2024, Retos, 57, 655-663
© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

Pruebas más utilizadas para la valoración del índice de calidad muscular en niños y adolescentes: Una revisión sistemática

Most Used Tests for Assessing Muscle Quality Index in Children and Adolescents: A Systematic Review

*, **, ***Guillermo Barahona-Fuentes, **Álvaro Huerta Ojeda, *Luis Chirosa-Ríos
*Universidad de Granada (España), **Universidad de Las Américas (Chile), ***Universidad Andres Bello (Chile)

Resumen. Diferentes investigaciones se han enfocado en mejorar el índice de calidad muscular (MQI) para aumentar la función muscular en población adulta. Sin embargo, en la población adolescente estas valoraciones no solo parecen ser escasas, sino que los métodos utilizados para evaluar MQI también parecen ser aún más limitados. Por tanto, los Objetivos fueron: i) Determinar cuáles son las prueba más utilizadas para determinar MQI en niños y adolescentes sanos o con alguna patología, y ii) observar la cantidad de estudios que han evaluado MQI en dicha población. Este estudio corresponde a una revisión sistemática que fue realizada siguiendo los elementos de informes preferidos para las revisiones sistemáticas y metaanálisis de las guías (PRISMA). Los límites de búsqueda fueron artículos publicados desde la fecha de inicio hasta el año 2023 que hayan incluido evaluaciones que permitieran obtener de manera explícita una resultante de MQI en niños o adolescentes. La búsqueda identificó artículos publicados en las bases de datos Web of Science, Scopus, SPORTDiscus, PubMed y Medline. Un total de 16 artículos fueron incluidos en la revisión sistemática, los cuales fueron estratificados en los diferentes métodos utilizados para valorar MQI. Existe una amplia variedad de pruebas para determinar MQI en población de niños y adolescentes, lo que en ocasiones condiciona a una falta de heterogeneidad y reproductibilidad de los resultados en los protocolos de evaluación. Pese a esto, se sugiere la incorporación de nuevos test que incorporen variables de fuerza muscular, potencia muscular y volumen muscular, pero de la misma zona corporal.
Palabras clave: Calidad muscular; niños; adolescentes; Pruebas

Abstract. Different research efforts have focused on improving the Muscle Quality Index (MQI) to enhance muscle function in the adult population. However, in the adolescent population, these assessments not only seem to be scarce but also the methods used to assess MQI appear to be even more limited. Therefore, the objectives were: i) To determine the most commonly used tests for determining MQI in healthy children and adolescents or those with some pathology, and ii) to observe the number of studies that have evaluated MQI in said population. This study corresponds to a systematic review that was conducted following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) guidelines. The search limits were articles published from the start date until the year 2023 that included assessments allowing for an explicit MQI outcome in children or adolescents. The search identified articles published in the Web of Science, Scopus, SPORTDiscus, PubMed, and Medline databases. A total of 16 articles were included in the systematic review, which were stratified according to the different methods used to assess MQI. There is a wide variety of tests to determine MQI in children and adolescents, which sometimes leads to a lack of heterogeneity and reproducibility of results in assessment protocols. Despite this, the incorporation of new tests that include variables of muscle strength, muscle power, and muscle volume from the same body area is suggested.
Keywords: Muscle quality; children; adolescents; test

Fecha recepción: 15-04-24. Fecha de aceptación: 01-06-24
Guillermo Barahona-Fuentes
danielbarahonaf@gmail.com

Introducción

Actualmente, una alta producción de fuerza desarrollada por el músculo esquelético, se ha considerado como un factor crucial para un óptimo desempeño en el rendimiento deportivo (Barahona-Fuentes et al., 2020; Huerta Ojeda et al., 2023; Da Costa et al., 2024), la autonomía funcional (Tatangelo et al., 2022; Cortez et al., 2023), y la calidad de vida de la población (Barahona-Fuentes et al., 2021; Hanna et al., 2022). Asimismo, y de manera tradicional, los estudios científicos han centrado sus esfuerzo en mejorar la fuerza muscular con el propósito de aumentar la hipertrofia muscular (Grgic et al., 2022; Prieto González et al., 2022). Mientras que investigaciones más recientes, han propuesto mejorar la calidad muscular (MQ) para así aumentar la función muscular de la población (McGregor et al., 2014; Ransdell et al., 2021).

En efecto, la MQ describe la capacidad fisiológica funcional del tejido muscular (Fragala et al., 2015), tejido que debe ser capaz de desempeñar diversas funciones, como las contracciones, el metabolismo y la conducción eléctrica muscular (Fragala et al., 2015). Asimismo, la MQ se encuentra directamente asociada entre la fuerza por la unidad de masa muscular (Barbat-Artigas et al., 2012), entregando como resultante el índice de calidad muscular (MQI). Tanto el tamaño del cuerpo, como la fuerza y la potencia del músculo se han utilizado con frecuencia para explicar los cambios que ocurren en MQI (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2015). Es así como una buena condición física, reflejada en un buen MQI como resultado del desarrollo de la fuerza, la potencia y el tamaño muscular (Barbat-Artigas et al., 2012) ha demostrado tener un rol fundamental en la prevención de enfermedades crónicas (Wolfe, 2006), relacionándose con una mejor calidad de vida (Sabido et al., 2016). En este sentido, bajos niveles de MQI, han sido asociados con una mayor probabilidad

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

de muerte, una baja función física y fuerza muscular (Brown et al., 2016; Jerez et al., 2018). Asimismo, una disminución de MQI se encuentra altamente asociado a deficiencias de la capacidad funcional de la vida diaria (Jerez-Mayorga et al., 2019; Judd et al., 2014).

Una de las poblaciones objetiva y que pueden ver afectada su capacidad funcional de la vida diaria a futuro, son los adolescentes. En este sentido, se ha evidenciado que aquellos sujetos que padecen de debilidad muscular en la adolescencia, presentan una fuerte asociación con la discapacidad en 30 años más (Henriksson et al., 2019). En específico, se ha demostrado que las personas con discapacidades presentan una menor calidad de vida (Løkkeberg & Thoresen, 2022), un mayor riesgo de padecer enfermedades crónicas (Carroll et al., 2014) y por consiguiente una menor esperanza de vida en comparación a la población general (National Spinal Cord Injury Statistical Center, 2022). En efecto, recientes estudios han evidenciado que sujetos con discapacidad presentan una densidad mineral ósea e índices de masa muscular insuficientes (Alizadeh et al., 2019; Gorgey & Shepherd, 2010; Kopiczko & Cieplińska, 2022; Morse et al., 2019) y altos niveles de adiposidad (Gater & Farkas, 2016). Asimismo, la evidencia científica da cuenta de que altos niveles de MQI, están relacionado con un mayor bienestar en los escolares (Delgado-Floody et al., 2023) y que además presentaría una asociación inversa con parámetros psicosociales en los adolescentes (Barahona-Fuentes et al., 2023).

Pese a que los estudios demuestran la importancia de la MQ en la población general (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2015) estas evaluaciones de MQI en su amplio espectro han sido realizadas principalmente en población adulta (Jerez-Mayorga et al., 2019; Seo et al., 2020). Sin embargo, se han encontrado limitaciones en la interpretación de estos resultados debido a la influencia de otros factores como la edad, el sexo, la estatura y la masa corporal en la evaluación de la fuerza muscular (Balshaw et al., 2021; Duran et al., 2018). En este sentido, algunos estudios han utilizado pruebas compuestas por la variable de fuerza isométrica dividido por índice de masa corporal (IMC) (Delgado-Floody et al., 2023; Melo et al., 2022), mientras que otros estudios han valorado MQI en pruebas más de laboratorio a través de imagenología (Dubois et al., 2018; Fukunaga et al., 2014). Desafortunadamente, la inexperiencia en el manejo de equipos, el alto coste económico, el tiempo y otros factores, han conllevado a que los investigadores aún no definan un método más específico que otro. Por otra parte, en la población adolescente, los métodos utilizados para evaluar la MQI parecen ser aún más limitados y aparentemente, no hay una prueba estándar aceptada en esta población. Por lo que se necesita una revisión de la literatura que examine las pruebas que más han sido utilizadas para evaluar MQI en niños y adolescentes.

Por tanto, los objetivos de la siguiente revisión sistemática, fueron los siguientes: i) Determinar cuáles son las prueba más utilizadas hasta la fecha para determinar MQI en niños y adolescentes sanos o con alguna patología, y ii) observar la cantidad de estudios que han evaluado MQI en dicha población.

Materiales y métodos

Esta revisión sistemática fue realizada siguiendo los elementos de informes preferidos para las revisiones sistemáticas y metanálisis de las guías (PRISMA) (Page et al., 2021).

Criterios de Elegibilidad

Los artículos eran elegibles si estaban publicados o en prensa en una revista revisada por pares, con texto completo en inglés, español, francés, portugués y alemán. Los límites de búsqueda fueron los artículos publicados desde la fecha de inicio hasta el año 2023. Para ello, se establecieron los siguientes criterios de población, intervención, comparadores y resultados (PICO): (i) los participantes fueron niños y adolescentes sanos o con alguna patología entre 5 y 18 años; (ii) que hayan recibido la evaluación MQ – MQI en cualquiera de sus formas, ya sea a través de pruebas de campo o de laboratorio; (iii) Los comparadores fueron los diferentes tipos de prueba que permitan obtener MQI; (iv) Los resultados fueron la evaluación explícita de MQ – MQI. En este contexto y pese a que la masa, la fuerza, la densidad muscular son una medida muy común del rendimiento físico que puede indicar una disminución en la fuerza y función muscular (Jerez-Mayorga et al., 2019), no son una medida específica y explícita de MQI (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2015). Por lo tanto, solo se incluyeron artículos que aparte de evaluar masa muscular, fuerza muscular o densidad muscular por sí solo, hayan incluido una o más variables en pruebas adicionales que permitan obtener de manera explícita una resultante de MQI o bien se haya mencionado en el estudio que se utilizó como medida de MQ; (v) El diseño del estudio se limitó a estudios experimentales, donde haya existido al menos una evaluación de las variables. Se excluyeron los estudios que no cumplían con los criterios de elegibilidad. Las discrepancias encontradas fueron resueltas por consenso de los investigadores.

Fuentes de Información y Búsqueda

La búsqueda identificó artículos publicados en las siguientes bases de datos: Web of Science (WoS), Scopus, SPORTDiscus, PubMed y Medline. En cada una de las bases de datos se buscó en los campos de búsqueda de título, resumen y palabras clave. Los siguientes términos MeSH y/o palabras clave en su defecto, fueron utilizadas y combinadas con operadores booleanos *(AND/OR) ([“adolescent” OR “adolescence” OR “teenager” OR “teen” OR “boys” OR “kids” OR “children” OR “child”] AND [“muscle quality” OR “MQI” OR “muscle quality index”]).* Dos autores (B-F., G y H.O., Á) buscaron y revisaron los estudios, y ambos decidieron si la inclusión de los estudios

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

era apropiada. En caso de desacuerdo, se consultó a un tercer autor (C-R., L).

Extracción de Datos

La recolección de datos fue: autor, año, revista, objetivo, participantes, edad, formas de medir MQ – MQI.

Resultados

Selección de Estudios

La búsqueda bibliográfica en bases de datos electrónicas identificó 253 artículos, de los cuales 123 eran duplicados (estos fueron eliminados de manera automática a través de la herramienta de gestión de citas bibliográficas Refworks y comprobados posteriormente de manera visual). De los 130 artículos restantes, 86 fueron filtrados por título y resumen, por lo que 44 estudios quedaron por leer y analizar de forma completa. Después de revisar esos 44 estudios, 27 fueron eliminados porque no cumplían con los criterios de inclusión. Como resultado, se incluyeron 16 artículos en la revisión sistemática. La estrategia de búsqueda y la selección de estudios se muestran en la Figura 1. Mientas que las características de los estudios seleccionados en esta revisión sistemática se presentan en la Tabla 1.

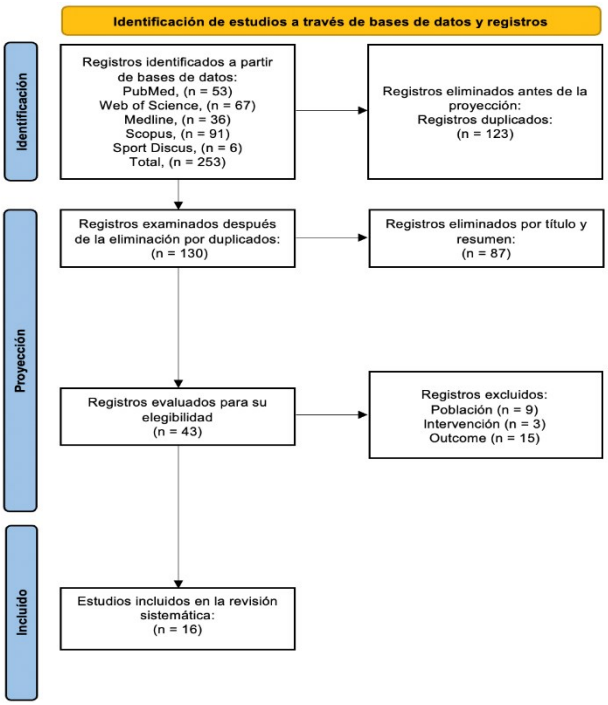

Figura 1. Flujograma PRISMA estrategia de búsqueda y selección de búsqueda

Tabla 1.
Características de estudios incluidos en la revisión y forma de medir MQ-MQI

Autor	Objetivo	Participantes	Forma de medir MQ-MQI
Akamatsu et al.	Evaluar la relación entre el PhA y la calidad muscular y los parámetros relacionados con los músculos, y determinar los factores asociados con el PhA. Y determinar el valor de corte de PhA para predecir la sarcopenia.	830 adolescentes hombres edad (18,5 ± 0,6). 422 adolescentes mujeres edad (18,3 ± 0,5).	Fuerza prensil (kg) dividido por masa muscular de las extremidades superiores (kg).
Delgado-Floody et al.	Investigar la asociación entre la CVRS, el estado físico (es decir, la antropometría y la condición física), el estilo de vida (es decir, el TS y la actividad física) y el MQI, para luego determinar el posible papel mediador del MQI en la relación del TS y la obesidad abdominal con la CVRS en escolares chilenos.	332 escolares mujeres (11,62 ± 1,08 años). 418 escolares hombres (11,66 ± 1,16 años).	Fuerza prensil dividido por Índice de Masa Corporal (IMC).
Dubois et al.	Introducir un índice de anisotropía de textura (TAI) como un enfoque basado en la textura para estimar la calidad muscular en las ecografías en modo B.	10 pacientes con distrofia muscular de Duchenne confirmada genéticamente. (12,1 ± 6,1 años) y 10 sujetos controles sanos (11,1 ± 5,5 años) no se especifica sexo	Anisotropía de textura muscular a través de imagen de ultrasonido.
Fukunaga et al.	Clarificar el efecto de la maduración en la calidad muscular de los músculos de las extremidades inferiores alrededor de la pubertad.	47 adolescentes hombres prepúber en etapa de Tanner I a II (13,3 ± 0,5 años) 70 adolescentes hombres en etapa Tanner III a V (14,0 ± 0,6 años).	Fuerza isométrica máxima de tren inferior dividido por volumen muscular de tren inferior.
Barahona-Fuentes et al.	Determinar la relación que existe entre MQI y variables psicosociales en adolescentes chilenos.	60 adolescentes; 32 hombres y 28 mujeres (14,3 ± 0,5 años).	Fuerza prensil dividido por Índice de Masa Corporal (IMC).
Jain et al.	Medir los cambios en el grosor muscular y la ecogenicidad, reflejando el volumen muscular y la calidad, respectivamente, del cuádriceps femoral, en niños críticamente enfermos.	58 participantes; 36 hombres y 22 mujeres (edad media, 6 años).	La calidad muscular se evaluó mediante el software ImageJ (Ultrasonografía) para determinar la ecogenicidad media del musculo.
Kang et al.	Investigar la asociación entre la fuerza de prensión manual y los patrones de ingesta dietética en adolescentes coreanos.	2327 adolescentes hombres y mujeres sin especificar cantidad por sexo (entre 10–18 años).	Fuerza prensil dividido por masa corporal (kg).
Kang et al.	Investigar la relación entre la fuerza de prensión manual	1050 adolescentes hombres y mujeres sin especificar cantidad por sexo (entre 10–18	Fuerza prensil dividido por masa corporal (kg).

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

	y el síndrome metabólico y cada una de las características del síndrome metabólico en adolescentes.	años).	
Kolodziej et al.	Evaluar la composición corporal y la fuerza muscular, así como analizar la relación entre la calidad funcional muscular y los parámetros de impedancia en niños de 6 y 7 años.	292 niños; 151 hombres y 141 mujeres (6,35 ± 0,57 años).	Fuerza prensil dividido por la sumatoria de masa muscular de extremidades superiores e inferiores a través de impedancia bioeléctrica.
Lee et al.	Relaciones entre la sensibilidad a la insulina, la masa del músculo esquelético y la calidad del músculo esquelético en la juventud.	40 adolescentes hombres con obesidad (15,0 ± 1,6 años).	MQ evaluado a través de tejido adiposo intermuscular entrelazado entre los haces de fibras y bajo la fascia lata, mediante un dispositivo de ultrasonido portátil.
Melo et al.	Comparar el IMC entre adolescentes con y sin síndrome down y evaluar las estimaciones de laboratorio versus las de campo de la MQI.	56 adolescentes: 26 con síndrome down; 13 hombres y 17 mujeres (12,38 ± 3,07); 30 sin síndrome down; 9 hombres y 17 mujeres (12,46 ± 2,88).	El MQI de laboratorio se derivó de la relación entre fuerza prensil y la masa muscular del brazo (kg) medida mediante DXA. El MQI de campo se cuantificó a partir de la relación entre fuerza prensil e IMC.
Mota et al.	Examinar la asociación entre la intensidad del eco y la tensión específica en niños de escuela media.	25 adolescentes hombres (12 ± 1 años).	Uso de ecografía en vasto lateral y recto femoral. Valores de intensidad del eco se determinaron como el índice correspondiente de calidad muscular que oscila entre 0 y 255 unidades arbitrarias.
Naimo y Gu	Examinar la asociación entre entrenamiento de resistencia y MQ en adolescentes utilizando datos fácilmente disponibles necesarios para realizar un estudio de cohorte a gran escala.	605 adolescentes; 318 hombres y 287 mujeres (entre 12 a 15 años).	relación entre fuerza prensil y la masa muscular del brazo (kg) medida mediante DXA.
Peeters et al.	Estudiar las asociaciones entre la espasticidad y la morfología muscular y comparar la morfología muscular entre los patrones de espasticidad comúnmente observados (es decir, diferentes patrones de activación muscular durante los estiramientos pasivos).	74 sujetos; 38 hombres y 36 mujeres entre 3 y 18 años (edad media de 8 años).	Ultrasonido tridimensional a mano alzada (la intensidad de la ecogenicidad) se utilizó como MQ.
Willcocks et al.	Describir el desarrollo de contracturas a lo largo del tiempo en una gran cohorte de individuos con distrofia muscular de Duchenne en relación con la capacidad ambulatoria, el rendimiento funcional y la calidad muscular medida mediante resonancia magnética y espectroscopia.	178 Participantes hombres (8,9 ± 2,9 años de edad) con distrofia muscular de Duchenne.	MQI = Espectroscopía de resonancia Magnética para obtener nivel de creatina y fosfocreatina muscular y esta se divide por densidad de protones de agua.
Wokke et al.	Evaluar la calidad de la musculatura de la pierna y proporcionar una descripción detallada de la afectación de la musculatura de la pierna en una serie de pacientes con distrofia muscular de Duchenne mediante repeticiones máximas cuantitativa y mediciones de fuerza.	16 Participantes hombres con distrofia muscular de Duchenne entre 8 a 14 años (edad media 11,4 ± 2,2 años) y 11 hombres sanos entre 8 a 15 años (edad media 10,7 ± 2,1 años).	la MQ se determinó a través de la fuerza muscular máxima dividido por cantidad de tejido muscular del muslo y pantorrilla.

Discusión

En relación al objetivo de esta revisión que fue determinar cuáles son las pruebas más utilizadas hasta la fecha para determinar MQI en niños y adolescentes, se obtuvieron un total de 16 artículos que evaluaron MQI en niños y adolescentes (Akamatsu et al., 2022; Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023; Dubois et al., 2018; Fukunaga et al., 2014; Jain et al., 2023; Kang, Kim, et al., 2020; Kang, Park, et al., 2020; Kołodziej & Czajka, 2022; Lee et al., 2012; Melo et al., 2022; Mota et al., 2017; Naimo & Gu, 2022; Peeters et al., 2023; Willcocks et al., 2022; Wokke et al., 2014). Estos estudios utilizaron como método de evaluación, las siguientes pruebas; fuerza prensil dividido por masa muscular de extremidades superiores (Akamatsu et al., 2022; Kołodziej & Czajka, 2022; Melo et al., 2022; Naimo & Gu, 2022), fuerza prensil dividido por IMC (Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023; Melo et al., 2022), fuerza prensil dividido por masa corporal (Kang, Kim, et al., 2020; Kang, Park, et al., 2020), fuerza isométrica máxima dividido por índice de volumen muscular (Fukunaga et al., 2014), ecogenicidad del músculo a través de resonancia magnética (Jain et al., 2023; Peeters et al., 2023; Willcocks et al., 2022) fuerza máxima dividido por cantidad de tejido muscular (Wokke et al., 2014), imagenología a través de ecógrafo (Dubois et al., 2018; Lee et al., 2012; Mota et al., 2017).

Una buena condición física, reflejada en una buena calidad muscular como resultado del desarrollo de la fuerza, la potencia y el tamaño muscular (Barbat-Artigas et al., 2012) se ha asociado con una mejor calidad de vida (Sabido et al., 2016). Al mismo tiempo, se ha observado que una alta calidad muscular juega un rol fundamental en la prevención de enfermedades crónicas (Wolfe, 2006). Por tanto, una evaluación de la calidad muscular puede ayudar a identificar a las personas que

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

podrían beneficiarse de intervenciones que mejoren la calidad muscular y prevenir el deterioro en la calidad de vida (Lees et al., 2019). En específico la evaluación de la calidad muscular en niños y adolescentes emerge como una pieza fundamental en el entendimiento de la salud y el bienestar (Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023). Durante la etapa de la adolescencia, se producen importantes cambios en el desarrollo y crecimiento físico, y la calidad muscular juega un papel esencial en la determinación de la salud general. En este sentido, una adecuada calidad muscular no solo implica la cantidad de masa muscular, sino también la composición y función de este tejido (Barbat-Artigas et al., 2012; da Cunha Nascimento et al., 2020; Fragala et al., 2015). En específico, la evaluación precisa de la MQ puede proporcionar información valiosa sobre la capacidad funcional, la fuerza, la resistencia y la prevención de posibles problemas de salud (Barbat-Artigas et al., 2012; Fragala et al., 2015; Wolfe, 2006). Además, una identificación temprana deficiente de MQ en esta etapa de la vida puede permitir la implementación de intervenciones preventivas que ayuden a los adolescentes a alcanzar su máximo potencial de salud y bienestar a medida que avanzan hacia la edad adulta (Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023). Desafortunadamente, y pese a que los estudios demuestran la importancia de la calidad muscular en la población (Barahona-Fuentes et al., 2023; Barbat-Artigas et al., 2012; Delgado-Floody et al., 2023; Jerez-Mayorga et al., 2019; Reyes-Ferrada et al., 2022), estas evaluaciones en su amplio espectro han utilizados valoraciones poco congruentes (Huerta Ojeda et al., 2021). En este sentido, los diferentes estudios que han determinado MQ independiente de la población, han evaluado por ejemplo los niveles de fuerza a través de la fuerza prensil que involucra musculatura flexora del antebrazo (Bohannon, 2015), mientras que para evaluar potencia lo han hecho con test de otros grupos musculares como puede ser un press banca (Clemons et al., 2010), mientras que para tamaño muscular lo han hecho con la composición de masa muscular global del sujeto (Reyes-Ferrada et al., 2022). Por lo que estas tres evaluaciones que entregan resultantes de MQ, no han sido de manera específica en grupos musculares de un mismo segmento y articulación. Asimismo, esta revisión sistemática ha demostrado que existen diferentes pruebas de valoración de MQ en adolescentes, lo que ha conllevado a una falta de heterogeneidad y reproductibilidad de los resultados en los protocolos de evaluación.

En específico, la fuerza prensil dividido por masa muscular de extremidades superiores fue uno de los métodos más utilizado para determinar calidad muscular en niños y adolescentes con cuatro artículos (Akamatsu et al., 2022; Kołodziej & Czajka, 2022; Melo et al., 2022; Naimo & Gu, 2022). De estos cuatro estudios, dos determinaron el volumen de la masa muscular de extremidades superiores a través de impedancia bioeléctrica (Akamatsu et al., 2022; Kołodziej & Czajka, 2022), mientras que en los dos restantes, la masa muscular fue obtenida a través de absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) (Melo et al., 2022; Naimo & Gu, 2022). Si bien el uso de impedancia bioeléctrica y DXA, parecen ser indicadores fiables para determinar MQI (da Cunha Nascimento et al., 2020), el uso de DXA carece de sensibilidad para distinguir la composición muscular (Messina et al., 2020). En este sentido, las evaluaciones de la masa muscular esquelética a través de DXA asumen que toda la masa libre de grasa y no ósea es masa muscular esquelética, por lo que no puede detectar la grasa que se infiltra en el músculo (Guglielmi et al., 2016). Por tanto, el DXA no permite identificar los depósitos de adipocitos intramusculares, como tampoco la grasa visible bajo la fascia muscular y entre los grupos musculares (Messina et al., 2020). Por otra parte, existen otros dispositivos que parecen ser algo más precisos que el DXA, como el uso de resonancia magnética, que pueden entregar una mejor información sobre la MQ (Barbat-Artigas et al., 2012; da Cunha Nascimento et al., 2020). Desafortunadamente, el alto costo económico de estas evaluaciones limita su accesibilidad a poblaciones específicas y restringe su aplicación a estudios más focalizados para obtener MQI (Codari et al., 2020). De manera alternativa, otros estudios, han determinado MQI a través de la valoración de fuerza dividido por IMC (Barahona-Fuentes et al., 2023; Delgado-Floody et al., 2023; Melo et al., 2022) o por masa corporal (Kang, Kim, et al., 2020; Kang, Park, et al., 2020). Si bien la evidencia científica da cuenta de que estas pruebas presentan una alta correlación con aquellas evaluaciones que se desarrollan en laboratorio y además presentan una mayor accesibilidad (Melo et al., 2022), continúan siendo test que no representan una relación específica de grupos musculares de un mismo segmento y articulación. Desafortunadamente, esta situación condiciona a que estas resultantes de MQI sean un tanto globales y poco específicas.

Otro modo de determinar MQI en niños y adolescentes es mediante la implementación de técnicas de imagenología, como resonancias magnéticas, tomografías (Codari et al., 2020) o ecografías (Mota et al., 2017), las cuales pueden brindar mediciones detalladas de la composición y calidad de la masa muscular, aportando una perspectiva única sobre su estado (da Cunha Nascimento et al., 2020). Sin embargo, a pesar de la precisión potencial que pueden llegar a tener estos métodos, se han planteado preocupaciones en relación con su aplicabilidad generalizada debido a limitaciones logísticas y económicas (Codari et al., 2020; Messina et al., 2020). Asimismo, la reproducibilidad de los resultados obtenidos mediante técnicas de imagenología ha sido objeto de inquietud adicional, producto de las diferencias que pueden existir en las técnicas de medición entre cada examinador, existiendo diferencias en los datos recolectados (Messina et al., 2020). Asimismo, se ha detectado que el uso de ecógrafo puede limitar la obtención de MQI, puesto a que depende en gran medida del dispositivo de ultrasonido que se utilice, como tam-

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

bién del modo de configuración empleado (Pillen & Van Alfen, 2015). Para subsanar estos aspectos, Dubois et al., (Dubois et al., 2018) han intentado utilizar el índice de anisotropía de textura local como un enfoque novedoso para estimar la MQ en las ecografías en modo B. Si bien el índice de anisotropía de textura local puede ser una técnica prometedora, requiere de más estudios que permitan determinar su validez y confiabilidad. De esta manera, las diferencias en la interpretación de imágenes y la aplicación de protocolos específicos pueden afectar la coherencia de los resultados (Pillen & Van Alfen, 2015). Lo anterior subraya la importancia de estandarizar los procedimientos y garantizar la formación adecuada del personal involucrado en la toma de imágenes y análisis (Goryachev et al., 2022; Pillen & Van Alfen, 2015). A pesar de los desafíos inherentes al uso de técnicas de imagenología para evaluar la MQI, es crucial reconocer su potencial para ofrecer una visión detallada y específica de la MQ en niños y adolescentes (Dubois et al., 2018). La continua investigación y desarrollo en este campo pueden ayudar a superar las limitaciones actuales y mejorar la viabilidad y aplicabilidad de estas técnicas en futuros estudios y evaluaciones clínicas (Goryachev et al., 2022).

Conclusión

La calidad muscular en la adolescencia es vital para la valoración de la salud física y mental actual y a futuro. Al término de la revisión sistemática se observó que existe una amplia variedad de pruebas para determinar MQI en población de niños y adolescentes, lo que en ocasiones condiciona a una falta de heterogeneidad y reproductibilidad de los resultados en los protocolos de evaluación. Pese a esto, se sugiere la incorporación de nuevos test que incorporen variables de fuerza muscular, potencia muscular y volumen muscular, pero de la misma zona corporal y no a nivel global. Asimismo, se necesitan estudios que establezcan valores normativos de MQI en población adolescente, lo que permitirá tener un panorama general de la salud física. Para esto, la investigación continua es fundamental para la mejora y estandarización de las evaluaciones.

Referencias

Akamatsu, Y., Kusakabe, T., Arai, H., Yamamoto, Y., Nakao, K., Ikeue, K., Ishihara, Y., Tagami, T., Yasoda, A., & Ishii, K. (2022). Phase angle from bioelectrical impedance analysis is a useful indicator of muscle quality. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *13*(1), 180–189.

Alizadeh, A., Dyck, S. M., & Karimi-Abdolrezaee, S. (2019). Traumatic spinal cord injury: an overview of pathophysiology, models and acute injury mechanisms. *Frontiers in Neurology*, *10*, 282.

Balshaw, T. G., Maden-Wilkinson, T., Massey, G. J., & Folland, J. P. (2021). The Human Muscle Size and Strength Relationship. Effects of Architecture, Muscle Force and Measurement Location. *Medicine & Science in Sports & Exercise*.

Barahona-Fuentes, G. D., Ojeda, Á. H., & Jerez-Mayorga, D. (2020). Effects of different methods of strength training on indicators of muscle fatigue during and after strength training: A systematic review. *Motriz: Revista de Educação Física*, *26*.

Barahona-Fuentes, G., Huerta Ojeda, Á., & Chirosa-Ríos, L. (2021). Effects of Training with Different Modes of Strength Intervention on Psychosocial Disorders in Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(18), 9477. https://doi.org/10.3390/ijerph18189477

Barahona-Fuentes, G., Huerta Ojeda, Á., Romero, G. L., Delgado-Floody, P., Jerez-Mayorga, D., Yeomans-Cabrera, M.-M., & Chirosa-Ríos, L. J. (2023). Muscle Quality Index is inversely associated with psychosocial variables among Chilean adolescents. *BMC Public Health*, *23*(1), 2104.

Barbat-Artigas, S., Rolland, Y., Zamboni, M., & Aubertin-Leheudre, M. (2012). How to assess functional status: A new muscle quality index. *Journal of Nutrition, Health and Aging*, *16*(1), 67–77. https://doi.org/10.1007/s12603-012-0004-5

Bohannon, R. W. (2015). Muscle strength: clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, *18*(5), 465–470.

Brown, J. C., Harhay, M. O., & Harhay, M. N. (2016). The muscle quality index and mortality among males and females. *Annals of Epidemiology*, *26*(9), 648–653.

Carroll, D. D., Courtney-Long, E. A., Stevens, A. C., Sloan, M. L., Lullo, C., Visser, S. N., Fox, M. H., Armour, B. S., Campbell, V. A., & Brown, D. R. (2014). Vital signs: disability and physical activity—United States, 2009–2012. *Morbidity and Mortality Weekly Report*, *63*(18), 407.

Clemons, J. M., Campbell, B., & Jeansonne, C. (2010). Validity and reliability of a new test of upper body power. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *24*(6), 1559–1565.

Codari, M., Zanardo, M., di Sabato, M. E., Nocerino, E., Messina, C., Sconfienza, L. M., & Sardanelli, F. (2020). MRI-Derived Biomarkers Related to Sarcopenia: A Systematic Review. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, *51*(4), 1117–1127.

Cortez, A. C. leal, Vale, R. G. de S., Di Masi, F. D. M., Reis, N. C. V., Lucena, B. M., & Dantas, E. H. M. (2023). Evidencia científica sobre los efectos del entrenamiento resistente, aeróbico y de flexibilidad y sus adapta-ciones

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

crónicas en la salud de los mayores (Scientific evidence about the effects of resisted, aerobic and flexibility training and their chronic adapta-tions in the health of the elderly). *Retos*, *48*, 978–987. https://doi.org/10.47197/retos.v48.78231

Da Costa, L. O. F., Soto, D. S., Brito, C. J., Muñoz, E. A., & Miarka, B. (2024). Dynamic strength and muscle power in elite and non-elite Brazilian jiu-jitsu (BJJ) athletes: a systematic review with meta-analysis. *Retos: nuevas tendencias en educación física, deporte y recreación*, (52), 291-303.

da Cunha Nascimento, D., Prestes, J., de Sousa Diniz, J., Beal, P. R., Alves, V. P., Stone, W., & Beal, F. L. R. (2020). Comparison of field-and laboratory-based estimates of muscle quality index between octogenarians and young older adults: an observational study. *Journal of Exercise Rehabilitation*, *16*(5), 458.

Delgado-Floody, P., Gómez-López, M., Caamaño-Navarrete, F., Valdés-Badilla, P., & Jerez-Mayorga, D. (2023). The Mediating Role of the Muscle Quality Index in the Relation of Screen Time and Abdominal Obesity with Health-Related Quality of Life in Chilean Schoolchildren. *Nutrients*, *15*(3), 714.

Dubois, G. J. R., Bachasson, D., Lacourpaille, L., Benveniste, O., & Hogrel, J.-Y. (2018). Local texture anisotropy as an estimate of muscle quality in ultrasound imaging. *Ultrasound in Medicine & Biology*, *44*(5), 1133–1140.

Duran, I., Martakis, K., Hamacher, S., Stark, C., Semler, O., & Schoenau, E. (2018). Are there effects of age, gender, height, and body fat on the functional muscle-bone unit in children and adults? *Osteoporosis International*, *29*, 1069–1079.

Fragala, M. S., Kenny, A. M., & Kuchel, G. A. (2015). Muscle Quality in Aging: a Multi-Dimensional Approach to Muscle Functioning with Applications for Treatment. *Sports Medicine*, *45*(5), 641–658. https://doi.org/10.1007/s40279-015-0305-z

Fukunaga, Y., Takai, Y., Yoshimoto, T., Fujita, E., Yamamoto, M., & Kanehisa, H. (2014). Effect of maturation on muscle quality of the lower limb muscles in adolescent boys. *Journal of Physiological Anthropology*, *33*(1), 1–6.

Gater, D. R., & Farkas, G. J. (2016). Alterations in body composition after SCI and the mitigating role of exercise. *The Physiology of Exercise in Spinal Cord Injury*, 175–198.

Gorgey, A. S., & Shepherd, C. (2010). Skeletal muscle hypertrophy and decreased intramuscular fat after unilateral resistance training in spinal cord injury: case report. *The Journal of Spinal Cord Medicine*, *33*(1), 90–95.

Goryachev, I., Tresansky, A. P., Ely, G. T., Chrzanowski, S. M., Nagy, J. A., Rutkove, S. B., & Anthony, B. W. (2022). Comparison of Quantitative Ultrasound Methods to Classify Dystrophic and Obese Models of Skeletal Muscle. *Ultrasound in Medicine & Biology*, *48*(9), 1918–1932.

Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Orazem, J., & Sabol, F. (2022). Effects of resistance training performed to repetition failure or non-failure on muscular strength and hypertrophy: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Sport and Health Science*, *11*(2), 202–211.

Guglielmi, G., Ponti, F., Agostini, M., Amadori, M., Battista, G., & Bazzocchi, A. (2016). The role of DXA in sarcopenia. *Aging Clinical and Experimental Research*, *28*, 1047–1060.

Hanna, L., Nguo, K., Furness, K., Porter, J., & Huggins, C. E. (2022). Association between skeletal muscle mass and quality of life in adults with cancer: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, *13*(2), 839–857.

Henriksson, H., Henriksson, P., Tynelius, P., & Ortega, F. B. (2019). Muscular weakness in adolescence is associated with disability 30 years later: a population-based cohort study of 1.2 million men. *British Journal of Sports Medicine*, *53*(19), 1221–1230.

Huerta Ojeda, Á., Cifuentes Zapata, C., Barahona-Fuentes, G., Yeomans-Cabrera, M.-M., & Chirosa-Ríos, L. J. (2023). Variable Resistance—An Efficient Method to Generate Muscle Potentiation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *20*(5), 4316.

Huerta Ojeda, A., Fontecilla Díaz, B., Yeomans Cabrera, M. M., & Jerez-Mayorga, D. (2021). Grip power test: A new valid and reliable method for assessing muscle power in healthy adolescents. *Plos One*, *16*(10), e0258720.

Jain, A., Sankar, J., Kabra, S. K., Jat, K. R., Jana, M., & Lodha, R. (2023). Evaluation of Changes in Quadriceps Femoris Muscle in Critically Ill Children Using Ultrasonography. *Indian Journal of Pediatrics*, *90*(6), 541–547.

Jerez, D. A., Machado, R., & Cerda, E. (2018). *AB1400-HPR Muscle quality index in obese subjects with hip osteoarthritis*. BMJ Publishing Group Ltd.

Jerez-Mayorga, D., Chirosa, L., Reyes, A., Delgado-Floody, P., Machado, R., & Guisado, I. M. (2019). Muscle quality index and isometric strength in older adults with hip osteoarthritis. *PeerJ*, *7*, e7471. https://doi.org/10.7717/peerj.7471

Judd, D. L., Thomas, A. C., Dayton, M. R., & Stevens-Lapsley, J. E. (2014). Strength and functional deficits in individuals with hip osteoarthritis compared to healthy, older adults. *Disability and Rehabilitation*, *36*(4), 307–312.

Kang, Y., Kim, J., Kim, D.-Y., Kim, S., Park, S., Lim, H., & Koh, H. (2020). Association between dietary patterns and handgrip strength: Analysis of the korean national health and nutrition examination survey data between 2014 and 2017. *Nutrients*, *12*(10), 3048.

Kang, Y., Park, S., Kim, S., & Koh, H. (2020). Handgrip strength among Korean adolescents with metabolic syndrome in 2014–2015. *Journal of Clinical Densitometry*, *23*(2), 271–277.

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

Kołodziej, M., & Czajka, K. (2022). Skeletal muscle quality in 6-and 7-y-old children assessed using bioelectrical impedance analysis. *Nutrition*, *96*, 111568.

Kopiczko, A., & Cieplińska, J. (2022). Forearm bone mineral density in adult men after spinal cord injuries: impact of physical activity level, smoking status, body composition, and muscle strength. *BMC Musculoskeletal Disorders*, *23*(1), 81.

Lee, S., Kim, Y., White, D. A., Kuk, J. L., & Arslanian, S. (2012). Relationships between insulin sensitivity, skeletal muscle mass and muscle quality in obese adolescent boys. *European Journal of Clinical Nutrition*, *66*(12), 1366–1368.

Lees, M. J., Wilson, O. J., Hind, K., & Ispoglou, T. (2019). Muscle quality as a complementary prognostic tool in conjunction with sarcopenia assessment in younger and older individuals. *European Journal of Applied Physiology*, *119*(5), 1171–1181.

Løkkeberg, S. T., & Thoresen, G. (2022). Experiences of quality of life in people with Multiple Sclerosis who are in a wheelchair. *Nursing Open*, *9*(4), 2217–2226.

McGregor, R. A., Cameron-Smith, D., & Poppitt, S. D. (2014). It is not just muscle mass: a review of muscle quality, composition and metabolism during ageing as determinants of muscle function and mobility in later life. *Longevity & Healthspan*, *3*(1), 1–8.

Melo, G. L. R., Moraes, M. R., Nascimento, E. F., Boato, E. M., Beal, F. L. R., Stone, W., & da Cunha Nascimento, D. (2022). Field-based versus laboratory-based estimates of muscle quality index in adolescents with and without Down syndrome. *Journal of Intellectual Disability Research*, *66*(12), 1000–1008.

Messina, C., Albano, D., Gitto, S., Tofanelli, L., Bazzocchi, A., Ulivieri, F. M., Guglielmi, G., & Sconfienza, L. M. (2020). Body composition with dual energy X-ray absorptiometry: from basics to new tools. *Quantitative Imaging in Medicine and Surgery*, *10*(8), 1687.

Morse, L. R., Biering-Soerensen, F., Carbone, L. D., Cervinka, T., Cirnigliaro, C. M., Johnston, T. E., Liu, N., Troy, K. L., Weaver, F. M., & Shuhart, C. (2019). Bone mineral density testing in spinal cord injury: 2019 ISCD official position. *Journal of Clinical Densitometry*, *22*(4), 554–566.

Mota, J. A., Stock, M. S., & Thompson, B. J. (2017). Vastus lateralis and rectus femoris echo intensity fail to reflect knee extensor specific tension in middle-school boys. *Physiological Measurement*, *38*(8), 1529.

Naimo, M. A., & Gu, J. K. (2022). The Relationship between Resistance Training Frequency and Muscle Quality in Adolescents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(13), 8099.

National Spinal Cord Injury Statistical Center. (2022). *Traumatic Spinal Cord Injury Facts and Figures at a Glance 2022 SCI Data Sheet*. https://msktc.org/sites/default/files/SCI-Facts-Figs-2022-Eng-508.pdf

Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., & others. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Bmj*, *372*.

Peeters, N., Hanssen, B., Bar-On, L., De Groote, F., De Beukelaer, N., Coremans, M., Van den Broeck, C., Dan, B., Van Campenhout, A., & Desloovere, K. (2023). Associations between muscle morphology and spasticity in children with spastic cerebral palsy. *European Journal of Paediatric Neurology*, *44*, 1–8.

Pillen, S., & Van Alfen, N. (2015). Muscle ultrasound from diagnostic tool to outcome measure--Quantification is the challenge. *Muscle & Nerve*, *52*(3), 319–320.

Prieto González, P., Sánchez-Infante, J., & Fernández-Galván, L. M. . (2022). ¿Entrenan los hombres adultos jóvenes que buscan mejorar su fuerza o desarrollar hipertrofia muscular de acuerdo con las actuales recomendaciones para el entrenamiento de fuerza (Do young adult males aiming to improve strength or develop muscle hypertrophy train according to the current strength and conditioning recommendations?). *Retos*, *46*, 714–724. https://doi.org/10.47197/retos.v46.93785

Ransdell, L. B., Wayment, H. A., Lopez, N., Lorts, C., Schwartz, A. L., Pugliesi, K., Pohl, P. S., Bycura, D., & Camplain, R. (2021). The impact of resistance training on body composition, muscle strength, and functional fitness in older women (45–80 years): A systematic review (2010–2020). *Women*, *1*(3), 143–168.

Reyes-Ferrada, W., Rodríguez-Perea, Á., Chirosa-Ríos, L., Martínez-García, D., & Jerez-Mayorga, D. (2022). Muscle Quality and Functional and Conventional Ratios of Trunk Strength in Young Healthy Subjects: A Pilot Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(19), 12673.

Sabido, R., Peñaranda, M., & Hernández-Davó, J. L. (2016). Comparison of Acute Responses To Four Different Hypertrophy-Oriented Resistance Training Methodologies. *European Journal of Human Movement*, *37*, 109–121.

Seo, M.-W., Jung, S.-W., Kim, S.-W., Jung, H. C., Kim, D.-Y., & Song, J. K. (2020). Comparisons of muscle quality and muscle growth factor between sarcopenic and non-sarcopenic older women. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(18), 6581.

Tatangelo, T., Muollo, V., Ghiotto, L., Schena, F., & Rossi, A. P. (2022). Exploring the association between handgrip, lower limb muscle strength, and physical function in older adults: A narrative review. *Experimental Gerontology*, 111902.

Willcocks, R. J., Barnard, A. M., Wortman, R. J., Senesac,

© Copyright: Federación Española de Asociaciones de Docentes de Educación Física (FEADEF) ISSN: Edición impresa: 1579-1726. Edición Web: 1988-2041 (https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/index)

C. R., Lott, D. J., Harrington, A. T., Zilke, K. L., Forbes, S. C., Rooney, W. D., & Wang, D.-J. (2022). Development of contractures in DMD in relation to MRI-determined muscle quality and ambulatory function. *Journal of Neuromuscular Diseases*, *9*(2), 289–302.

Wokke, B. H., Van Den Bergen, J. C., Versluis, M. J., Niks, E. H., Milles, J., Webb, A. G., Van Zwet, E. W., Aartsma-Rus, A., Verschuuren, J. J., & Kan, H. E. (2014). Quantitative MRI and strength measurements in the assessment of muscle quality in Duchenne muscular dystrophy. *Neuromuscular Disorders*, *24*(5), 409–416.

Wolfe, R. R. (2006). The underappreciated role of muscle in health and disease. *American Journal of Clinical Nutrition*, *84*(3), 475–482. https://doi.org/10.1093/ajcn/84.3.475

Datos de los/as autores/as:

Guillermo Barahona-Fuentes	danielbarahonaf@gmail.com	Autor/a
Alvaro Huerta Ojeda	achuertao@yahoo.es	Autor/a
Luis Chirosa-Ríos	lchirosa@ugr.es	Autor/a