

El Flujo espiratorio Máximo y la Fuerza de presión Manual predicen la salud ósea de niños y adolescentes

Maximum expiratory flow and handgrip strength predict bone health in children and adolescents

*Fernando Alvear-Vasquez, *Rossana Gomez-Campos, *Paz Pezoa-Fuentes, **Camilo Urra-Albornoz, ***Javiera Cáceres-Bahamonde, ****Cristian Luarte-Rocha, *****Jose Sulla-Torres, *Marco Cossio-Bolaños
*Universidad Católica del Maule (Chile), **Universidad Santo Tomás (Chile), ***Universidad Autónoma de Chile (Chile), ****Universidad San Sebastián, Concepción (Chile), *****Universidad Católica de Santa María, Arequipa (Perú)

Resumen. Objetivos: Analizar la relación de la fuerza de presión manual FPM con el Flujo espiratorio Máximo FEM y verificar como estos parámetros en conjunto pueden contribuir sobre la salud ósea en niños y adolescentes. Metodología: Se efectuó un estudio descriptivo (correlacional). Se estudió de forma probabilística a 253 niños y adolescentes (134 hombres y 119 mujeres). El rango de edad fue de 6,0 hasta 15,0 años. Se evaluó el peso, la estatura de pie, estatura sentada, longitud del antebrazo derecho, el diámetro del fémur derecho, la fuerza de presión manual FPM derecha e izquierda y el flujo espiratorio máximo FEM. Se calculó la densidad mineral ósea DMO y el contenido mineral óseo CMO por medio de ecuaciones de regresión antropométrica. Resultados: Se observó correlaciones positivas entre FPM con el FEM en ambos sexos ($R^2_{adjust} = 30$ a 37%). La FPM de forma individual explica la DMO y el CMO entre 58 a 69%, mientras que el FEM entre 35 a 42%. Ambas variables en conjunto (FPM derecha e izquierda + FEM) explican la DMO y el CMO entre 67 a 68%. Conclusión: Se observó correlaciones positivas entre la FPM y FEM en escolares de ambos sexos. Ambos variables son determinantes para predecir la salud ósea de niños y adolescentes. Estos resultados sugieren que ambos parámetros pueden servir como indicadores de aptitud funcional para identificar la fragilidad ósea entre niños y adolescentes.

Palabras claves: Salud ósea, Fuerza de presión manual, Flujo espiratorio máximo, Niños.

Abstract. Objectives: To analyze the relationship between manual grasping force (FPM) and Maximum expiratory flow (FEM), and to verify how these parameters together can contribute to bone health in children and adolescents. Methodology: A descriptive (correlational) study was carried out. A total of 253 children and adolescents (134 boys and 119 girls) were selected probabilistically. The age range is 6.0 to 15.0 years old. Weight, standing height, sitting height, right forearm length, right biepicondylar femur diameter, right and left FPM, and peak FEM were evaluated. Bone mineral density (BMD) and bone mineral content (CMD) were calculated by means of anthropometric regression equations. Results: Positive correlations were observed between FPM and FEM in both sexes ($R^2_{adjust} = 30$ to 37%). FPM individually explains BMD and CMD by 58% to 69%, while FEM by 35% to 42%. Both variables together (right and left FPM + FEM) explain BMD and CMD by 67% to 68%. Conclusion: Positive correlations were observed between FPM and FEM in schoolchildren of both sexes. Both variables are determinant to predict children's and adolescents' bone health. These results suggest that both parameters can serve as indicators of functional aptitude to identify bone fragility among children and adolescents.

Key words: Bone health, Manual grasping strength, Maximum expiratory flow, Children.

Introducción

La infancia y la adolescencia son etapas importantes de la vida que se caracterizan por un crecimiento óseo longitudinal rápido y significativo, así como la expansión del área del hueso y la acumulación de minerales óseos (Nishiyam, Macdonald & Moore, 2012). De hecho, construir y mantener huesos saludables durante la vida requiere una interacción complicada entre una serie de factores mecánicos, fisiológicos y de estilo de vida (Cossio-Bolaños et al., 2018).

En ese sentido, la realización de actividad física y el fortalecimiento del ejercicio aeróbico y muscular durante la etapa de crecimiento y desarrollo ha sido una estrategia recomendada para la prevención primaria de la osteoporosis (WHO, 2007). Además, varios estudios han demostrado que la habilidad motora y/o competencia motora y la aptitud física se asocian positivamente con la actividad física y negativamente con el comportamiento sedentario en niños y adolescentes (Wrotniak et al., 2016; Gracia-Marco et al., 2011).

Por lo tanto, la interacción entre la fuerza muscular esquelética y los músculos respiratorios en términos de aptitud funcional, juegan un papel relevante sobre la salud

ósea de niños y adolescentes. De hecho, varios estudios han demostrado que la fuerza de presión Manual FPM (Cossio-Bolaños et al., 2018; Chan et al., 2008; Nasri et al., 2013) y flujo espiratorio máximo (Cossio-Bolaños et al., 2018; Conway et al., 2008; Ro et al., 2015) se asocian de forma independiente a un mejor estado de la salud ósea, sin embargo, hasta donde se sabe, estos parámetros de forma conjunta nunca han sido investigados, puesto que estos parámetros podrían considerarse dentro de las evaluaciones de la asignatura de educación física.

Por ejemplo, en primer lugar, el sistema respiratorio es anatómicamente adecuado para el aumento de demandas ventiladoras durante el ejercicio (Romer & Polkey, 2008), lo que se consigue mediante adaptaciones crónicas, donde generalmente los músculos se van adecuando a expiraciones forzadas y consecuentemente durante una inspiración forzada los músculos abdominales se activan para aumentar la presión intra-abdominal (Sieck et al., 2013). Por lo tanto, a medida que los músculos del abdomen y la caja torácica se ejercitan, estos ayudan a generar una mayor expiración forzada, por lo que valores reducidos en la evaluación del FEM puede indicar una debilidad de los músculos abdominales (Wanger, 2011), producto de comportamientos sedentarios.

En segundo lugar, la fuerza y contracción muscular, generalmente inducen a una mayor carga fisiológica sobre el hueso y consecuentemente afectan el incremento de la den-

sidad mineral ósea (la unidad funcional músculo-hueso) (Johnson, Russ & Goran, 1998; Ducher et al., 2005), ya que los huesos se adaptan no solo a las fuerzas estáticas (de peso excesivo) sino también a las fuerzas dinámicas creadas por contracciones musculares (Frost, 2003). Por lo tanto, la evaluación de la FPM es considerada como un indicador elemental del estado nutricional, de sarcopenia, fragilidad ósea y de aptitud muscular relacionado a la salud (Dodds et al., 2014; Ortega et al., 2012).

En suma, a medida que los músculos abdominales ayudan a la realización de espiraciones forzadas y los músculos esqueléticos contribuyen a la contracción muscular y a la manutención de la estructura ósea, este estudio hipotetiza que la aptitud funcional expresada de forma conjunta (FPM y FEM) podrían ser determinantes sobre la salud ósea, puesto que ambos sistemas trabajan simultáneamente a la hora de generar y desarrollar movimientos corporales. Además, las investigaciones que valoran la salud ósea, por lo general utilizan absorciometría de rayos X de doble energía DXA, sin embargo, este estudio utilizó ecuaciones antropométricas para predecir la densidad y el contenido mineral óseo, como un método no-invasivo.

Por lo tanto, los objetivos de este estudio fueron analizar la relación de la fuerza de prensión manual FPM con el Flujo espiratorio Máximo FEM y b) verificar como estos parámetros en conjunto pueden contribuir sobre la salud ósea de niños y adolescentes.

Metodología

Tipo de estudio y muestra

Se efectuó un estudio de tipo descriptivo (correlacional). La población estuvo conformada por 2400 (100%) escolares. Se optó por la selección probabilística (estratificada). El intervalo de confianza adoptado fue de 95% y el tamaño óptimo fue de 253 (10,5%) niños y adolescentes [134 (5,6%) hombres y 119 (4,9%) mujeres]. El rango de edad osciló entre 6,0 hasta 15,0 años. Los niños y adolescentes son escolares provenientes de dos colegios municipales de la ciudad de Talca, Región del Maule. Por lo general, los escolares que asisten a este tipo de Colegios en Chile, son de condición socioeconómica media.

Técnicas y procedimientos

Para el proceso de recolección de datos se solicitó permiso a la dirección de los centros escolares. Luego se organizó una reunión para informar a los padres sobre los objetivos del estudio y las evaluaciones a efectuar. Todo el procedimiento de recolección de datos se efectuó en los meses de abril y mayo del 2017.

Los padres que aceptaron la participación de sus hijos firmaron el consentimiento informado, además los escolares antes de ser estudiados, ratificaron su participación y aquellos que se negaron, fueron retirados del estudio, junto con los escolares que tenían problemas físico-motores para trasladarse y representaban dificultad para evaluar la antropometría y las pruebas físicas. Se incluyeron en el estudio a los que se encontraban dentro del rango de edad entre 6,0 a 15,0 años y a los que asistieron con ropa adecuada para la evaluación antropométrica y física (Short y polera). La

investigación se desarrolló de acuerdo a las pautas que se establecen en la declaración de Helsinki para seres humanos y en función al Comité de Ética de la Universidad Autónoma de Chile.

Procedimientos

Se registró la edad decimal (día, mes y año de nacimiento) y fecha de evaluación (día, mes y año). La valoración de las variables antropométricas se efectuó siguiendo las sugerencias de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, 2001). El peso corporal (kg) se evaluó con los sujetos descalzos sobre una báscula (SECA, Hamburgo) con precisión de 0,1 kg. La estatura de pie se midió con un estadiómetro (SECA, Hamburgo) con precisión de 0,1 cm, manteniendo la cabeza en el plano de Frankfurt. La altura tronco-cefálica (ATC) o estatura sentada fue tomada usando un banco de madera con una altura de 50 cm, con una escala de medición de 0 a 150 cm, y con una precisión de 1 mm.

La longitud del antebrazo (m) o la distancia entre los puntos radial y estiloides se midieron usando una marca de antropómetro Cescorf (Made in Brazil) con una escala de 0 a 60 cm con una precisión de 1 mm. El antebrazo derecho estaba ligeramente girado externamente a una posición de pronación media.

El diámetro del fémur biepicondilar (cm) se midió con una marca de antropómetro Cescorf (Made in Brazil) con una escala de 0 a 20 cm y una precisión de 1 mm. El sujeto asumió una posición sentada relajada con las palmas de las manos apoyadas en los músculos. Se midió la distancia entre los dos puntos más destacados de los cóndilos femorales.

La fuerza de prensión manual (FPM) se midió con la ayuda de un dinamómetro manual hidráulico manual JAMAR (Hydraulic Hand Dynamometer® Modelo PC-5030 J1, Fred Sammons, Inc., Burr Ridge, IL: EE. UU.). La precisión fue de 0,1 lbf. El protocolo indica evaluar, tanto la mano derecha y la mano izquierda, siguiendo las instrucciones recomendadas por Richards, Olson & Palmiter-Thomas. (1996). Se efectuó tres intentos, registrando el mejor resultado.

La evaluación del flujo espiratorio máximo PFEM (L/min) se efectuó mediante un dispositivo de marca Mini Wright (Clement Clarke International Ltd., Essex, England), con un rango de 60 a 900L/min. El PFEM implica una maniobra espiratoria forzada partiendo de una inspiración máxima (igual que en una espirometría). La evaluación se efectuó parado, sin flexionar el cuello siguiendo las sugerencias de Quanjer et al. (1993). Los niños ejecutaron tres intentos y se registró el mejor resultado.

Los años del pico de velocidad de crecimiento (APVC) se controló por medio de la técnica de Mirwald et al. (2002). Esta técnica indica el tiempo antes o después del pico de velocidad de crecimiento. Permite clasificar en ocho niveles (-4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3), por ejemplo, -1APVC= falta un año para alcanzar el PVC, 0APVC= es el momento del PVC y 1APVC= pasó un año del PVC.

La densidad mineral ósea DMO y el contenido mineral óseo CMO se estimó a partir de las ecuaciones propuesta por Gómez-Campos et al. (2017), tanto para hombres como para mujeres. Para cada ecuación se necesita el valor de los APVC, longitud del antebrazo y diámetro de la rodilla. A con-

tinuación, se describe ambas ecuaciones:

Densidad mineral ósea: Para los hombres $0.605+0.056*APVC+0.008*Longitud\ Antebrazo+0.022*Diámetro\ de\ la\ rodilla$; para las mujeres $0.469+0.027*APVC+0.007*Longitud\ Antebrazo+0.019*Diámetro\ de\ la\ rodilla$.

Contenido mineral óseo: Para los hombres $0.043+0.18*APVC+0.039*Longitud\ Antebrazo+0.06*Diámetro\ de\ la\ rodilla$; para las mujeres $0.077+0.07*APVC+0.032*Longitud\ Antebrazo+0.48*Diámetro\ de\ la\ rodilla$.

Estadística

Se verificó la normalidad de los datos a través de la prueba Kolmogorov-Smirnov. Posteriormente, los datos fueron analizados a partir de estadígrafos descriptivos de frecuencias, mínimo y máximo, porcentajes, media aritmética y desviación estándar. La «prueba t» de student para muestras independientes fue utilizada para verificar las diferencias entre ambos sexos. El coeficiente de Pearson se utilizó para relacionar las variables de estudio. Luego se efectuó el análisis de regresión lineal y múltiple por pasos. Se analizó el R^2 , error estándar de estimación (EEE), probabilidad (p). En todos los casos se adoptó una probabilidad de $p < 0,05$. El análisis estadístico se efectuó inicialmente en planillas de Excel y posteriormente en SPSS v.18.0.

Resultados

Las variables que caracterizan a la muestra estudiada se describen en la tabla I. Se observó diferencias en los APVC, en la FPM izquierda, en el FEM, en la DMO y en el CMO,

Tabla 1. Características de la muestra estudiada

Variables	Hombres (n= 134)		Mujeres (n= 119)	
	X	DE	X	DE
Edad (años)	10,4	1,9	10,2	1,8
Edad (APVC)	14,2	0,5	11,0	0,7*
Antropometría				
Peso (kg)	40,9	13,5	41,1	11,7
Estatura de pie (cm)	141,3	13,6	141,8	11,6
Estatura sentada (cm)	74,9	6,9	74,3	9,4
Diámetro fémur (cm)	8,7	0,9	8,3	0,8
Longitud antebrazo (cm)	22,5	2,6	22	2,2
Apútit física				
FPMD (Kg/f)	19,2	7,7	18	6,2
FPMI (Kg/f)	18,6	7,4	16,7	5,4*
FEM (L/min)	250,9	81,5	236,1	68,7*
Salud Ósea				
DMO (g/cm ²)	0,8	0,1	0,7	0,1*
CMO (Kg)	1,2	0,4	1,1	0,2*

Legenda: *, diferencia significativa ($p < 0,05$) en relación a los hombres; APVC: Años de pico de velocidad de crecimiento, FPMD: Flujo espiratorio máximo derecho, FPMI: Flujo espiratorio máximo izquierdo, DMO: Densidad Mineral Óseo, CMO: Contenido Mineral Óseo.

Tabla 2.

FPM derecha e izquierda y FEM como predictores de la DMO y CMO basado en regresión lineal simple y múltiple en ambos sexos.

V. Dependiente	V. Independiente	Hombres				Mujeres			
		R	R ²	EEE	p	R	R ²	EEE	p
DMO	FPMD	0,80	0,64	0,07	0,000	0,80	0,63	0,050	0,000
	FPMI	0,82	0,67	0,06	0,000	0,77	0,59	0,050	0,000
	FEM	0,60	0,36	0,09	0,000	0,65	0,42	0,060	0,000
CMO	FPMD	0,81	0,66	0,22	0,000	0,79	0,63	0,140	0,000
	FPMI	0,83	0,69	0,21	0,000	0,76	0,58	0,150	0,000
	FEM	0,59	0,35	0,31	0,000	0,65	0,42	0,180	0,000
DMO	FPMD+FEM	0,82	0,67	0,064	0,000	0,82	0,67	0,045	0,000
	FPMI+FEM	0,83	0,68	0,215	0,000	0,82	0,67	0,132	0,000

Legenda: DMO: Contenido mineral óseo, DMO: Densidad Mineral Óseo, FPMD: Fuerza de presión Manual Derecha, FPMI: Fuerza de Presión Manual Izquierda, FEM: Flujo Espiratorio Máximo, EEE: Error Estándar de Estimación.

donde los hombres mostraron valores más altos que las mujeres ($p < 0,05$). Por el contrario, no hubo diferencias en la edad cronológica, peso, estatura, estatura sentada, diámetro del fémur y FPM derecha ($p > 0,05$).

Las relaciones entre FPMD y FPMI con el FEM en am-

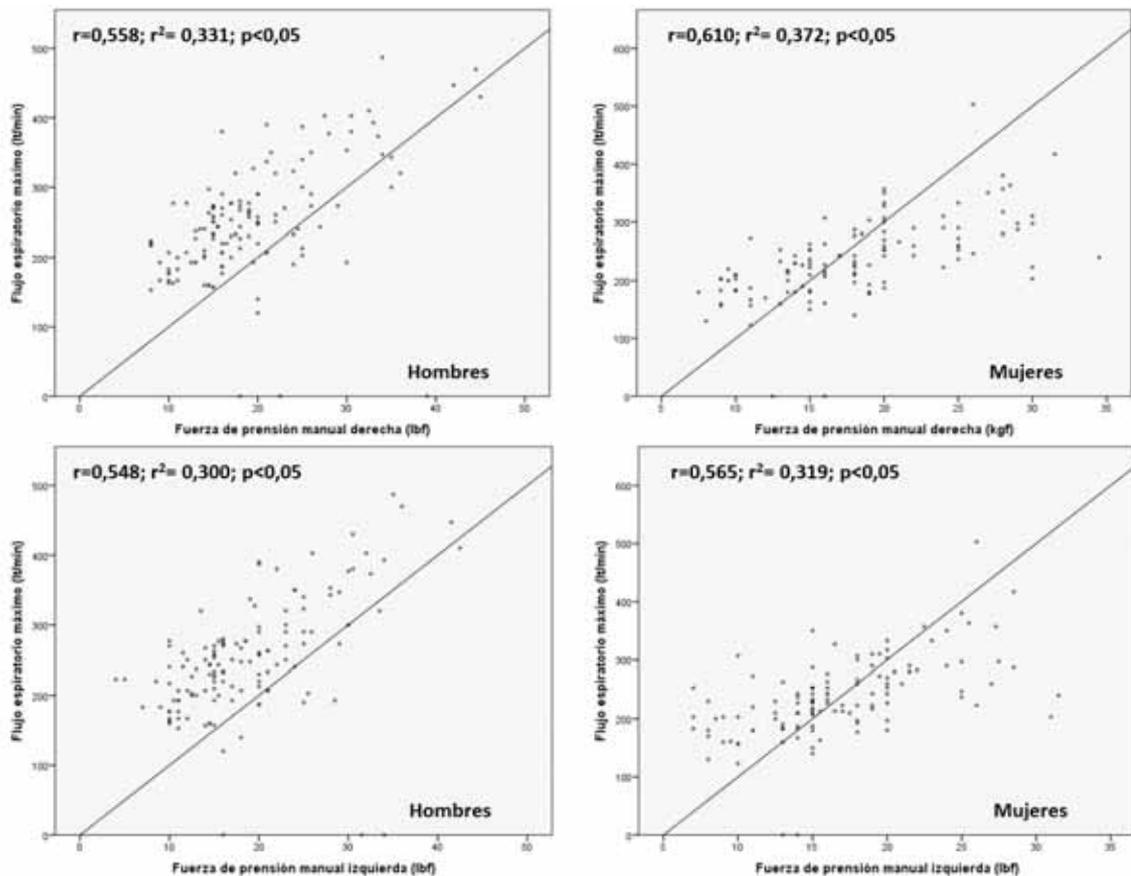


Figura 1. Relación entre FPMD y FPMI con el FEM en niños y adolescentes de ambos sexos. ($p < 0,05$).

bos sexos se observan en la figura 1. En ambos géneros las correlaciones fueron moderadas y el R^2_{adjust} mostró un poder de explicación entre 30 a 37%.

Las correlaciones entre la FPM derecha e izquierda y el FEM con la DMO y el CMO se observan en la tabla II. En todos los casos las correlaciones fueron entre moderadas a elevadas ($R=59-83$). En ambos sexos, se puede apreciar que la FPMD y FPMI de forma individual explican la DMO y el CMO entre 58 a 69% y el FEM entre 35 a 42%. En forma conjunta (FPMD+FEM y FPMI+FEM) los porcentajes en ambos sexos oscilaron entre 67 a 68%. En todos los casos los valores fueron significativos ($p=0,000$).

Discusión

Los resultados de este estudio permitieron verificar la relación positiva entre FPM y FEM en niños y adolescentes de ambos sexos. Esta información ha sido bien documentada en sujetos adultos durante la vejez (Bahat et al., 2014; Rozek-Piechura et al., 2014), y en sujetos con enfermedades pulmonares con EPOC, fibrosis quística, y asma (Sahin et al., 2013; Shah et al., 2013; Bae et al., 2015). Tras los resultados evidenciados en este estudio, encontramos que dicha relación positiva entre ambas variables (FPM y FEM), no sólo son exclusivas de las poblaciones con enfermedades pulmonares y con envejecimiento, sino también son propias de las poblaciones pediátricas.

De hecho, son escasos los estudios que han reportado correlaciones positivas en poblaciones pediátricas similares al del presente estudio (Bae et al., 2015; Smith et al., 2018), cuyos resultados respaldan la idea de que los niños que presenten valores elevados de FPM reflejan una mejor función respiratoria. Pues al parecer existen indicios de que mediante un entrenamiento muscular específico el hecho de inhalar y exhalar contra una resistencia fortalece los músculos implicados en el proceso de la respiración, como el diafragma, los intercostales y los abdominales, esta actividad podría incrementar las tasas de FEM (Illi et al., 2012).

Estas inter-relaciones podrían estar determinadas por la capacidad de participar en actividades de la vida diaria (Fragoso et al., 2008), puesto que la práctica del ejercicio físico regular en cualquier etapa de la vida es vital para el desarrollo saludable (Kürkçü R & Gökhan Y, 2011), y condiciona la aptitud muscular y respiratoria (Cossio-Bolaños et al, 2020), ósea y cardiovascular en diversas poblaciones.

En vista de ello, dada las interrelaciones entre ambas variables, como segundo objetivo este estudio buscó verificar si la FPM y el FEM en conjunto pueden contribuir sobre la salud ósea de niños y adolescentes. Los resultados evidenciaron que ambos indicadores de aptitud funcional son determinantes sobre la salud ósea, explicando en mayor proporción la FPM y en menor proporción el FEM, aunque en conjunto alcanzaron a explicar hasta un 67-68%, respectivamente.

Estos resultados, en términos de aptitud funcional, demuestran que ambos indicadores de forma conjunta juegan un papel relevante sobre la salud ósea en poblaciones pediátricas, inclusive en jóvenes nadadores (Cossio-Bolaños et al, 2020). Pues varios estudios han demostrado que los beneficios de la actividad física están relacionados positiva-

mente con la masa magra y dependen de la capacidad del esqueleto para adaptarse a cargas mecánicas (Ubago-Guisado et al., 2015; Vlachopoulos et al., 2018) y, por otro lado, es aceptable que el fortalecimiento de los músculos torácicos mejora no sólo por la práctica de la actividad física cotidiana (Berntsen et al., 2008; Smith et al., 2018), sino también por medio otras formas, como el entrenamiento de la resistencia aeróbica (Couser, Martinez & Celli, 1993; Quist et al., 2013).

En esencia, durante los años de crecimiento y desarrollo, el fortalecimiento aeróbico y muscular mediante la práctica de la actividad física y el ejercicio físico es relevante para la prevención de la osteoporosis a edades futuras (WHO, 2007).

De hecho, los resultados de este estudio sugieren que los niños que presentan elevados valores de DMO y CMO reflejan un elevado desempeño en la FPM y FEM, por lo que ambos indicadores son predictores importantes de la salud ósea, y deben ser considerados en la asignatura de educación física (Baptista et al., 2012) como una herramienta de evaluación de la salud ósea.

En general, la práctica deportiva, mejora nuestro rendimiento y eficiencia y fortalece y rehabilita nuestros órganos internos, incluyendo el sistema nervioso, muscular, cardíaco y vascular, el sistema esquelético, el sistema urinario y la temperatura y el sistema respiratorio en particular (Feldman et al., 2005).

Por lo tanto, los programas curriculares de educación física deben incluir en sus contenidos ejercicios físicos y actividades recreativas que permitan mejorar el funcionamiento pulmonar y la fuerza isométrica en escolares, puesto que un bajo rendimiento en estos indicadores puede ser interpretado como fragilidad ósea (Cossio-Bolaños et al., 2018; Fried et al., 2001) y consecuentemente los niños y adolescentes corren un mayor riesgo de sufrir fracturas óseas durante sus actividades cotidianas. Por lo tanto, bajo esta perspectiva es fundamental contar con especialistas en fitness infantil que adapten las propuestas de entrenamiento al perfil del niño (Chulvi-Medrano et al, 2018).

Este estudio muestra algunas debilidades en su diseño, por ejemplo, se efectuó una investigación transversal, la cual, no permite verificar causa-efecto entre las variables estudiadas, lo que podría limitar los resultados del estudio. Las investigaciones futuras deben enfatizar en las investigaciones experimentales y/o longitudinales para poder confirmar estos hallazgos, además este estudio utilizó una técnica no invasiva para determinar la salud ósea (método antropométrico), a pesar de que, por lo general, se utiliza la DXA como método oro para analizar la composición corporal (García-Soidan et al, 2014).

A pesar de estas limitaciones, la selección de la muestra probabilística fue representativa para su población y consecuentemente estos resultados son posibles de generalizar a otros contextos y las ecuaciones utilizadas para determinar la salud ósea, previamente fueron validadas por DXA y presentan una precisión de 0,99 para ambos sexos. Futuros estudios deben analizar la composición corporal no sólo por antropometría, sino también por medio del método patrón DXA en escolares y en deportistas (García-Soidan et al, 2014).

En conclusión, se observó correlaciones positivas entre la FPM y FEM en escolares de ambos sexos. Ambos variables son determinantes para predecir la salud ósea de niños

y adolescentes. Estos resultados sugieren que ambos parámetros pueden servir como indicadores de aptitud funcional para identificar la fragilidad ósea entre niños y adolescentes, además el uso de las ecuaciones antropométricas utilizadas en este estudio para predecir la DMO y el CMO son herramientas fáciles y sencillas de usar y deben ser empleadas como herramientas no invasivas en la educación física y programas de actividad física y de iniciación deportiva.

Referencias

- Bae, J. Y., Jang, K. S., Kang, S., Han, D. H., Yang, W., & Shin, K. O. (2015). Correlation between basic physical fitness and pulmonary function in Korean children and adolescents: a cross-sectional survey. *Journal of physical therapy science*, 27(9), 2687-2692.
- Bahat, G., Tufan, A., Ozkaya, H., Tufan, F., Akpınar, T. S., Akin, S., & Karan, M. A. (2014). Relation between hand grip strength, respiratory muscle strength and spirometric measures in male nursing home residents. *The Aging Male*, 17(3), 136-140.
- Baptista, F., Barrigas, C., Vieira, F., Santa-Clara, H., Homens, P. M., Fragoso, I., & Sardinha, L. B. (2012). The role of lean body mass and physical activity in bone health in children. *Journal of bone and mineral metabolism*, 30(1), 100-108.
- Berntsen, S., Wisløff, T., Nafstad, P., & Nystad, W. (2008). Lung function increases with increasing level of physical activity in school children. *Pediatric exercise science*, 20(4), 402-410.
- Chan, D. C. C., Lee, W. T. K., Lo, D. H. S., Leung, J. C. S., Kwok, A. W. L., & Leung, P. C. (2008). Relationship between grip strength and bone mineral density in healthy Hong Kong adolescents. *Osteoporosis International*, 19(10), 1485-1495.
- Chulvi-Medrano, I., Faigenbaum, A., Cortell-Tormo, JM. ¿Puede el entrenamiento de fuerza prevenir y controlar la dinapenia pediátrica? *Retos, Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, número 33, (1º semestre), 298-307.
- Conway, S. P., Oldroyd, B., Brownlee, K. G., Wolfe, S. P., & Truscott, J. G. (2008). A cross-sectional study of bone mineral density in children and adolescents attending a Cystic Fibrosis Centre. *Journal of Cystic Fibrosis*, 7(6), 469-476.
- Cossio-Bolaños, M., Lee-Andruske, C., De Arruda, M., Luarte-Rocha, C., Almonacid-Fierro, A., & Gómez-Campos, R. (2018). Hand grip strength and maximum peak expiratory flow: determinants of bone mineral density of adolescent students. *BMC pediatrics*, 18(1), 96.
- Cossio-Bolaños, M., Rubio-Gonzalez, J., Luarte-Rocha, C., Rivera-Portugal, M., Urra-Albornoz, C., Gomez-Campos, R. Variables antropométricas, maduración somática y flujo espiratorio: determinantes de la masa libre de grasa en jóvenes nadadores. *RETOS. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 37(1º semestre), 406-411.
- Couser Jr, J. I., Martinez, F. J., & Celli, B. R. (1993). Pulmonary rehabilitation that includes arm exercise reduces metabolic and ventilatory requirements for simple arm elevation. *Chest*, 103(1), 37-41.
- Dodds, R. M., Syddall, H. E., Cooper, R., Benzeval, M., Deary, I. J., Dennison, E. M. & Kirkwood, T. B. (2014). Grip strength across the life course: normative data from twelve British studies. *PloS one*, 9(12), e113637.
- Ducher, G., Jaffré, C., Arlettaz, A., Benhamou, C. L., & Courteix, D. (2005). Effects of long-term tennis playing on the muscle-bone relationship in the dominant and nondominant forearms. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 30(1), 3-17.
- Feldman, J. M., Lehrer, P. M., Borson, S., Hallstrand, T. S., & Siddique, M. I. (2005). Health care use and quality of life among patients with asthma and panic disorder. *Journal of Asthma*, 42(3), 179-184.
- Fried, L. P., Tangen, C. M., Walston, J., Newman, A. B., Hirsch, C., Gottdiener, J., ... & McBurnie, M. A. (2001). Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, 56(3), M146-M157.
- Frost, H. M. (2003). Bone's mechanostat: a 2003 update. *The anatomical record part A: discoveries in molecular, cellular, and evolutionary biology*, 275(2), 1081-1101.
- García-Soidan, JL., López Pazos, J., Ogando Berea, H., Fernández-Balea, A., Padrón-Cabo, A., Prieto-Troncoso, J. Utilidad de la cineantropometría y la bioimpedancia para orientar la composición corporal y los hábitos de los futbolistas. *Retos. Nuevas tendencias en Educación Física, Deporte y Recreación*, 2014, nº 25, pp. 117-119
- Gómez-Campos R, Andruske CL, Arruda Md, Urra Albornoz C, Cossio-Bolaños M (2017) Ecuaciones propuestas y valores de referencia para calcular la salud ósea en niños y adolescentes en función de la edad y el sexo. *PLoS ONE* 12 (7): e0181918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181918>
- Gracia-Marco, L., Vicente-Rodriguez, G., Casajus, J. A., Molnar, D., Castillo, M. J., & Moreno, L. A. (2011). Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: the HELENA Study. *European journal of applied physiology*, 111(11), 2671-2680.
- Illi, S. K., Held, U., Frank, I., & Spengler, C. M. (2012). Effect of respiratory muscle training on exercise performance in healthy individuals. *Sports medicine*, 42(8), 707-724.
- International Society For the Advancement of Kinanthropometry (ISAK). (2001). *International Standards For Anthropometric Assessment*. Nueva Zelanda.
- Johnson, R. K., Russ, J., & Goran, M. I. (1998). Physical activity related energy expenditure in children by doubly labeled water as compared with the Caltrac accelerometer. *International Journal of Obesity*, 22(11), 1046.
- Kürkçü, R., & Gökhan, Y. (2011). The effects of handball training on the some respiration and circulatory parameters of school boys aged 10-13 years. *Journal of Human Sciences*, 8(1), 135-143.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & science in sports & exercise*, 34(4), 689-694.

- Nasri, R., Zrou, S. H., Rebai, H., Najjar, M. F., Neffeti, F., Bergaoui, N., & Tabka, Z. (2013). Grip strength is a predictor of bone mineral density among adolescent combat sport athletes. *Journal of Clinical Densitometry*, 16(1), 92-97.
- Nishiyama, K. K., Macdonald, H. M., Moore, S. A., Fung, T., Boyd, S. K., & McKay, H. A. (2012). Cortical porosity is higher in boys compared with girls at the distal radius and distal tibia during pubertal growth: an HR pQCT study. *Journal of Bone and Mineral Research*, 27(2), 273-282.
- Ortega, F. B., Silventoinen, K., Tynelius, P., & Rasmussen, F. (2012). Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *Bmj*, 345, e7279.
- Quanjer, P. H., Tammeling, G. J., Pederson, O. F., Peslin, R., & Yernault, J. C. (1993). Report Working Party Standardization of Lung Function Tests, European Community for Steel and Coal. Official Statement of the European Respiratory Society. *Eur Respir J*, 6(Suppl 16), 5-40.
- Quist, M., Langer, S. W., Rørth, M., Christensen, K. B., & Adamsen, L. (2013). «EXHALE»: exercise as a strategy for rehabilitation in advanced stage lung cancer patients: a randomized clinical trial comparing the effects of 12 weeks supervised exercise intervention versus usual care for advanced stage lung cancer patients. *BMC cancer*, 13(1), 477.
- Richards, L. G., Olson, B., & Palmiter-Thomas, P. (1996). How forearm position affects grip strength. *The American Journal of Occupational Therapy*, 50(2), 133-138.
- Ro, H. J., Kim, D. K., Lee, S. Y., Seo, K. M., Kang, S. H., & Suh, H. C. (2015). Relationship between respiratory muscle strength and conventional sarcopenic indices in young adults: a preliminary study. *Annals of rehabilitation medicine*, 39(6), 880.
- Romer, L. M., & Polkey, M. I. (2008). Exercise-induced respiratory muscle fatigue: implications for performance. *Journal of Applied Physiology*.
- Rozek-Piechura, K., Ignasiak, Z., Slawinska, T., Piechura, J., & Ignasiak, T. (2014). Respiratory function, physical activity and body composition in adult rural population. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21(2).
- Sahin, G., Ulubas, B., Calikoglu, M., & Erdogan, C. (2004). Handgrip strength, pulmonary function tests, and pulmonary muscle strength in fibromyalgia syndrome: is there any relationship?. *Southern medical journal*, 97(1), 25-30.
- Shah, S., Nahar, P., Vaidya, S., & Salvi, S. (2013). Upper limb muscle strength & endurance in chronic obstructive pulmonary disease. *The Indian journal of medical research*, 138(4), 492.
- Sieck, G. C., Ferreira, L. F., Reid, M. B., & Mantilla, C. B. (2011). Mechanical properties of respiratory muscles. *Comprehensive Physiology*, 3(4), 1533-1567.
- Smith, M. P., Standl, M., Berdel, D., von Berg, A., Bauer, C. P., Schikowski, T., & Schulz, H. (2018). Handgrip strength is associated with improved spirometry in adolescents. *PloS one*, 13(4), e0194560.
- Smith, M. P., Standl, M., Berdel, D., von Berg, A., Bauer, C. P., Schikowski, T., & Schulz, H. (2018). Handgrip strength is associated with improved spirometry in adolescents. *PloS one*, 13(4), e0194560.
- Ubago-Guisado, E., Gómez-Cabello, A., Sánchez-Sánchez, J., García-Unanue, J., & Gallardo, L. (2015). Influence of different sports on bone mass in growing girls. *Journal of sports sciences*, 33(16), 1710-1718.
- Vaz Fragoso, C. A., Gahbauer, E. A., Van Ness, P. H., Concato, J., & Gill, T. M. (2008). Peak expiratory flow as a predictor of subsequent disability and death in community living older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(6), 1014-1020.
- Vlachopoulos, D., Barker, A. R., Ubago-Guisado, E., Ortega, F. B., Krstrup, P., Metcalf, B., & Moreno, L. A. (2018). The effect of 12-month participation in osteogenic and non-osteogenic sports on bone development in adolescent male athletes. The PRO-BONE study. *Journal of science and medicine in sport*, 21(4), 404-409.
- Wanger, J. (2011). *Pulmonary function testing* (3rd ed.). Sudbury, MA: Jones & Bartlett Learning.
- World Health Organization. (2007). *Steps to health: A European framework to promote physical activity for health* (No. EUR/06/5062700/10). Copenhagen: WHO Regional Office for Europe.
- Wrotniak, B. H., Epstein, L. H., Dorn, J. M., Jones, K. E., & Kondilis, V. A. (2006). The relationship between motor proficiency and physical activity in children. *Pediatrics*, 118(6), e1758-e1765

