

EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR EN NIÑOS: UNA REVISIÓN DE LA LITERATURA

DIANA PAOLA NEGRO PRIETO¹, NATHALIE ALEXANDRA CUERVO BELTRÁN², DANIELA ANDREA RAMÍREZ RAMÍREZ³, LAURA DANIELA RODRÍGUEZ SÁNCHEZ⁴, ANYI LORENA SÁNCHEZ CARDOZO⁵, MARÍA EUGENIA SERRANO GÓMEZ⁶

Recibido para publicación: 25-09-2019 - Versión corregida: 20-03-2020 - Aprobado para publicación: 24-04-2020

Negro-Prieto DP, Cuervo-Beltrán NA, Ramírez-Ramírez DA, Rodríguez-Sánchez LD, Sánchez-Cardozo AL, Serrano-Gómez ME. **Evaluación de la fuerza muscular en niños: una revisión de la literatura.** *Arch Med (Manizales)* 2020; 20(2):449-460. <https://doi.org/10.30554/archmed.20.2.3482>

Resumen

Introducción: *la fuerza muscular es un indicador importante de la función neuromuscular y un componente de la aptitud física esencial para el desempeño en actividades cotidianas. Su alteración puede causar deficiencias funcionales, afectar la independencia y los roles que desempeña una persona. Por esto, evaluar la fuerza muscular en niños es necesario para determinar el grado de rendimiento motor e identificar riesgos asociados al crecimiento y al desarrollo.* **Objetivo:** *describir el estado del arte relacionado con la utilización de escalas de valoración de la fuerza muscular en niños entre 3 y 8 años de edad.* **Materiales y Métodos:** *se realizó una revisión de la literatura empleando la estrategia PICO, con búsqueda bibliográfica en las bases de datos Ovid, Sage, Science Direct, Proquest y Clinical Key.* **Resultados:** *en la fase inicial del proceso de cribado se identificaron 69 registros elegibles por título y resumen, de los cuales se excluyeron 56 por no cumplir con los criterios de inclusión. Adicionalmente se identificaron 3 libros con información relevante, razón por la cual fueron tenidas en cuenta 16 referencias que hacen parte de la síntesis cualitativa del presente estudio.* **Conclusiones:** *estrategias y pruebas como la dinamometría, la Functional Strength*

Archivos de Medicina (Manizales) Volumen 20 N° 2, Julio-diciembre 2020, ISSN versión impresa 1657-320X, ISSN versión en línea 2339-3874, Negro Prieto D.P., Cuervo Beltrán N.A., Ramírez Ramírez D.A., Rodríguez Sánchez L.D., Sánchez Cardozo A.L., Serrano Gómez M.E.

- 1 Fisioterapeuta, Universidad de La Sabana – Chía, Cundinamarca - Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4941-2690>. Correo electrónico: diananep@unisabana.edu.co. Autor para correspondencia.
- 2 Fisioterapeuta, Universidad de La Sabana – Chía, Cundinamarca - Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8654-5674>. Correo electrónico: nathaliecube@unisabana.edu.co.
- 3 Fisioterapeuta, Universidad de La Sabana – Chía, Cundinamarca - Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8576-9190>, Correo electrónico: danielaramra@unisabana.edu.co.
- 4 Fisioterapeuta, Universidad de La Sabana – Chía, Cundinamarca - Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2933-3>. Correo electrónico: laurarodsan@unisabana.edu.co.
- 5 Fisioterapeuta, Universidad de La Sabana – Chía, Cundinamarca - Colombia. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9422-7171>. Correo electrónico: anyisaca@unisabana.edu.co.
- 6 Docente y directora de Maestrías y Especializaciones de la Facultad de Enfermería y Rehabilitación - Universidad de La Sabana - Chía, Cundinamarca – Colombia. . ORCID: <https://orcid.org/0000-000-24141-982>. Correo electrónico: maria.serrano4@unisabana.edu.co

Measurement, el Test de Competencias Motoras de Bruininks Oseretsky, el Fitness Testing Preschool Children y FUPRECOL son herramientas que permiten evaluar la fuerza muscular en la infancia, y aportan elementos importantes en la identificación temprana de factores de riesgo para la salud de la persona.

Palabras clave: *preescolar, niño, fuerza muscular, desempeño psicomotor.*

Evaluation of muscle strength in children: a review of literature

Summary

Introduction: *muscle strength is an important indicator of neuromuscular function and a component of physical fitness essential for performance in different activities of daily life. Its alteration may cause functional limitations and affects the independence and the roles that a person develops. That is why the evaluation of muscle strength is necessary to determine the level of motor performance and identify risks associated with growth and development. Objective:* *to describe the state of art related to the use of muscle strength assessment scales in children between 3 and 8 years of age. Materials and Methods:* *a review of the literature was performed using the PICO strategy, with bibliographic search in the Ovid, Sage, Science Direct, Proquest and Clinical Key databases. Results:* *in the initial phase of the screening process, 69 eligible records were identified by title and abstract, of which 56 were excluded because they did not meet the inclusion criteria. Additionally, 3 books with relevant information were identified, which is why 16 references that are part of the qualitative synthesis of this study were taken into account. Conclusions:* *strategies and tests such as dynamometry, Functional Strength Measurement, Bruininks Oseretsky's Motor Skills Test, Fitness Testing Preschool Children and FUPRECOL are tools that allow evaluating muscle strength in childhood, and provide important elements in early identification of risk factors for the person's health.*

Key Words: *child, preschool, child, muscle strength, psychomotor performance.*

Introducción

La fuerza muscular es un componente importante de la aptitud muscular y se refiere a la habilidad de un músculo para producir una contracción máxima expresable como una unidad de fuerza [1]; se genera por grupos musculares y depende en gran medida de la velocidad del movimiento. Se necesitan niveles mínimos de aptitud muscular para realizar alguna actividad [2,3].

Durante la niñez, la fuerza muscular es un importante indicador del nivel de desarrollo

motor. Su evaluación permite identificar el riesgo de presentar condiciones que puedan afectar el crecimiento y el desarrollo motor de la persona [4,5].

Así, la fuerza muscular forma parte de la función neuromuscular, siendo esencial para las actividades de la vida diaria y los roles desempeñados en cada etapa del curso de vida, especialmente durante la niñez, puesto que es el periodo durante el cual se adquieren nuevas habilidades y tiene lugar a la maduración de todos los sistemas, incluyendo, el sistema nervioso, músculo-esquelético y car-

diopulmonar [6]. La fuerza muscular ha sido reconocida como un marcador importante del perfil cardiometabólico de la persona, incluso desde edades tempranas; al afectarse, reduce la capacidad de reclutamiento de unidades motoras, condición que limita la realización óptima y efectiva de las actividades rutinarias de las personas afectando sus roles a lo largo de cada etapa de la vida [7,8].

De manera general, la evaluación de la fuerza muscular puede realizarse de forma isométrica, isotónica e isocinética, a través de instrumentos o pruebas de desempeño físico [6]. Entre los componentes de la fuerza muscular que son evaluados en los niños se encuentra el funcionamiento-fuerza, la resistencia y la potencia [1]. Generalmente su evaluación hace parte de pruebas de aptitud física que son de fácil y rápida aplicación, y no demandan altos costos [9].

Evaluar los componentes principales y describir el estado del arte relacionado a la valoración de la fuerza muscular en niños entre 3 y 8 años de edad da lugar a la identificación de riesgos asociados a su crecimiento, desarrollo motor y desempeño a lo largo de la vida y permite establecer y ejecutar estrategias de intervención tendientes al mejoramiento en su calidad de vida [4,5].

El entrenamiento de la fuerza y de la resistencia muscular proporciona efectos positivos sobre la totalidad de sistemas corporales; particularmente sobre el sistema cardiovascular-pulmonar genera mayor eficiencia al mejorar la resistencia cardio-respiratoria y la fuerza/potencia de los músculos que hacen parte de la cadena de suministro de oxígeno; los cambios funcionales en este sistema se combinan para influir significativamente en el desarrollo de la potencia aeróbica máxima previniendo la adquisición de enfermedades crónicas desde edades tempranas; de igual forma, favorece la composición corporal [10] y, entre otros, estimula la mineralización ósea ejerciendo un efecto positivo sobre la densidad y el fortalecimiento de los huesos [11].

En línea con lo anterior, el entrenamiento de la fuerza y la resistencia muscular genera efectos beneficiosos sobre condiciones como la aptitud cardiovascular, la composición corporal, la densidad mineral ósea, el perfil lipídico en sangre, la salud mental, la autoimagen y el autoconcepto. Además, mejora el desempeño muscular y favorece el balance entre grupos musculares contribuyendo al control y alineación postural, condición que facilita la realización de actividades de la vida diaria, actividades deportivas y aquellas asociadas al autocuidado, a la independencia y a la funcionalidad del curso de vida [7,10,11,12].

El entrenamiento de la fuerza muscular debe responder a cuidadosos procesos de valoración e intervención, los cuales realizados de forma oportuna, se convierten en elementos que contribuyen a disminuir el riesgo de sufrir enfermedades crónicas o alteraciones en el desempeño [13].

Por lo anterior, la conducta infantil entendida como cualquier acción o respuesta observable de un niño entre los 24 meses y los 12 años de edad [10] y teniendo en cuenta la importancia de valorar la fuerza muscular durante estas etapas de la niñez, el objetivo de este trabajo es describir el estado del arte relacionado con la utilización de pruebas e instrumentos de valoración de la fuerza muscular en niños entre 3 y 8 años de edad.

Metodología

El presente es un estudio secundario de investigación, tipo revisión de literatura, que utilizó la estrategia PICO para orientar la búsqueda de información en las bases de datos Ovid, Sage, Science Direct, Proquest y Clinical Key.

La búsqueda fue realizada en dos momentos; el primero, orientado a la construcción del marco teórico en relación con el desarrollo y los determinantes de la fuerza muscular en niños.

Las palabras clave seleccionadas según los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS)

para el idioma español y en el Medical Subject Headings (MeSH) para el idioma inglés fueron:

- Preescolar; Niño / Child, Preschool; Child.
- Desempeño Psicomotor / Psychomotor Performance.
- Fuerza Muscular / Muscle Strength.

El segundo momento de búsqueda se orientó a la recopilación del estado del arte en relación con la utilización de instrumentos de medición de la fuerza muscular en niños. Las palabras clave seleccionadas en los DeCS y MeSH fueron:

- Preescolar; Niño / Child, Preschool; Child.
- Fuerza Muscular / Muscle Strength.
- Child AND Muscle strength AND Validity of test.

Para los procesos de selección y cribado, fueron tenidos en cuenta los siguientes criterios de inclusión: estudios realizados con población en un rango de edad entre 3 y 8 años; utilización de pruebas o instrumentos para evaluar la fuerza muscular; publicaciones realizadas entre los años 2008 y 2018 y disponibilidad del documento en idioma inglés o español. Teniendo en cuenta los propósitos de la presente investigación, no fueron tenidos en cuenta los niveles de evidencia científica.

Resultados

Como resultado del proceso de búsqueda, a partir de la combinación de palabras clave en las bases de datos incluidas, resultaron inicialmente 68.647 artículos de los cuales fueron seleccionados 69 por título y resumen; de estos, 42 fueron excluidos por no incluir datos detallados en relación con las pruebas utilizadas para medir la fuerza muscular. Fueron entonces seleccionados 27 artículos para revisión a texto completo; dicha revisión dio lugar a la exclusión de 14 más por no cumplir a cabalidad con los criterios de inclusión. Con base en las referencias de los artículos seleccionados, fueron identificadas otras 3 fuentes de información adicionales que contenían material importante

relacionado con la medición de la fuerza muscular en niños, razón por la que fueron finalmente incluidas 16 referencias como resultado de la presente revisión de literatura (Figura 1). La tabla 1 recoge información relacionada con las pruebas e instrumentos encontrados en la presente revisión de la literatura para valoración de la fuerza muscular en niños.

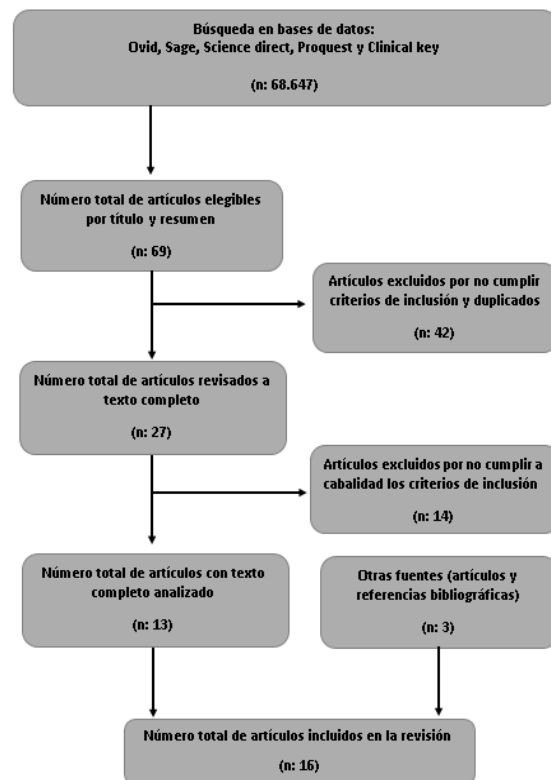


Figura 1. Diagrama de flujo: proceso de tamizaje y selección.

Fuente: Autoría propia.

Discusión

En la última década, la evaluación de la fuerza muscular se ha visto como una necesidad en la valoración en salud, y se ha incluido en varias pruebas de aptitud física en niños y adolescentes, además, existe un incremento de la evidencia de la fuerza muscular como un marcador de salud en esta misma población [25]. Por otro lado, se reconoce que la función muscular es un factor importante que permite

Tabla 1. Resumen de artículos

Estudio	Tipo de fuerza evaluada	Pruebas e instrumentos
Tezo. L. et al. (2017) [14]	Isométrica	Dinamometría de Mano
Wind A. et al. (2010) [7]		
Marrodán M D, Romero J F, Moreno S, et al. (2009) [15]	Fuerza Máxima	Dinamómetro digital de mano
Aertssen WFM, Ferguson GD, Smits-Engelsman B. (2016) [1]	Resistencia y potencia muscular	Functional Strength Measurement (FSM).
Zenovia S. Bastiurea E. Mihaila I. (2015) [16]	Fuerza muscular concéntrica	Prueba de evaluación de fuerza muscular de tronco.
Cadenas C. Martínez B. Sánchez G. et al. (2016) [5]	Evalúa fuerza de empuñadura y salto largo.	PREFIT (FITness testing in PREschool children): batería de evaluación de la condición física en niños y adolescentes.
Cadenas C. Intemann T. Labayen I. et al. (2018) [17]		
Furzer B. Bebich-Philip M, Wright K. et al. (2018) [18]	Fuerza dinámica	Batería adaptada de habilidades de entrenamiento de resistencia para niños.
Van den Bled W, Van der Sanden G, Janssen A et al. (2011) [19]	Fuerza de empuñadura, explosiva, de resistencia dinámica y estática.	Dinamometría de Mano Dinamómetro Jamar Motor Performance Test
Castro J, Ortega F. Artero E. et al. (2010) [8]	Fuerza explosiva	Salto Vertical Salto horizontal Salto en cuclillas
Ayán C, Cancela C, Ballesteros L, Martínez L. (2016) [9]		
Castro J. González J., Mora, J. (2009) [20]	Fuerza resistencia	Pruebas de fuerza muscular de la parte superior del cuerpo.
Aván-Pérez C, Cancela J, Senra I, Qireza E. (2014) [21]		
Connolly B. (1995) [22]	Evaluación de competencias motoras y calidad de patrones de movimiento.	Valoración infantil pediátrica
Serrano M. E, Correa J E. (2015) [23]		Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency BOT-2.
Ramírez R. Correa J. Universidad del Rosario (2016) [24]	Fuerza prensil y explosiva	Estudio Fuprecol (Asociación de la Fuerza Prensil con Manifestaciones Tempranas de Riesgo Cardiovascular en Niños y Adolescentes Colombianos).

Fuente: Autoría propia.

a los niños desarrollar sus actividades diarias como saltar, correr, subir escaleras, empujar un amigo en un columpio, levantar una caja llena con juguetes y practicar deportes [1]; además de esto, contribuye al desarrollo esquelético, mientras que el comportamiento sedentario afecta negativamente la salud ósea [6].

En la literatura actual, se encuentra variedad de pruebas e instrumentos que permiten evaluar la fuerza muscular en niños, entre los que se encuentra con mayor frecuencia la dinamometría, un instrumento fácil de utilizar y que permite la medición de la fuerza muscular

isométrica para los músculos de las extremidades superior e inferior, principalmente permite la evaluación de la fuerza de agarre, la cual sirve como un predictor de la fuerza muscular en general de la persona. Este instrumento ha sido ampliamente utilizado, principalmente en un rango de edad de los 5 hasta los 80 años, por lo cual presenta estudios de validez, con un coeficiente de correlación de Pearson > 0,8 [7] y coeficiente de correlación intraclase (CCI) > 0,88 [14]; que demuestran la utilidad de este instrumento en la evaluación de la fuerza muscular.

De igual manera se encontró, que la dinamometría permite realizar la evaluación muscular a nivel de tronco, por medio de posiciones de inicio fijas (lo más cercanas posibles a la posición normal) permitiendo evaluar el movimiento tanto en plano sagital (flexión y extensión) como frontal (inclinaciones) en posición bípeda y sedente; tiene como objetivo determinar desequilibrios musculares a este nivel teniendo en cuenta que la estabilidad de la columna vertebral cumple un papel funcional importante tanto en posición estática como dinámica. Se encontró que estas pruebas tienen una sensibilidad significativa teniendo en cuenta las diferencias entre poblaciones permitiendo así identificar problemas de salud relacionados con el crecimiento en rangos de edad de los 5 hasta los 18 años [16].

Otro instrumento utilizado es la Functional Strength Measurement (FSM), la cual permite evaluar la resistencia y la potencia muscular en situaciones de la vida real, y es catalogada como la primera herramienta para medir la potencia muscular funcional en niños en un rango de edad de 4-10 años contando con validación de constructo y validación test-retest con un CCI de 0,91 y un alfa de cronbach de 0,74 [1]. Este instrumento de medición basa su evaluación en la realización de actividades funcionales como lanzar y atajar, saltar, levantar objetos y subir escaleras; con el fin de determinar si existe alguna alteración de la fuerza muscular.

Por otro lado, están los instrumentos de evaluación segmental, para el caso de miembro inferior, se pueden utilizar las pruebas de salto, las cuales permiten evaluar la potencia muscular; una de las utilizadas es la prueba de salto largo, que mide la fuerza muscular explosiva de miembros inferiores ya que la altura alcanzada al ejecutar el salto depende de la potencia muscular de las extremidades inferiores, además de coordinación intra e intermuscular, la cual va a depender de la maduración suficiente del sistema nervioso [26]. También, se encuentra la

prueba de salto vertical, que permite conocer, además de la potencia muscular, un patrón motor, de experiencia y ciertas habilidades motoras fundamentales que no están completamente consolidadas hasta finales de la primera infancia [27]; por esta razón, profesionales del área de la salud han usado estas dos pruebas con el objetivo de identificar etapas de desarrollo con sus niveles de rendimiento en niños de 6 años [28], encontrando resultados de coeficiente de correlación entre 0,81 y 0,93 [7].

Por otra parte, se encuentran las pruebas de evaluación de fuerza muscular en la parte superior del cuerpo, en donde se fijará la atención en dos principales, la prueba de flexión de pecho con rodilla flexionada y la prueba de inmersión cronometrada (timed dipping test) las cuales se realizan en un rango de edad de 3 a 6 años, la prueba de flexión de pecho con rodilla flexionada tiene una confiabilidad moderada para niños de 3 años con un coeficiente de correlación intraclase (CCI) de 0,690, e intervalo de confianza (IC) del 95%, (0,379–0,845); tiene una confiabilidad alta para los niños de 4 años CCI: 0,848 e IC del 95% (0,715–0,919) y en niños de 5 años se encuentra un CCI: 0,702; e IC del 95% (0,441–0,41); la prueba de inmersión cronometrada tiene confiabilidad similar, en niños de 3 años con CCI: 0,522 e IC del 95%, (0,422–0,761), en niños de 4 años un CCI: 0,766 e IC del 95% (0,560–0,875) y en niños de 5 años CCI: 0,828 e IC del 95%, (0,677–0,908) [21].

Otro instrumento reportado en la literatura es el Motor Performance Test, el cual permite la valoración de fuerza y resistencia muscular a través de la realización de actividades que se pueden asociar al juego, de tal manera que se motive al niño a realizar los movimientos requeridos; siete de sus ítems cuentan con buena confiabilidad [19,29,30]. Los estudios relacionados con la aplicación de este instrumento implican población de 4-11 años con sospecha de miopatía, en estos estudios se destaca que dos de los siete ítems no eran correctos para

ser realizado por niños de 4-5 años; por lo cual se determinaron 5 ítems como aplicables en el rango de edad mencionado inicialmente, los cuales son: escaleras, talones, salto, gowers y circuito. Respecto a su confiabilidad Van den Beld *et al.* [29] reportan un CCI entre 0,94-0,97. Por otra parte, en el estudio realizado por Van den Bled W *et al.* [19] determinan que al ser comparado con dinamómetro Jamar y dinamómetro de mano, el Motor Performance Test demuestra ser adecuado para evaluar la fuerza muscular en los niños.

Además de las pruebas mencionadas anteriormente, existen diferentes baterías en las cuales se incluye la evaluación de la fuerza muscular y que se encuentran validadas para su aplicación en niños de diferentes rangos de edad, entre los que se comprende el rango de los 3 hasta los 8 años, entre ellas encontramos el FITness testing in PREschool children (PRE-FIT) es una batería para la evaluación de la condición física de niños y adolescentes [5]. La batería incluye los componentes de evaluación de la aptitud física como antropometría (talla, peso, circunferencia de muñeca), el fitness cardiorrespiratorio (la prueba de carrera 20m), fuerza muscular (fuerza de empuñadura y salto largo), la velocidad-agilidad (prueba de carrera 4x10m), y el balance (postura de apoyo sobre una pierna).

En un estudio inicial realizado por Cadenas *et al.* [5], esta batería fue aplicada con una muestra de 161 niños sanos entre 3-5 años, de diferentes escuelas de España, donde se expresa que las pruebas demuestran alta confiabilidad en la mayoría de las pruebas, excepto en el apoyo sobre una pierna que demuestra baja confiabilidad; también se menciona que las pruebas son fáciles de realizar, aunque la prueba de salto largo puede presentar dificultad para los más pequeños (3 años) al requerir gran coordinación. Adicionalmente, Cadenas *et al.* [17] reportan que las pruebas pueden ser empleadas en población de 3 a 5 años, allí no se presenta diferencia significativa sobre los

resultados obtenidos en la población estudiada y confirman que la única prueba que presentó baja confiabilidad fue la posición de apoyo sobre una pierna con un CCI de 0,55 a 0,68. Los resultados pueden estar influenciados por la disposición del/la niño/a para realizar las pruebas, pero es una batería que se puede emplear en población preescolar.

Otra de las baterías encontradas, es la batería adaptada de habilidades de entrenamiento de resistencia en niños, la cual consiste en 6 pruebas de aptitud muscular (cuchiilla, flexión de pecho, zancada, flexión de pecho en suspensión y soporte frontal tocando el pecho) realizando 2 series de 4 repeticiones y eligiendo la mejor repetición, permitiendo obtener una puntuación máxima de 56 puntos. Esta batería tiene como objetivo evaluar y retroalimentar a participantes y entrenadores; además de permitir la evaluación de la eficacia de los programas de entrenamiento de resistencia al ser utilizada como herramienta de medición de habilidades específicas. Demuestra confiabilidad con un alfa de Cronbach de 0,86 de niños de 6 a 12 años [18].

Por medio de otras fuentes consultadas se encontró, en el capítulo 6 del libro Pruebas funcionales musculares: técnicas de exploración manual, de Daniels, la escala de valoración pediátrica propuesta por Bárbara Connolly para infantes y niños; esta escala contempla un rango de edad entre 0 y 8 años, teniendo en cuenta que de acuerdo con cada prueba se modifica el rango de edad. La escala no valora músculos de manera individual, sino que permite observar actividades funcionales haciendo énfasis en observar la amplitud, la simetría, el ritmo y coordinación durante los movimientos. Se proponen 16 actividades con su descripción y rango de edad en el cual se debe aplicar, además se cuenta con una escala de 6 puntos de calificación, donde el evaluador puede calificar como: normal, bien, regular, mal, escaso o nulo. Del mismo modo, aunque no se han encontrado estudios de re-

producibilidad se menciona la importancia de que la evaluación inicial y de seguimiento sea realizada por la misma persona, para obtener datos confiables y comparables [22].

Así mismo, el Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOT-2) es otra batería muy utilizada en niños, la cual evalúa las competencias motoras y la calidad de los patrones de movimiento en un rango de edad de 4 a 21 años, cuenta con una versión corta, la cual está compuesta por las subdimensiones de precisión motora fina, integración motora fina, destreza manual, coordinación de miembros superiores, coordinación bilateral, balance, velocidad y agilidad y fuerza [31]. Esta batería ha sido sometida a evaluación de las propiedades psicométricas en un estudio realizado por Serrano M. y Correa J. (2015) con población colombiana donde se demuestra que tiene excelentes correlaciones en cuanto a reproducibilidad entre evaluadores con un CCI de 0,994 de todas las subdimensiones y reproducibilidad intra-evaluadores de 0,993 con un CCI de 0,994 de todas las subdimensiones; en cuanto a validez concurrente tiene excelentes resultados para las subdimensiones de coordinación y fuerza con coeficiente de correlación de Pearson superiores a 0,8 y una consistencia interna alta que muestra una adecuada correlación entre los ítems [23].

Otro instrumento estudiado en población colombiana es la batería Fuprecol, con el estudio Fuprecol (Asociación de la Fuerza Prensil con Manifestaciones Tempranas de Riesgo Cardiovascular en Niños y Adolescentes Colombianos) realizado por la Universidad del Rosario (2016), el cual tuvo como objetivo evaluar la condición física en adolescentes a partir de un grupo de pruebas válidas y confiables, tiene en cuenta 3 pruebas para evaluar la capacidad muscular: Salto horizontal, salto vertical y dinamometría. A pesar de que este estudio fue realizado en un rango de edad de 9-17 años, es un referente de validez y aplica-

bilidad de 2 de los instrumentos encontrados en la literatura para evaluar la fuerza muscular en niños colombianos [24].

Por otro lado, la aptitud física es considerada una parte fundamental de la salud de niños y adolescentes, y su bajo nivel puede conducir a un alto riesgo de desarrollo de enfermedades cardiovasculares, sobrepeso u obesidad, enfermedades mentales y problemas a nivel esquelético, aumentando el riesgo de muerte, [32] es por eso que instrumentos como la dinamometría y la FSM, baterías como el BOT-2, el PREFIT o las pruebas de fuerza para miembros superiores e inferiores; que valoran entre otros componentes la fuerza muscular, tienen tanta importancia en el proceso de identificación y evaluación de riesgos y problemas asociados al desarrollo motor y al estado de salud en los niños; y por lo tanto, constituyen una herramienta clave para la identificación temprana y prevención de complicaciones.

Es importante tener en cuenta, que la fuerza muscular puede estar asociada a diferentes variables, entre ellas la edad y el género, las cuales producen cambios tanto en la masa muscular como en el diámetro de la fibra muscular, por lo cual, estos valores en niños sanos se pueden convertir en referencia de las medidas antropométricas [7]. En cuanto al género específicamente, se resalta que la fuerza muscular generalmente es mayor en niños que en niñas como lo expresa Latorre *et al.* (2017) encontrando esta diferenciación de niveles de fuerza en niños y niñas de 4 y 5 años; además de concluir que la fuerza de agarre tiende a aumentar con la edad. [6].

Otra variable relacionada a la aptitud física, y en es específico a la fuerza muscular es la estatura; la cual, durante el crecimiento se encuentra fuertemente asociada al desarrollo de la fuerza muscular [32]. Macfarlane *et al.* (2018), determinaron que los valores más altos de edad, talla y peso se encuentran asociados a mayor fuerza en grupos musculares de miembro inferior (extensores, flexores, abductores y

aductores de la cadera, y extensores y flexores de la rodilla), de estas variables la altura fue el factor predictor más destacado asociado a la fuerza en comparación con la edad y el peso en niños de 6 a 8 años [33].

Adicionalmente, el índice de masa corporal (IMC) y el estado nutricional influyen en la fuerza muscular, como lo demuestran Soto *et al.* (2014) afirmando que la fuerza muscular se asocia con el estado nutricional y de salud de las personas [34]; igualmente Castro-Piñero *et al.* [8] concluyen que un mayor nivel de fuerza muscular y de masa libre de grasa están asociados con una mejor salud cardiovascular y con niveles altos de contenido mineral óseo. Los hábitos de vida saludable en los niños llevan una vida sana y contribuyen a la generación de mayor fuerza muscular [8].

Aunque el indicador más importante de la aptitud física es el cardiorrespiratorio, también se ha evidenciado que la velocidad, la agilidad, el balance y la fuerza muscular están asociados con la grasa corporal. Se ha concluido al igual que estudios anteriores, que los niños presentan mayor masa libre de grasa lo que les permite tener mayor desempeño en las pruebas de fuerza muscular en comparación con las niñas [32]. Los niños en edad preescolar se encuentran en un periodo de continuo desarrollo motor, físico y psicológico, por lo cual a mayor edad se evidencia mejor desempeño en las pruebas de fuerza muscular [17].

Asimismo, el peso tiene una influencia importante sobre la fuerza muscular; se ha demostrado que el diámetro muscular está relacionado con la intensidad de carga de trabajo de las actividades realizadas por el individuo a lo largo de la vida; en otras palabras, se observan mayores aumentos en el crecimiento de la fibra muscular en las piernas, que soportan el peso del cuerpo [35]. Además de esto, en un estudio realizado por Ervin *et al.* donde se muestran los resultados de la encuesta nacional en la juventud estadounidense, se expone que a medida que aumenta el estado de peso

correspondiente a la masa libre de grasa, la fuerza de la extensión de la rodilla y la fuerza de agarre también aumenta [36].

Conclusiones

En conclusión, la fuerza muscular es un componente importante de la aptitud física y su evaluación se puede utilizar como un predictor fundamental del desarrollo motor en diferentes rangos de edad, especialmente en niños; es importante reconocer que esta se correlaciona y se determina de forma directa con diferentes variables como la edad, el género, la estatura, el peso, el índice de masa corporal y el estado nutricional; por lo tanto estos también se deben tener en cuenta para su evaluación, intervención y relación con el estado de salud [1].

Existen diferentes instrumentos, pruebas y baterías que permiten la evaluación de la fuerza muscular en la población pediátrica dentro de los que se encuentran: la dinamometría de mano y de tronco, la Functional Strength Measurement (FSM), el motor performance test, la batería adaptada de habilidades de entrenamiento de resistencia para niños, el Bruininks-Oseretsky test of motor proficiency (BOT2) y la batería PREFIT (Fitness testing preschool children), la valoración infantil pediátrica, pruebas de salto largo y vertical, las pruebas de fuerza para miembro superior y el estudio Fuprecol (Asociación de la fuerza prensil con manifestaciones tempranas de riesgo cardiovascular en niños y adolescentes colombianos), la mayoría de estos instrumentos no solo evalúan la fuerza muscular sino también evalúan otras variables de la aptitud física como la flexibilidad, resistencia cardiorrespiratoria, coordinación entre otras.

Aunque estos instrumentos no cumplen a cabalidad con el rango de edad objetivo para esta revisión (3 a 8 años), se encontró que en su mayoría los instrumentos encontrados tienen en común la realización de varias pruebas que permiten evaluar cada uno de los componentes de la aptitud física y de la fuerza muscular

contemplando el rango de edad objetivo. Además, estos instrumentos sirven no solo como herramientas para evaluar diferentes tipos de fuerza muscular, sino son sustento para identificar problemas o alteraciones de salud en población pediátrica; adicionalmente, son guía para el estudio y desarrollo de nuevos instrumentos, que contribuyen a ampliar el campo de conocimiento en esta área.

Tanto el hecho de limitar la búsqueda de la literatura a los idiomas inglés y español, como el no haber realizado una evaluación de la calidad metodológica de los documentos seleccionados, pueden considerarse limitaciones del presente estudio.

Se recomienda investigación adicional acerca de la influencia que ejerce la fuerza muscular en el estado de salud en población pediátrica.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la Universidad de La Sabana, a la Facultad de Enfermería y Rehabilitación, al programa de Fisioterapia y en especial a la Profesora María Eugenia Serrano Gómez por guiar todo el proceso de creación y elaboración de este artículo.

Conflictos de interés: las autoras declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Fuentes de financiación: recursos propios y aquellos que hacen parte de la formación en investigación en la Universidad de La Sabana.

Literatura citada

1. Aertssen WF, Ferguson GD, Smits-Engelsman BC. **Reliability and Structural and Construct Validity of the Functional Strength Measurement in Children Aged 4 to 10 Years.** *Phys Ther* 2016; 96(6):888-897. DOI: 10.2522/ptj.20140018
2. Dekkers K, Rameckers EA, Smeets RJ, Janssen-Potten YJ. **Upper extremity strength measurement for children with cerebral palsy: A systematic review of available instruments.** *Phys Ther* 2014; 94(5):609-22. DOI: 10.2522/ptj.20130166
3. Kliegman RM, St. Geme J, Stanton B, Schor NF. **Nelson, Tratado de pediatría.** 20ª ed. Madrid: Elsevier España; 2016.
4. Haga M, Gisladott T, Sigmundsson H. **The relationship between motor competence and physical fitness is weaker in the 15–16 yr, Adolescent age group than in younger age groups.** *Perceptual & Motor Skills* 2015; 121(3):900-912. DOI: 10.2466/10.pms.121c24x2
5. Cadenas-Sanchez C, Martínez-Téllez B, Sánchez-Delgado G, Mora-González J, Castro-Piñero J, Löf M, et al. **Assessing physical fitness in preschool children: Feasibility, reliability and practical recommendations for the PREFIT battery.** *Journal of Science and Medicine in Sport* 2016; 19(11):910-915. DOI: 10.1016/j.jsams.2016.02.003
6. Latorre-Román PA, Mora-López D, Berrios-Aguayo B, Robles-Fuentes A, García-Pinillos F, Martínez-Redondo M. **Handgrip strength is associated with anthropometrics variables and sex in preschool children: A cross sectional study providing reference values.** *Phys Ther Sport* 2017; 26:1-6. DOI: 10.1016/j.ptsp.2017.04.002
7. Wind AE, Takken T, Helders PJ, Engelbert RH. **Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults?** *Eur J Pediatr* 2010; 169(3):281-287. DOI: 10.1007/s00431-009-1010-4
8. Castro-Piñero J, Ortega FB, Artero E, Girela-Rejón MJ, Mora J, Sjöström M, et al. **Assessing muscular strength in youth: Usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness.** *J Strength Cond Res* 2010; 24(7):810-7. DOI: 10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d
9. Ayán-Pérez C, Cancela-Carral JM, Lago-Balisteros J, Martínez I. **Reliability of Sargent Jump Test in 4- to 5-Year-Old Children.** *Perceptual and Motor Skills* 2017; 124(1):39–57. DOI: 10.1177/0031512516676174
10. Rowland TW. **Developmental Aspects of Physiological Function Relating to Aerobic Exercise in Children.** *Sports Medicine. Sports Med* 1990; 10(4):255-266. DOI:10.2165/00007256-199010040-00004

11. American Academy of Pediatrics. **Strength Training by Children and Adolescents.** *Pediatrics* 2008; 121(4):835-40. DOI: 10.1542/peds.2007-3790
12. Sothorn MS, Loftin M, Suskind RM, Udall JN, Blecker U. **The health benefits of physical activity in children and adolescents: Implications for chronic disease prevention.** *Eur J Pediatr* 1999; 158(4):271-274. DOI: 10.1007/s004310051070
13. Zuk L, Tlumeck H, Katz-Leurer M, Peretz C, Carmeli E. **A New Tool for Identifying Children with Motor Problems: Reliability and Validity Study.** *Journal of Child Neurology* 2014; 29(5):592-598. DOI: 10.1177/0883073813513836
14. Tezo-Daloia LM, Leonardi-Figueiredo MM, Martinez EZ, Mattiello-Sverzut AC. **Isometric muscle strength in children and adolescents using Handheld dynamometry: reliability and normative data for the Brazilian population.** *Braz J Phys Ther* 2018; 22(6):474-483. DOI: 10.1016/j.bjpt.2018.04.006
15. Marrodán-Serrano MD, Romero-Collazos JF, Moreno-Romero S, Mesa-Santurino MS, Cabañas-Armesilla MD, Pacheco-Del cerro JL, et al. **Dinamometría en niños y jóvenes de entre 6 y 18 años: valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal.** *An Pediatr* 2009; 70(4):340-348. DOI: 10.1016/j.anpedi.2008.11.025
16. Zenovia S, Eugen B, Ion M. **Development of muscle strength indicators at the trunk level.** *JPES* 2015; 15(4):871-878. DOI: 10.7752/jpes.2015.04134
17. Cadenas-Sanchez C, Intemann T, Labayen I, Peinado AB, Vidal-Conti J, Sanchis-Moysi J, et al. **Physical fitness reference standards for preschool children: The PREFIT project.** *J Sci Med Sport* 2018; 22(4):430-437. DOI: 10.1016/j.jsams.2018.09.227
18. Furzer BJ, Bebich-Philip MD, Wright KE, Reid SL, Thornton AL. **Reliability and validity of the adapted Resistance Training Skills Battery for Children.** *J Sci Med Sport* 2018; 21(8):822-827. DOI: 10.1016/j.jsams.2017.12.010
19. Van den Beld WA, Van der Sanden GA, Janssen AJ, Sengers RC, Verbeek AL, Gabreëls FJ. **Comparison of 3 instruments to measure muscle strength in children: A prospective study.** *Eur J Paediatr Neurol.* 2011; 15(6):512-518. DOI:10.1016/j.ejpn.2011.05.006
20. Castro-Piñero J, González-Montesinos JL, Mora J, Keating XD, Girela-Rejón MJ, Sjöström M. et al. **Percentile values for muscular strength field tests in children aged 6 to 17 years: Influence of weight status.** *J Strength Cond Res* 2009; 23(8):2295-2310. DOI:10.1519/JSC.0b013e3181b8d5c1
21. Ayán-Pérez C, Cancela JM, Senra I, Qireza E. **Validity and Reliability of 2 upper-body strength test for preschool children.** *J Strength Cond Res* 2014; 28(11):3224-3233. DOI:10.1519/JSC.0000000000000546
22. Hislop HJ, Montgomery J. **Daniels and Worthingham's Pruebas funcionales musculares: Técnicas de exploración manual.** 6ª ed. Filadelfia: Editorial Marban; 1995.
23. Serrano-Gómez ME, Correa-Bautista JE. **Propiedades psicométricas del test de competencias motoras Bruininks Oseretsky en versión corta para niños entre 4 y 7 años en Chía y Bogotá, D.C., Colombia.** *Rev Fac Med* 2015; 63(4):633-640. DOI: 10.15446/revfacmed. v63.n4.49965
24. Ramírez R, Correa JE. **Estudio Fuprecol Línea de base para la implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica del estilo de vida de la población infantil de Bogotá. D.C.: Prevalencia, factores determinantes y efectos en el estado de salud.** Bogotá DC: Universidad del Rosario, CEMA., 2016.
25. Sánchez-Delgado G, Cadenas-Sanchez C, Mora-Gonzalez J, Martínez-Téllez B, Chillón P, Löf M, et al. **Assessment of handgrip strength in preschool children aged 3 to 5 years.** *The Journal of Hand Surgery* 2015; 40(9):966-972. DOI: 10.1177/1753193415592328
26. Mürsepp I, Aibast H, Gapeyeva H, Pääsuke M. **Sensorimotor function in preschool-aged children with expressive language disorder.** *Res Dev Disabil* 2014; 35(6):1237-1243. DOI:10.1016/j.ridd.2014.03.007
27. Latorre-Román PA, Moreno- Del Castillo R, Lucena-Zurita M, Salas-Sánchez J, Garcia-Pinillos F, Mora-Lopez D. **Physical fitness in preschool children: association with sex, age and weight status.** *Child Care Health Dev* 2016; 43(2):267-273. DOI: 10.1111/cch.12404
28. Focke A, Strutzenberger G, Jekauc D, Worth A, Woll A, Schwameder H. **Effects of age, sex and activity level on counter-movement jump performance in children and adolescents.** *European Journal of Sport Science* 2013; 13(5):518-526. DOI:10.1080/17461391.2012.756069
29. Van-den-Beld WA, Van-der-Sanden GA, Feuth T, Janssen AJ, Sengers RC, Verbeek AL. et al. **A new motor performance test in a prospective study on children with suspected myopathy.** *Dev Med Child Neurol* 2006; 48(9):739-743. DOI: 10.1017/S0012162206001587
30. Van-den-Bled W. **Muscle strength testing in children: development and evaluation of a Motor Performance Test for myopathy.** *Tijdschrift voor Kindergeneeskunde* 2007; 75(1):45-46. DOI: 10.1007/BF03061657

31. Lucas BR, Latimer J, Doney R, Ferreira ML, Adams R, Hawkes G, et al. **The Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency-Short Form is reliable in children living in remote Australian Aboriginal communities.** *BMC Pediatr* 2013; 13(135):1-12. DOI: 10.1186/1471-2431-13-135
32. Hogrel JY, Decostre V, Alberti C, Canal A, Ollivier G, Jossierand E, et al. **Stature is an essential predictor of muscle strength in children.** *BMC Musculoskelet Disord* 2012; 13(1):176. DOI: 10.1186/1471-2474-13-176
33. Macfarlane TS, Larson C, Stiller C. **Lower Extremity Muscle Strength in 6- to 8-Year-Old Children Using Hand-Held Dynamometry.** *Pediatric Phys Ther* 2008; 20(2):128-136. DOI: 10.1097/PEP.0b013e318172432d
34. Soto-Sánchez JP, Pavez-Saldiviar NF, Bravo-Gatica JI, White-Ortiz AR, Jaque-Fernandez FI, Vargas-Gyllen CI, et al. **Estudio piloto de la efectividad de una intervención basada en juegos sobre el estado nutricional y la fuerza muscular en niños.** *Nutr Hosp* 2014; 30(1):147-152. DOI:10.3305/nh.2014.30.1.7485
35. Uchiyama T, Nakayama T, Kuru S. **Muscle development in healthy children evaluated by bioelectrical impedance analysis.** *Brain Dev* 2017; 39(2):122-129. DOI: 10.1016/j.braindev.2016.08.013
36. Ervin RB, Fryar CD, Wang CY, Miller IM, Ogden CL. **Strength and body weight in US children and adolescents.** *Pediatrics* 2014; 134(3):782-789. DOI:10.1542/peds.2014-0794

