



Revisión

Métodos de evaluación de la masa muscular: una revisión sistemática de ensayos controlados aleatorios

Oswaldo Costa Moreira^{1,2}, Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira^{1,3}, Ramón Candia-Luján⁴,
Ena Monserrat Romero-Pérez⁵ y José Antonio de Paz Fernández¹

¹Instituto de Biomedicina. Universidad de León, León (España). ²Instituto de Ciencias Biológicas y de la Salud. Universidad Federal de Viçosa, Campus Florestal, Florestal, Minas Gerais (Brasil). ³Departamento de Educación Física. Universidad Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais (Brasil). ⁴Facultad de Ciencias de la Cultura Física. Universidad Autónoma de Chihuahua, Chihuahua (México). ⁵Departamento de Ciencias del Deporte y de la Actividad Física. Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora (México).

Resumen

Introducción: en los últimos años las investigaciones sobre la masa muscular han cobrado popularidad por su relación con la salud. Así, la medición precisa de la masa muscular puede tener aplicación clínica, ya que puede interferir en el diagnóstico y prescripción del tratamiento medicamentoso o no medicamentoso.

Objetivo: realizar una revisión sistemática de los métodos más utilizados para la evaluación de la masa muscular en ensayos controlados aleatorios, con sus ventajas y desventajas.

Método: se llevó a cabo una búsqueda en las bases de datos Pubmed, Web of Science y Scopus, con las palabras muscle mass, measurement, assessment y evaluation, combinadas de esta manera: “muscle mass” AND (measurement OR assessment OR evaluation).

Resultados: 23 estudios fueron recuperados y analizados, todos ellos en inglés. El 69,56% utilizaron solamente un método para la cuantificación de la masa muscular; el 69,57% utilizaron la doble absorciometría de rayos X (DXA); en el 45,46% el tipo de medida utilizado fue la masa corporal total libre de grasa; y el 51,61% eligieron el cuerpo total como sitio de medida.

Conclusiones: en los ensayos controlados aleatorios analizados la mayor parte utilizó apenas un método de evaluación, siendo la DXA el método más empleado, la masa corporal total libre de grasa el tipo de medida más utilizado y el cuerpo total el sitio de medida más común.

(Nutr Hosp. 2015;32:977-985)

DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9322

Palabras clave: Composición corporal. Antropometría. Absorciometría. Imágenes por resonancia magnética. Escáneres de tomografía.

METHODS OF EVALUATION OF MUSCLE MASS: A SYSTEMATIC REVIEW OF RANDOMIZED CONTROLLED TRIALS

Abstract

Introduction: in recent years, research about muscle mass has gained popularity for their relationship to health. Thus precise measurement of muscle mass may have clinical application once may interfere with the diagnosis and prescription drug or drug treatment.

Objective: to conduct a systematic review of the methods most used for evaluation of muscle mass in randomized controlled trials, with its advantages and disadvantages.

Methods: we conducted a search of the data bases PubMed, Web of Science and Scopus, with words “muscle mass”, “measurement”, “assessment” and “evaluation”, combined in this way: “muscle mass” AND (assessment OR measurement OR evaluation).

Results: 23 studies were recovered and analyzed, all in English. 69.56% only used a method for quantification of muscle mass; 69.57% used dual X-ray absorptiometry (DXA); in 45.46% the type of measure used was the body lean mass; and 51.61% chose the whole body as a site of measurement.

Conclusions: in the randomized controlled trials analyzed the majority used just one method of assessment, with the DXA being the method most used, the body lean mass the measurement type most used and total body the most common site of measure.

(Nutr Hosp. 2015;32:977-985)

DOI:10.3305/nh.2015.32.3.9322

Key words: Body composition. Anthropometry. Absorptiometry. Magnetic resonance imaging. Tomography scanners.

Correspondencia: Oswaldo Costa Moreira.
Avenida Mariano Andrés, 141, Esc A, 1º DCH.
24008 León, España.
E-mail: osvaldo.moreira@ufv.br

Recibido: 28-V-2015.
Aceptado: 18-VI-2015.

Abreviaturas

BIA: Impedancia bioeléctrica.
CT: Tomografía computarizada.
DMO: Densidad mineral ósea.
DXA: Doble absorciometría de rayos X.
GH: Hormona de crecimiento.
RMN: Resonancia magnética nuclear.

Introducción

Las reservas de masa muscular pueden reflejar el estado nutricional, las reservas corporales de proteínas y la funcionalidad en enfermedades relacionadas con la desnutrición, cáncer, caquexia o sarcopenia, por eso ha despertado interés creciente de los grupos de investigación¹⁻⁵. No obstante, la pérdida de masa muscular también puede ir acompañada de una reducción en la función física, llevando la persona a un umbral patológico o agravando su estado de salud, cuando la persona ya se encuentra con alguna enfermedad⁶.

Por lo tanto, la medición precisa de masa muscular puede tener aplicación clínica una vez que puede interferir en el diagnóstico y prescripción de tratamiento medicamentoso o no medicamentoso⁷. Viene de ahí la importancia de conocer los diferentes métodos de evaluación de la masa muscular, una vez que, cambios en esta tienen relación directa con el estado de salud del sujeto y con el incremento o la disminución del riesgo de desarrollo de enfermedades crónico degenerativas^{8,9}.

Así, el objetivo de este trabajo fue revisar los métodos más utilizados para evaluación de la masa muscular en ensayos controlados aleatorios, con sus ventajas y desventajas.

Estrategia de búsqueda de los artículos

La búsqueda de artículos se llevó a cabo, en el mes de enero del 2015, en las bases de datos PubMed, Web of Knowledge y Scopus. Las palabras usadas fueron, muscle mass, measurement, assessment y evaluation, combinadas como a continuación se detalla: “muscle mass” AND (measurement OR assessment OR evaluation). Los criterios de inclusión de los artículos fueron los siguientes: que fueran estudios de ensayos controlados aleatorios, realizado en humanos, que fueron publicados en revistas periódicas, en inglés, que los términos de búsqueda estuviesen en el título o resumen del artículo, sin restricción en la fecha de publicación y que fuera posible acceso al artículo completo.

Los pasos seguidos para la selección de los artículos, según Candia-Luján, De Paz-Fernandez y Costa-Moreira¹⁰ fueron: después de remover los artículos repetidos, los artículos que cumplieren los criterios establecidos de búsqueda tuvieron su resumen analizado y, en el caso de identificar que en el resumen

la masa muscular fuera una de las variables cuantificadas, el estudio era seleccionado y capturado como texto completo para lectura. El análisis de los artículos completos se realizó según los criterios sugeridos por Ferreira-González, Urrutía y Alonso-Coello¹¹ para revisiones sistemáticas y metaanálisis, para posterior selección de los estudios que hicieron parte de este trabajo de revisión. La figura 1 ilustra el proceso de selección de los estudios.

Resultados

En la presente revisión fueron analizados 23 estudios del año 1998 al año 2014, con obsolescencia (medida por la mediana) de 7 años (índice de Burton Kebler) y un índice de Price (porcentaje de artículos con edad inferior a 5 años) de 48%¹². Para la cuantificación de la masa muscular se utilizó uno (69,56%) o dos métodos (30,44%) en los estudios analizados. El principal método utilizado fue la doble absorciometría de rayos X (DXA) (69,57%), y en el resto de las investigaciones se utilizó la tomografía computarizada (CT) (30,44%), impedancia bioeléctrica (BIA) (13,04%), biopsia muscular (8,69%), resonancia magnética nuclear (RMN) (4,35%) y ultra sonido (4,35%). En relación al tipo de medida, un 45,46% de los estudios evaluaron la masa corporal total libre de grasa, un 33,33% evaluaron el área de sección transversal y un 21,21% evaluaron la masa libre de grasa regional. Los sitios de medida más comunes en los estudios analizados fueron el cuerpo total (51,61%), el cuádriceps (19,35%) y los miembros inferiores (9,68%), como se observa en la tabla I.

Discusión

De todos los estudios analizados, en la mayoría se utilizó un método para evaluar la masa muscular, pero, casi una tercera parte de los estudios empleó dos o más métodos. Una posible explicación para este hallazgo es que la composición corporal está organizada en cinco niveles distintos, jerarquizados según su connotación biológica, siendo estos, el nivel atómico, el molecular, el celular, el tisular y el global³¹, y debido a que los diferentes métodos de evaluación de la masa muscular poseen mayor o menor fiabilidad y precisión dependiendo de lo que se desea medir y del tipo y lugar de medición³². Así, que para incrementar la fiabilidad y precisión de las medidas, es necesario utilizar más métodos que complementen las información obtenida.

De los métodos analizados el más empleado fue la DXA. En un principio la DXA fue concebida para medir la densidad mineral ósea (DMO), con las mejores tecnológicas se ampliaron sus posibilidades de medición, siendo considerada, actualmente, como el método de referencia en el estudio de la composición corporal en investigaciones clínicas³².

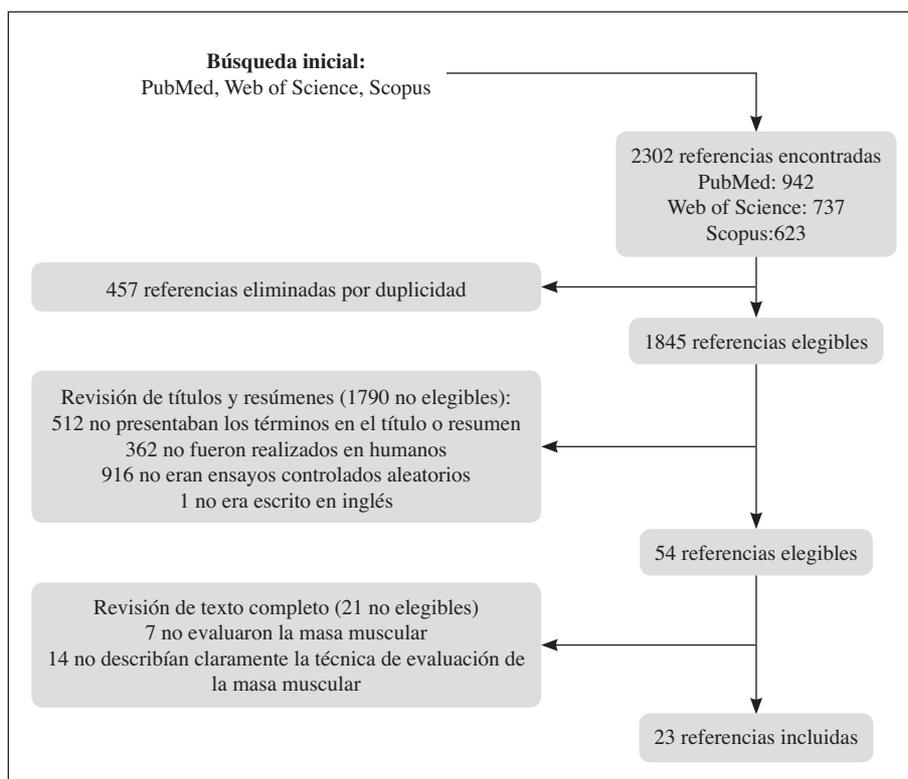


Fig. 1.—Diagrama de flujo del proceso de selección de los estudios.

Entre las principales ventajas que pueden justificar la creciente utilización de este método en los ensayos controlados aleatorios está ser una técnica no invasiva, fácilmente aplicable y con un nivel de radiación muy pequeño ($<0.1 \mu\text{Gy}$), equiparable a la que se recibe durante un vuelo transoceánico³³, un tiempo de aplicación muy reducido³⁴ y que mide diferentes componentes por separado³³; presenta menor coste con respecto a los métodos considerados *gold standard* como son la RMN y la CT³⁵. Por todas estas ventajas está considerada como el nuevo *gold standard* para la medición de la composición corporal, ya que permite realizar mediciones de segmentos corporales en serie³⁴; y para la masa muscular de las extremidades inferiores tiene buenas correlaciones con la RMN y la CT³⁵.

Por otro lado, la DXA también presenta algunas desventajas que pueden limitar su utilización en algunas situaciones y/o grupos poblacionales. Estas desventajas pueden ser el tamaño de la zona de exploración, ya que en un principio este método se desarrolló para determinados grupos de edad (mujeres ancianas) y para focalizar algunas áreas corporales, así como dificultad de medición en personas con una altura mayor de 190 cm y una anchura, incluyendo sus brazos, de más de 58cm³⁶; posibles diferencias entre aparatos de diferentes fabricantes cuando se evalúa una muestra³³, lo que puede implicar en valores de medida distintas; baja fiabilidad en personas con un peso inferior a 40 kg y por lo tanto debe ser utilizado con cuidado en niños³⁷; aún no presenta una alta precisión para medir pequeños cambios de masa muscular, tras un periodo de en-

trenamiento³⁸; y las actualizaciones de los softwares utilizados por los aparatos suelen incluir nuevos algoritmos para calcular la composición corporal lo que puede afectar a las mediciones de los individuos³³.

Otro método que fue ampliamente utilizado en los ensayos controlados aleatorios es la CT. Junto con la RMN, la CT es considerada el método más preciso para medir la cantidad y distribución del músculo y del tejido adiposo en el cuerpo³⁹. La CT mide el área de sección transversal del músculo, es decir, es un método utilizado para medir la masa muscular de un determinado sitio en un músculo o grupo muscular específico^{3,17}.

Este método presenta ventaja como la alta fiabilidad, precisión y repetitividad para medir el área de sección transversal del músculo. Además permite medir la grasa infiltrada entre el músculo esquelético³², mientras sus desventajas están relacionadas con la alta dosis de radiación al que el paciente está expuesto y los elevados costes de adquisición y utilización de este aparato. Es posible que estas desventajas hagan que este método no sea tan empleado como la DXA en los estudios analizados.

La BIA fue un método que también estuvo presente en los ensayos controlados aleatorios que fueron analizados. Este método se basa en el principio de que la conductividad del agua del cuerpo varía en diferentes compartimentos, así este método mide la impedancia a una pequeña corriente eléctrica aplicada a medida que pasa a través del cuerpo y así hace una estimación de la masa muscular⁴⁰. Por estar validado a partir de

Tabla I

Resumen de los estudios de ensayos controlados aleatorios en los que se evaluó la masa muscular

Autor(año)	Participantes				Medida		
	n	Edad (años)	Sexo	Característica	Instrumento	Local	Tipo/unidad
Alemán-Mateo <i>et al.</i> (2012) ¹³	40	76±5,4	M y F	Mayores con sarcopenia	DXA	Cuerpo total, miembros superiores, miembros inferiores y músculo esquelético apendicular total	Masa magra total y regional/Kg
Antoun <i>et al.</i> (2010) ⁵	80	-	-	Pacientes con cáncer renal avanzado	CT	3ª vértebra lumbar	Área de sección transversal/cm ²
Brooks <i>et al.</i> (2007) ¹⁴	62	66±1,5	M y F	Sujetos hispánicos mayores de 55 años	DXA y Biopsia muscular	Cuerpo total, miembros inferiores y vastus lateralis	Masa magra total y regional/Kg y área de sección transversal/μm ²
Daneryd <i>et al.</i> (1998) ¹⁵	108	-	M y F	Pacientes con cáncer gastrointestinal	DXA	Cuerpo total	Masa corporal magra/Kg
Dong <i>et al.</i> (2011) ¹⁶	32	43±13	M y F	Pacientes en hemodiálisis crónica	DXA e impedancia bioeléctrica	Cuerpo total y miembros inferiores	Masa corporal magra/Kg y masa muscular esquelética/Kg
Fragala <i>et al.</i> (2014) ¹	25	70,5±6,2	M y F	Mayores saludables	DXA	Cuerpo total	Masa corporal magra/Kg
Fricke <i>et al.</i> (2008) ¹⁷	30	54,5±4,1	F	Mujeres blancas post menopáusicas saludables	CT	Antebrazo y pierna	Área de sección transversal/mm ²
Giannoulis <i>et al.</i> (2008) ¹⁸	21	70,2±0,6	M	Mayores saludables	DXA y CT	Cuerpo total y cuádriceps femoralis	Masa corporal magra/Kg y área de sección transversal/cm ²
Gibney <i>et al.</i> (1999) ¹⁹	33	-	M y F	Pacientes con deficiencia de hormona de crecimiento	CT	Cuádriceps femoralis	Área de sección transversal/cm ²
Greulich <i>et al.</i> (2014) ²	61	65,83±8,59	-	Enfermedad pulmonar obstructiva crónica	Ultrasonido	Rectus femoralis	Área de sección transversal/cm ²
Hoyos <i>et al.</i> (2012) ²⁰	81	49±12	M	Varones obesos con apnea obstructiva del sueño	DXA	Cuerpo total	Masa corporal magra/Kg
Lønbro <i>et al.</i> (2013) ⁴	30	-	-	Pacientes con cáncer de cuello u o cabeza	DXA	Cuerpo total	Masa corporal magra/Kg
Lustgarten <i>et al.</i> (2014) ³	73	77,7±3,9	M y F	Mayores con movilidad reducida	CT y DXA	Cuádriceps femoralis y cuerpo total	Área de sección transversal/cm ² y índice de masa libre de grasa/Kg/m ²
Marcus <i>et al.</i> (2009) ²¹	16	56,1±6,4	F	Mujeres post menopáusicas obesas o con sobrepeso	DXA	Cuerpo total	Masa magra total y regional/Kg

Tabla I (cont.)

Resumen de los estudios de ensayos controlados aleatorios en los que se evaluó la masa muscular

Autor(año)	Participantes				Medida		
	n	Edad (años)	Sexo	Característica	Instrumento	Local	Tipo/unidad
Mavros <i>et al.</i> (2013) ²²	103	-	-	Mayores con diabetes tipo 2	Impedancia bioeléctrica y CT	Cuerpo total	Masa muscular esquelética/Kg y área de sección transversal/cm ²
Mueller <i>et al.</i> (2009) ²³	62	80,6±3,5	M y F	Mayores saludables y con medicación estable	DXA	Cuádriceps femoralis	Masa corporal magra/Kg
Myers <i>et al.</i> (2007) ²⁴	25	1,25±0,75	-	Niños con síndrome de Prader-Willi	DXA	Cuerpo total	Masa corporal magra/Kg
Savastano <i>et al.</i> (2009) ²⁵	24	36,8±11,7	F	Mujeres obesas sometidas a cirugía bariátrica	DXA	Cuerpo total	Masa magra total y regional/Kg
Suetta <i>et al.</i> (2008) ²⁶	36	71(61-86)	M y F	Mayores con osteoartritis en la cadera	Biopsia muscular	Vastus lateralis	Área de sección transversal/μm ²
Verhoeven <i>et al.</i> (2009) ²⁷	30	71±4	M	Mayores saludables	CT y DXA	Cuádriceps femoralis y cuerpo total	Área de sección transversal/cm ² y masa magra total y regional/Kg
Villani <i>et al.</i> (2013) ²⁸	79	82,7±5,9	M y F	Mayores con fractura de cadera	DXA e impedancia bioeléctrica	Cuerpo total	Masa magra total y regional/Kg
Villareal y Holloszy (2006) ²⁹	64	71,5±4	M y F	Mayores saludables	RMN	Cuádriceps femoralis	Volumen/cm ³
Wilson <i>et al.</i> (2014) ³⁰	24	21.6±0,5	M	Jóvenes con experiencia en entrenamiento de fuerza	DXA	Cuerpo total	Masa corporal magra/Kg

M: masculino; F: femenino; CT: tomografía computarizada; RMN: resonancia magnética nuclear; DXA: doble absorciometría de rayos X.

un método indirecto, la BIA es considerada un método doblemente indirecto con un margen de error más grande que los métodos indirectos.

La fiabilidad y precisión de este método puede tener influencia de varios factores como el tipo de instrumento, puntos de colocación de los electrodos, nivel de hidratación, alimentación, ciclo menstrual, temperatura del ambiente y la ecuación de predicción utilizada⁴⁰. Así, la BIA presenta como limitaciones la aplicación en pacientes que presentan retención de líquidos, edemas periféricos, problemas hidrostáticos o que haga uso de medicación diurética y en deportistas, ya que tiene un error del 3% lo cual es demasiado grande como para dar las instrucciones adecuadas del deportista de su estado de salud. Además de esto, un ligero cambio en el lugar de los electrodos puede producir una variabilidad de un 2% de los resultados en diferentes días³⁹.

Por otro lado, este método ha sido ampliamente difundido por presentar ventajas como su carácter no invasivo, aparato relativamente barato, la evaluación presenta un bajo coste, su fácil aplicación y su rapidez³⁹, siendo un buen método para ser utilizado en grupos poblacionales más grandes y/o en estudios epidemiológicos⁴¹.

Otro método que también estuvo presente en los estudios analizados fue la biopsia muscular, la cual consiste en extraer tejidos y células de un músculo específico y examinarlos con un microscopio⁴². Con este método, además de poder estudiar los cambios morfológicos en la fibra muscular, es posible obtener informaciones sobre la tipología de fibras que componen el músculo, medir diferentes índices de capilaridad de la fibra muscular, actividad enzimática en la fibra, estudiar los substratos presentes en la fibra bajo determinadas condiciones y establecer características

de elementos involucrados en la ultra-estructura del músculo⁴³.

Por otro lado, la biopsia muscular no suele ser muy común que sea usado para medir la masa muscular (hipertrofia de la fibra) porque presenta algunas limitaciones y/o desventajas frente a otros métodos. Como ejemplo de estas desventajas tiene el hecho de ser una técnica invasiva, de exponer al sujeto a la posibilidad de infección en el área que sufrió la biopsia, moretones, molestias y/o sangrado prolongado en dicha área^{42,43}. Además, las principales limitaciones de la biopsia muscular están relacionadas a la necesidad de estar bien indicada, de acuerdo con el objetivo del estudio, ser bien ejecutada para evitar algún problema en el sitio de ejecución y ser bien procesada, para que no genere errores en el resultado de la medida⁴⁴. Así, es posible que estas limitaciones y/o desventajas hagan con que este método no sea tan empleado en los investigaciones donde la masa muscular (hipertrofia o atrofia muscular) sea el objeto de estudio.

La RMN también fue otro método empleado en los ensayos controlados aleatorios. Esta técnica puede proporcionar imágenes de los componentes corporales y la composición química de los tejidos, además de proporcionar la composición corporal total o de un área concreta.

Por más que este método presente ventajas como la validez y precisión muy elevadas de sus medidas de masa muscular o el área de sección transversal, sin someter al sujeto a las radiaciones de la CT^{45,46}, su utilización en los estudios no fue muy alta, quizás por el hecho de presentar también desventajas como el elevado coste y la baja accesibilidad del aparato a grupos de investigación, la definición manual de las mediciones y la necesidad de mucho material clínico^{45,46}. Estas desventajas limitan la utilización de este método en muestras más grandes, y por eso es posible que su empleo en los estudios analizados tenga sido más bajo.

Otro método que también estuvo presente, aunque solamente en un estudio, fue el ultrasonido. Este método está ganando espacio como una alternativa para cuantificar el grosor muscular de un músculo o grupo muscular específico⁴⁷. El ultrasonido indirecto, a diferencia de la DXA, la RMN y la CT, y posee ventajas de ser portátil, tener bajo coste, es de fácil utilización⁴⁸. Además, el ultrasonido también puede proporcionar información sobre la arquitectura muscular incluyendo ángulo de penación (el ángulo en el que se colocan las fibras musculares) y estructuras fasciculares⁴⁷.

Sin embargo, la baja utilización de este método en los estudios analizados puede deberse a algunas limitaciones de esta técnica, como estar limitada a medir típicamente el espesor del músculo, con el grupo muscular del cuádriceps siendo el más comúnmente medido, no estar muy difundido en estudios epidemiológico poblacionales y no ser muy indicado en personas que poseen determinadas enfermedades^{49,50}. Además, es posible que mediciones en diferentes grupos musculares obtenidas por ultrasonido no sean tan precisas

como las hechas con CT y RMN, que son modalidades que incluyen un mayor campo de visión y pueden proporcionar escaneos automáticos consecutivos que cuantifican varios grupos musculares^{47,49}.

En relación al tipo de medida, casi un 50% de los estudios evaluó la masa corporal total libre de grasa. La opción por ese tipo de medida puede tener relación con la utilización de la masa corporal total libre de grasa como un indicador de salud, ya que incluye la masa muscular, que reconocidamente está relacionada con la regulación metabólica y la aptitud funcional^{18,9,15,20}. Así, este tipo de medida gana importancia en virtud del papel fundamental de los músculos en la locomoción, la producción de fuerza, la eliminación de glucosa⁶, y regulación metabólica²⁰, ya que la pérdida o bajo nivel de la masa muscular aumenta el riesgo de enfermedades crónicas tales como el síndrome metabólico, la diabetes tipo II y enfermedades cardiovasculares^{51,52}, así como las caídas y capacidad para realizar actividades de la vida diaria^{53,54}, disminuyendo la calidad de vida de las personas afectadas. De esta manera, la medir la masa corporal total libre de grasa, especialmente la masa muscular total, sirve como un indicador/predicador del rendimiento funcional y de la salud en general, lo que torna esta medida de suma importancia.

Una tercera parte de los estudios eligió el área de sección transversal como el indicador de masa muscular evaluado. Este tipo de medida guarda relación especialmente con los niveles de fuerza⁵⁵, donde sujetos entrenados demuestran un índice de producción de fuerza por área de sección transversal mucho más alto que sus congéneres no entrenados^{2,17}. Así, en estudios donde el objetivo tiene alguna relación con la fuerza y masa muscular, el área de sección transversal parece ser un tipo de medida más adecuado.

Por otro lado, la masa libre de grasa regional, es utilizada cuando la investigación tiene como objetivo medir cambios en regiones o sitios específicos, por ejemplo, en una investigación en la cual el objetivo fue evaluar el efecto de la suplementación proteica sobre la masa muscular apendicular en mayores¹³, o en una investigación que evaluó el efecto del tratamiento con la hormona del crecimiento (GH) como manera de prevenir la pérdida de masa muscular en mujeres obesas tras cirugía de reducción de estómago²⁵. Además, la masa libre de grasa apendicular, especialmente del tren inferior, también puede estar asociada a la capacidad funcional, ya que la pérdida de masa muscular en los miembros inferiores se relaciona a disminución de la autonomía funcional y a la capacidad de deambulación en mayores²⁸. Por lo que este tipo de medida parece ser lo más adecuado cuando la investigación tiene como objetivo evaluar los miembros inferiores y/o superiores y su relación con algún tratamiento o estado de salud.

En relación al sitio de medida, poco más de 50% de los estudios analizados eligieron el cuerpo total para evaluar la masa muscular (o masa corporal libre de grasa). Como se mencionó anteriormente, la masa

muscular total tiene una fuerte relación con la salud y la condición funcional de las personas, así como con la regulación de algunas funciones metabólicas^{8,9}. Así, es posible entender porque el cuerpo total fue el sitio más elegido para realización de la medida de la masa muscular. Hoyos *et al.*²⁰ realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la composición corporal y los efectos cardiometabólicos del tratamiento con testosterona en hombres obesos con apnea obstructiva del sueño grave. En este estudio, el incremento de la masa muscular total, la mejora del perfil hematológico y de los efectos respiratorios estuvo asociada al final del tratamiento con testosterona. De la misma manera, el estudio llevado a cabo por Myers *et al.*²⁴, que tuvo como objetivo determinar los efectos de la terapia de GH en la composición corporal y desarrollo psicomotor en niños con síndrome de Prader-Willi, también presentó mayor masa muscular total, desarrollo cognitivo y desarrollo de lenguaje asociados al final del tratamiento. De esta manera, la elección del cuerpo total como sitio de medida de la masa muscular, parece ser adecuado de forma más general a estudios que relacionen la masa muscular a indicadores de salud y/o desarrollo físico.

Los cuádriceps y los miembros inferiores fueron los dos sitios de medida que más estuvieron presentes en los estudios evaluados, después del cuerpo total. La medida de la masa muscular en los cuádriceps y/o miembros inferiores está asociada, generalmente, a la fuerza y al estado funcional de las personas^{8,9,53,54}. En el estudio realizado por Mueller *et al.*²³, que tuvo como objetivo de explorar el potencial del ejercicio excéntrico continuo para retardar la pérdida funcional y de la masa muscular relacionada con la edad. En este estudio, los autores observaron incremento de masa muscular en el cuádriceps y mejoras de la capacidad funcional de los miembros inferiores con el entrenamiento continuo excéntrico. Otro estudio realizado por Suetta *et al.* (2008), con el objetivo de comparar diferentes regímenes de entrenamiento con respecto a la fuerza muscular, el tamaño de la fibra muscular, la arquitectura muscular y la funcionalidad en pacientes postoperatorios de edad avanzada. Los autores observaron incremento de la masa muscular en el muslo, mejoras de fuerza y capacidad funcional en los pacientes sometidos al entrenamiento de fuerza. Así, parece que, la opción por medir la masa muscular en el cuádriceps y/o miembros inferiores es más adecuado en estudios cuya intención sea verificar incrementos de fuerza y/o capacidad funcional.

Consideraciones finales

A través de la búsqueda realizada puede observarse que existen varios métodos para evaluar la masa muscular en los ensayos controlados aleatorios, de los cuales, la mayor parte utilizó un método de evaluación, siendo la DXA el método más empleado, la masa corporal total libre de grasa el tipo de medida más utiliza-

do y el cuerpo total el sitio de medida más común en los estudios analizados.

Agradecimientos

A la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, por la beca de doctorado fornecida para Osvaldo Costa Moreira y a el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, por la beca de doctorado fornecida para Claudia Eliza Patrocínio de Oliveira.

A la Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG por la ayuda con los costes de publicación del presente trabajo de investigación.

Referencias

1. Fragala MS, Fukuda DH, Stout JR, Townsend JR, Emerson NS, Boone CH, Beyer KS, Oliveira LP, Hoffman JR. Muscle quality index improves with resistance exercise training in older adults. *Exp Gerontol* 2014;53:1-6.
2. Greulich T, Kehr K, Nell C, Koepke J, Haid D, Koehler U, Koehler K, Filipovic S, Kenn K, Vogelmeier C, Koczulla AR. A randomized clinical trial to assess the influence of a three months training program (gym-based individualized vs. calisthenics-based non-individualized) in COPD-patients. *Respir Res* 2014 25;15:36.
3. Lustgarten MS, Price LL, Chale A, Phillips EM, Fielding RA. Branched chain amino acids are associated with muscle mass in functionally limited older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2014;69(6):717-24.
4. Lønbro S, Dalgas U, Primdahl H, Overgaard J, Overgaard K. Feasibility and efficacy of progressive resistance training and dietary supplements in radiotherapy treated head and neck cancer patients--the DAHANCA 25A study. *Acta Oncol* 2013;52(2):310-8.
5. Antoun S, Birdsell L, Sawyer MB, Venner P, Escudier B, Baracos VE. Association of skeletal muscle wasting with treatment with sorafenib in patients with advanced renal cell carcinoma: results from a placebo-controlled study. *J Clin Oncol* 2010;28(6):1054-60.
6. Bosaeus I, Wilcox G, Rothenberg E, Strauss BJ. Skeletal muscle mass in hospitalized elderly patients: comparison of measurements by single-frequency BIA and DXA. *Clin Nutr* 2014;33(3):426-31.
7. Yu S, Visvanathan T, Field J, Ward LC, Chapman I, Adams R, Wittert G, Visvanathan R. Lean body mass: the development and validation of prediction equations in healthy adults. *BMC Pharmacol Toxicol* 2013;14:53.
8. American College of Sports Medicine. Appropriate physical activity intervention strategies for weight loss and prevention of weight regain for adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(2):459-71.
9. American College of Sports Medicine. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc* 2011;43(7):1334-59.
10. Candia-Luján R, De Paz Fernández JA, Costa Moreira O. Are antioxidant supplements effective in reducing delayed onset muscle soreness? A systematic review. *Nutr Hosp* 2015;31:32-45.
11. Ferreira González I, Urrútia G, Alonso-Coello P. Systematic reviews and meta-analysis: scientific rationale and interpretation. *Rev Esp Cardiol* 2011;64(8):688-96.
12. Vásquez-Morales A, Wanden-Berghe C, Sanz-Valero J. Exercise and nutritional supplements; effects of combined

- use in people over 65 years; a systematic review. *Nutr Hosp* 2013;28(4):1077-84.
13. Alemán-Mateo H, Macías L, Esparza-Romero J, Astiazaran-García H, Blancas AL. Physiological effects beyond the significant gain in muscle mass in sarcopenic elderly men: evidence from a randomized clinical trial using a protein-rich food. *Clin Interv Aging* 2012;7:225-34.
 14. Brooks N, Layne JE, Gordon PL, Roubenoff R, Nelson ME, Castaneda-Sceppa C. Strength training improves muscle quality and insulin sensitivity in Hispanic older adults with type 2 diabetes. *Int J Med Sci* 2006;4(1):19-27.
 15. Daneryd P, Svanberg E, Körner U, Lindholm E, Sandström R, Brevinge H, Pettersson C, Bosaeus I, Lundholm K. Protection of metabolic and exercise capacity in unselected weight-losing cancer patients following treatment with recombinant erythropoietin: a randomized prospective study. *Cancer Res* 1998;58(23):5374-9.
 16. Dong J, Sundell MB, Pupim LB, Wu P, Shintani A, Ikizler TA. The effect of resistance exercise to augment long-term benefits of intradialytic oral nutritional supplementation in chronic hemodialysis patients. *J Ren Nutr* 2011;21(2):149-59.
 17. Fricke O, Baecker N, Heer M, Tutlewski B, Schoenau E. The effect of L-arginine administration on muscle force and power in postmenopausal women. *Clin Physiol Funct Imaging* 2008;28(5):307-11.
 18. Giannoulis MG, Jackson N, Shojae-Moradie F, Nair KS, Sonksen PH, Martin FC, Umpleby AM. The effects of growth hormone and/or testosterone on whole body protein kinetics and skeletal muscle gene expression in healthy elderly men: a randomized controlled trial. *J Clin Endocrinol Metab* 2008;93(8):3066-74.
 19. Gibney J, Wallace JD, Spinks T, Schnorr L, Ranicar A, Cuneo RC, Lockhart S, Burnand KG, Salomon F, Sonksen PH, Russell-Jones D. The effects of 10 years of recombinant human growth hormone (GH) in adult GH-deficient patients. *J Clin Endocrinol Metab* 1999;84(8):2596-602.
 20. Hoyos CM, Yee BJ, Phillips CL, Machan EA, Grunstein RR, Liu PY. Body compositional and cardiometabolic effects of testosterone therapy in obese men with severe obstructive sleep apnoea: a randomised placebo-controlled trial. *Eur J Endocrinol* 2012;167(4):531-41.
 21. Marcus RL, Lastayo PC, Dibble LE, Hill L, McClain DA. Increased strength and physical performance with eccentric training in women with impaired glucose tolerance: a pilot study. *J Womens Health (Larchmt)* 2009;18(2):253-60.
 22. Mavros Y, Kay S, Anderberg KA, Baker MK, Wang Y, Zhao R, Meiklejohn J, Climstein M, O'Sullivan A, de Vos N, Baune BT, Blair SN, Simar D, Rooney K, Singh N, Fiatarone Singh MA. Changes in insulin resistance and HbA1c are related to exercise-mediated changes in body composition in older adults with type 2 diabetes: interim outcomes from the GREAT2DO trial. *Diabetes Care* 2013;36(8):2372-9.
 23. Mueller M, Breil FA, Vogt M, Steiner R, Lippuner K, Popp A, Klossner S, Hoppeler H, Däpp C. Different response to eccentric and concentric training in older men and women. *Eur J Appl Physiol* 2009;107(2):145-53.
 24. Myers SE, Whitman BY, Carrel AL, Moerchen V, Bekx MT, Allen DB. Two years of growth hormone therapy in young children with Prader-Willi syndrome: physical and neurodevelopmental benefits. *Am J Med Genet A* 2007;143A(5):443-8.
 25. Savastano S, Di Somma C, Angrisani L, Orio F, Longobardi S, Lombardi G, Colao A. Growth hormone treatment prevents loss of lean mass after bariatric surgery in morbidly obese patients: results of a pilot, open, prospective, randomized, controlled study. *J Clin Endocrinol Metab* 2009;94(3):817-26.
 26. Suetta C, Andersen JL, Dalgas U, Berget J, Koskinen S, Aagaard P, Magnusson SP, Kjaer M. Resistance training induces qualitative changes in muscle morphology, muscle architecture, and muscle function in elderly postoperative patients. *J Appl Physiol (1985)* 2008;105(1):180-6.
 27. Verhoeven S, Vanschoonbeek K, Verdijk LB, Koopman R, Wozdzig WK, Dendale P, van Loon LJ. Long-term leucine supplementation does not increase muscle mass or strength in healthy elderly men. *Am J Clin Nutr* 2009;89(5):1468-75.
 28. Villani AM, Miller M, Cameron ID, Kurlle S, Whitehead C, Crotty M. Body composition in older community-dwelling adults with hip fracture: portable field methods validated by dual-energy X-ray absorptiometry. *Br J Nutr* 2013;109(7):1219-29.
 29. Villareal DT, Holloszy JO. DHEA enhances effects of weight training on muscle mass and strength in elderly women and men. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2006;291(5):E1003-8.
 30. Wilson JM, Lowery RP, Joy JM, Andersen JC, Wilson SM, Stout JR, Duncan N, Fuller JC, Baier SM, Naimo MA, Rathmacher J. The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Eur J Appl Physiol* 2014;114(6):1217-27.
 31. Wang ZM, Pierson RN, Jr., Heymsfield SB. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *Am J Clin Nutr* 1992; 56: 19-28.
 32. Thibault, R; Genton, L; Pichard, C. Body composition: why, when and for who? *Clin Nutr* 2012;31(4):435-447.
 33. Plank LD. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2005;8(3):305-9.
 34. Lustgarten MS, Fielding RA. Assessment of analytical methods used to measure changes in body composition in the elderly and recommendations for their use in phase II clinical trials. *J Nutr Health Aging* 2011;15(5):368-375.
 35. Chen Z, Wang Z, Lohman T, Heymsfield SB, Outwater E, Nicholas JS, Bassford T, LaCroix A, Sherrill D, Punnyanitya M, Wu G, Going S. Dual-energy X-ray absorptiometry is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *J Nutr* 2007;137(12):2775-80.
 36. Nana A, Slater GJ, Hopkins WG, Burke LM. Techniques for undertaking dual-energy X-ray absorptiometry whole-body scans to estimate body composition in tall and/or broad subjects. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2012;22(5):313-22.
 37. Silva DR, Ribeiro AS, Pavao FH, Ronque ER, Avelar A, Silva AM, Cyrino ES. Validity of the methods to assess body fat in children and adolescents using multi-compartment models as the reference method: a systematic review. *Rev Assoc Med Bras* 2013;59(5):475-86.
 38. Delmonico MJ, Kostek MC, Johns J, Hurley BF, Conway JM. Can dual energy X-ray absorptiometry provide a valid assessment of changes in thigh muscle mass with strength training in older adults? *Eur J Clin Nutr* 2008;62(12):1372-8.
 39. Ayvaz G, Çimen AR. Methods for Body Composition Analysis in Adults. *The Open Obesity Journal* 2011;3:62-69
 40. Lee SY, Gallagher D. Assessment methods in human body composition. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2008; 11: 566-72.
 41. Sant'anna MSL, Priore SE, Franceschini SCC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Rev Paul Pediatr* 2009;27(3):315-21.
 42. Jaradeh SS, Ho H. Muscle, nerve, and skin biopsy. *Neurol Clin* 2004;22(3):539-61.
 43. Lacomis D. The utility of muscle biopsy. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2004;4(1):81-6.
 44. Ridaura-Sanz C. Biopsia muscular. *Acta Pediatr Mex* 2008;29(6):347-54.
 45. Kaul S, Rothney MP, Peters DM, Wacker WK, Davis CE, Shapiro MD, Ergun DL. Dual-energy X-ray absorptiometry for quantification of visceral fat. *Obesity (Silver Spring)* 2012;20(6):1313-8.
 46. Shuster A, Patlas M, Pinthus JH, Mourtzakis M. The clinical importance of visceral adiposity: a critical review of methods for visceral adipose tissue analysis. *Br J Radiol* 2012;85(1009):1-10.
 47. Mourtzakis M, Wischmeyer P. Bedside ultrasound measurement of skeletal muscle. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2014;17(5):389-95.
 48. Zaidman CM, Wu JS, Wilder S, Darras BT, Rutkove SB. Minimal training is required to reliably perform quantitative ultrasound of muscle. *Muscle Nerve* 2014;50(1):124-8.

49. Kwah LK, Pinto RZ, Diong J, Herbert RD. Reliability and validity of ultrasound measurements of muscle fascicle length and pennation in humans: a systematic review. *J Appl Physiol (1985)* 2013;114(6):761-9.
50. Walker FO, Cartwright MS, Wiesler ER, Caress J. Ultrasound of nerve and muscle. *Clin Neurophysiol* 2004;115(3):495-507.
51. Migliaccio S, Greco EA, Aversa A, Lenzi A. Age-associated (cardio)metabolic diseases and cross-talk between adipose tissue and skeleton: endocrine aspects. *Horm Mol Biol Clin Investig* 2014;20(1):25-38.
52. Kim JH, Cho JJ, Park YS. Relationship between Sarcopenic Obesity and Cardiovascular Disease Risk as Estimated by the Framingham Risk Score. *J Korean Med Sci* 2015;30(3):264-71.
53. Da Silva Alexandre T, de Oliveira Duarte YA, Ferreira Santos JL, Wong R, Lebrão ML. Sarcopenia according to the european working group on sarcopenia in older people (EWGSOP) versus Dynapenia as a risk factor for disability in the elderly. *J Nutr Health Aging* 2014;18(5):547-53.
54. Velázquez Alva Mdel C, Irigoyen Camacho ME, Delgadillo Velázquez J, Lazarevich I. The relationship between sarcopenia, undernutrition, physical mobility and basic activities of daily living in a group of elderly women of Mexico City. *Nutr Hosp* 2013;28(2):514-21.
55. Jones EJ, Bishop PA, Woods AK, Green JM. Cross-sectional area and muscular strength: a brief review. *Sports Med* 2008;38(12):987-94.
56. Mattsson S, Thomas BJ. Development of methods for body composition studies. *Phys Med Biol* 2006; 51: R203-28.