

Asociación entre variables antropométricas y calidad de movimientos fundamentales en una muestra de escolares chilenos entre 12 y 14 años

Association between anthropometric variables and quality of fundamental movements in a sample of Chilean schoolchildren between 12 and 14 years old

Francisca Mora Lavados, Valentina Pérez Naiman, Catalina Pacheco Concha, Manuel Monrroy Uarac, Mauricio San-Martín Correa, Rubén Gajardo-Burgos
Universidad Austral de Chile (Chile)

Resumen. Introducción: A pesar de que existe una relación entre el sobrepeso, actividad física y calidad de movimiento, no está clara la relación entre otras variables relacionadas con la composición corporal y la calidad de patrones de movimiento fundamentales, por lo que el objetivo de este estudio fue determinar la relación entre variables antropométricas y calidad de movimientos fundamentales en escolares. Material y Método: Estudio observacional analítico transversal. Se evaluaron 18 estudiantes (11 hombres) de $12,72 \pm 0,57$ años. Se midió el peso, estatura, índice de masa corporal, perímetro de cintura, perímetro de cadera, índice cintura-cadera, índice cintura-estatura y porcentaje de grasa corporal, y se valoró el Functional Movement Screen (FMS). Se aplicó la prueba de correlación de Spearman y Pearson, ($\alpha=0,05$), para determinar la relación entre variables antropométricas y las pruebas del FMS. Resultados: Se encontró una relación positiva entre la variable estatura y el puntaje total del FMS ($0,62$; $p < 0,01$) y la prueba de pasar la valla ($0,74$; $p < 0,01$), y negativa entre el porcentaje de grasa corporal con las pruebas de sentadilla profunda ($-0,58$; $p < 0,05$), el índice cintura-estatura y la estabilidad rotatoria ($-0,48$; $p < 0,01$). Conclusión: Existe una relación positiva entre la variable de estatura con la calidad de movimientos fundamentales. Por otro lado, se encontró que variables relacionadas con composición corporal como porcentaje de grasa corporal e índice cintura-cadera, tienen una relación negativa con algunas de las pruebas del Functional Movement Screen. Por lo tanto, podemos determinar que existe una relación entre variables antropométricas y calidad de movimiento para la población evaluada.

Palabras Claves: Antropometría, Movimiento, Niños, Composición corporal, Actividad Física.

Abstract. Introduction: Although there is a relationship between overweight, physical activity and movement quality, the relationship between other anthropometric variables related to body composition and the quality of fundamental movement patterns is not clear. The aim of this study was to determine the relationship between anthropometric variables and the quality of fundamental movement in children. Material and method: Observational cross-sectional study. 18 children (11 males) of 12.72 ± 0.57 years old were assessed. Weight, height, body mass index, waist perimeter, hip perimeter, waist-to-hip, and waist-to-height indexes and percentage of adipose tissue were evaluated, and the Functional Movement Screen (FMS) to determine the quality of fundamental movements was applied. To determine the relationship between anthropometric variables and FMS tests, the Pearson's correlation test was calculated, with a significance level of 0.05. Results: A positive relationship was found between height, total FMS score (0.62 ; $p < 0.01$), and the hurdle step test (0.74 ; $p < 0.01$), whereas negative associations between adipose tissue percentage vs deep squat test (-0.58 ; $p < 0.05$), and waist-to-height index vs rotational stability test (-0.48 ; $p < 0.01$) were found. Conclusion: There is a positive relationship between height and fundamental movements quality in children. Furthermore, variables related to body composition such as adipose tissue percentage and hip waist index, had a negative relationship with some of the FMS tests. Therefore, we can conclude that there is an association between anthropometric variables and movement quality in children.

Keywords: Anthropometry, Movement, Child, Body composition, Physical Activity.

Introducción

La etapa de la adolescencia es un periodo donde se generan cambios morfológicos y funcionales importantes, los cuales perduran hasta la vida adulta. Por esto es

trascendental identificar y prevenir posibles alteraciones en este ciclo de manera precoz, evitando trastornos a largo plazo (Hardy, King, Farrell, Macniven, & Howlett, 2010).

Para la evaluación de estos cambios morfológicos, se cuenta con mediciones antropométricas basales como el peso y la estatura. Los rápidos cambios en estas variables morfológicas y las consecuentes modificaciones en

la función hormonal se asocian a la madurez biológica, la cual puede afectar el desempeño en las diferentes tareas motoras. Estos cambios son descritos como fluctuantes y potencialmente influyen de manera positiva en el comportamiento motor, debido a una mayor eficacia en los componentes muscular y neural, y por ende, en la coordinación motora (García-Pinillos et al., 2018). Dentro de estas variables, se destaca la estatura como un signo de madurez biológica del individuo, siendo un potencial condicionante en la definición de habilidades motoras como el lanzamiento y la carrera en escolares (Lloyd, Oliver, Radnor, Rhodes, Faigenbaum, & Myer, 2015).

En la actualidad es frecuente encontrar adolescentes que llevan estilos de vida basados en una alta ingesta calórica y una baja o nula realización de actividad física (Keane, Li, Harrington, Fitzgerald, Perry & Kearney, 2017), lo cual trae como resultado una serie de repercusiones en el organismo, incluidos cambios morfológicos, como los asociados a un exceso de tejido adiposo, con consecuencias a nivel metabólico (Weiss et al., 2004), ventilatorio (Forno, Han, Mullen, & Celedon, 2018) y musculoesquelético (Chan & Chen, 2009), pudiendo repercutir en sus capacidades funcionales (Tsiros et al., 2016). Para la evaluación de estos cambios morfológicos, se han propuesto usar indicadores como el índice de masa corporal (IMC), índice cintura-cadera (ICC), índice cintura-estatura (ICE) y porcentaje de grasa corporal, definidos como buenos instrumentos para el análisis antropométrico (Martín-Calvo, Moreno-Galarraga, & Martínez-González, 2016). El IMC es una de las variables más utilizada para describir el estado nutricional, esto debido a su fácil aplicación y alta confiabilidad. A pesar de esto, este instrumento cuenta con algunos sesgos, como por ejemplo, no determinar la composición corporal, por lo que se hace necesario complementarlo con otras herramientas antropométricas como el ICC e ICE, los cuales poseen una mayor relación con el tejido adiposo abdominal y con el riesgo a padecer enfermedades crónicas no transmisibles en población escolar (Marrodan et al., 2013; Valle-Leal, Abundis-Castro, Hernández-Escareno, & Flores-Rubio, 2016).

La ejecución adecuada de patrones de movimiento fundamentales en adolescentes, es necesaria para realizar de manera óptima patrones de movimiento más complejos y globales, que, a su vez, son indispensables para desarrollar a largo plazo diferentes actividades físicas y deportivas de manera segura y eficaz (Duncan, Stanley, & Leddington Wright, 2013). El concepto de

calidad de estos movimientos fundamentales ha sido descrito principalmente en población deportista, evaluando la realización de distintos gestos motores. Para esto existen una amplia gama de instrumentos, entre los cuales se destaca el Functional Movement Screen (FMS) (Cook, Burton, Hoogenboom, & Voight, 2014a, 2014b), el cual ha sido utilizado a su vez para caracterizar estos desempeños en poblaciones en edad escolar (García-Pinillos et al., 2018).

Se ha estudiado que el exceso de peso en escolares, está asociado con alteraciones en los patrones de movimientos fundamentales (Duncan et al., 2013), relacionando variables antropométricas como el IMC con el rendimiento en el FMS, concluyendo que un IMC fuera de los parámetros normales, conlleva a un deficiente rendimiento en la realización de estas pruebas, pero sin hacer un análisis de la composición corporal de los sujetos (Duncan & Stanley, 2012). Una de las hipótesis de este déficit es el incremento del trabajo mecánico e incremento de los momentos inerciales debido a la alta cantidad de masa en el tronco de los sujetos (Hulens et al., 2001). Así mismo, la literatura destaca que estas alteraciones en el movimiento afectan mayoritariamente a niñas y niños con sobrepeso u obesidad, lo cual genera diversas consecuencias, ya que dificulta la realización de actividad física diaria e influye de gran manera en la salud y calidad de vida (Tsiros, Coates, Howe, Grimshaw, & Buckley, 2011). Esta relación no está completamente determinada en variables que se relacionan de mejor manera con la composición corporal como lo son el ICC, ICE y porcentaje de grasa corporal. Por esto el objetivo de este estudio es determinar la relación entre las variables antropométricas peso, talla, IMC, perímetro de cintura, perímetro de cadera, ICC, ICE y porcentaje de grasa corporal y la calidad de movimiento fundamentales en una muestra de adolescentes escolares de educación secundaria chilenos. Nuestra hipótesis es que estas variables antropométricas, las cuales están asociadas a riesgo de padecer enfermedades cardiometabólicas, podrían también tener una asociación con la calidad de movimientos considerados fundamentales.

Material y método

Se realizó un estudio de tipo observacional, analítico transversal en escolares de educación secundaria pertenecientes a dos escuelas municipales de la ciudad de Valdivia, Chile, las cuales poseen una población con características socioeconómicas similares.

Se evaluaron 18 escolares (11 hombres y 7 mujeres)

quienes cumplieron los siguientes criterios de inclusión: a) tener entre 12 a 14 años de edad. b) tener la aceptación de los padres o tutores a través de consentimiento informado y de los adolescentes en el asentimiento informado. Los criterios de exclusión fueron: a) presentar patologías neurológicas que impidan la realización del FMS. b) padecer trastornos cognitivos los que dificulten la comprensión de instrucciones simples. c) presencia de alguna lesión musculoesquelética en los últimos 6 meses previo a la evaluación. d) presencia de dolor o malestar general que le impida realizar las pruebas. e) adolescentes a quienes no se les pueda medir la estatura de pie.

Esta investigación fue aprobada por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Austral de Chile, cumpliendo con los principios éticos de investigación de la declaración de Helsinki.

Al comienzo de cada evaluación se le asignó un número a cada participante y se completó una ficha de elaboración propia, en la que se contemplaron datos personales (nombre, edad y escuela de procedencia). Luego se efectuaron las siguientes mediciones antropométricas: el peso y porcentaje de grasa corporal, las cuales fueron obtenidas a través de una balanza de bioimpedancia TANITA modelo TBF-305 con una precisión de 0,1 kg, considerando para todos los participantes un peso basal de 0,7 kilogramos, correspondiente al peso de la ropa. La estatura de pie fue medida a través de un tallímetro marca SECA, con una precisión de 1 mm. Tras la determinación de estas dos variables se estableció el Índice de Masa Corporal (IMC) el cual fue calculado como el peso dividido por la estatura al cuadrado (kg/m^2). Después, se midió con una cinta métrica, con una precisión de 1 mm, el perímetro de cintura (perímetro mínimo entre la decimosegunda costilla y el borde superior de las crestas iliacas) y cadera (perímetro máximo de glúteos), para luego determinar el índice cintura-cadera (ICC), el que fue calculado dividiendo el perímetro de cintura por el perímetro de cadera. Para el cálculo del índice cintura-estatura (ICE) se realizó la división entre el perímetro de cintura (cm) y la estatura (cm). Cabe señalar que todas las mediciones fueron ejecutadas por la misma investigadora y que esta siguió las instrucciones de medición entregadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK) (Marfell-Jones, Olds, Stewart & Carter, 2016).

En la última etapa, se les explicó a los participantes a través de videos en dispositivos digitales y de forma verbal los patrones de movimientos que debían reali-

zar. Posterior a esto se aplicó el protocolo de FMS (Cook et al., 2014a, 2014b) incorporando los siete patrones de movimientos fundamentales: sentadilla profunda, estocada en línea, paso con obstáculo, movilidad de hombros, elevación de la pierna recta activa, push up y estabilidad rotatoria. Los participantes realizaron tres intentos por cada una de las pruebas. Siendo estas filmadas en dos planos de movimiento, uno frontal y otro sagital, a través de cámaras de video las cuales eran sostenidas en su base por trípodes a cuatro metros del sujeto evaluado. Una vez concluido el proceso referido anteriormente, las grabaciones fueron ordenadas y agrupadas de acuerdo con el número de cada participante, después fueron insertadas en un dispositivo de almacenamiento digital para ser entregado junto con la ficha de elaboración propia a uno de los investigadores, con formación en la aplicación de FMS, encargado de analizar los videos. El resultado se valoró en un puntaje de 0 si el sujeto manifiesta dolor en la ejecución de la prueba, 1 si el sujeto es incapaz de reproducir el movimiento solicitado, 2 si el sujeto necesita realizar alguna compensación para realizar el movimiento y 3 si el sujeto realiza de manera correcta la prueba. Se definió como el valor de resultado el mejor de los tres intentos.

Para el análisis de las variables, se utilizó el programa Statistical Package for Social Science (SPSS) versión 25.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). A través de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk se determinó que las variables antropométricas utilizadas para la caracterización de la muestra y el puntaje final del FMS tenían un comportamiento normal, por lo que, se utilizó como medida de tendencia central la media y como medida de dispersión la desviación estándar. Las variables asociadas a las pruebas específicas de FMS tuvieron un comportamiento no normal. Finalmente, se estableció la relación entre las distintas variables antropométricas (peso, estatura, perímetro de cintura, perímetro de cadera, IMC, ICC, ICE y porcentaje de grasa corporal) y el puntaje obtenido en el FMS, aplicando la prueba de Correlación de Spearman teniendo en cuenta un nivel de significancia de $p < 0,05$. El tamaño de las correlaciones se consideró insignificante si su coeficiente se encontraba entre .0 y .30, baja si su coeficiente era entre .30 y .50, moderadas para coeficientes entre .50 y .70, alta para coeficientes entre .70 y .90; y muy alta para coeficientes mayores a .90 (Mukaka, 2012). Además, como complemento para el estudio, se calculó la mediana de cada una de las pruebas que forman parte del FMS, con el objetivo de buscar aquellas con el mayor y peor rendimiento.

Resultados

La muestra de 18 escolares (11 hombres y 7 mujeres) presentó una media de edad de $12,72 \pm 0,57$ años. Los resultados de las mediciones basales son presentados en la Tabla I.

En cuanto al puntaje general del FMS, este mostró un valor promedio de $12,06 \pm 1,86$. En la Figura 1 se muestran las medianas de cada prueba por sexo.

Por último, la Tabla II muestra la correlación entre las distintas variables antropométricas con los puntajes de las pruebas del FMS, encontrando relaciones significativas y positivas entre la estatura y el puntaje total del FMS y la prueba paso con obstáculo ($p < 0,01$), así como una relación negativa entre el porcentaje de grasa cor-

poral y la prueba de sentadilla profunda ($p < 0,05$) y el índice cintura-estatura y la prueba de estabilidad rotatoria ($p < 0,05$).

Discusión

El objetivo de este estudio fue determinar la relación entre variables antropométricas y la calidad de movimientos fundamentales en una muestra de adolescentes escolares chilenos. Nuestro principal hallazgo es la relación positiva entre la estatura y la calidad de movimientos fundamentales. Estos resultados se pueden explicar debido a la fuerte relación que se encuentra entre la estatura corporal y la maduración biológica de niños y adolescentes, lo cual se asocia a que los niños

con una maduración temprana generalmente alcanzan su velocidad máxima de crecimiento antes (Benedet, da Silva Lopes, Adami, de Fragas Hinnig, & de Vasconcelos Fde, 2014; Sogut et al., 2019). Esta maduración biológica precoz y por consiguiente una maduración neuromuscular temprana provocaría mejores rendimientos de diferentes capacidades físicas (Bergeron et al., 2015), las cuales son necesarias para tener un buen rendimiento en las pruebas de calidad de movimientos fundamentales (Cook et al., 2014a, 2014b).

Por otro lado, se encontró una asociación positiva entre la estatura y la prueba de paso con obstáculo. Esta prueba consiste en pasar una valla que se encuentra a la altura de la tuberosidad de la tibia mientras se sostiene un bastón detrás del cuello, evaluando la alineación de las articulaciones de cadera, rodilla, tobillo y del tronco, tanto en el plano sagital

como en el frontal anterior (Cook et al., 2014b). Si bien existen diferentes factores que influyen en el comportamiento motor del sujeto, se rescata la madurez biológica como una variable de considerable efecto en el desempeño (García-Pinillos et al., 2018) y el fitness físico, siendo la estatura un determinante dentro de ésta (Malina, 2014). Se postula que aquellos sujetos que han madurado previamente (Benedet et al., 2014; Sogut et al., 2019) presentarían ventajas tanto en sus características corporales así como también una posible madurez de sus sistemas sensoriales y en el control del balance postural (John, Rahlf, Hamacher, & Zech, 2019).

Tabla I:
Características descriptivas de la muestra de estudio.

Variable	Total (n=18) M±DE	Hombres (n=11) M±DE	Mujeres (n=7) M±DE	Valor p
Edad (años)	12,72±0,57	12,73±0,65	12,71±0,49	,964
Peso (kg)	55,48±11,29	54,70±13,10	56,71±8,51	,724
Estatura (cm)	155,83±6,77	156,43±8,31	154,88±3,57	,650
Índice Masa Corporal	22,79±4,23	22,30±5,00	23,56±2,82	,552
Perímetro de cintura	76,68±7,96	78,55±8,94	73,76±5,46	,223
Perímetro de cadera	93,87±9,46	91,26±9,45	97,97±8,51	,147
Índice Cintura-Cadera	0,81±0,07	0,86±0,04	0,74±0,04	,001
Índice Cintura-Estatura	0,49±0,05	0,50±0,06	0,47±0,03	,325
Porcentaje grasa corporal (%)	27,04±13,37	23,75±15,62	32,20±6,99	,200
Puntaje FMS	12,06±1,86	11,82±2,23	12,42±1,13	,514

n: número; M: media; DE: desviación estándar; kg: kilogramos; cm: centímetros; %: porcentaje; FMS: Funcional Movement Screen.

Tabla II:
Matriz de correlaciones entre variables antropométricas y calidad de movimiento.

Variables	Peso	Estatura	IMC	Perímetro cintura	Perímetro de cadera	ICC	ICE	% grasa corporal
Total FMS ^a	,29 (-,23 - ,78)	,60* (,32 - ,84)	,04 (-,44 - ,67)	-,11 (-,57 - ,62)	,19 (-,22 - ,62)	-,31 (-,69 - ,09)	-,37 (-,69 - ,34)	-,20 (-,55 - ,41)
Sentadilla ^b profunda	-,01 (-,52 - ,47)	,38 (-,10 - ,70)	-,15 (-,60 - ,36)	-,05 (-,57 - ,47)	-,21 (-,61 - ,22)	,03 (-,41 - ,46)	-,12 (-,65 - ,45)	-,58* (-,79 - ,17)
Paso con obstáculo ^b	,12 (-,39 - ,59)	,74** (,44 - ,87)	-,15 (-,58 - ,39)	,14 (-,60 - ,32)	-,05 (-,55 - ,48)	-,12 (-,59 - ,40)	-,33 (-,70 - ,12)	-,15 (-,15 - ,39)
Push Up ^b	,20 (-,22 - ,55)	,23 (-,37 - ,71)	,01 (-,41 - ,39)	,15 (-,23 - ,50)	,08 (-,34 - ,41)	-,09 (-,46 - ,38)	-,03 (-,48 - ,36)	-,16 (-,54 - ,21)
Estocada en línea ^b	,22 (-,32 - ,70)	,32 (-,20 - ,77)	,22 (-,28 - ,68)	-,05 (-,52 - ,46)	,26 (-,24 - ,69)	-,42 (-,79 - ,04)	-,10 (-,57 - ,39)	,29 (-,22 - ,72)
Movilidad de hombro ^b	,14 (-,41 - ,62)	,16 (-,32 - ,61)	,14 (-,40 - ,65)	,06 (-,45 - ,55)	,25 (-,28 - ,70)	-,38 (-,73 - ,12)	,00 (-,51 - ,54)	,23 (-,30 - ,67)
Elevación de la pierna recta ^b	,30 (-,16 - ,68)	,03 (-,52 - ,59)	,36 (-,18 - ,80)	,07 (-,40 - ,54)	,27 (-,25 - ,74)	-,34 (-,74 - ,16)	,11 (-,40 - ,63)	,31 (-,23 - ,75)
Estabilidad rotatoria ^b	-,10 (-,55 - ,39)	,16 (-,30 - ,21)	-,24 (-,62 - ,21)	-,42 (-,71 - ,07)	-,24 (-,63 - ,21)	,03 (-,48 - ,55)	-,48* (-,75 - ,19)	-,32 (-,62 - ,10)

IMC: Índice de masa corporal; ICC: Índice cintura-cadera; ICE: Índice cintura-estatura; %: Porcentaje; FMS: Funcional Movement Screen; ^aPearson; ^bSpearman

*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral); **. La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

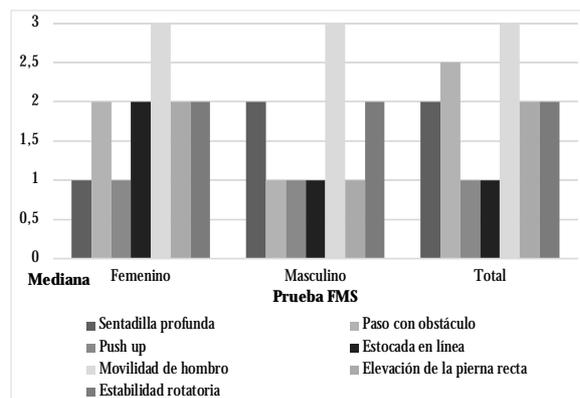


Figura 1. Distribución de las medianas de las pruebas del Funcional Movement Screen por sexo.

Secundariamente se encontraron asociaciones negativas, tanto entre el porcentaje de grasa corporal y la prueba de sentadilla profunda, como en el índice cintura-estatura y la prueba de estabilidad rotatoria. Respecto al primer punto, la prueba de sentadilla profunda consiste en realizar esta acción sosteniendo una barra con los brazos sobre la cabeza, evaluando la potencia y flexibilidad de miembros inferiores principalmente (Cook et al., 2014b). A pesar de que la literatura demuestra que adolescentes con obesidad tienen una mayor fuerza absoluta en contracción isométrica extensora de rodilla (García-Vicencio et al., 2016; Tsiros et al., 2013), cuando éstos son normalizados al peso del sujeto, los resultados se invierten (Tsiros et al., 2013), entre otras cosas, por un alterado reclutamiento de las unidades motoras (Herda et al., 2018), por lo que un exceso de masa asociada a grasa corporal provocaría peores rendimientos en esta prueba, pero esto debe ser comprobado en futuras investigaciones. La prueba de estabilidad rotatoria tiene como propósito evaluar la estabilidad multiplanar del tronco durante un movimiento combinado de miembros inferiores y superiores. Esta prueba se realiza con el evaluado en posición cuadrúpeda, solicitando la elevación del miembro inferior y superior ipsilateral hasta la horizontal (Cook et al., 2014a). La relación negativa de ésta con el índice cintura estatura podría estar explicada por los cambios geométricos corporales, producto de una obesidad androide, en donde el centro de masa se adelanta provocando un mayor brazo de palanca con el eje rotatorio de columna, por lo tanto mayores momentos inerciales, siendo un reto mayor para el sistema neuromuscular (Corbeil, Simoneau, Rancourt, Tremblay, & Teasdale, 2001; Hulens et al., 2001). Además de estos factores mecánicos, Cesar y cols. indican que la coordinación motora (relevante para ambas pruebas) se ve impactada por el nivel de tejido adiposo que presenta el sujeto, lo que puede relacionarse con los resultados obtenidos (Machado et al., 2017).

Finalmente, nuestra investigación no encontró una relación significativa entre el IMC y los puntajes del FMS como las declaradas por Duncan & Stanley's (Duncan & Stanley, 2012) y García-Pinillos y cols. (2018), donde este último plantea que el IMC es un determinante primario en el desempeño del FMS. Nosotros creemos que esta diferencia puede estar relacionada con el pequeño tamaño de nuestra muestra y la homogeneidad de gran parte de las características de estudio, haciendo más complejo encontrar correlaciones.

Este estudio cuenta con algunas limitaciones. La prin-

cipal limitación es el pequeño tamaño de nuestra muestra que genera un sesgo de selección, lo cual no permite ser representativa de los escolares chilenos, debido al no cumplimiento de criterios de inclusión (Consentimiento Informado de los padres). Por otro lado, la naturaleza transversal del estudio impide sacar conclusiones sobre la direccionalidad causal de nuestros hallazgos. Por último, el no registrar el nivel de actividad física y el nivel de maduración biológica, podrían relacionarse a futuro con la calidad de patrones de movimientos fundamentales. Es por esto, que sugerimos realizar futuras investigaciones de carácter prospectivo en donde se incorpore un análisis del tamaño de muestra, estrategias para mejorar el reclutamiento, variables de maduración biológica y niveles de actividad física.

Conclusiones

Como conclusión de este trabajo, podemos plantear que la estatura corporal tiene una relación positiva con la calidad de movimientos fundamentales en adolescentes. Además, se encontraron relaciones negativas entre el porcentaje de grasa corporal y la sentadilla profunda, así como entre el índice cintura-estatura y la estabilidad rotatoria.

References

- Benedet, J., da Silva Lopes, A., Adami, F., de Fragas Hinnig, P., & de Vasconcelos Fde, A. (2014). Association of sexual maturation with excess body weight and height in children and adolescents. *BMC Pediatr*, 14, 72. <https://doi.org/10.1186/1471-2431-14-72>
- Bergeron, M. F., Mountjoy, M., Armstrong, N., Chia, M., Cote, J., Emery, C. A., . . . Engebretsen, L. (2015). International Olympic Committee consensus statement on youth athletic development. *Br J Sports Med*, 49(13), 843-851. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094962>
- Chan, G., & Chen, C. T. (2009). Musculoskeletal effects of obesity. *Curr Opin Pediatr*, 21(1), 65-70. <https://doi.org/10.1097/MOP.0b013e328320a914>
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014a). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function-part 2. *Int J Sports Phys Ther*, 9(4), 549-563.
- Cook, G., Burton, L., Hoogenboom, B. J., & Voight, M. (2014b). Functional movement screening: the use of fundamental movements as an assessment of function - part 1. *Int J Sports Phys Ther*, 9(3), 396-409.
- Corbeil, P., Simoneau, M., Rancourt, D., Tremblay, A., & Teasdale, N. (2001). Increased risk for falling associated with obesity: mathematical modeling of postural control.

- IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 9(2), 126-136. <https://doi.org/10.1109/7333.928572>
- Duncan, M. J., & Stanley, M. (2012). Functional movement is negatively associated with weight status and positively associated with physical activity in british primary school children. *J Obes*, 2012, 697563. <https://doi.org/10.1155/2012/697563>
- Duncan, M. J., Stanley, M., & Ledington Wright, S. (2013). The association between functional movement and overweight and obesity in British primary school children. *BMC Sports Sci Med Rehabil*, 5, 11. <https://doi.org/10.1186/2052-1847-5-11>
- Forno, E., Han, Y. Y., Mullen, J., & Celedon, J. C. (2018). Overweight, Obesity, and Lung Function in Children and Adults-A Meta-analysis. *J Allergy Clin Immunol Pract*, 6(2), 570-581 e510. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2017.07.010>
- García-Pinillos, F., Párraga-Montilla, J., Roche-Seruendo, L., Delgado-Floody, P., Martínez-Salazar, C., & Latorre-Román, P. (2018). Do age and sex influence on functional movement in school-age children? *Retos*, 35, 97-100. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i35.63256>
- García-Vicencio, S., Coudeyre, E., Kluka, V., Cardenoux, C., Jegu, A. G., Fourot, A. V., ... Martin, V. (2016). The bigger, the stronger? Insights from muscle architecture and nervous characteristics in obese adolescent girls. *Int J Obes (Lond)*, 40(2), 245-251. <https://doi.org/10.1038/ijo.2015.158>
- Hardy, L. L., King, L., Farrell, L., Macniven, R., & Howlett, S. (2010). Fundamental movement skills among Australian preschool children. *J Sci Med Sport*, 13(5), 503-508. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2009.05.010>
- Herda, T. J., Ryan, E. D., Kohlmeier, M., Trevino, M. A., Gerstner, G. R., & Roelofs, E. J. (2018). Examination of muscle morphology and neuromuscular function in normal weight and overfat children aged 7-10 years. *Scand J Med Sci Sports*, 28(11), 2310-2321. <https://doi.org/10.1111/sms.13256>
- Hulens, M., Vansant, G., Lysens, R., Claessens, A. L., Muls, E., & Brumagne, S. (2001). Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: an allometric approach. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 25(5), 676-681. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801560>
- John, C., Rahlf, A. L., Hamacher, D., & Zech, A. (2019). Influence of biological maturity on static and dynamic postural control among male youth soccer players. *Gait & Posture*, 68, 18-22. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2018.10.036>
- Keane, E., Li, X., Harrington, J. M., Fitzgerald, A. P., Perry, I. J., & Kearney, P. M. (2017). Physical Activity, Sedentary Behavior and the Risk of Overweight and Obesity in School-Aged Children. *Pediatric exercise science*, 29(3), 408-418. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0234>
- Machado, D., Buratti, J., Ribeiro, L., Braz, M., Roberto, D., & Irineu, J. (2018). Relação entre equilíbrio dinâmico e índice de massa corporal em crianças. *Retos*, 34, 162-165. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i34.57678>
- Malina, R. M. (2014). Top 10 Research Questions Related to Growth and Maturation of Relevance to Physical Activity, Performance, and Fitness. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 85(2), 157-173. <https://doi.org/10.1080/02701367.2014.897592>
- Marfell-Jones M, Olds T, Stewart A, Carter L. (2006). International standards for anthropometric assessment. Potchefstroom: ISAK.
- Marrodan, M. D., Martínez-Alvarez, J. R., González-Montero De Espinosa, M., López-Ejeda, N., Cabanas, M. D., & Prado, C. (2013). [Diagnostic accuracy of waist to height ratio in screening of overweight and infant obesity]. *Med Clin (Barc)*, 140(7), 296-301. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2012.01.032>
- Martin-Calvo, N., Moreno-Galarraga, L., & Martínez-Gonzalez, M. A. (2016). Association between Body Mass Index, Waist-to-Height Ratio and Adiposity in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 8(8), 512. <https://doi.org/10.3390/nu8080512>
- Mukaka, M. M. (2012). Statistics corner: A guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Med J*, 24(3), 69-71.
- Sogut, M., Luz, L. G. O., Kaya, O. B., Altunsoy, K., Dogan, A. A., Kirazci, S., ... Knechtle, B. (2019). Age- and Maturity-Related Variations in Morphology, Body Composition, and Motor Fitness among Young Female Tennis Players. *Int J Environ Res Public Health*, 16(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph16132412>
- Tsiros, M. D., Buckley, J. D., Olds, T., Howe, P. R., Hills, A. P., Walkley, J., ... Coates, A. M. (2016). Impaired Physical Function Associated with Childhood Obesity: How Should We Intervene? *Child Obes*, 12(2), 126-134. <https://doi.org/10.1089/chi.2015.0123>
- Tsiros, M. D., Coates, A. M., Howe, P. R., Grimshaw, P. N., & Buckley, J. D. (2011). Obesity: the new childhood disability? *Obes Rev*, 12(1), 26-36. <https://doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00706.x>
- Tsiros, M. D., Coates, A. M., Howe, P. R., Grimshaw, P. N., Walkley, J., Shield, A., ... Buckley, J. D. (2013). Knee extensor strength differences in obese and healthy-weight 10-to 13-year-olds. *Eur J Appl Physiol*, 113(6), 1415-1422. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2561-z>
- Valle-Leal, J., Abundis-Castro, L., Hernandez-Escareno, J., & Flores-Rubio, S. (2016). Waist-to-height ratio is an indicator of metabolic risk in children. *Rev Chil Pediatr*, 87(3), 180-185. <https://doi.org/10.1016/j.rchipe.2015.10.011>
- Weiss, R., Dziura, J., Burgert, T. S., Tamborlane, W. V., Taksali, S. E., Yeckel, C. W., ... Caprio, S. (2004). Obesity and the metabolic syndrome in children and adolescents. *N Engl J Med*, 350(23), 2362-2374. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa031049>