

Determinantes de la masa ósea en tenistas jóvenes chilenos

Determinants of bone mass in young Chilean tennis players

* Pablo Felipe Luna-Villouta, Ph.D., **Marcelo Paredes-Arias, M.Sc., ***Jaime Vásquez-Gómez, Ph.D.,
 ****Carlos Matus-Castillo, Ph.D., *****Carol Flores-Rivera, Ph.D., *****Rafael Zapata-Lamana, Ph.D.,
 ***Rodrigo Vargas Vitoria, Ph.D.

* Universidad San Sebastián (Chile), **Instituto Profesional Duoc UC (Chile), ***Universidad Católica del Maule (Chile),
 **** Universidad Católica de la Santísima Concepción (Chile), *****Universidad Andrés Bello (Chile), *****Universidad de
 Concepción (Chile).

Resumen. El estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la fuerza muscular y composición corporal con la masa ósea en tenistas jóvenes chilenos. El estudio fue observacional, transversal, con características descriptivas y analíticas. La muestra estuvo compuesta por 51 tenistas jóvenes chilenos de sexo masculino (15.5 ± 0.7 años) que fueron seleccionados de forma no probabilística y por conveniencia. Se midieron variables antropométricas de peso, estatura, estatura sentada, pliegues cutáneos (tríceps, muslo anterior y pierna medial), perímetros (brazo, muslo y pierna), diámetro del fémur y longitud del antebrazo, junto con la fuerza de prensión manual (FPM), lanzamiento de balón medicinal (LBM) y salto con contramovimiento (CMJ). Se calculó el pico de aceleración de la velocidad de crecimiento (APVC), la masa músculo esquelética (MME), el porcentaje de grasa (GC), la densidad mineral ósea (DMO) y contenido mineral óseo (CMO). Los resultados muestran que, en las variables de composición corporal, la MME se asocia mejor a la DMO ($R^2 = 25\%$; $p < 0.01$) y CMO ($R^2 = 20\%$; $p < 0.01$). En las pruebas de fuerza muscular, el CMJ presenta la mejor relación con los indicadores de masa ósea, DMO ($R^2 = 14\%$; $p < 0.01$) y CMO ($R^2 = 19\%$; $p < 0.01$). Se concluye que la MME es el indicador que muestra mejor relación con la DMO y CMO en los tenistas evaluados, por su parte el CMJ, es la prueba de fuerza muscular que mejor relación muestra con estos indicadores de masa ósea.

Palabras clave: desarrollo óseo; fuerza muscular; masa músculo esquelético; adolescentes; tenis.

Abstract. The study aimed to analyze the relationship between muscle strength and body composition with bone mass in young Chilean tennis players. The study was observational, cross-sectional, with descriptive and analytical characteristics. The sample consisted of 51 young Chilean male tennis players (15.5 ± 0.7 years old) who were selected non-probabilistically and for convenience. Anthropometric variables of weight, height, sitting height, skinfolds (triceps, anterior thigh, and medial leg), perimeters (arm, thigh, and leg), femur diameter, and forearm length were measured, along with hand grip strength (FPM), medicine ball throw (LBM), and countermovement jump (CMJ). Peak acceleration of growth velocity (APVC), skeletal muscle mass (MME), percentage of fat (GC), bone mineral density (DMO) and bone mineral content (CMO) were calculated. The results show that, in the body composition variables, MME is better associated with DMO ($R^2 = 25\%$; $p < 0.01$) and CMO ($R^2 = 20\%$; $p < 0.01$). In the muscle strength tests, the CMJ presents the best relationship with the indicators of bone mass, DMO ($R^2 = 14\%$; $p < 0.01$) and CMO ($R^2 = 19\%$; $p < 0.01$). It is concluded that the MME is the indicator that shows the best relationship with DMO and CMO in the evaluated tennis players, while the CMJ is the muscle strength test that shows the best relationship with these indicators of bone mass.

Key words: bone development; muscle strength; skeletal muscle mass; young boys; tennis.

Introducción

La niñez y la juventud son etapas relevantes para el desarrollo de la masa ósea, dado que la mineralización de la matriz ósea aumenta especialmente en los dos primeros años de vida y en la pubertad, incluso acrecentándose entre un 40 a 60% en este último período (Calafat, 2007b). En estas primeras etapas del desarrollo humano, la masa ósea alcanzada durante el crecimiento y la maduración biológica es determinante para la salud en la etapa adulta (Sulla-Torres et al., 2020).

El desarrollo de la masa ósea está condicionado por diversos factores como el sexo, la herencia, el desarrollo puberal, el balance hormonal, el estado nutricional, la actividad física y deportiva, entre otros (Escalante & Franco-Vicario, 2003; Seabra et al., 2012). Tal es así, que la incidencia de estos factores condicionantes puede predisponer la calidad y cantidad de hueso durante la niñez, adolescencia y adultez (Calafat, 2007a).

Estudios longitudinales han informado que los niños y jóvenes que participan activamente de la práctica deportiva tienen una mayor masa ósea que los sedentarios (Bailey et al., 1999; Pitukcheewanont et al., 2010; Winther et al., 2015). El ejercicio físico y el entrenamiento deportivo

parecen ser factores importantes en la aceleración y mantenimiento de la densidad y contenido mineral óseo, con efectos positivos en la salud esquelética en todas las edades (Gunter et al., 2012; Uzunca et al., 2005). Esto ocurre a partir de las cargas mecánicas de alto impacto producidas durante la práctica deportiva, y por la mayor tensión de los músculos en áreas específicas de los huesos (Vicente-Rodríguez, 2006), los que se adaptan en respuesta al estrés mecánico producido por el ejercicio físico en contacto con la superficie (Sulla-Torres et al., 2020).

Los deportes de alto impacto que someten al esqueleto en crecimiento a tensiones frecuentes y en diferentes direcciones tienen efectos beneficiosos para la masa ósea (Klesges et al., 1996; Seabra et al., 2012). De hecho, en la actualidad existe evidencia acerca de los efectos positivos de las cargas producidas por la práctica de distintas modalidades deportivas en el desarrollo de la masa ósea durante la adolescencia y niñez (Jürimäe et al., 2021; Nurmi-Lawton et al., 2004; Seabra et al., 2012; Taaffe et al., 1997; Tamolienė et al., 2021; Vicente-Rodríguez et al., 2003). En este sentido, el tenis es un deporte dinámico y explosivo, caracterizado por la potencia y la velocidad al golpear y desplazarse por la cancha, que requiere de esfuerzos cortos e intermitentes de una intensidad alta y con tiempos de juego cambiantes (Cayetano et al., 2022). Los puntos jugados tienen una duración aproximada de 8 o 10 segundos, con un intercambio promedio de 10 golpes con cuatro cambios de dirección. Además, los *sprint* se desarrollan en distancias de entre los 2 y 6 metros. Sobre los partidos, si bien estos varían sustancialmente en su volumen total de duración, se ha establecido un tiempo promedio aproximado de 1,5 horas para un partido de 2 o 3 sets. Por lo expuesto, es que este deporte es considerado de alta carga física (Fernandez, 2006; Kovacs, 2006; Luna-Villouta et al., 2021; Ullbricht et al., 2016).

Lo anterior muestra, que las fuerzas y cargas generadas durante el tenis, lo transforman en un deporte con altas potencialidades osteogénicas (Elce et al., 2017). De hecho se ha evidenciado, una mayor masa ósea, tanto en la columna vertebral como en el fémur, en tenistas profesionales adultos (Calbet et al., 1998) y en tenistas mujeres adolescentes (Ermin et al., 2012), además tenistas jóvenes muestran niveles de crecimiento estatural que los ubican en los percentiles más altos en su referencia poblacional (Elce et al., 2017). Sin embargo, aún se requieren más estudios en la población de tenistas adolescentes (Kovalchik & Reid, 2017), puesto que esta etapa implica cambios rápidos y significativos en los atributos morfológicos y fisiológicos que pueden afectar el rendimiento físico y el desarrollo orgánico óptimo (Lloyd et al., 2014), más aun teniendo en cuenta el alto interés

existente sobre la salud ósea en poblaciones pediátricas (Calafat, 2007b; Sulla-Torres et al., 2020).

Actualmente se plantea que estudiar la estructura y composición corporal con relación al rendimiento deportivo puede entregar valiosa información para el diseño de planes de entrenamiento, la selección del talento deportivo (Girard & Millet, 2009; Reid et al., 2010) y la prevención de lesiones (Munivrana et al., 2015), de hecho, la composición corporal juega un rol importante en el desempeño de los deportes, especialmente en aquellos, donde la velocidad de aceleración y frenada, junto con la capacidad de generar altos niveles de fuerza son determinantes para el éxito (Durán et al., 2022).

Respecto a la evaluación de la composición corporal, incluida la masa ósea, en niños y adolescentes, la absorciometría de energía dual de Rayos X (DXA) se ha convertido en el estándar de oro para medir la composición corporal, (Gómez-Campos et al., 2017). Sin embargo, su alto costo y la imposibilidad de realizar mediciones fuera del ámbito médico (Faulkner et al., 1996), como en los centros de entrenamiento, limitan su aplicación en el contexto deportivo (Lloyd et al., 2014). En este sentido, la antropometría es un método alternativo de bajo costo y fácil de usar (Guedes & Rechenchosky, 2008), además, su aplicabilidad es muy amplia, permitiendo el monitoreo de grandes grupos poblacionales, como de diversas modalidades deportivas con un mínimo gasto económico (Pradas de la Fuente et al., 2013).

Por lo mencionado, se vislumbra para la aplicación práctica de esta temática, la importancia de conocer efectivamente los efectos del entrenamiento y la competencia deportiva en el organismo adolescente, especialmente, su incidencia en el desarrollo corporal y fisiológico con relación a la salud y al rendimiento deportivo, y aplicar una prescripción adecuada de las cargas de entrenamiento y competición para favorecer el desarrollo óseo, más aun teniendo en cuenta que las demandas físicas son mayores a medida que los tenistas juveniles aumentan sus competiciones y nivel competitivo, incrementando la intensidad y la duración de los juegos (Kovalchik & Reid, 2017).

De esta manera, se observa la relevancia de la prescripción óptima de cargas en niños y adolescentes, junto con estudiar las interrelaciones entre parámetros antropométricos y de rendimiento físico en jóvenes deportistas, puesto que estas variables pueden actuar de forma independiente o conjunta sobre el potencial genético óseo del deportista (Gómez-Campos et al., 2013; Malina et al., 2004), lo que podría afectar el desarrollo normal durante este periodo (Seabra et al., 2012). En resumen, a partir de los antecedentes señalados, el objetivo del estudio fue analizar la relación entre la fuerza muscular

y la composición corporal con la masa ósea en tenistas adolescentes chilenos.

Material y método

Se realizó un estudio de tipo observacional y transversal, con características descriptivas y analíticas, en el que participaron voluntariamente 51 tenistas adolescentes chilenos, de sexo masculino y con un promedio de edad de 15.5 ± 0.7 años, pertenecientes a clubes de tenis de la ciudad de Santiago, capital de Chile. Los sujetos de estudio fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los clubes deportivos invitados debían estar participando anualmente en torneos nacionales e internacionales, y debían contar con personal técnico certificado por la Federación de Tenis de Chile (FETECH) o la Federación Internacional de Tenis (ITF). Los criterios de inclusión de los sujetos fueron los siguientes: 1) Tenista competitivo, chileno, de sexo masculino y con una edad entre los 14 y 16 años; 2) Entrenar sistemáticamente, con un volumen semanal mínimo de 10 horas, durante al menos, los últimos 18 meses; 3) Haber participado de torneos internacionales en los últimos dos años. Por su parte, los criterios de exclusión fueron: 1) No completar el total de las evaluaciones; 2) No presentarse con ropa adecuada ni zapatillas deportivas para las evaluaciones físicas; 3) Haber tomado o estar tomando medicamentos que afectan el metabolismo óseo (por ejemplo, corticosteroides) dentro de los 6 meses previos a la fecha de los testeos; 4) Presentar alguna lesión física que impidiese el rendimiento máximo o perturbara el resultado de las evaluaciones, en el momento de las mediciones o hasta 30 días antes.

Como procedimiento, inicialmente se envió una carta a los directivos de los clubes de tenis, declarando el objetivo de la investigación e invitándolos a participar. Luego, se envió a través de los entrenadores, el consentimiento informado a los padres, madres o tutores de los deportistas, con respecto al objetivo del estudio, las características de las evaluaciones, el carácter anónimo y voluntario del testeo. El consentimiento debía ser firmado para autorizar la participación de cada deportista. El protocolo del estudio siguió la Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial (2014) para la investigación con humanos, además contó con la aprobación del Comité de Ética de la Universidad San Sebastián de Chile (Res. N° 51- 2018-20).

Como procedimiento, para las evaluaciones de las variables antropométricas se utilizó el protocolo descrito por Marfell-Jones et al. 2012 (Norton et al., 1996). Estas se realizaron por la mañana, antes de cualquier tipo de ejercicio, en una sala privada y especialmente equipada, lo que permitió tomar medidas individuales. Todas las

evaluaciones, tanto las de tipo antropométrico como las físicas, se realizaron entre noviembre y diciembre del 2019.

El peso corporal (kg) se midió utilizando una balanza mecánica (Seca 700, Hamburgo, Alemania), con una precisión de 50 gramos, que va de 0 a 220 kg. La estatura (cm) se midió según el plano de Frankfurt sin zapatos, utilizando un estadiómetro de aluminio de la marca Seca 220 (Hamburgo, Alemania), graduado en milímetros; su escala era de 0.6 - 2.2 mm. La estatura sentada (altura tronco-cefálica) se tomó utilizando un banco de madera de 0.5 metros de altura, con una escala de medida de 0 a 1,5 m y con una precisión de 1 mm. En el caso de los pliegues cutáneos (tríceps braquial, muslo anterior y pierna o pantorrilla medial), la medición se realizó con una pinza antropométrica Harpenden® (Baty International Ltd, West Sussex, Reino Unido). Los perímetros del brazo, el muslo y la pierna se midieron con una cinta antropométrica metálica Lufkin® (Medina, OH, Estados Unidos). El diámetro óseo del fémur biepicondilar se midió en la articulación de la rodilla, con un antropómetro Faga® (Rosario, Argentina), escala de medida de 0 a 20 cm y precisión de 1 mm, y la longitud del antebrazo (distancia entre los puntos radial y estiloides) también con un antropómetro Faga® (Rosario, Argentina), con una escala de medida de 0 a 60 cm y una precisión de 1 mm. Todas las variables antropométricas se midieron tres veces. El error técnico de medición osciló entre 0.15% y 1.5 %.

El porcentaje de grasa corporal (GC) se calculó con las ecuaciones de regresión de Slaughter et al. (1988) y la masa muscular esquelética (MME) se obtuvo mediante la ecuación para adolescentes propuesta por Poortmans et al. (2005). La maduración biológica se determinó por niveles de aceleración máxima de la tasa de crecimiento (APVC), y se predijo mediante la ecuación de regresión, propuesta por Mirwald et al. (2002), los resultados obtenidos se interpretan mediante los valores -3APVC, -2APVC, -1APVC, 0APVC, 1APVC, 2APVC, 3APVC. Lo negativo significa antes de ocurrir el PVC, el cero es el momento exacto del APVC y lo positivo, es el tiempo después de los APVC (interpretado en años). Finalmente, la densidad mineral ósea (DMO) y el contenido mineral óseo (CMO) fueron determinados con las ecuaciones propuestas para la población chilena adolescente de Gómez-Campos et al. (2017), siendo:

Hombres:

$$DMO = 0.605 + 0.056 * APVC + 0.008 * Longitud \text{ antebrazo} + 0.022 * Diámetro \text{ del fémur}$$

$$CMO = 0.43 + 0.18 * APVC + 0.039 * Longitud \text{ antebrazo} + 0.06 * Diámetro \text{ del fémur}$$

Las pruebas de rendimiento físico se realizaron durante las mañanas (entre las 9.30 y 11 horas), después de las evaluaciones antropométricas, en canchas de tenis, sobre tierra batida. Los evaluados debían vestir pantalón corto, camiseta y calzado deportivo, igualando la indumentaria de competición. Dos evaluadores experimentados estuvieron a cargo de las evaluaciones, tenían la experiencia necesaria de ocho a 10 años en la recolección de este tipo de información, además y de forma previa a las evaluaciones del estudio, se realizaron pruebas piloto en 28 sujetos de 9 a 12 años que practicaban tenis de manera regular. Las pruebas de rendimiento físico de esta investigación se realizaron según el siguiente protocolo: en primer lugar, se realizó un calentamiento de 15 minutos, con ejercicios físicos generales y estiramientos; luego se efectuaron las distintas pruebas de rendimiento, las que fueron ejecutadas tres veces cada una. Los descansos entre cada prueba fueron de 3 a 4 minutos y entre cada uno de los intentos fue 1 minuto.

En las pruebas de fuerza muscular, la secuencia de aplicación fue: 1° evaluación de fuerza de prensión manual (FPM) y de lanzamiento de balón medicinal (LBM) de acuerdo con las recomendaciones de Martínez López (2011). Para luego ejecutar los saltos verticales con contramovimiento (CMJ), según las recomendaciones de Bosco y Padullis (1994). Se comprobó la fiabilidad de cada prueba por medio del coeficiente de correlación intraclass aleatorizado ($ICC_{2,1}$) y del intervalo de confianza del 95% (IC 95%).

La prueba de fuerza de prensión manual (FPM) se hizo con la mano dominante, en posición de pie, con el codo extendido y el brazo posicionado con el dinamómetro paralelo al costado del sujeto. Se pidió a los participantes que realizaran una contracción voluntaria máxima, comprimiendo el dinamómetro lo más fuerte posible, durante 3 s. Se midió con un dinamómetro hidráulico manual Jamar Sammons Preston (kg). $ICC= 0,99$ (IC 95% 0,98-1,00).

El lanzamiento de balón medicinal (LBM), se efectuó con un balón medicinal de 3 kg, los jugadores estaban de pie, detrás de una línea, mirando hacia la dirección de lanzamiento con los pies uno al lado del otro y ligeramente separados. Después de llevar el balón detrás de la cabeza con las dos manos, se lanzaba hacia delante, por encima de la cabeza, lo más lejos posible sin mover los pies ni cruzar la línea. Para medir en metros los resultados se utilizó una cinta milimétrica Stanley Power Lock (Tailandia). $ICC= 0,98$ (IC 95% 0,96-1,00).

El salto con contramovimiento (CMJ) fue ejecutado por los sujetos comenzando de pie con las manos en las caderas; luego, flexionaban las rodillas utilizando una profundidad seleccionada por ellos mismos y luego saltaban lo más alto

posible. Se midieron en cm con la plataforma Globus Ergo Jump (Bosco System). $ICC= 0,99$ (IC 95% 0,97-1,00).

Análisis estadístico

El análisis estadístico se llevó a cabo utilizando la versión 17.0 del paquete estadístico SPSS IBM Corp. (Somers, NY, Estados Unidos) y con Excel 2016 donde se ingresaron los datos y tablas (Microsoft Corp.; Redmond, Washington, EE.UU.). Los datos obtenidos fueron expresados con estadígrafos descriptivos: media, desviación estándar (SD), mediana, primer y tercer cuartil. La prueba de Kolmogorov Smirnov se utilizó para determinar la distribución normal de las variables. La relación entre las variables se verificó mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Complementariamente, se realizó un análisis de regresión lineal, donde el R, R^2 y el error estándar de estimación (EEE) se analizaron tanto para la DMO y CMO, en función de la MME, GC, LBM, FPM y CMJ. El nivel de significación utilizado para todas las variables del estudio fue $p<0.05$.

Resultados

En la tabla 1 son presentados los valores de media, desviación estándar (DE), mínimo (Mín), máximo (Máx), primer cuartil (C25) y tercer cuartil (C75), respectivamente.

Tabla 1.
Caracterización descriptiva de la muestra

Variables	Media	DE	Mín.	C25	Mediana	C75	Máx.
Edad (años)	15.5	0.7	14.1	14.9	15.6	16.2	16.6
Estatura (cm)	176.3	5.3	164	172	177	179	196
Estatura sentada (cm)	88.9	4.7	76	86	90	92	97
APVC (niveles)	0.6	0.8	-1.2	0.2	0.7	1.2	2.2
Peso Corporal (kg)	66.1	6.3	48.3	63.4	67	70.3	80.7
Perímetro Brazo (cm)	27.4	2.3	23.1	26.3	27.5	28.3	33.6
Perímetro Muslo (cm)	47.2	3.8	37.4	45	47	49.5	60.4
Perímetro Pierna (cm)	35.0	4.1	23	32.2	35.4	37.3	51.2
Pliegue tríceps (mm)	10.7	2.9	7	8.6	10	12	19
Pliegue muslo anterior (mm)	13.6	4.2	1.9	10.8	13.5	15.8	27.4
Pliegue pierna medial (mm)	10.3	3.7	4	8.5	9.3	12.1	25.7
Longitud Antebrazo (cm)	27.4	0.9	25.1	26.8	27.4	27.8	29.9
Diámetro Fémur (cm)	9.4	0.7	8.1	8.8	9.3	9.9	10.9
MME (kg)	27.6	3.5	18.5	25.8	27.3	30.2	39.3
GC (%)	16.4	4.1	10	13.5	15.6	17.9	29.6
CMJ (cm)	25.9	3.8	16.3	24.7	26.7	28	37.5
FPM (kg)	40.3	6.5	21	35	40.5	44	55
LBM (m)	7.8	1.2	3.4	7.2	7.7	8.5	10.5
DMO (g/cm^3)	1.1	0.1	0.9	1	1.1	1.1	1.2
CMO (g/cm^3)	2.2	0.2	1.6	2	2.2	2.3	2.6
Entrenamiento semanal (h)	16	2.5	12	12.5	15	20	20

Nota: APVC- Pico de aceleración de velocidad de crecimiento; MME - Masa muscular esquelética; GC - Porcentaje de grasa corporal; CMJ- Salto Vertical con contramovimiento; FPM - Fuerza de prensión manual; LBM - Lanzamiento de balón medicinal; DMO- Densidad mineral ósea; CMO- Contenido mineral óseo.

Las relaciones entre los indicadores de masa ósea con el porcentaje de grasa corporal (GC), masa muscular esquelética (MME) y pruebas de fuerza muscular (CMJ, FPM y LBM) se muestran en la tabla 2. Se observa que existe una relación positiva directa, entre la MME, con la DMO ($r=0.50$; $p<0.01$) y la CMO ($r=0.44$; $p<0.01$); similar relación se observa entre el CMJ, con la DMO ($r=0.38$; $p<0.01$) y la CMO ($r=0.43$; $p<0.01$). De igual forma solo existe relación positiva directa, aunque más débil, entre el LBM con la DMO ($r=0.23$; $p<0.05$) y la CMO ($r=0.29$; $p<0.05$). Por su parte, tanto la GC como la FPM, no presentan relaciones estadísticamente significativas con la DMO ni CMO ($p>0.05$).

Tabla 2.
Coeficiente de relación entre indicadores de masa ósea (DMO y CMO) con MME, GC y pruebas de fuerza muscular (FPM, LBM y CMJ).

	DMO (g/cm ²)		CMO (g/cm ²)	
	r		r	
MME (kg)	0.50**		0.44**	
GC (%)	- 0.14		- 0.19	
FPM (kg)	0.16		0.21	
LBM (m)	0.23*		0.29*	
CMJ (cm)	0.38**		0.43**	

* La correlación es significativa en el nivel <0.05

** La correlación es significativa en el nivel <0.01

MME-Masa muscular esquelética; GC- Porcentaje de grasa corporal; CMJ- Salto Vertical con contramovimiento; FPM-Fuerza de prensión manual; LBM-Lanzamiento de balón medicinal; DMO-Densidad mineral ósea; CMO-Contenido mineral óseo

Los valores de la regresión lineal para la DMO y CMO se exponen en la Tabla 3. Se observa que la DMO y la CMO se asocian mejor con la MME ($R^2= 25-20\%$) y con el CMJ ($R^2= 14-19\%$). En general, la GC y las pruebas de fuerza muscular de los miembros superiores (FPM y LBM), muestran bajo poder explicativo en sus respectivos R^2 .

Tabla 3.
Valores de regresión lineal entre DMO y CMO con variables de composición corporal (MME y GC) y de fuerza muscular (FPM, LBM y CMJ).

Variables	DMO (grs/cm ²)				CMO (grs/cm ²)			
	R	R ²	EEE	p	R	R ²	EEE	p
MME (kg)	0.5	0.25	0.05	0.001	0.45	0.2	0.19	0.001
GC (%)	0.15	0.02	0.06	0.302	0.19	0.04	0.21	0.176
FPM (kg)	0.16	0.02	0.06	0.277	0.21	0.04	0.21	0.149
LBM (m)	0.24	0.06	0.06	0.02	0.29	0.08	0.21	0.038
CMJ (cm)	0.38	0.14	0.06	0.006	0.43	0.19	0.2	0.002

MME - Masa muscular esquelética; GC - Porcentaje de grasa corporal; CMJ- Salto Vertical con contramovimiento; FPM - Fuerza de prensión manual; LBM - Lanzamiento de balón medicinal; DMO- Densidad mineral ósea; CMO- Contenido mineral óseo

Discusión

El estudio tuvo como objetivo analizar la relación entre la fuerza muscular y composición corporal con la masa

ósea en tenistas jóvenes. Los resultados muestran que, en las variables de composición corporal, la MME es la que explica en mayor porcentaje la DMO y CMO, por su parte en las pruebas de fuerza muscular, es el CMJ quien presenta mejor relación con estos indicadores de masa ósea.

El valor explicativo de la MME con respecto a la masa ósea es coincidente a otros estudios que reportan que la masa muscular se correlaciona positivamente con la densidad ósea en deportistas (Chilibeck et al., 1995; Seabra et al., 2012). Estos resultados muestran los efectos positivos de la práctica deportiva sobre la composición corporal, especialmente en los componentes libres de grasa, fortaleciendo el tejido muscular y óseo, los que ejercen una notoria influencia positiva para el desarrollo saludable, el rendimiento físico y la prevención de lesiones en deportistas juveniles (Quiterio et al., 2009). En esta línea, también se ha reportado una asociación positiva entre una mejor condición física y la DMO (Seabra et al., 2012), además se han observado ganancias significativamente mayores en el CMO de todo el cuerpo, en jóvenes deportistas en comparación a grupos de control (Bailey et al., 1999). Estas diferencias también han sido encontradas al comparar a deportistas de elite adultos con sujetos inactivos, llegando a obtener entre un 10 a 30% más de masa ósea en los deportistas (Calafat, 2007b; Chilibeck et al., 1995).

Complementando lo anterior, podemos señalar que la masa muscular obtenida producto del entrenamiento y la competencia periódica, parece tener un alto poder explicativo en la formación ósea del cuerpo en general, lo que es coincidente con otros estudios en deportistas jóvenes (Cossio-Bolaños et al., 2020; Seabra et al., 2012), lo que podría deberse a que ambos tejidos, masa ósea y muscular, responden favorablemente al aumento del volumen de la carga física (Daly et al., 2008). En este aspecto, los tenistas de nuestro estudio presentan valores de volumen de entrenamiento (16.0 ± 2.5 h/semana) similares a lo reportado por Ducher et al. (2009), en tenistas jóvenes australianos, donde se detectaron relaciones significativas y positivas entre la condición física, tejido muscular y masa ósea. De la misma forma, se ha reportado que el organismo adolescente responde al aumento de cargas, agregando y provocando la formación de más tejido óseo en las superficies involucradas en los movimientos del tenis, lo que es mayor en jugadores en edad prepuberal, y en los hombres por sobre las mujeres (Ducher et al., 2009). En esta línea, la niñez y la adolescencia son consideraras como los mejores momentos para maximizar la acumulación de masa ósea, puesto que el esqueleto sufre cambios importantes debido a los procesos de crecimiento, modelado y remodelado óseo (Baxter-Jones & Helms, 1996; Maggioli & Stagi, 2017). Lo anterior, muestra que es necesaria la evaluación periódica durante este periodo del crecimiento y desarrollo somático

para identificar tempranamente algunas anomalías en la salud ósea (Sulla-Torres et al., 2020). De esta manera, los resultados del presente estudio confirman la idea que la masa ósea está influenciada por el desarrollo muscular general, cuyo punto clave en el desarrollo óseo estaría en las cargas secundarias crecientes producidas por el impacto de las fuerzas musculares ejercidas durante la práctica deportiva (Seabra et al., 2012).

Por su parte, el CMJ fue la prueba de fuerza muscular explosiva que presentó una mejor relación y poder explicativo con respecto a los indicadores de masa ósea, por lo que podríamos decir que los jugadores con mayor fuerza explosiva de los miembros inferiores muestran más densidad ósea. Este aumento en los valores de fuerza muscular y paralelamente en la densidad ósea podría ser inducida por este tipo de práctica deportiva. Lo que corrobora la idea de que los deportes donde se incluyen impactos verticales en las extremidades inferiores y se soporta con ellas el peso del propio cuerpo, con cambios veloces de dirección y/o golpes potentes, son más beneficiosos para la masa ósea, que aquellas prácticas deportivas donde no hay este tipo de estímulos (Calafat, 2007a; Klesges et al., 1996). De acuerdo con lo anterior, se ha reportado una asociación positiva entre la DMO (Seabra et al., 2012) y CMO (Vicente-Rodríguez et al., 2003) con la fuerza de los miembros inferiores, lo que comprueba que la práctica de deportes de alto impacto inducen el fortalecimiento de la masa ósea y un mayor rendimiento físico (Vicente-Rodríguez et al., 2003). De igual manera, se ha observado que la altura del salto es un buen predictor del rendimiento físico en el tenis (Myburgh et al., 2016), además, durante el servicio de tenis, podría permitir sacar más rápido (Dossena et al., 2018). Sumado a lo anterior, el CMJ está relacionado con mejores resultados en pruebas de agilidad y velocidad de sprint (5, 10 y 20 m) en jóvenes tenistas (Hernández-Davó et al., 2021).

Por su parte, el bajo porcentaje de explicación y de relación de la FPM y LBM obtenidos con los indicadores de masa ósea, son contrarios a estudios con deportistas de otras disciplinas, donde se observaron relaciones significativas entre los valores de fuerza y masa ósea en los miembros superiores (Kontulainen et al., 2003; McClanahan et al., 2002). Estas discrepancias podrían sustentarse en las diferencias de edad de los deportistas, puesto que estas investigaciones fueron con adultos (estudiantes universitarios: McClanahan et al., 2002; adultos: Kontulainen et al., 2003), lo anterior, especialmente, teniendo en cuenta que el desarrollo óseo está más avanzado en la edad adulta en comparación a los adolescentes, tanto en DMO y CMO, los que se encuentran aún con notorios y significativos cambios en volumen, composición y longitud

de sus huesos, especialmente, los largos (Calafat, 2007a). Complementariamente, se indica que los tenistas más jóvenes al servir o golpear, aún pueden confiar más en la técnica y habilidades coordinativas, que, en el uso de la fuerza, la que se vuelve más importante, a medida que el jugador crece y participa de torneos más exigentes en la categoría junior o en el nivel adulto (Colomar et al., 2020; Girard & Millet, 2009).

Complementariamente, creemos necesario señalar que el monitoreo de la fuerza muscular en tenistas utilizando este tipo de pruebas es muy importante para determinar su nivel de fuerza de los miembros superiores e inferiores, además, paralelamente, permiten detectar debilidades, asimetrías y prevenir lesiones, teniendo en cuenta el alto volumen e intensidad de utilización de estos segmentos corporales en entrenamientos y partidos (Fett et al., 2017; Kovalchik & Reid, 2017; Villouta et al., 2019). Por lo que, permiten optimizar la monitorización, control y diagnóstico de los jóvenes tenistas, tanto en su salud ósea como aptitud muscular (Andreoli et al., 2001; Gomez-Campos et al., 2019; Montenegro Barreto et al., 2021).

El estudio presenta algunas limitaciones, en primer lugar, el diseño transversal del estudio puede limitar las conclusiones sobre las relaciones entre las variables analizadas, ya que no se pueden asumir las condiciones de causa-efecto entre las variables dependientes (DMO, CMO) e independientes (composición corporal y fuerza muscular), por lo que se requieren otras investigaciones longitudinales y experimentales en el tema. Una segunda limitación, es la selección no-probabilística y el número de sujetos evaluados, lo que restringe la generalización de resultados a otros deportistas. Otra limitante, deriva de la homogeneidad de las características y nivel de competencia de los tenistas evaluados, lo que podría limitar la transferencia de los resultados a otros niveles competitivos, otras disciplinas o grupos étnicos. Sobre las fortalezas del estudio, estas se sustentan en primer lugar en la falta de investigaciones en específico sobre esta temática en tenistas sudamericanos, por tanto, sentimos que estos resultados proporcionan evidencia importante, sobre la contribución relativa de la práctica sistemática del tenis en la salud ósea en jugadores adolescentes. Además, se utilizaron procedimientos, y pruebas fiables y validas, de sencilla y rápida administración, con bajos costos económicos y que requieren de poco espacio, pudiendo ser replicadas con relativa facilidad en otros contextos. En este aspecto, cabe señalar que los indicadores de salud ósea se evaluaron por medio de ecuaciones específicas para población chilena adolescente (Gómez-Campos et al. 2017). Por estas razones, creemos que los resultados de este estudio pueden contribuir al perfeccionamiento del proceso de formación deportiva y cuidado de la salud de jóvenes tenistas.

Conclusiones

En función de los resultados obtenidos, se concluye que la MME es el indicador de composición corporal que muestra mejor relación con la DMO y CMO en tenistas jóvenes chilenos. Por su parte, el CMJ, es la prueba de fuerza muscular que mejor relación muestra con estos indicadores de masa ósea. Por lo tanto, estos resultados refuerzan las indicaciones y hallazgos existentes acerca del rol del tejido y fuerza muscular en la salud ósea, junto con el potencial osteogénico del deporte, especialmente, de la contribución positiva de los deportes de alto impacto como el tenis.

Referencias

- Asociación Médica Mundial. (2014). Declaración de Helsinki. Principios éticos para la investigación en seres humanos. Boletín del Consejo Académico de Ética en Medicina. 1(2). 239-243.
- Andreoli, A., Monteleone, M., Van Loan, M., Promenzio, L., Tarantino, U., & De Lorenzo, A. (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(4), 507-511. <https://doi.org/10.1097/00005768-200104000-00001>
- Bailey, D. A., McKay, H. A., Mirwald, R. L., Crocker, P. R., & Faulkner, R. A. (1999). 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: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 14(10), 1672-1679. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1999.14.10.1672>
- Baxter-Jones, A. D. G., & Helms, P. J. (1996). Effects of Training at a Young Age: A Review of the Training of Young Athletes (TOYA) Study. *Pediatric Exercise Science*, 8(4), 310-327. <https://doi.org/10.1123/pes.8.4.310>
- Calafat, C. B. (2007a). Deporte y masa ósea (II). Características del ejercicio físico que condicionan el modelado y remodelado óseo. *Apunts Sports Medicine*, 42(154), 92-98.
- Calafat, C. B. (2007b). Ejercicio físico y masa ósea (I). Evolución ontogénica de la masa ósea e influencia de la actividad física sobre el hueso en las diferentes etapas de la vida. *Apunts: Medicina de l'esport*, 40-46.
- Calbet, J. A. L., Moysi, J. S., Dorado, C., & Rodríguez, L. P. (1998). Bone Mineral Content and Density in Professional Tennis Players. *Calcified Tissue International*, 62(6), 491-496. <https://doi.org/10.1007/s002239900467>
- Cayetano, A. R., Martín, Ó. M., Merchán, F. H., & Muñoz, S. P. (2022). Carga interna y externa en el tenis de competición: Comparación de tres tipos de entrenamiento (Internal and external load in competitive tennis: comparison of three types of training). *Retos*, 44, 534-541. <https://doi.org/10.47197/retos.v44i0.90583>
- Chilibeck, P. D., Sale, D. G., & Webber, C. E. (1995). Exercise and bone mineral density. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 19(2), 103-122. <https://doi.org/10.2165/00007256-199519020-00003>
- Colomar, J., Baiget, E., & Corbi, F. (2020). Influence of Strength, Power, and Muscular Stiffness on Stroke Velocity in Junior Tennis Players. *Frontiers in Physiology*, 11, 196. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00196>
- Cossio-Bolaños, M., Rubio-Gonzalez, J., Luarte-Rocha, C., Rivera-Portugal, M., Urra-Albornoz, C., & Gomez-Campos, R. (2020). Variables antropométricas, maduración somática y flujo espiratorio: Determinantes de la masa libre de grasa en jóvenes nadadores (Anthropometric variables, somatic maturation and expiratory flow: determinants of fat-free mass in young swimmers). *Retos*, 37, 406-411. <https://doi.org/10.47197/retos.v37i37.72566>
- Daly, R. M., Stenevi-Lundgren, S., Linden, C., & Karlsson, M. K. (2008). Muscle determinants of bone mass, geometry and strength in prepubertal girls. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(6), 1135-1141. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318169bb8d>
- Dossena, F., Rossi, C., LA Torre, A., & Bonato, M. (2018). The role of lower limbs during tennis serve. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 58(3), 210-215. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.16.06685-8>
- Ducher, G., Daly, R. M., & Bass, S. L. (2009). Effects of Repetitive Loading on Bone Mass and Geometry in Young Male Tennis Players: A Quantitative Study Using MRI. *Journal of Bone and Mineral Research*, 24(10), 1686-1692. <https://doi.org/10.1359/jbmr.090415>
- Durán, Á., Martínez-Gallego, R., & Gimeno, M. (2022). Diferencias de género en la aproximación al cambio de dirección en tenistas profesionales (Gender differences in the approach to change of direction in professional tennis players). *Retos*, 43, 938-943. <https://doi.org/10.47197/retos.v43i0.88803>
- Elce, A., Cardillo, G., Ventriglia, M., Giordano, C., Amirante, F., Mazza, G., Sangiorgio, A., & Martiniello, L. (2017). Anthropometric characteristics of young Italian tennis players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.14198/jhse.2017.123.09>
- Ermin, K., Owens, S., Ford, M. A., & Bass, M. (2012). Bone Mineral Density of Adolescent Female Tennis Players and Nontennis Players. *Journal of Osteoporosis*, 2012, 423910. <https://doi.org/10.1155/2012/423910>
- Escalante, M., & Franco-Vicario, R. (2003). Deporte y masa ósea. *REEMO*, 12(4), 80-82.
- Faulkner, R. A., Bailey, D. A., Drinkwater, D. T., McKay, H. A., Arnold, C., & Wilkinson, A. A. (1996). Bone densitometry in Canadian children 8-17 years of Age. *Calcified Tissue International*, 59(5), 344-351. <https://doi.org/10.1007/s002239900138>
- Fernandez, J. (2006). Intensity of tennis match play * Commentary. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 387-391. <https://doi.org/10.1136/bjism.2005.023168>

- Fett, J., Ulbricht, A., Wiewelhoeve, T., & Ferrauti, A. (2017). Athletic performance, training characteristics, and orthopedic indications in junior tennis Davis Cup players. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 12(1), 119-129. <https://doi.org/10.1177/1747954116684393>
- Girard, O., & Millet, G. P. (2009). Physical Determinants of Tennis Performance in Competitive Teenage Players: *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(6), 1867-1872. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181b3df89>
- Gómez-Campos, R., Andruske, C. L., Arruda, M. de, Alborno, C. U., & Cossio-Bolaños, M. (2017). Proposed equations and reference values for calculating bone health in children and adolescent based on age and sex. *PLOS ONE*, 12(7), e0181918. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181918>
- Gómez-Campos, R., de Arruda, M., Hobold, E., Abella, C. P., Camargo, C., Martínez Salazar, C., & Cossio-Bolaños, M. A. (2013). Valoración de la maduración biológica: Usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(4), 151-160. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(13\)70051-0](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(13)70051-0)
- Gomez-Campos, R., Santi-Maria, T., Arruda, M., Maldonado, T., Albernaz, A., Schiavo, M., & Cossio-Bolaños, M. (2019). Fat-Free Mass and Bone Mineral Density of Young Soccer Players: Proposal of Equations Based on Anthropometric Variables. *Frontiers in Psychology*, 10, 522. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00522>
- Guedes, D. P., & Rechenchosky, L. (2008). Comparação da gordura corporal predita por métodos antropométricos: Índice de massa corporal e espessuras de dobras cutâneas. *Rev. bras. cineantropom. desempenho hum.* <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/4116/3474>
- Gunter, K. B., Almstedt, H. C., & Janz, K. F. (2012). Physical Activity in Childhood May Be the Key to Optimizing Lifespan Skeletal Health. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 40(1), 13-21. <https://doi.org/10.1097/JES.0b013e318236e5ee>
- Hernández-Davó, J. L., Loturco, I., Pereira, L. A., Cesari, R., Pratdesaba, J., Madruga-Parera, M., Sanz-Rivas, D., & Fernández-Fernández, J. (2021). Relationship between Sprint, Change of Direction, Jump, and Hexagon Test Performance in Young Tennis Players. *Journal of Sports Science & Medicine*, 20(2), 197-203. <https://doi.org/10.52082/jssm.2021.197>
- Jürimäe, J., Karvelyte, V., Rimmel, L., Tamm, A.-L., Purge, P., Gruodyte-Raciene, R., Kamandulis, S., Maasalu, K., Gracia-Marco, L., & Tillmann, V. (2021). Sclerostin, preadipocyte factor-1 and bone mineral values in eumenorrheic adolescent athletes with different training patterns. *Journal of Bone and Mineral Metabolism*, 39(2), 245-252. <https://doi.org/10.1007/s00774-020-01141-x>
- Klesges, R. C., Ward, K. D., Shelton, M. L., Applegate, W. B., Cantler, E. D., Palmieri, G. M., Harmon, K., & Davis, J. (1996). Changes in bone mineral content in male athletes. Mechanisms of action and intervention effects. *JAMA*, 276(3), 226-230.
- Kontulainen, S., Sievänen, H., Kannus, P., Pasanen, M., & Vuori, I. (2003). Effect of long-term impact-loading on mass, size, and estimated strength of humerus and radius of female racquet-sports players: A peripheral quantitative computed tomography study between young and old starters and controls. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 18(2), 352-359. <https://doi.org/10.1359/jbmr.2003.18.2.352>
- Kovacs, M. S. (2006). Applied physiology of tennis performance. *British Journal of Sports Medicine*, 40(5), 381-386. <https://doi.org/10.1136/bjsm.2005.023309>
- Kovalchik, S. A., & Reid, M. (2017). Comparing Matchplay Characteristics and Physical Demands of Junior and Professional Tennis Athletes in the Era of Big Data. *Journal of Sports Science & Medicine*, 16(4), 489-497.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. B. A. (2014). Chronological age vs. biological maturation: Implications for exercise programming in youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(5), 1454-1464. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000391>
- Luna-Villouta, P., Paredes-Arias, M., Flores-Rivera, C., Hernández-Mosqueira, C., Souza de Carvalho, R., Faúndez-Casanova, C., Vásquez-Gómez, J., & Vargas-Vitoria, R. (2021). Anthropometric Characterization and Physical Performance by Age and Biological Maturation in Young Tennis Players. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(20), 10893. <https://doi.org/10.3390/ijerph182010893>
- Maggioli, C., & Stagi, S. (2017). Bone modeling, remodeling, and skeletal health in children and adolescents: Mineral accrual, assessment and treatment. *Annals of Pediatric Endocrinology & Metabolism*, 22(1), 1-5. <https://doi.org/10.6065/apem.2017.22.1.1>
- Malina, R. M., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2nd ed). Human Kinetics.
- Martínez López, E. J. (2011). Pruebas de aptitud física (2a. Ed.). Editorial Paidotribo México. <https://www.overdrive.com/search?q=3368BFFF-1318-4D73-B689-F6869D73E33E>
- McClanahan, B. S., Harmon-Clayton, K., Ward, K. D., Klesges, R. C., Vukadinovich, C. M., & Cantler, E. D. (2002). Side-to-side comparisons of bone mineral density in upper and lower limbs of collegiate athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 586-590.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689-694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Montenegro Barreto, J., Vidal-Espinoza, R., Gomez Campos, R., De Arruda, M., Urzua Alul, L., Sulla-Torres, J., Cossio-Bolaños, M., & Mendez-Cornejo, J. (2021). Relationship between muscular fitness and bone health in young baseball players. *European Journal of Translational Myology*. <https://doi.org/10.4081/ejtm.2021.9642>

- Munivrana, G., Filipčić, A., & Filipčić, T. (2015). Relationship of Speed, Agility, Neuromuscular Power, and Selected Anthropometrical Variables and Performance Results of Male and Female Junior Tennis Players. *Collegium Antropologicum*, 39 Suppl 1, 109-116.
- Myburgh, G. K., Cumming, S. P., Silva, M. C. E., Cooke, K., & Malina, R. M. (2016). Maturity-Associated Variation in Functional Characteristics of Elite Youth Tennis Players. *Pediatric Exercise Science*, 30. <https://doi.org/10.1123/pes.2016-0035>
- Norton, K., Olds, T., & Australian Sports Commission (Eds.). (1996). *Anthropometrica: A textbook of body measurement for sports and health courses*. UNSW Press.
- Nurmi-Lawton, J. A., Baxter-Jones, A. D., Mirwald, R. L., Bishop, J. A., Taylor, P., Cooper, C., & New, S. A. (2004). Evidence of sustained skeletal benefits from impact-loading exercise in young females: A 3-year longitudinal study. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 19(2), 314-322. <https://doi.org/10.1359/JBMR.0301222>
- Pitukcheewanont, P., Punyasavatsut, N., & Feuille, M. (2010). Physical activity and bone health in children and adolescents. *Pediatric Endocrinology Reviews*, 7(3), 275-282.
- Poortmans, J., Boisseau, N., Moraine, J.-J., Moreno-Reyes, R., & Goldman, S. (2005). Estimation of Total-Body Skeletal Muscle Mass in Children and Adolescents. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(2), 316-322. <https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000152804.93039.CE>
- Pradas de la Fuente, F., González Jurado, J. A., Molina Sotomayor, E., & Castellar Otín, C. (2013). Características Antropométricas, Composición Corporal y Somatotipo de Jugadores de Tenis de Mesa de Alto Nivel. *International Journal of Morphology*, 31(4), 1355-1364. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022013000400033>
- Quiterio, A. L., Carnero, E. A., Silva, A. M., Baptista, F., & Sardinha, L. B. (2009). Weekly training hours are associated with molecular and cellular body composition levels in adolescent athletes. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 49(1), 54-63.
- Reid, M., Quinn, A., & Crespo, M. (2010). *Fuerza y condición física para el tenis ITF coaching*. Federación Internacional de Tenis.
- Seabra, A., Marques, E., Brito, J., Krustup, P., Abreu, S., Oliveira, J., Rêgo, C., Mota, J., & Rebelo, A. (2012). Muscle strength and soccer practice as major determinants of bone mineral density in adolescents. *Joint Bone Spine*, 79(4), 403-408. <https://doi.org/10.1016/j.jbspin.2011.09.003>
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., Loan, M. D. V., & Bembien, D. A. (1988). Skinfold equations for estimations of body fatness in children and youth. *Human Biology*, 60(5), 709-723.
- Sulla-Torres, J., Urrea-Albornoz, C., Alvear-Vasquez, F., Cossio Bolaños, M., & Gomez-Campos, R. (2020). Predicción de la salud ósea por medio ecuaciones de regresión en niños y adolescentes que viven a moderada altitud. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 40(4). <https://doi.org/10.12873/404sulla>
- Taaffe, D. R., Robinson, T. L., Snow, C. M., & Marcus, R. (1997). High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *Journal of Bone and Mineral Research: The Official Journal of the American Society for Bone and Mineral Research*, 12(2), 255-260. <https://doi.org/10.1359/jbmr.1997.12.2.255>
- Tamolienė, V., Rimmel, L., Gruodyte-Raciene, R., & Jūrimāe, J. (2021). Relationships of Bone Mineral Variables with Body Composition, Blood Hormones and Training Volume in Adolescent Female Athletes with Different Loading Patterns. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6571. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126571>
- Ulbricht, A., Fernandez-Fernandez, J., Mendez-Villanueva, A., & Ferrauti, A. (2016). Impact of Fitness Characteristics on Tennis Performance in Elite Junior Tennis Players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(4), 989-998. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001267>
- Uzunca, K., Birtane, M., Durmus-Altun, G., Ustun, F., & Karlsson, M. (2005). High bone mineral density in loaded skeletal regions of former professional football (soccer) players: What is the effect of time after active career? *British Journal of Sports Medicine*, 39(3), 154-157. <https://doi.org/10.1136/bjism.2003.011494>
- Vicente-Rodríguez, G. (2006). How does Exercise Affect Bone Development during Growth? *Sports Medicine*, 36(7), 561-569. <https://doi.org/10.2165/00007256-200636070-00002>
- Vicente-Rodríguez, G., Jimenez-Ramirez, J., Ara, I., Serrano-Sanchez, J. A., Dorado, C., & Calbet, J. A. L. (2003). Enhanced bone mass and physical fitness in prepubescent footballers. *Bone*, 33(5), 853-859. <https://doi.org/10.1016/j.bone.2003.08.003>
- Villouta, P. L., Sánchez, C. M., Gallardo, M. R., Salazar, C. M., & Vitoria, R. V. (2019). Relación entre la Agilidad respecto de Variables Antropométricas en niños pertenecientes a una Escuela de tenis privada de la provincia de Concepción (Relationship between Agility and Anthropometric Variables in children from a private tennis school in t. *Retos*, 36, 278-282. <https://doi.org/10.47197/retos.v36i36.68292>
- Winther, A., Ahmed, L. A., Furberg, A.-S., Grimnes, G., Jorde, R., Nilsen, O. A., Dennison, E., & Emaus, N. (2015). Leisure time computer use and adolescent bone health—findings from the Tromsø Study, Fit Futures: A cross-sectional study. *BMJ Open*, 5(6), e006665. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-006665>