuelto cruciales en la medicina, particularmente en el análisis morfofuncional de pacientes de diversos grupos de edad, desde individuos jóvenes sanos hasta personas mayores. Estos análisis abarcan un espectro que va de la robustez a la fragilidad, y también evalúan el rendimiento muscular de los atletas. El volumen muscular es fundamental para comprender las enfermedades crónicas no infecciosas y se relaciona con numerosos mecanismos celulares, hormonales, inmunológicos, nutricionales, bioquímicos, metabólicos y relacionados con la actividad¹⁻³. La fragilidad a menudo tiene un origen multifactorial, incluyendo alteraciones en la estructura muscular asociadas con estilos de vida sedentarios, desequilibrios nutricionales y hormonales, estrés oxidativo, respuestas inflamatorias y problemas neurológicos^{4,5}. Por lo tanto, es esencial una evaluación continua de la masa muscular, la fuerza y el deterioro funcional. Los cambios en estos factores afectan significativamente el rendimiento biológico e implican consecuencias sociales y económicas sustanciales, como mayor riesgo de caídas, inmovilidad y dependencia para las actividades diarias básicas y complejas, lo que resulta en elevados costos médicos y sociales^{1,4}. El consenso del European Working Group on Sarcopenia in Older People 2 (EWGSOP2) de 2018 establece tres componentes para la evaluación de la sarcopenia: fuerza muscular, masa muscular y desempeño físico. La sarcopenia puede ser probable (baja fuerza), confirmada (baja fuerza y baja masa) y grave (baja fuerza, baja masa y bajo desempeño físico). De acuerdo con el EWGSOP2, se recomiendan métricas de cantidad de masa muscular (kg) o índices ajustados por talla⁶.

En este contexto, diversos estudios han evaluado la pertinencia de evaluar el volumen muscular, que requiere el uso de técnicas de imagen como la tomografía computarizada (TC) y la resonancia magnética, frente a la masa muscular, que es evaluada principalmente por técnicas como la absorciometría dual de rayos X (DXA)⁷. La evidencia actual sugiere que el volumen muscular, al representar una medición tridimensional más precisa de la cantidad de músculo esquelético, tiene una correlación igual o superior con los resultados funcionales y clínicos, en especial en cirugía oncológica, pronóstico de mortalidad y desempeño físico^{8,9}. Diversos estudios han reportado que, entre los 50 y los 65 años, la masa muscular

total disminuye aproximadamente un 30-35%, reflejando un proceso de sarcopenia asociado tanto a la pérdida de fibras tipo II como a la reducción en la activación motora y los cambios hormonales^{10,11}.

Durante el envejecimiento y la inactividad física se observa una transición progresiva de fibras de tipo II a tipo I, lo que se asocia con una reducción en la fuerza y la potencia muscular. Este cambio en la composición de las fibras contribuye a la disminución del rendimiento funcional, independientemente del volumen total de masa muscular^{12,13}.

Dentro de la evidencia existente destaca la propuesta de So et al.¹⁴, que señala que el volumen del psoas refleja mejor la cantidad de músculo esquelético que el área en un solo corte axial, respaldando el uso de medidas volumétricas tridimensionales. Por otra parte, en un estudio realizado por Cawthon et al.⁹ se comparó la masa muscular derivada de la dilución de creatina deuterada (D3Cr) con el volumen muscular del muslo medio, y se encontraron asociaciones iguales o más fuertes del volumen con la fuerza, la potencia y el rendimiento físico. Y en el estudio de Amini et al.⁸ realizado en 2015 se comparó el área del psoas frente al volumen total del psoas, y solo el volumen del psoas se asoció de forma independiente con complicaciones posoperatorias y supervivencia a largo plazo.

Bajo estas premisas, en este estudio se utiliza el volumen del cuádriceps (VQ) con fines morfológicos y de correlación funcional en lugar de la masa muscular.

Varios estudios han destacado la fuerza muscular (capacidad de ejercer la máxima potencia) como un determinante crítico de las limitaciones funcionales en los adultos mayores. Cabe señalar que la potencia muscular, definida como el producto de la fuerza y la velocidad de contracción, es un predictor prometedor del declive de la fuerza muscular^{2,15}. Los factores identificados que influyen en este fenómeno son la pérdida de masa muscular, los cambios en la composición corporal, las disfunciones neuromusculares y las variaciones en la contractilidad de las fibras. Hoy en día, la evaluación de la calidad muscular mediante la fuerza y la potencia sigue siendo prevalente, como lo demuestra la medición del área de sección transversal del muslo en relación con sus capacidades de torque en diversos contextos de limitación funcional. Esto indica que, en el envejecimiento, la preservación de la fuerza muscular depende más del mantenimiento de la masa muscular, mientras que las deficiencias funcionales pueden surgir de manera

independiente^{16,17}. En este contexto, se eligió medir el volumen en lugar de la masa muscular, definiéndolo como el espacio tridimensional ocupado por un músculo, determinado por su área transversal y su longitud¹⁸, con el objetivo de establecer una correlación con la fuerza máxima de agarre, parámetros cruciales para las evaluaciones actuales del rendimiento muscular.

Tradicionalmente se han empleado grupos musculares singulares en enfoques de evaluación vinculados con diversos parámetros musculares, como la fuerza de agarre, la circunferencia de la pantorrilla y las áreas de sección transversal del muslo. Nuestro estudio tiene como objetivo conectar parámetros de distintos grupos musculares (la mano y el cuádriceps) basándose en un principio de proporcionalidad inherente ligado a las variables intrínsecas de la función muscular^{19,20}. La arquitectura muscular, definida por la disposición espacial de las fibras con respecto a un eje de origen de la fuerza, es crucial; las fibras mantienen un diámetro constante proporcional a la generación de fuerza. Las variaciones en el tamaño son ligeras entre los diferentes grupos de personas. Según los principios de contracción, existe un rendimiento proporcional al comparar distintos grupos musculares²¹. Se describen dos tipos de arquitecturas musculares macroscópicas: grupos unipennados con fibras alineadas en una sola dirección hacia el eje de generación de fuerza, y grupos multipennados que comprenden fibras dirigidas en varios ángulos²². Este estudio correlaciona la arquitectura unipennada del antebrazo y el cuádriceps, a pesar de sus diferencias, destacando su comportamiento y rendimiento de contracción comparables.

En relación con la inervación, se ha estimado que cada neurona motora puede inervar aproximadamente 3000 fibras musculares en el cuádriceps, en contraste con otros músculos como el tríceps braquial, donde el número es considerablemente menor. Esta diferencia explica en parte la mayor capacidad de generación de fuerza del cuádriceps y su papel funcional predominante en la locomoción²³.

Otros estudios que examinan la arquitectura muscular de las extremidades han investigado sus relaciones funcionales, centrándose notablemente en el área de sección transversal fisiológica y la longitud de la fibra. Estos estudios revelan que la fuerza muscular es directamente proporcional al área de sección transversal fisiológica, mientras que la velocidad de contracción se correlaciona con la longitud de la fibra: longitudes mayores acomodan más sarcómeros

dispuestos en secuencia, lo que mejora la velocidad de contracción. Las cualidades de la arquitectura muscular influyen significativamente en las propiedades extrínsecas (dependientes del tamaño y la masa muscular), pero no se ven afectadas por las propiedades intrínsecas (relacionadas con los cambios estructurales de las proteínas y los flujos iónicos, preservando las curvas de longitud-tensión y fuerza-velocidad). Por lo tanto, los estudios que comparan las funcionalidades entre varios grupos musculares son vitales, utilizando métricas de rendimiento como la fuerza de agarre para apoyar la autosuficiencia y la continuidad de las actividades básicas y complejas, mientras que preservan el VQ y la circunferencia de la pantorrilla como indicadores de fragilidad y de riesgo de caídas. En consecuencia, un estudio que explore la relación morfofuncional entre las extremidades superiores y las inferiores tiene una importancia significativa^{24,25}.

Esta investigación busca analizar la relación entre el VQ y la fuerza de agarre en diversas edades, sexos y condiciones físicas, y bajo esta premisa desarrollar un modelo matemático para predecir el VQ en función de la fuerza de un sujeto. Dicha herramienta matemática está destinada a ser utilizada en la evaluación y el seguimiento del estado de la masa muscular sin exposición recurrente a radiación ionizante (TC y DEXA).

Materiales y métodos

El estudio fue realizado en el Hospital General de México bajo la autorización de sus comités de investigación y ética con número de registro DI/1/110-B/03/002. El proyecto se llevó a cabo y se reportó conforme a las directrices STROBE (*Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology*).

Ante la falta de estudios previos para el cálculo del tamaño de la muestra, se integró inicialmente un grupo piloto constituido 20 sujetos. Tras cumplir criterios de factibilidad del estudio se realizó un cálculo de correlación inicial con el volumen de cuádriceps y la fuerza de presión, encontrando un coeficiente de correlación $R^2 = 0.82$, y con estos resultados se calculó un tamaño de muestra para detectar una correlación mínima de $r = 0.80$ entre el volumen muscular y la fuerza de prensión, con un nivel de significancia bilateral $\alpha = 0.05$ y una potencia estadística del 80%. Según la transformación z de Fisher, el tamaño estimado fue de 10 sujetos, al que se añadió un 10-15%

adicional por posibles pérdidas, obteniendo un número final de 12-14 sujetos requeridos para el estudio. Así, se integraron en total 97 sujetos divididos en tres grupos: 30 adultos jóvenes sedentarios (de 20 a 45 años), 37 atletas activos (de 20 a 45 años) y 30 individuos funcionales y activos (de 70 a 94 años). Los participantes definidos como atletas fueron seleccionados según el cuestionario del American College of Sports Medicine²⁶. Los participantes se clasificaron como sedentarios o activos utilizando la definición de la Organización Mundial de la Salud de 2020, que considera personas activas a aquellas que realizan al menos 150 a 300 minutos de actividad física aeróbica de intensidad moderada o 75 a 150 minutos de actividad vigorosa por semana (o una combinación equivalente), mientras que considera sedentarias a aquellas que permanecen la mayor parte del tiempo en conductas de bajo gasto energético (≤ 1.5 MET), como sentadas o reclinadas durante las horas de vigilia²⁷. Por último, los adultos mayores fueron evaluados utilizando la escala de Katz y Lawton-Brody²⁸ para asegurar la funcionalidad general, lo que requirió funcionalidad completa y sin deficiencias sensoriales, verificada mediante evaluaciones visuales y auditivas. Para las evaluaciones cognitivas se utilizó el Mini-Examen del Estado Mental de Folstein²⁹, y la fluidez verbal y las pruebas de dibujo del reloj confirmaron la ausencia de deficiencias cognitivas y funcionales.

Protocolo para la obtención de imágenes por TC

Se utilizó un tomógrafo multicorte (148 cortes, Siemens Healthineers), con el cual se obtuvieron imágenes del cuádriceps de la pierna dominante en cada participante para determinar el VQ. La fuerza de presión manual se evaluó utilizando un dinamómetro hidráulico Jamar® (Sammons Preston Rolyan, EE. UU.), siguiendo el protocolo descrito por Mathiowetz et al.³⁰ en 1985.

Cada participante fue evaluado en posición sentada, con el hombro aducido y en rotación neutra, el codo flexionado a 90°, el antebrazo en posición neutra y la muñeca entre 0° y 30° de extensión. Se realizaron tres mediciones consecutivas con la mano dominante, con intervalos de 30 segundos entre cada intento. Se registró el valor máximo (en kg) como indicador de la fuerza de agarre máxima. El dinamómetro fue ajustado en la segunda posición de empuñadura, tal como se recomienda en los protocolos estandarizados para

adultos. Se registraron las mediciones de la fuerza de agarre tanto para el brazo dominante como para el no dominante.

En la primera etapa del estudio, tras el término de las mediciones, se encontró una correlación entre el VQ y la fuerza de agarre de los sujetos, cuyos resultados se presentan más adelante. Se confirmó que la relación entre estas dos variables es sólida ($R^2 = 0.89$). Después de esto, se consideró el desarrollo de un modelo matemático capaz de predecir el VQ utilizando mediciones antropométricas y la fuerza de agarre de cada sujeto.

Para desarrollar el modelo se recopilaban varios datos antropométricos: peso, altura, circunferencia superior del muslo (debajo del pliegue del glúteo), circunferencia inferior del muslo (a tres dedos transversales de los pacientes sobre el borde superior de la rótula), longitud del muslo (entre la espina ilíaca superior delantera y el comienzo de la confluencia del tendón común del cuádriceps) y pliegue cutáneo (tomado del músculo de tensión de la fascia lata) utilizando un plicómetro profesional (Slim Guide).

En la segunda fase, de validación, se reclutó un segundo grupo de 30 individuos con el objetivo de comprobar el modelo matemático, manteniendo las mismas divisiones de grupo que en la etapa inicial. El investigador que llevó a cabo esta fase estaba cegado a los resultados anteriores, lo que garantizó una validación imparcial de los resultados. En total, para la fase de evaluación se evaluó a 30 sujetos adicionales divididos en tres grupos: 10 adultos sedentarios de 20 a 35 años, 10 atletas de 20 a 45 años y 10 individuos activos de 70 a 94 años, repitiendo las mediciones antropométricas del grupo inicial de 97 sujetos. La validación del modelo matemático tuvo como objetivo confirmar que el VQ determinado mediante TC se correlacionaba con el volumen estimado mediante el modelo.

Resultados

Modelo matemático

Para derivar una ecuación para predecir el VQ, primero calculamos el área del cuádriceps (AQ) basándonos en la geometría del cono truncado debido a su proporcionalidad y simetría entre los grupos musculares, independientemente de su función y ubicación anatómica³¹, como se observa en la figura 1.

Para formular el AQ se consideraron las siguientes medidas antropométricas: circunferencias superior e inferior del muslo, longitud entre ambas circunferencias

y pliegue cutáneo. Con ello se realizó el cálculo del AQ con los ajustes morfológicos correspondientes:

$$(1) \text{ AQ} = 3.1416 \times \left[I_m \times \left(\frac{C_{sup} + C_{inf}}{2 \times 3.1416} - (2 \times f) \right) + \left(\frac{C_{sup}}{2 \times 3.1416} - f \right)^2 + \left(\frac{C_{inf}}{2 \times 3.1416} - f \right)^2 \right]$$

donde C_{sup} es la circunferencia de la parte superior del muslo y C_{inf} es la inferior, I_m es la longitud del muslo y f es el pliegue cutáneo, cada uno descrito en la metodología.

Como consideramos que el VQ está directamente relacionado con las variables antropométricas del sujeto, procedimos a calcular el producto del AQ por la altura y la fuerza de agarre. Finalmente, para equilibrar esta ecuación, dividimos por el peso y multiplicamos por 100, obteniendo:

$$(2) \text{ VQ} = 100 \times \frac{\text{Altura} \times \text{AQ} \times \text{Fuerza de agarre}}{\text{Peso}}$$

Debido a que había una sección de VQ que no se midió por TC (aproximadamente la cuarta parte del volumen total del muslo), tuvimos que estimar esta variación mediante la regresión lineal del VQ obtenido por TC frente al VQ obtenido por la fórmula matemática (ecuación 2) para obtener un mejor ajuste para la ecuación, obteniendo la fórmula:

$$(3) \text{ VQ}_f = 456 + 0.8 \times \text{VQ}$$

donde VQ_f es el volumen final del cuádriceps. La variación de 456 se adjunta al volumen muscular no medido por TC (parte posterior del muslo, que corresponde principalmente a los músculos isquiotibiales y aductores)³².

La consistencia del modelo se probó agrupando y aleatorizando los datos de ambos grupos. La correlación entre el QV y la fuerza de agarre persistió, al igual que la correlación entre el QV por TC y el QV según la fórmula, lo que confirma la solidez del enfoque matemático.

Regresiones lineales

La relación establecida entre el VQ y la fuerza de agarre se analizó mediante regresión lineal, atribuida a la proporcionalidad entre las extremidades

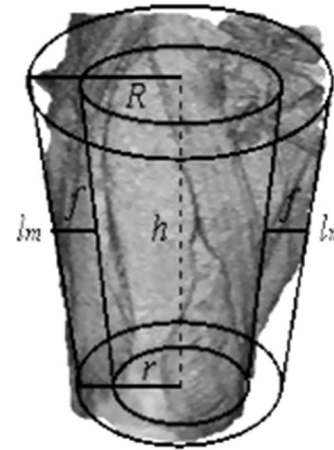


Figura 1. Relación entre la simetría del muslo y la geometría de un cono truncado.

superiores e inferiores, como se mencionó anteriormente^{15,17,18}. Para el grupo original de 97 sujetos, las regresiones derivadas arrojaron los siguientes coeficientes de determinación: TC vs. fuerza de agarre $R^2 = 0.887$, fórmula vs. fuerza de agarre $R^2 = 0.901$ y TC vs. fórmula $R^2 = 0.837$, como puede verse en la figura 2.

La relación entre el VQ y la fuerza de agarre de los sujetos es fuerte porque su coeficiente de determinación y el valor p son significativos. Sin embargo, esto es independiente de la edad y de la condición física de los sujetos. Además, se obtuvo una correlación significativa entre ambos volúmenes musculares del cuádriceps, determinados por TC y por la fórmula, como se muestra en la figura 2 C.

Cabe destacar que, para el grupo de validación (30 sujetos), el VQ se obtuvo primero mediante la fórmula matemática y, después del cálculo, se comparó con los datos obtenidos por TC. Como en el grupo original, las regresiones lineales de este grupo también mostraron unos coeficientes de determinación y un valor p significativos: TC vs. fuerza de agarre $R^2 = 0.887$, fórmula vs. fuerza de agarre $R^2 = 0.907$ y TC vs. fórmula $R^2 = 0.949$, como se muestra en la figura 3.

Es importante notar que el investigador encargado de desarrollar la fórmula matemática estaba cegado para los resultados de los volúmenes calculados con las imágenes obtenidas por TC; cuando se compararon con las obtenidas por la fórmula matemática, la correlación fue sólida, como se puede ver en la figura 3 C. De acuerdo con los resultados, decidimos agrupar y aleatorizar ambos grupos con el objetivo de validarlos,

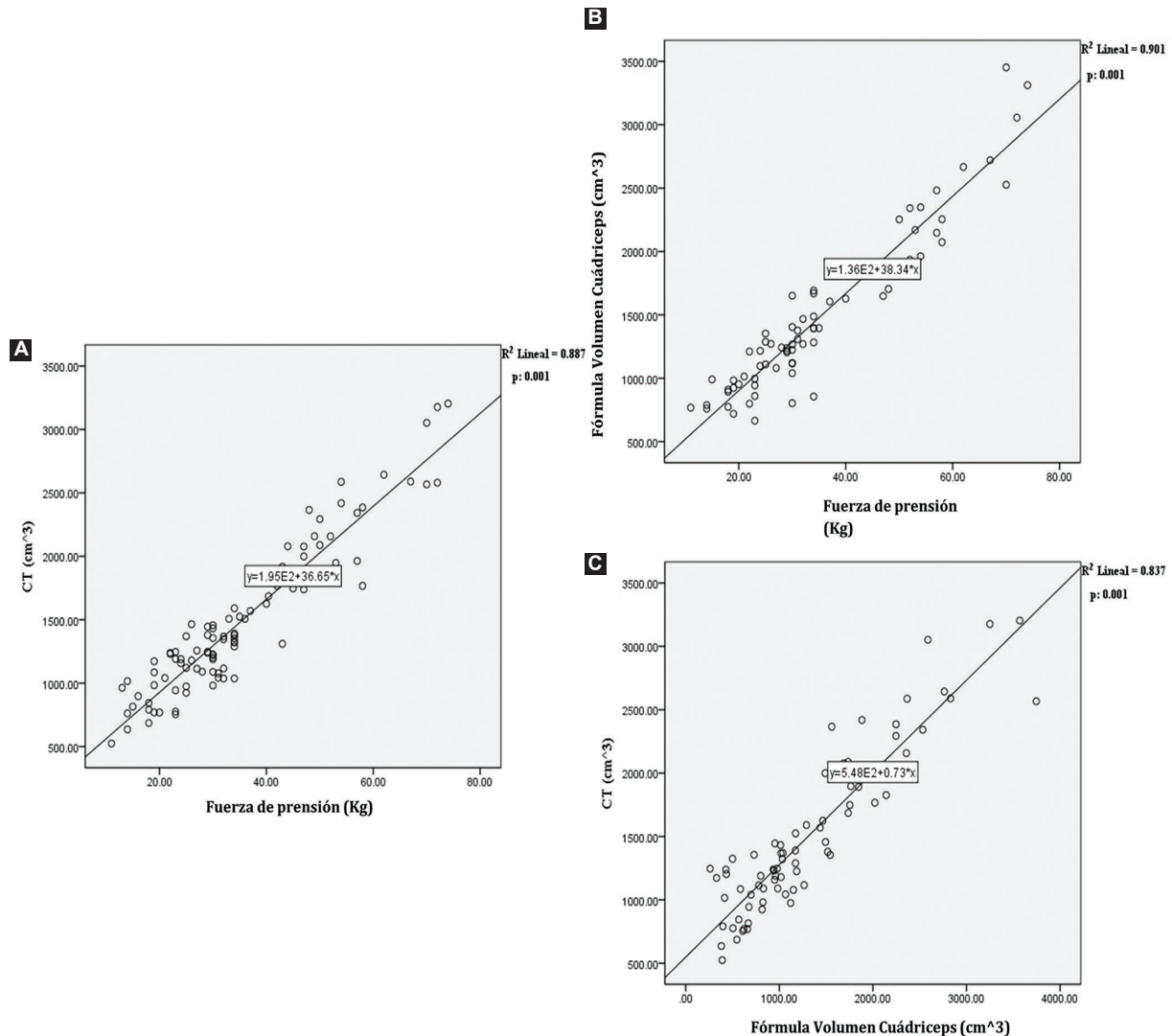


Figura 2. Regresión lineal para el grupo original. **A:** tomografía computarizada (TC) vs. fuerza de agarre. **B:** fórmula vs. fuerza de agarre. **C:** TC vs. fórmula. Se obtuvo $p = 0.001$ para todos los grupos.

así como determinar si los dos grupos son similares según las variables utilizadas. Por esta razón, llevamos a cabo una prueba t de Student (Tabla 1).

Aunque el tamaño de la muestra del grupo de validación es menor que el del grupo original, no se observa una diferencia estadísticamente significativa entre las variables de ambos grupos. Finalmente, ambos grupos se juntaron (127 sujetos) para confirmar estos resultados. Evidentemente, se obtuvieron regresiones lineales con coeficientes de determinación y valores p significativos en cada caso: TC vs. fuerza de agarre $R^2 = 0.858$, fórmula vs. fuerza de agarre $R^2 = 0.902$ y TC vs. fórmula $R^2 = 0.858$, como se muestra en la figura 4.

Discusión

Este estudio estableció con éxito una fórmula matemática capaz de predecir el VQ derivado de parámetros antropométricos y funcionales, independientemente del sexo, la edad y la capacidad física, lo que permitiría medir este parámetro sin la necesidad de equipos complejos ni de exponer a los individuos a radiación ionizante.

La premisa biológica subyacente para predecir el VQ utilizando esta fórmula se basa en la proporcionalidad anatomofuncional entre los sujetos. Los volúmenes de los grupos musculares se pueden aproximar a través de la relación peso y altura, una fracción del volumen

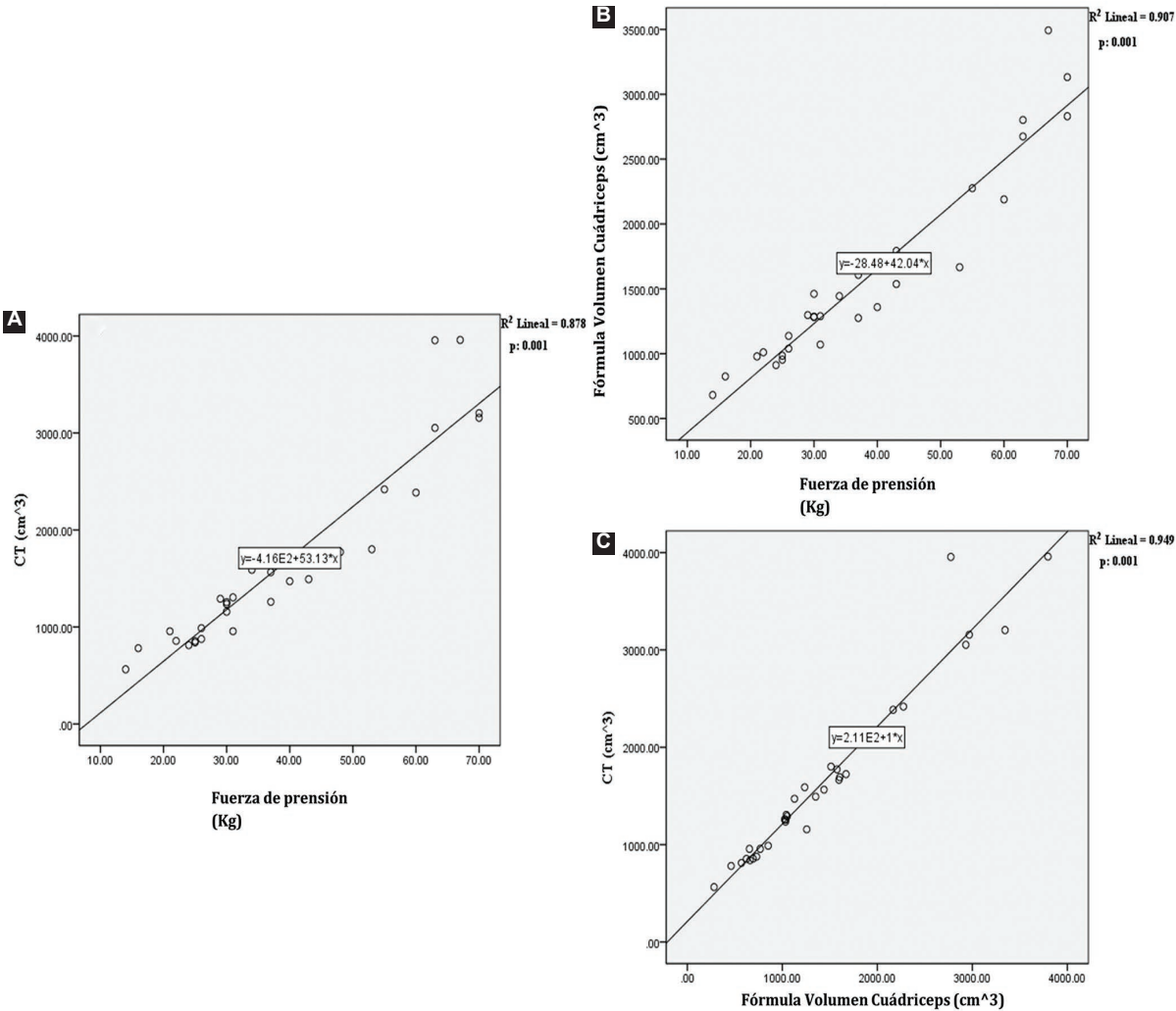


Figura 3. Regresiones lineales para el grupo de validación. **A:** tomografía computarizada (TC) vs. fuerza de agarre. **B:** fórmula vs. fuerza de agarre. **C:** TC vs. fórmula. Se obtuvo $p = 0.001$ para los tres casos.

Tabla 1. Comparación de las variables de los grupos inicial y de validación

Variables	Grupo inicial	Grupo de validación	p
	Media ± DE	Media ± DE	
Edad, años	43.09 ± 25.43	43.44 ± 21.92	0.94*
QMV por TC, cm ³	1485.28 ± 591.43	1652.93 ± 916.86	0.34*
QMV por fórmula, cm ³	1304.96 ± 789.60	1440.53 ± 892.31	0.46*
Fuerza de agarre, kg	35.21 ± 15.20	38.94 ± 16.17	0.26*
Altura, cm	163.81 ± 12.37	168.22 ± 11.36	0.07*
Peso, kg	69.37 ± 16.47	76.71 ± 18.31	0.05*

*Comparación mediante t de Student.
DE: desviación estándar; QMV: volumen medio del cuádriceps; TC: tomografía computarizada.

corporal total. Además, la fuerza de agarre exhibe una proporcionalidad directa con el volumen muscular, lo que facilita la predicción mediante asociaciones lineales establecidas entre las variables relevantes.

Entre las limitaciones del estudio es importante destacar la necesidad de una validación más amplia de los hallazgos, especialmente multicéntrica y enfocándose en otras poblaciones, así como la importancia de realizar las mediciones antropométricas con instrumentos estandarizados y por personal capacitado para ello. Cabe destacar que, aunque el volumen muscular presenta una correlación significativa con la fuerza, la relación no siempre es lineal. Factores como la calidad del tejido muscular, la activación neuromuscular y la composición de las fibras

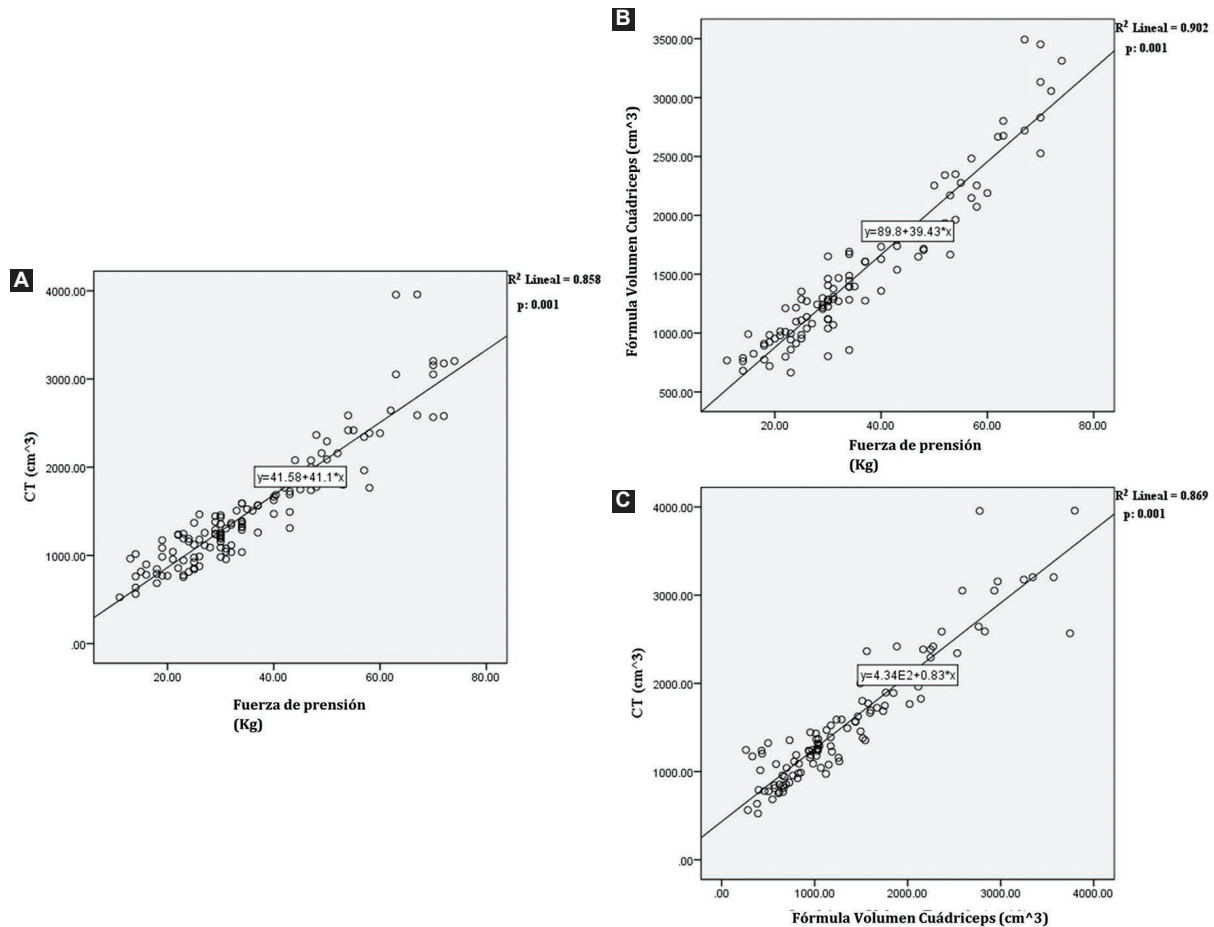


Figura 4. Modelo de regresión lineal. **A:** tomografía computarizada (TC) vs. fuerza de agarre ($R^2 = 0.858$). **B:** fórmula vs. fuerza de agarre ($R^2 = 0.902$). **C:** TC vs. fórmula ($R^2 = 0.869$). Se obtuvo $p = 0.001$ para los tres casos.

pueden alterar la relación entre volumen, fuerza y resistencia, especialmente en personas con enfermedades crónicas o terminales, o con patología neuromuscular.

Conclusiones

A la luz de estas relaciones, el QV se puede calcular de forma autónoma, lo que atribuimos a la fiabilidad de la fórmula y su comparabilidad con las mediciones directas por TC. Los resultados se alinean consistentemente con las variables de edad, sexo y funcionalidad.

La consistencia de la fórmula podría permitir el desarrollo de una calculadora fiable que ayudara a los médicos a estimar el volumen muscular con precisión, incluso con recursos mínimos, lo que permite una evaluación de la salud más completa y la detección temprana del riesgo de caídas y sarcopenia.

Cabe señalar que este estudio se llevó a cabo en una población mexicana, por lo que la fórmula requeriría un ajuste en el coeficiente de variación en caso

de que se deseara utilizar en una población diferente, debido a la gran diversidad de razas, independientemente de sus variables fisiológicas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Hospital General de México por su apoyo durante la realización del estudio, incluyendo el reclutamiento de individuos, así como el uso de pruebas diagnósticas y de imagen.

Financiamiento

La presente investigación no ha recibido ninguna beca específica de agencias de los sectores públicos, comercial o con ánimo de lucro.

Conflicto de intereses

Todos los autores declaran de manera libre que no presentan ningún conflicto de intereses.

Consideraciones éticas

Protección de personas y animales. Los autores declaran que para esta investigación no se han realizado experimentos en seres humanos ni en animales.

Confidencialidad, consentimiento informado y aprobación ética. Los autores han seguido los protocolos de su centro sanitario/institución para acceder a los datos de las historias clínicas. Se ha obtenido el consentimiento informado de los pacientes y se cuenta con la aprobación del Comité de Ética. Se han seguido las recomendaciones de las guías SAGER.

Declaración sobre el uso de inteligencia artificial. Los autores declaran que no se utilizó ningún tipo de inteligencia artificial generativa para la redacción ni la creación de contenido de este manuscrito.

Referencias

- Vögele D, Otto S, Sollmann N, Haggemüller B, Wolf D, Beer M, et al. Sarcopenia: definition, radiological diagnosis, clinical significance. *Rofo*. 2023;195(4):393-405.
- Saeki I, Yamasaki T, Yamauchi Y, Takami T, Kawaoka T, Uchikawa S, et al. Skeletal muscle volume is an independent predictor of survival after sorafenib treatment failure for hepatocellular carcinoma. *Cancers (Basel)*. 2021;13(9):2108.
- Hioki M, Kanehira N, Koike T, Saito A, Shimaoka K, Sakakibara H, et al. Age-related changes in muscle volume and intramuscular fat content in quadriceps femoris and hamstrings. *Exp Gerontol*. 2020;132:110821.
- Veronese N, Smith L, Barbagallo M, Yang L, Zou L, Haro JM, et al. Sarcopenia and fall-related injury among older adults in five low- and middle-income countries. *Exp Gerontol*. 2021;147:111271.
- Vatic M, von Haehling S, Ebner N. Inflammatory biomarkers of frailty. *Exp Gerontol*. 2020;133:110858.
- Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, Boirie Y, Bruyère O, Cederholm T, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16-31.
- Shepherd JA, Ng BK, Sommer MJ, Heymsfield SB. Body composition by DXA. *Bone*. 2017;104:101-5.
- Amini N, Spolverato G, Gupta R, Margonis GA, Kim Y, Wagner D, et al. Assessment of sarcopenia using total psoas volume: a new method that predicts complications after major surgery. *J Gastrointest Surg*. 2015;19(9):1593-601.
- Cawthon PM, Blackwell TL, Kritchevsky SP, Newman AB, Hepple RT, Coen PM, et al. Associations Between D3Cr Muscle Mass and Magnetic Resonance Thigh Muscle Volume With Strength, Power, Physical Performance, Fitness, and Limitations in Older Adults in the SOMMA Study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2024;79(4):glae056. doi: 10.1093/gerona/glae056.
- Lexell J. Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995;50A(Spec No):11-6.
- Mitchell WK, Williams J, Atherton P, Larvin M, Lund J, Narici M. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength: a quantitative review. *Front Physiol*. 2012;3:260.
- Larsson L, Degens H, Li M, Salvati L, Lee YI, Thompson W, et al. Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function. *Physiol Rev*. 2019;99(1):427-511.
- Lexell J, Taylor CC, Sjöström M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci*. 1988;84(2-3):275-94.
- So SP, Kim YJ, Lee SH, Oh JH, Kim JH. Psoas muscle volume as a diagnostic marker of sarcopenia: a computed tomography-based opportunistic measurement. *Tomography*. 2021;7(1):31-40.
- Morishita S, Kaida K, Tanaka T, Itani Y, Ikegami K, Okada M, et al. Prevalence of sarcopenia and relevance of body composition, physiological function, fatigue, and health-related quality of life in patients before allogeneic hematopoietic stem cell transplantation. *Support Care Cancer*. 2012;20(12):3161-8.
- Alajlouni DA, Bliuc D, Tran TS, Blank RD, Center JR. Muscle strength and physical performance contribute to and improve fracture risk prediction in older people: a narrative review. *Bone*. 2023;172:116755.
- Zhang FM, Wu HF, Shi HP, Yu Z, Zhuang CL. Sarcopenia and malignancies: epidemiology, clinical classification and implications. *Ageing Res Rev*. 2023;91:102057.
- Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D, Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol* (1985). 1998;85(1):115-22.
- Lieber RL, Fridén J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. *Muscle Nerve*. 2000;23(11):1647-66.
- Yamada Y, Shimada Y, Makino Y, Kudo Y, Maehara S, Yamada T, et al. Clinical utility of psoas muscle volume in assessment of sarcopenia in patients with early-stage non-small cell lung cancer. *J Cancer Res Clin Oncol*. 2023;149(7):3277-85.
- Shusharina N, Nguyen C. Consistency of muscle fibers directionality in human thigh derived from diffusion-weighted MRI. *Phys Med Biol*. 2023;68(17):175045.
- Kaur G, Lalwani R, Khan MM, Athavale SA. Muscle architecture of leg muscles: functional and clinical significance. *Acta Med Litv*. 2023;30(2):120-31.
- Enoka RM. *Neuromechanics of human movement*. 5th ed. Champaign (IL): Human Kinetics; 2015. p. 142-5.
- Fuchs CJ, Kuipers R, Rombouts JA, Brouwers K, Schrauwen-Hinderling VB, Wildberger JE, et al. Thigh muscles are more susceptible to age-related muscle loss when compared to lower leg and pelvic muscles. *Exp Gerontol*. 2023;175:112159.
- Lanza MB, Martins-Costa HC, de Souza CC, Lima FV, Diniz RCR, Chagas MH. Muscle volume vs anatomical cross-sectional area: different muscle assessment does not affect the muscle size-strength relationship. *J Biomech*. 2022;132:110956.
- Liguori G; American College of Sports Medicine. *ACSM's Guidelines for exercise testing and prescription*. 11th ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams & Wilkins; 2021.
- World Health Organization. *WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour*. Geneva: WHO; 2020.
- Lawton MP, Brody EM. Assessment of older people: self-maintaining and instrumental activities of daily living. *Gerontologist*. 1969;9(3):179-86.
- Velasco S, Llorente-Ayuso L, Contador I, Bermejo-Pareja F. Spanish versions of the Mini-Mental State Examination (MMSE): questions for their use in clinical practice. *Rev Neurol*. 2015;61(9):363-71.
- Mathiowetz V, Kashman N, Volland G, Weber K, Dowe M, Rogers S. Grip and pinch strength: normative data for adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 1985;66(2):69-74.
- Albright B, Fox WP. *Mathematical modeling with Excel*. Boca Raton (FL): Chapman and Hall/CRC; 2019.
- Testut L, Latarjet A. *Compendio de anatomía descriptiva*. 22.^a ed. México: Elsevier Masson; 1996.