



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

**RELACIÓN ENTRE LA SALUD ÓSEA CON ANTROPOMETRÍA, LA APTITUD
MUSCULAR Y LA DIETA EN UNA MUESTRA DE NIÑOS Y ADOLESCENTES
DE BOGOTÁ-COLOMBIA**

Mónica Adriana Forero Bogotá

**Trabajo de grado para optar al título de
Magíster en Actividad Física y Salud**

Universidad del Rosario

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Maestría en Actividad Física y Salud

Bogotá D.C, julio de 2018



UNIVERSIDAD DEL ROSARIO

**RELACIÓN ENTRE LA SALUD ÓSEA CON ANTROPOMETRÍA, LA APTITUD
MUSCULAR Y LA DIETA EN UNA MUESTRA DE NIÑOS Y ADOLESCENTES
DE BOGOTÁ-COLOMBIA**

Mónica Adriana Forero Bogotá

Tutores

Robinson Ramírez-Vélez FT, PhD

Jorge Enrique Correa-Bautista FT, PhD

Centro de Investigación en Medición de la Actividad Física (CEMA)

Universidad del Rosario

Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud

Maestría en Actividad Física y Salud

Bogotá D.C, julio de 2018

RESUMEN

Introducción: Durante la niñez y la adolescencia se presenta el pico de masa ósea, el cual influye y potencia el desarrollo músculo-esquelético en este ciclo vital y a lo largo de la vida. Resulta importante evaluar los factores endógenos (genéticos, étnicos, estado hormonal) y exógenos (estilos de vida, composición corporal, actividad física y alimentación) predisponentes de este desarrollo. **Objetivo:** Evaluar la relación entre la composición corporal por antropometría, la aptitud muscular, la frecuencia de consumo de productos lácteos con la salud ósea de niños, niñas y adolescentes de 9 a 17,9 años de Bogotá, D.C. **Materiales y métodos:** Estudio de corte transversal retrospectivo. La salud ósea se determinó por atenuación de ultrasonido de banda ancha. Los parámetros que se tuvieron en cuenta para la composición corporal fueron: peso, talla, circunferencia de cintura, índice de masa corporal e índice circunferencia de cintura/talla. La aptitud muscular se midió por dinamometría manual, para miembros superiores, y la longitud de salto, para miembros inferiores. La ingesta de lácteos fue cuantificada mediante una encuesta de frecuencia de consumo. La salud ósea se estableció con un corte Z score $\leq 1,5$ DE. **Resultados:** Mediante regresión logística binaria ajustando los factores de edad y estadio de Tanner, se encontró una correlación positiva de riesgo entre pobre salud ósea y bajo peso, rendimiento muscular no saludable y longitud de salto; se encontró una relación negativa entre la variable de exceso de peso (obesidad) y salud ósea. **Conclusión:** Un adecuado peso corporal y una buena aptitud física influyen en la salud ósea de los niños y adolescentes; a mayor aptitud muscular de los niños mejor salud ósea. Se requiere definir políticas públicas que promuevan la salud ósea a partir de adecuada fuerza muscular, composición corporal y hábitos alimentarios saludables como factores de protección de osteoporosis en la edad adulta.

Palabras clave: densidad ósea, niñez, adolescencia, aptitud física, composición corporal y dieta.

ABSTRACT

Introduction: During childhood and adolescence there is the peak of bone mass, which influences and enhance the development, the skeletal muscle in this life cycle and the length of life, so it is important to evaluate and influence the predisposing factors to this development as are endogenous (genetic, ethnic, hormonal state) and exogenous (lifestyles, body paper, physical activity and diet). **Objective:** To evaluate the relationship between body composition, muscular strength, milk consumption frequency milk, eat dairy products and the bone health of children and adolescents from 9 to 17.9 years of age in Bogotá. **Materials and methods:** Bone health was established by broadband ultrasound attenuation (BUA), in terms of body composition the parameters that were taken into account were weight, height, waist circumference (WC), body mass index (BMI) and index. CC/height. The manual dynamometry and the long jump were taken as indicators of muscular aptitude of upper and lower limbs respectively. The dietary intake was evaluated by a 7-day reminder. Inadequate bone health was established with a cut Z score ≤ 1.5 SD. **Results:** After performing the binary logistic regression adjusting the factors of age and stage of Tanner, a positive risk relationship was found between poor bone health and low weight, unhealthy muscle performance measured by manual dynamometry and long jump and a relationship was found negative between the variable of excess weight (obesity) and bone health. **Conclusion:** An adequate body weight accompanied by good physical fitness influence the bone health of children and adolescents. It is necessary to establish public policies that promote bone health from adequate muscular strength, body composition and healthy eating habits as osteoporosis protection factors in adulthood.

Key words: bone density, childhood, adolescence, physical fitness, body composition and diet.

INTRODUCCIÓN

El pico de masa ósea (PMO) se define como el momento en el cual niños y niñas alcanzan la mayor acumulación de masa ósea; este evento es crucial para el desarrollo músculo-esquelético (1). Existen factores que favorecen la mineralización del hueso; los endógenos —genéticos, étnicos, estado hormonal— y los exógenos —estilos de vida, composición corporal, actividad física y alimentación— (2). Dentro de los factores exógenos se ha reportado que alimentos como la leche líquida, la leche en polvo y los productos lácteos como quesos, yogur y kumis, hacen parte de uno de los grupos de alimentos más importantes desde el punto de vista nutricional y de salud, debido su alto contenido de nutrientes indispensables para la salud (3). Micronutrientes como el calcio (Ca), el magnesio (Mg), el fósforo (P) y otros cumplen un papel fundamental para lograr un PMO óptimo, el cual es crucial entre los 11 y 12 años para las niñas y niños, respectivamente, debido a las fases de crecimiento y desarrollo (4). La disminución en la ingesta de Ca se ha asociado con una masa ósea reducida y osteoporosis (4) (5). Wosje et al. (6) y Hamptom (7) encontraron que una ingesta adecuada de Ca a partir del consumo de leche en la infancia tiene un efecto positivo en el aumento de la masa ósea y la DMO en la edad adulta (6-10) es por esto que el aporte dietético recomendado (RDA) de calcio en la infancia y la adolescencia es el más alto del ciclo vital, comprendiendo un RDA entre 1.000 mg/día a 1.300 mg/día, lo que se traduce a consumir entre cuatro y cinco porciones de lácteos o sus derivados (11) (12). Según los resultados de la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional (ENSIN, 2010), en Colombia aproximadamente uno de cada dos niños/niñas y adolescentes no consumen leche diariamente (40,8% niños y niñas entre cinco y ocho años, 47,4% en niños y niñas entre los nueve y 13 años y 56% en el grupo de edad de 14 a 18 años) (13).

Asimismo, se ha evidenciado que la aptitud física que se adquiere durante la infancia y la adolescencia determina favorablemente el futuro estado de salud (14, 15). La evaluación de la aptitud física es una medida integral de la mayoría de las funciones del cuerpo: locomotora, cardiorrespiratoria, hematocirculatoria, psiconeurológica y endocrino-metabólica (8). Por esta razón, la condición física es considerada uno de los marcadores de salud más importantes y un predictor de morbilidad y mortalidad por todas las causas (8, 9, 16, 17). Por tanto, el



papel de la aptitud muscular es cada vez más reconocido como un marcador importante de salud durante la vida y como factor protector.

Se ha demostrado que ejercicios con intensidades moderadas a vigorosas mayores a 78 minutos contribuyen con la aptitud muscular, lo cual favorece en mayor medida la mineralización ósea vital en el ciclo del efecto osteogénico durante las dos primeras décadas de la vida. En consecuencia, se puede estimar que la fuerza muscular y el aumento de la masa muscular son también factores determinantes del desarrollo de los huesos (8) (16, 18).

Respecto a la medición de la condición física —y en particular a la relacionada con la aptitud muscular— los estudios AVENA, HELENA y ALPHA-FITNESS han encontrado que una inadecuada condición física constituye uno de los factores de riesgo más importantes en la aparición de enfermedades óseas. Según Rizzoli et al. (19), la aptitud muscular se debe potencializar durante la niñez y la adolescencia, lo cual contribuiría aproximadamente en un 50% en la reducción del riesgo de fracturas. Se ha encontrado relación entre fuerza muscular y mejores niveles de densidad mineral ósea, lo cual muestra un efecto osteogénico importante, dada la estimulación mecánica provocada por la actividad física y su relación con la producción de nueva masa ósea (20).

Determinar el estado de salud ósea en la infancia y en la adolescencia sirve como predictor de riesgo de padecer osteoporosis y fracturas osteoporóticas en la edad adulta (1). Según la Sociedad Internacional de Densitometría Clínica, durante los últimos años se ha incrementado la demanda de la medición de la DMO en población infantil y adolescente para identificar un mayor riesgo de osteoporosis en la edad adulta (2) (21). De hecho, la determinación de un nivel bajo en la DMO se considera el mejor predictor de osteoporosis; por tanto, una evaluación combinada de medidas físicas y marcadores bioquímicos del metabolismo óseo es útil para identificar una disminución en el desarrollo músculo-esquelético en los niños (13, 22).

La absorciometría dual de rayos X (DXA) está considerada como el estándar de referencia para el diagnóstico del estado de los huesos mediante la medición de la DMO (13) (11). Las principales ventajas de DXA son el corto tiempo que toma el análisis y la capacidad de medición en diferentes partes del cuerpo. Sin embargo, presenta inconvenientes como la exposición a la radiación ionizada —que varía en función del modelo de máquina y el lugar



examinado— la limitada portabilidad, la falta de información en tiempo real, el alto costo y la poca accesibilidad.

Durante las últimas dos décadas, la técnica de ultrasonido cuantitativa (US) se ha utilizado para evaluar la DMO, especialmente en hueso calcáneo, la cual ha demostrado ser ampliamente aplicable y clínicamente útil (14, 16, 23, 24). La técnica US es segura, fácil de usar y rentable; los dispositivos son portátiles, y sólo se necesitan unos pocos minutos para realizar las mediciones; además están libres de la radiación. En este sentido, y dada la seguridad radiológica, el ultrasonido cuantitativo es especialmente adecuado para los niños (17, 25). Mughal et al. demostraron la eficacia y la validez del US con su medida de atenuación de ultrasonido de banda ancha (BUA) en los niños y adolescentes sanos, demostrando que el BUA se correlaciona significativamente con la DMO corporal total ($r=0,74$, $p < 0,001$) (18, 26).

El propósito de este fue evaluar la relación entre la aptitud muscular y la dieta en los niños/niñas y adolescentes de 9 a 17,9 años de Bogotá, D.C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Estudio de corte transversal retrospectivo que forma parte del macroproyecto FUPRECOL (21, 22). La población estuvo constituida por niños/niñas y adolescentes de 9 a 17 años de edad, residentes en Bogotá y pertenecientes a 28 instituciones educativas de zonas urbanas seleccionadas a conveniencia. La muestra se determinó por conveniencia por lo que los niños, las niñas y los adolescentes de la muestra tenían un estatus socioeconómico bajo (pertenecientes a los estratos socioeconómicos 1, 2 y 3) de acuerdo con el Sistema de Identificación de Potenciales Beneficiarios de Programas Sociales (SISBEN) definido por el gobierno colombiano (13). Todos los/las padres/madres o tutor/a responsable de los estudiantes aceptaron y firmaron un consentimiento informado.

El tamaño de la muestra —30 participantes por grupo de edad-sexo— se calculó con base en los 546.000 registros de matrícula del 2013, suministrado por la Secretaría de Educación Distrital. Un análisis de potencia realizado para este estudio mostró que este tamaño de muestra era suficiente para estimar los valores de c-BUA con una precisión del 10% y una potencia del 90%. Los criterios de exclusión fueron: tener discapacidad física, sensorial o



intelectual permanente, enfermedades no transmisibles como diabetes tipo 1 o 2, enfermedad cardiovascular, autoinmune o cáncer diagnosticado; tener enfermedades relacionadas con la nutrición como errores congénitos del metabolismo, síndrome metabólico, obesidad mórbida, trastornos psiquiátricos (anorexia, bulimia), entre otros; estar en estado de gestación; presentar abuso en consumo de alcohol o drogas. La exclusión efectiva se realizó a posteriori, sin conocimiento del participante, respetando su dignidad. Las mediciones fueron realizadas en la mañana, entre las 7:00 a.m. y 10:00 a.m.

El estado de maduración (autoinformado) se evaluó mediante la clasificación descrita por Tanner (cinco etapas: I-V) como: prepuberal (I-II), puberal (III) y postpuberal (IV-V) (27). Cada participante entró en una habitación aislada, en la cual, mediante un conjunto de imágenes que ejemplifican las diversas etapas maduración sexual, clasificaron el desarrollo de sus propios genitales (para niños), senos (para niñas), axilas (para niños) y vello púbico (para ambos sexos).

Instrumentos

Las variables antropométricas se midieron de acuerdo con las directrices de la International Society for the Advancement of Kinanthropometry (ISAK), y fueron tomadas por antropométrista nivel dos certificada (ISAK II) (28). Durante las mediciones antropométricas, los estudiantes llevaban ropa ligera y estaban descalzos. Para la medición del peso corporal se utilizó una báscula calibrada (Tanita® BC544, Tokyo, Japan); para la altura, un estadiómetro (SECA® 274, Hamburgo, Alemania). Con base en estas medidas se calculó el índice de masa corporal (IMC), y se clasificó como bajo peso, peso normal, sobrepeso u obesidad de acuerdo con los criterios de la International Obesity Task Force (IOTF) (29). La circunferencia de la cintura (CC) se midió en el punto medio entre la última costilla y la cresta ilíaca en bipedestación y espiración, con una cinta métrica (Ohaus® 8004-MA, Parsippany, NJ, USA). Para clasificar la CC, se utilizaron puntos de corte relacionados con la salud con referencia en los criterios derivados de Ferranti et al. (23) en función del sexo y la edad, para criterio diagnóstico de síndrome metabólico en menores de 17 años; además, se calculó la relación cintura-altura (WHtR) de acuerdo con lo propuesto por Ashwel



et al. (24). Durante las mediciones antropométricas, los estudiantes llevaban ropa ligera y estaban descalzos.

La fuerza muscular se evaluó mediante dos test: i) salto de longitud a dos pies sin impulso para medir capacidad muscular en miembros inferiores. Los sujetos fueron instruidos para saltar lo más lejos posible, usando una técnica de despegue y aterrizaje de dos pies. Se utilizó la mejor puntuación de dos saltos correctamente realizados (30). ii) Test de dinamometría manual para medir la fuerza máxima de prensión manual, mediante dinamómetro digital Takei T-18 TKK SMEDLY III, con dos intentos alternativos con cada mano en posición estandarizada. Cada una de estas variables absolutas fueron transformadas dividiendo cada uno de los valores observados por el valor máximo de dicha variable con el fin de establecer una única variable relativa denominada índice de fuerza general (IFG), con valores comprendidos entre 0 y 1 (25).

La medición de la salud ósea se realizó por atenuación de ultrasonido de banda ancha (BUA por su nombre en inglés *broadband ultrasound attenuation*) (comercial Lunar Corporation BUA, Madison, WI, USA). Se realizó con el sujeto en posición sedente con los pies apoyados en el reposapiés, asegurado mediante dos cintas. A continuación, la palanca de acoplamiento ultrasónico se aplicó a los lados del talón, y los transductores se colocaron cerca de este, de manera que las ondas sonoras se transmitieron a través del calcáneo. Por tanto, los valores de referencia del BUA que aquí se presentan son el resultado del cálculo de los valores obtenidos para ambos talones sin tener en cuenta el dominio de la pierna. El BUA se midió en decibeles por megahertz (dB/MHz). Dos operadores entrenados realizaron todas las mediciones. El coeficiente de variación (CV) para mediciones dentro del día se informó previamente como 1,8% para BUA. El CV para las mediciones entre días es 0,6 (31).

La ingesta de calcio se evaluó mediante un cuestionario de frecuencia de consumo solo para alimentos fuente de este mineral como la leche y los productos lácteos en los últimos siete días. La información fue recogida por un profesional de nutrición y dietética, los alimentos que se tuvieron en cuenta fueron alimentos de origen animal, fuentes de calcio con las porciones establecidas dentro de las guías alimentarias para la población colombiana mayor de dos años como leche (1 taza), leche descremada (1 taza), yogurt entero (1 unidad), cuajada (1 unidad), queso. Las categorías fueron *nunca o casi nunca* (0), *veces al día* (1, 2-3, 4-6),



veces a la semana (1, 2-4, 5-6), *veces al mes* (1-3). Posteriormente, se recodificaron de acuerdo con la categorización frecuencia de consumo, se analizaron con el software de análisis nutricional de la tabla de composición de alimentos colombianos 2015. Con base en el Programa de Desarrollo de Consenso de los Institutos Nacionales de la Salud (32), usamos 1.200 mg/día como ingesta óptima de calcio en niños y adolescentes.

Aspectos éticos

El estudio FUPRECOL se llevó a cabo siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la Resolución 008439 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que regula la investigación clínica en humanos y ha obtenido la aprobación del Comité de Investigación en Seres Humanos del Comité de Ética del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario (UR N° CEI-ABN026000262). Antes de la medición, cada niño y/o adolescente asintió participar y el padre/madre o tutor/a responsable firmó por escrito el consentimiento informado del menor.

Análisis estadístico

El procesamiento y análisis de la información se realizó en el programa Statistical Package for Social Science® software, versión 21.0 (SPSS; Chicago, IL, USA). Los valores continuos se expresaron como media y desviación estándar (\pm) y las proporciones en porcentaje. Las variables se dicotomizaron considerando los puntos de cohorte de los estudios AVENA, HELENA y ALPHA-Fitness. Se realizó una regresión logística binaria para calcular la razón de asociación (odds ratio; OR) y se consideró un análisis por cuartiles, percentil 25 y valores de una DS para establecer la relación entre cada una de las variables asociadas a DMO.

RESULTADOS

La tabla 1 muestra las estadísticas descriptivas demográficas de la muestra. La muestra final fue de 1.118 escolares, pertenecientes a 28 instituciones educativas oficiales de la ciudad de Bogotá, Colombia. La edad media fue de $13,0 \pm 2,3$ (rango de 11-14) años; el 54,6% eran mujeres. Las niñas presentaron niveles más bajos de peso, IMC, salto largo, fuerza prensil e



índice muscular que los niños. El promedio de c-BUA fue diferente por grupo de edad y sexo; en niñas (niños 60,5 (14,8%) vs. adolescentes 80,8 (15,0%) y en niños (niños 58,5 (12,1%) vs. adolescentes 82,9 (18,0%). De acuerdo con los criterios IOTF, la prevalencia de sobrepeso y obesidad fue de 23,6% y 10,6% en niñas respectivamente, y de 19,9% y 11,2% en niños ($p < 0,05$). El promedio y la prevalencia de ingesta de calcio (número de porciones/día) y el cumplimiento con la ingesta diaria de calcio —de acuerdo con el rango de edad se determinó si cumplía o no las recomendaciones de ingesta de calcio/día— fueron de 1,5 y 8,7 en varones de 12 a 17,9 años y, de 1,3 y 9,3% en niñas, de acuerdo con las recomendaciones dietéticas.

Tabla 1. Características de una muestra de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia (media (DE) o frecuencias).

Características	Total (n = 1.118)	Niñas (n=610)		p Value	Niños (n=508)		p Value
		Niñas 9-11,9 y (n = 246)	Adolescentes 12-17,9 y (n = 364)		Niños 9-11,9 y (n = 246)	Adolescentes 12-17,9 y (n = 364)	
Edad (años)	13,0 (2,3)	10,6 (1,1)	14,6 (1,3)	<0,001	10,4 (1,2)	14,6 (1,2)	<0,001
Peso (kg)	46,6 (11,7)	37,0 (8,5)	51,0 (8,4)	<0,001	37,4 (9,2)	54,0 (10,4)	<0,001
Talla (m)	152,0 (12,4)	141,5 (9,0)	155,2 (6,1)	<0,001	140,7 (10,0)	163,0 (9,6)	<0,001
Índice de masa corporal(kg/m ²)	19,9 (3,2)	18,5 (2,9)	21,2 (3,1)	<0,001	18,5 (2,8)	20,2 (3,0)	<0,001
Estado IMC (%) *							
Bajo peso	164 (14,7)	43 (17,5)	53 (14,6)	0,004	14 (7,1)	54 (17,3)	<0,001
Normal	658 (58,9)	119 (48,3)	207 (56,9)		121 (61,7)	211 (67,6)	
Sobrepeso	221 (19,8)	58 (23,6)	89 (24,5)		39 (19,9)	35 (11,2)	
Obesidad	75 (6,7)	26 (10,6)	15 (4,1)		22 (11,2)	12 (3,8)	
Circunferencia cintura (cm)	82,6 (9,3)	75,5 (7,5)	88,0 (7,1)	<0,001	75,5 (7,7)	85,6 (7,6)	<0,001
Índice cintura/talla	0,426 (0,045)	0,427 (0,046)	0,422 (0,043)	0,189	0,447 (0,045)	0,418 (0,043)	<0,001
Estadio Tanner * Prepuber/Puber/Pospuber, (%)	31,5/35,9/32,6	54,1/33,3/12,6	15,4/40,1/44,5	<0,001	62,8/29,6/7,7	12,8/36,9/50,3	<0,001
Estadio Tanner * Prepuber/Puber/Pospuber, (%)	31,5/35,9/32,6	54,1/33,3/12,6	15,4/40,1/44,5	<0,001	62,8/29,6/7,7	12,8/36,9/50,3	<0,001
Salto de larga duración (cm)	130,8 (29,2)	107,4 (18,8)	127,5 (21,5)	<0,001	120,9 (21,5)	158,8 (26,2)	<0,001
Fuerza prensil (kg)	22,5 (8,1)	16,0 (4,3)	23,0 (4,2)	<0,001	16,4 (4,5)	30,7 (8,4)	<0,001
Índice muscular	0,0 (0,8)	-0,1 (0,8)	0,0 (0,8)	0,046	-0,2 (0,9)	0,0 (0,8)	0,008
c-BUA (dB/MHz)	73,0 (18,9)	60,5 (14,8)	80,8 (15,0)	<0,001	58,5 (12,1)	82,9 (18,0)	<0,001
Alimentos Ingesta calcio (porciones/día)	1,3 (2,0)	1,1 (1,7)	1,3 (2,0)	0,152	1,0 (1,7)	1,5 (2,4)	0,002
Recomendaciones ingesta de calcio dietario (porciones/día)	3,7 (0,7)	3,3 (0,4)	3,5 (0,0)	<0,001	3,2 (0,5)	4,7 (0,6)	<0,001
Cumplimiento de las recomendaciones de la ingesta de calcio dietario * (diario, Sí)	8,7	8,1	9,3	0,606	8,2	8,7	0,847

Los datos se muestran como media (DE) o frecuencias. Diferencias significativas entre los sexos (ANOVA test unidireccional o chi-cuadrado *; $p < 0,001$). c-BUA, parámetro de ultrasonido cuantitativo de calcáneo

Los resultados en la tabla 2 muestran las correlaciones de Pearson entre las características de los sujetos (antropometría, aptitud muscular e ingesta de calcio) tanto para el sexo como para los valores de c-BUA. En niños y adolescentes, el parámetro c-BUA (dB/MHz) se



correlacionó positivamente con edad, peso, talla, CC, IMC, fuerza prensil, salto largo, índice muscular y consumo de calcio dietético, y negativamente con WHtR ($r=-0,141$, $p = 0,048$) en niños de 9 a 11,9 años.

Tabla 2. Matriz de correlación de Pearson para c-BUA con relación a las características antropométricas, aptitud muscular y consumo de calcio.

Características	Total (n = 1.118)		Niñas (n=610)				Niños (n=508)			
			Niñas 9-11,9 y (n = 246)		Adolescentes 12-17,9 y (n = 364)		Niños 9-11,9 y (n = 246)		Adolescentes 12-17,9 y (n = 364)	
	r	p Value	r	p Value	r	p Value	r	p Value	r	p Value
Edad (años)	0,663	<0,001	0,429	<0,001	0,283	<0,001	0,443	<0,001	0,492	<0,001
Peso (kg)	0,700	<0,001	0,550	<0,001	0,484	<0,001	0,630	<0,001	0,535	<0,001
Talla (m)	0,649	<0,001	0,449	<0,001	0,310	<0,001	0,631	<0,001	0,443	<0,001
Índice de masa corporal(kg/m ²)	0,480	<0,001	0,416	<0,001	0,376	<0,001	0,417	<0,001	0,352	<0,001
Circunferencia cintura (cm)	0,475	<0,001	0,328	<0,001	0,404	<0,001	0,409	<0,001	0,347	<0,001
Índice cintura/talla	0,015	0,624	0,021	0,995	0,085	0,103	-	<0,001	0,018	0,747
Fuerza prensil (kg)	0,644	<0,001	0,469	<0,001	0,323	<0,001	0,526	<0,001	0,580	<0,001
Salto larga duración (cm)	0,391	<0,001	0,229	<0,001	0,121	0,020	0,170	0,017	0,199	<0,001
Índice muscular	0,259	<0,001	0,277	<0,001	0,151	<0,001	0,391	<0,001	0,278	<0,001
Alimentos Ingesta calcio (porciones/día)	0,069	0,021	0,028	0,661	0,016	0,760	0,015	0,829	0,041	0,469
CIDR (porciones/día)	0,453	<0,001	0,236	<0,001	0,281	<0,001	0,320	<0,001	0,338	<0,001

r= coeficiente de correlación (Pearson r); CIDR, Cumplimiento de las recomendaciones de la ingesta de calcio dietario

En la tabla 3 se muestra las prevalencias y correlaciones entre las características antropométricas, aptitud muscular y dieta asociadas con huesos sanos y no sanos. El c-BUA varió de 59,0 a 84,0 dB/MHz (promedio 70,3 SD [18,8] dB / MHz). El estado de insuficiencia ponderal, la puntuación del índice muscular (insalubre) y la fuerza prensil (no saludable) mostraron una prevalencia más baja de salud ósea (20,7%, 17,9% y 15,5%, respectivamente). Un 14,5% de los niños y adolescentes tenían una salud ósea pobre.



Tabla 3. Prevalencias entre huesos sanos y pobres con relación a las características antropométricas, aptitud muscular y dieta.

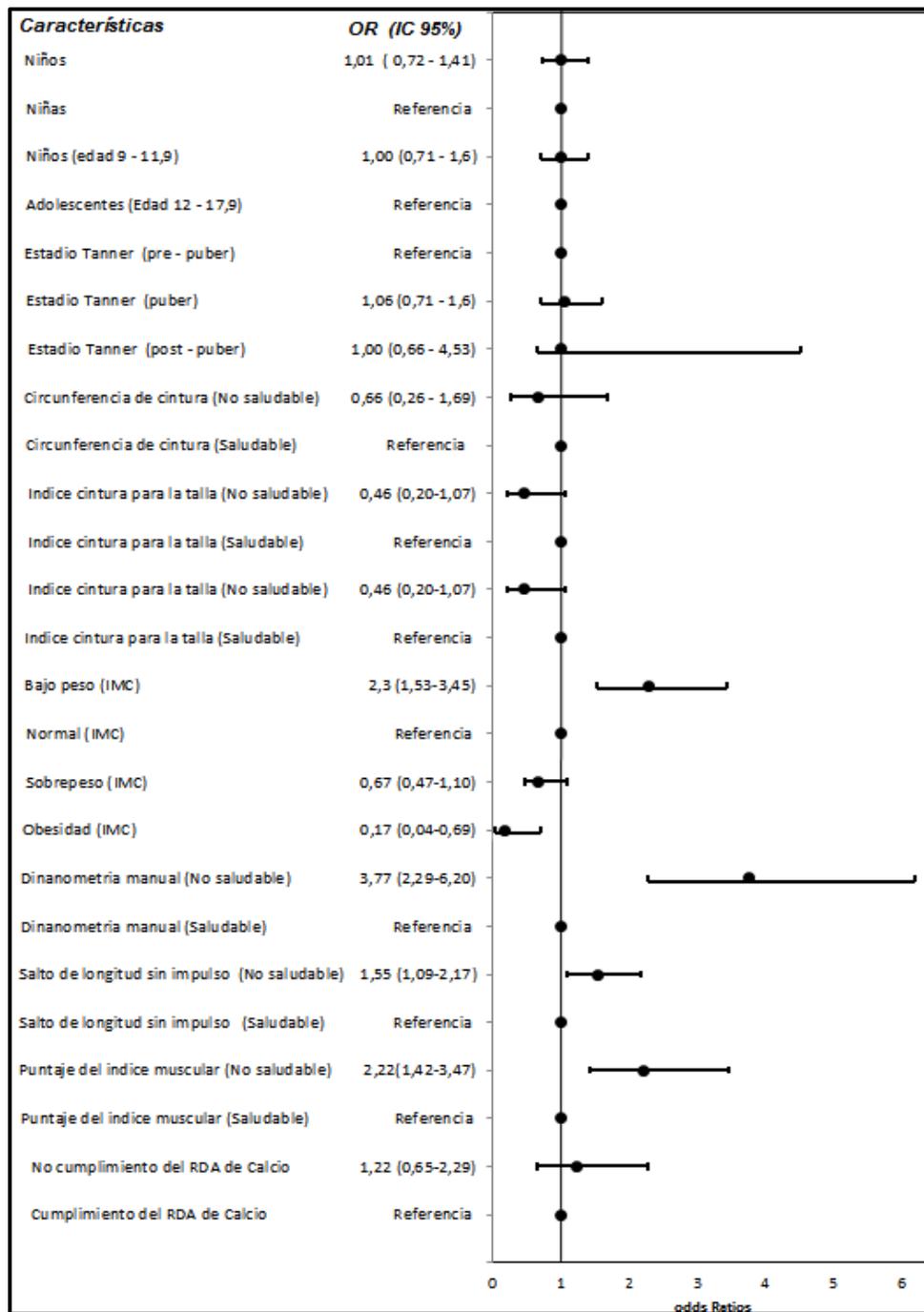
Características	Salud ósea adecuada				Salud ósea pobre				p Value
	n	%	CI 95%		n	%	CI 95%		
Niñas	522	54,6	51,7	57,8	88	54,3	46,3	62,3	0,947
Niños	434	45,4	42,2	48,3	74	45,7	37,7	53,7	
Niños (edad 9-11,9 años)	378	39,5	36,5	42,6	64	39,5	31,5	46,9	0,994
Adolescentes (edad 12-17,9 años)	578	60,5	57,4	63,5	98	60,5	53,1	68,5	
Bajo peso (IMC)	119	12,4	10,6	14,4	45	27,8	20,4	34,6	<0,001
Normal (IMC)	565	59,1	56,0	62,1	93	57,4	49,4	64,8	
Sobrepeso (IMC)	199	20,8	18,3	23,4	22	13,6	8,6	19,1	
Obesidad (IMC)	73	7,6	6,0	9,3	2	1,2	0,0	3,1	
Circunferencia cintura (no sano)	44	4,6	3,3	6,0	5	3,1	0,6	6,2	0,387
Circunferencia cintura (sano)	912	95,4	94,0	96,7	157	96,9	93,8	99,4	
Índice cintura/talla (no sano)	74	7,7	6,2	9,5	6	3,7	1,2	6,8	0,072
Índice cintura/talla (sano)	882	92,3	90,5	93,8	156	96,3	93,2	98,8	
Estadio Tanner (pre-puber)	302	31,6	28,6	34,4	50	30,9	24,1	37,7	0,945
Estadio Tanner (puber)	341	35,7	32,6	38,6	60	37,0	29,6	44,4	
Estadio Tanner (post-puber)	313	32,7	29,8	35,8	52	32,1	25,3	39,5	
Salto larga duración (no sano)	526	55,0	52,0	57,9	106	65,4	58,6	72,2	0,014
Salto larga duración (sano)	430	45,0	42,1	48,0	56	34,6	27,8	41,4	
Fuerza prensil (no sano)	637	66,6	63,5	69,7	143	88,3	82,7	93,2	<0,001
Fuerza prensil (sano)	319	33,4	30,3	36,5	19	11,7	6,8	17,3	
Índice muscular (no sano)	92	9,6	7,7	11,5	31	19,1	13,6	25,3	<0,001
Índice muscular (sano)	864	90,4	88,5	92,3	131	80,9	74,7	86,4	
Cumplimiento CIDR (No)	871	91,1	89,1	92,9	150	92,6	88,9	96,3	0,536
Cumplimiento CIDR (Sí)	85	8,9	7,1	10,9	12	7,4	3,7	11,1	

IMC, Índice masa corporal; CIDR, recomendaciones de ingesta de calcio.

La figura 1 muestra los resultados del análisis de regresión logística binaria, una vez que se realizó el ajuste (por edad y etapa de Tanner). Los factores predisponentes por debajo de $\leq -1,5$ SD del puntaje z en el parámetro c-BUA —los cuales tenían un efecto negativo sobre la salud ósea— incluyeron el grupo con bajo peso odd-ratio (OR) 2,30 (IC 95% 1,53 a 1,69), el puntaje del índice muscular (no saludable) OR 2,22 (IC 95% 1,42 a 3,47), fuerza prensil (no saludable) OR 3,77 (IC 95% 2,29 a 6,20), salto largo (no saludable) OR 1,55 (IC 95% 1,09 a 2,19) y el parámetro que tenía una relación negativa a la salud ósea es la obesidad OR 0,17 (IC del 95%: 0,04 a 0,69).



Figura 1. Factores asociados con la mala salud ósea.



DISCUSIÓN

Los resultados generales obtenidos en este estudio muestran una relación entre la salud ósea (*Adecuada o No adecuada*) y variables antropométricas, de aptitud física (fuerza muscular) y hábitos alimentarios a partir de frecuencia de consumo. Respecto al BUA y la composición corporal en ambos géneros y en los diferentes grupos de edad, se ha correlacionado según el índice de Pearson con una p valor $p < 0,05$ positivamente con edad, peso, talla, circunferencia de cintura e índice de masa corporal, y negativamente para el grupo de edad de niños y niñas de los 9-11,9 años con el indicador de circunferencia de cintura para la talla. Estos resultados son similares a los reportados por Correa et al. quienes hallaron una correlación positiva entre las variables antropométricas y la masa mineral ósea en una población Universitaria de Granada, España (33).

Sin embargo, al momento de hacer la regresión logística binaria ajustando los factores de edad y estadio de Tanner se determinó que para composición corporal el factor que tiene una relación más fuerte con la masa ósea es el IMC encontrando una relación positiva entre bajo peso y pobre salud ósea (OR 2,30; IC 1,53-3,45), y una relación negativa entre sobrepeso y pobre salud ósea (OR 0,17; IC 0,4-0,69). Los resultados de este estudio son similares al de Correa et al. en el cual se evaluaron adolescentes en Granada, España de una edad promedio de 14,1 años, y se encontró una diferencia con significancia estadística entre los estados nutricionales de los participantes en relación con la densidad mineral ósea a pesar de haber ajustado el componente magro y graso los participantes con exceso de peso tenían mejor DMO (33). En el estudio realizado por Young et al., en Korea, se evaluaron 982 adolescentes entre los 12 y 19 años, realizando el análisis de la DMO por DXA. Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre buena salud ósea en los participantes con exceso de peso en comparación con los normopeso o de bajo peso. Adicionalmente, en este estudio se realizó el análisis por composición corporal y se encontró que las personas con exceso de peso y buena masa muscular, tenían mejor DMO (34). La mayor DMO se puede explicar en individuos con exceso de peso debido a una mayor carga mecánica, lo cual genera mayores fuerzas durante la locomoción o una mayor secreción de estrógenos debido a un mayor contenido de adipocitos con el consecuente aumento de la producción de leptina. Esta última tiene un efecto anabólico sobre los osteoblastos, llevando a una disminución de la activación de los osteoclastos y, en consecuencia, una disminución de la resorción ósea (35, 36).



En cuanto a la relación entre la capacidad muscular y la DMO en la regresión logística binaria, ajustando los factores de edad y estadio de Tanner, se determinó que una capacidad muscular no saludable predice una pobre salud ósea (dinamometría manual no saludable OR 3,77, salto de longitud no saludable OR 1,55 y puntaje del índice muscular no saludable OR 2,22). Resultados similares fueron reportados por Kudoh et al. quienes estudiaron 693 niños y niñas, y encontraron que la aptitud física medida con salto de longitud influencia significativamente los parámetros de BUA en los niños (37). De manera similar, Ojeda et al., en una investigación en la cual analizaron la DMO en relación con la capacidad muscular medida con dinamometría manual, salto de longitud y salto vertical en 1.001 niños, niñas y adolescentes colombianos, y hallaron una asociación significativa con buena densidad ósea en relación con dinamometría manual ($r=0,651$), salto de longitud ($r=0,415$) y salto vertical ($r=0,341$) (38). Por otra parte, el estudio de Torres et al., describieron una relación directa entre la capacidad muscular y la salud ósea medida por DXA con base en la evidencia de que escolares que tenían buena fuerza prensil tenían mejor DMO total y en la mayoría de regiones corporales (39). Estos resultados sugieren la necesidad de promover el ejercicio físico (condición muscular) en el ámbito escolar para mejorar la DMO en estas fases de crecimiento y desarrollo músculo-esquelético.

Por último, en cuanto a la relación entre la dieta y DMO, no se encontró un efecto significativo entre el consumo de la recomendación de ingesta diaria de calcio con el BUA en la población de niños, niñas y adolescentes colombianos (No cumplimiento del RDA de calcio OR 1,22 IC 0,65-2,29). A pesar de que el calcio se ha considerado el nutriente más importante para la salud ósea, en estudios previos se han determinado resultados controversiales entre una asociación positiva (40) o ninguna asociación (39, 41). Sin embargo, en un ensayo clínico controlado de Arab et al. en niños entre los ocho y los 12 años, se realizó una intervención de ejercicio físico más fortificación de calcio con leche y ejercicio sin fortificación en relación con la DMO durante nueve meses, encontrando un incremento mayor en la DMO en el grupo de ejercicio físico más fortificación con una diferencia estadísticamente significativa ($p<0,05$) (42). Por lo tanto, el aumento de la carga estimula la remodelación ósea en la formación de hueso cortical y de la DMO trabecular; en consecuencia, un aporte suficiente de calcio (cumpliendo el RDA o suplementado) puede promover y potenciar la osteogénesis (43). En Colombia, la situación es preocupante. Según



un estudio de Velásquez et al., el calcio es el nutriente que menos se consume en la población joven (44). Según reportes en Piedecuesta, Colombia se estima una prevalencia de hipocalcemia del 42% en niños escolares entre los siete y 12 años (45). Por lo que surge la necesidad de estimular y promover con políticas públicas el consumo de alimentos fuentes de calcio en la población infantil y joven como estrategia de promoción de salud ósea.

El presente estudio tuvo algunas limitaciones. Debido a que se desarrolló en colegios públicos de la ciudad de Bogotá, la muestra seleccionada corresponde a un grupo poblacional homogéneo de condición socioeconómica baja; por lo cual no se puede establecer relación entre las variables socioeconómicas, demográficas y étnicas y los biomarcadores, la ingesta dietaria y la fuerza muscular. Por otra parte, la medición del estado nutricional se realizó con el IMC, parámetro que no determina si las personas del presente estudio tienen exceso de peso debido a masa muscular o grasa; por lo tanto, no se puede correlacionar si estas dos variables inciden la masa ósea. Por último, en el análisis de ingesta dietaria no se tuvo en cuenta el cumplimiento del consumo de la vitamina D, la cual promueve y es determinante en la absorción y el metabolismo del calcio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La composición corporal, mediada por antropometría, y la fuerza muscular influyen en la adecuada salud ósea en niños, niñas y adolescentes de Colombia. Por tanto, estos resultados sugieren la necesidad de promover la actividad física con énfasis en mejorar esta condición mediante la carga ósea, como elemento clave en el plan de estudios de educación física. Así mismo, es necesario implementar políticas públicas que fomenten estilos de vida más saludables entre los jóvenes, como el ejercicio físico regular y los hábitos de alimentación saludables. Para futuras investigaciones es necesario incluir en la muestra niños, niñas y adolescentes de diferentes condiciones socioeconómicas con el fin de establecer comparaciones entre estas y los parámetros bioquímicos, el estado nutricional y la salud ósea.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a la Secretaría de Educación del Distrito por el apoyo en la recolección de todos los datos de este estudio; igualmente a todas las personas involucradas —estudiantes, maestros y personal de las instituciones educativas—. A los dos tutores de la Universidad del Rosario, vinculados al Centro de Investigación en Medición de la Actividad Física (CEMA) por su apoyo y seguimiento constante en el desarrollo de este estudio.

Referencias

1. González-Jiménez E, Álvarez-Ferre J. Osteoporosis in childhood: related factors and prevention. *Osteoporosis en la infancia: factores relacionados y prevención*. 2011;42(1):111-6.
2. Baroncelli GI. Quantitative ultrasound methods to assess bone mineral status in children: Technical characteristics, performance, and clinical application. *Pediatric Research*. 2008;63(3):220-8.
3. Kandors B, Dempster D, Lindsay R. Interaction of calcium nutrition and physical activity on bone mass in young women. *Journal of Bone and Mineral Research*. 1988;3(2):145-9.
4. Mitchell PJ, Cooper C, Dawson-Hughes B, Gordon CM, Rizzoli R. Life-course approach to nutrition. *Osteoporosis International*. 2015;26(12):2723-42.
5. Gennari C. Calcium and vitamin D nutrition and bone disease of the elderly. *Public Health Nutrition*. 2001;4(2 B):547-59.
6. Wosje KS, Specker BL. Role of calcium in bone health during childhood. *Nutrition Reviews*. 2000;58(9):253-68.
7. Hampton T. Experts Urge Early Investment in Bone Health. *Journal of the American Medical Association*. 2004;291(7):811-2.
8. Gracia-Marco L, Gracia-Marco L, Vicente-Rodríguez G, Casajús JA, Moreno LA, Molnar D, et al. Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: the HELENA Study. *European Journal of Applied Physiology*. 2011;111(11):2671-80.
9. Bailey DA, Mirwald RL, Crocker PRE, Faulkner RA, McKay HA. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: The University of Saskatchewan Bone Mineral Accrual Study. *Journal of Bone and Mineral Research*. 1999;14(10):1672-9.
10. Vicente-Rodríguez G, Dorado C, Ara I, Perez-Gomez J, Olmedillas H, Delgado-Guerra S, et al. Artistic versus rhythmic gymnastics: effects on bone and muscle mass in young girls. *International Journal of Sports Medicine*. 2007;28(5):386-93.
11. Bonnick S. *Bone densitometry in clinical practice: application and interpretation*. Totowa: Humana Press; 2009.
12. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución número 003803 de 2016, por la cual se establecen las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) para la población colombiana y se dictan otras disposiciones. 2016.
13. Ministerio de Salud y Protección Social. Encuesta de Situación Nutricional en Colombia 2010 ENSIN. 2010.
14. Glüer CC. Quantitative ultrasound techniques for the assessment of osteoporosis: Expert agreement on current status. *Journal of Bone and Mineral Research*. 1997;12(8):1280-8.
15. Bianchi ML. Review: Osteoporosis in children and adolescents. *Bone*. 2007;41:486-95.
16. Lang T, Augat P, Majumdar S, Ouyang X, Genant HK. Imaging and Noninvasive Bone Measurement: Noninvasive Assessment of Bone Density and Structure Using Computed Tomography and Magnetic Resonance 11. This manuscript was partially adapted from Genant H, Engelke K, Fuerst T, Gluer CC, Grampp S, Harris ST, Jergas M, Lang T, Lu Y, and Majumdar S. Non-invasive assessment of bone mineral and structure: State of the art. *J Bone Miner Res* 11:707-729; 1996. *Bone*. 1998;22(Supplement 1):149S-53S.



17. Goh SY, Aragon JM, Lee YS, Loke KY. Normative Data for Quantitative Calcaneal Ultrasound in Asian Children. *Annals of the Academy of Medicine Singapore*. 2011;40(2):74-9.
18. Mughal M, Langton C, Utretch G, Morrison J, Specker B. Comparison between broad-band ultrasound attenuation of the calcaneum and total body bonemineral density in children. *Acta Paediatr*. 1996;85:663-5.
19. Rizzoli R, Bianchi ML, Garabédian M, McKay HA, Moreno LA. Maximizing bone mineral mass gain during growth for the prevention of fractures in the adolescents and the elderly. *Bone*. 2010;46(2):294-305.
20. Baxter-Jones ADG, Kontulainen SA, Faulkner RA, Bailey DA. A longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual from adolescence to young adulthood. *Bone*. 2008;43:1101-7.
21. Ramírez-Vélez R, Rodrigues-Bezerra D, Correa-Bautista JE, Izquierdo M, Lobelo F. Reliability of Health-Related Physical Fitness Tests among Colombian Children and Adolescents: The FUPRECOL Study. *PLoS ONE*. 2015;10(10):1.
22. Correa-Bautista JE, Ramirez-Velez R, Paola Rodriguez-Bautista Y, Enrique Correa-Bautista J, Gonzalez-Jimenez E, Schmidt-RioValle J. Values of waist/hip ratio among children and adolescents from Bogota, Colombia: the FUPRECOL study. *Nutricion Hospitalaria*. 2015;32(5):2054-61.
23. De Ferranti SD, Gauvreau K, Newburger JW, Ludwig DS, Neufeld EJ, Rifai N. Prevalence of the metabolic syndrome in American adolescents: Findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Circulation*. 2004;110(16):2494-7.
24. Ashwell M, Lejeune S, K. McPherson K. Ratio of Waist Circumference to Height May be Better Indicator of Need for Weight Management. *BMJ: British Medical Journal*. 1996(7027):377.
25. Ramírez-Vélez R, Anzola A, Martinez-Torres J, Tordecilla-Sanders A, Prieto-Benavides D, Correa-Bautista JE, et al. Metabolic Syndrome and Associated Factors in a Population-Based Sample of Schoolchildren in Colombia: The FUPRECOL Study. *Metabolic Syndrome and Related Disorders*. 2016;14(9):455-62.
26. Siervo M, Prado CM, Mire E, Broyles S, Heymsfield S, Katzmarzyk PT, et al. Body composition indices of a load-capacity model: Gender-and BMI-specific reference curves. *Public Health Nutrition*. 2015;18(7):1245-54.
27. Tanner JM. *Growth at adolescence*. 2nd Ed. Oxford: Blackwell; 1962.
28. Marfell-Jones MJ, Stewart A, De Ridder J. *International standards for anthropometric assessment* 2012.
29. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. 2000;320(7244):1240.
30. Ramirez-Velez R, Martinez M, Correa-Bautista JE, Lobelo F, Izquierdo M, Rodriguez-Rodriguez F, et al. Normative reference of standing long jump for colombian schoolchildren aged 9-17.9 years: the FUPRECOL study. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2017;31(8):2083-90.
31. Vignolo M, Brignone A, Mascagni A, Aicardi G, Ravera G, Biasotti B. Influence of age, sex, and growth variables on phalangeal quantitative ultrasound measures: A study in healthy children and adolescents. *Calcified Tissue International*. 2003;72(6):681-8.



32. National Institutes of Health . NIH releases consensus statement on optimal calcium intake. *American Family Physician*. 1994;50(6):1385-7.
33. Correa-Rodríguez M, Rio-Valle JS, González-Jiménez E, Rueda-Medina B. The Effects of Body Composition, Dietary Intake, and Physical Activity on Calcaneus Quantitative Ultrasound in Spanish Young Adults. *Biological Research for Nursing*. 2016;18(4):439-44.
34. Kim HY, Jung HW, Hong H, Kim JH, Shin CH, Yang SW, et al. The role of overweight and obesity on bone health in Korean adolescents with a focus on lean and fat mass. *Journal of Korean Medical Science*. 2017;32(10):1633-41.
35. Correa Rodríguez M, Rueda Medina B, González Jiménez E, Flores Navarro Pérez C, Schmidt-Rio Valle J. Los niveles de mineralización ósea están influenciados por la composición corporal en niños y adolescentes / The levels of bone mineralization are influenced by body composition in children and adolescents. *Nutrición Hospitalaria*. 2014(4):763.
36. Lorentzon M, Landin K, Mellström D, Ohlsson C. Leptin is a negative independent predictor of areal BMD and cortical bone size in young adult Swedish men. *Journal of Bone and Mineral Research*. 2006;21(12):1871-8.
37. Kudoh H, Owan I, Horizons H, Arakaki H, Kanaya E. Influence of Physical Fitness on the Quantitative Ultrasound Parameters at Calcaneus in Children. *Ryukyu Med J* 2007;26:47-55.
38. Ojeda-Pardo M, Téllez L, Martínez J, Torres, Bezerra D, Correa-Bautista J, et al. Muscle Strength Is Significantly Associated With Calcaneal Bone Mineral Density Among Children And Adolescents From Colombia: A Cross-sectional Study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*.
39. Arias Palencia NM, Martinez Vizcaino V, Sanchez Lopez M, Gracia-Marco L, Torres-Costoso A, Sanchez-Lopez M, et al. Physical Activity and Bone Health in Schoolchildren: The Mediating Role of Fitness and Body Fat. *PLOS ONE*. 2015;10(4).
40. Pettinato AA, Loud KJ, Bristol SK, Feldman HA, Gordon CM, Joah. Effects of nutrition, puberty, and gender on bone ultrasound measurements in adolescents and young adults. 2006;39(6):828-34.
41. Vogel KA, Martin BR, McCabe LD, Weaver CM, McCabe GP, Peacock M, et al. The effect of dairy intake on bone mass and body composition in early pubertal girls and boys: a randomized controlled trial. *American Journal of Clinical Nutrition*. 2017;105(5):1214-29.
42. Arab E, Dehkhoda MR, Hemayattalab R. Bone mineral density changes after physical training and calcium intake in students with attention deficit and hyper activity disorders. *Research in Developmental Disabilities*. 2012;33:594-9.
43. Huncharek M, Muscat J, Kupelnick B. Impact of dairy products and dietary calcium on bone-mineral content in children: Results of a meta-analysis. *Bone*. 2008;43:312-21.
44. Velásquez C. Ingesta de calcio en mujeres jóvenes universitarias de Antioquia: Bases para el diseño de un programa educativo para el aumento de la masa ósea máxima y la prevención de la osteoporosis. *Perspect Nutr Hum*. 1999;31:33-52.
45. Gamboa-Delgado EM, López-Barbosa N, Vera-Cala LM, Prada-Gómez GE. Displaced and local children's alimentary patterns and nutritional state in Piedecuesta, Colombia. *Revista de Salud Publica*. 2007;9(1):129-39.



46. Winzenberg T, Shaw K, Fryer J, Jones G. Effects of calcium supplementation on bone density in healthy children: meta-analysis of randomised controlled trials. *BMJ: British Medical Journal*. 2006(7572):775.