

Trabajo Fin de Grado: *Los efectos de la práctica del fútbol sala en el estado óseo de futbolistas adolescentes medidos a través de ultrasonometría cuantitativa: un estudio comparativo.*

Carlos García Madurga

³⁵₁₇ **Tutor académico:** Germán Vicente Rodríguez

³⁵₁₇ **Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte.**

Universidad de Zaragoza

Los efectos de la práctica del fútbol sala en el estado óseo de futbolistas adolescentes medidos a través de ultrasonometría cuantitativa: un estudio comparativo.

Carlos García Madurga^a

^a *Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, Universidad de Zaragoza.*

Resumen.

La actividad física mejora la calidad y la densidad de la masa ósea como consecuencia de la carga mecánica que generan los impactos. Los deportes de alto impacto (fuerzas de reacción contra el suelo), como el fútbol, están relacionados con un mayor contenido mineral óseo, una mayor densidad ósea y una mejora de la geometría del hueso. El fútbol sala, un deporte, similar al fútbol, pero con características especiales en cuanto al impacto, no ha sido estudiado en detalle. Nuestro objetivo es el de, mediante ultrasonometría cuantitativa del calcáneo, determinar si existen diferencias significativas entre jugadores de fútbol sala y sujetos control en sus valores óseos. Los sujetos utilizados fueron 18 futbolistas ($16,67 \pm 1,85$ años) y 16 chicos sedentarios ($16,19 \pm 1,47$ años). Las medidas ultrasonométricas fueron tomadas en el calcáneo de la pierna no dominante mediante el equipo de ultrasonidos Achilles InSight. Se obtuvo así la atenuación del sonido de banda ancha (BUA) y la velocidad del sonido (SOS), así como el índice de rigidez (SI). La altura fue tomada con un tallímetro y el peso, la masa grasa y los porcentajes de grasa con un analizador de composición corporal Tanita BC 420 S MA. Se utilizó un modelo lineal general univariante para evaluar la significación de la diferencia entre las distintas comparaciones entre grupos a través del programa de análisis estadístico SPSS 15.0. Encontramos diferencias significativas entre el

porcentaje de masa grasa de controles y futbolistas. No existen diferencias significativas entre los parámetros de ultrasonometría entre controles y futbolistas en ninguno de los casos ($p > 0,05$). Sin embargo, en la comparación entre controles y futbolistas menores de 17 años por un lado, y mayores o iguales de 17 años por el otro, vemos que el SI es parejo en el caso del grupo de menor edad (Controles $(113,48 \pm 6,28)$ vs Futbolistas $(113,67 \pm 5,48)$) y aumenta a favor de los futbolistas en el caso del grupo de mayor edad, reduciéndose en los controles (Controles $(110,11 \pm 8,66)$, Futbolistas $(119,36 \pm 8,66)$). Esto muestra indicios no estadísticamente significativos de que la práctica de fútbol sala podría mejorar, con el paso del tiempo, la calidad ósea en adolescentes de entre 14 y 19 años y la empeora cuando esos adolescentes son sedentarios. Otros estudios teniendo en cuenta el mayor número de variables posibles, así como con mayores rangos de edad y de evolución temporal serán necesarios para aportar mayores evidencias.

1. Introducción.

Entre otros muchos beneficios, la actividad física regular supone un aspecto destacado para la mejora de la calidad de la masa ósea. Está demostrado que la actividad física de intensidad moderada a vigorosa está relacionada con una reducción del riesgo de fractura ósea tanto en hombres como en mujeres¹, reduciendo el riesgo de osteoporosis² y aumentando la densidad mineral ósea si esa actividad es constante y continuada³. Igualmente, se ha observado que la cantidad de masa muscular, conseguida a través del ejercicio físico, influye positivamente en la cantidad y la calidad de masa ósea^{4, 5}.

Esa mejora de la densidad y la calidad del hueso viene dada por la carga repetida de peso sobre las estructuras esqueléticas⁶, siendo la magnitud de dicho aumento mayor en

deportes de impacto alto y medio sobre deportes de bajo o nulo impacto⁶. Está demostrado en numerosos estudios que los deportes de alto impacto articular están relacionados con un mayor contenido mineral óseo, una mayor densidad ósea y una mejora de la geometría del hueso⁷. De la misma manera, se ha reconocido que los deportes con un bajo impacto que se repite en muchas ocasiones están relacionados únicamente con cambios favorables en la geometría del hueso, y que los deportes sin ningún impacto no mejoran ninguno de estos factores⁷. Más concretamente se ha observado que el fútbol, siendo un deporte de impacto medio, cumple con todas esas mejoras cualitativas y cuantitativas en el hueso, principalmente en los que se encuentran en las extremidades inferiores⁸⁻¹¹.

Actualmente, la ultrasonometría cuantitativa es un medio muy extendido para el análisis del estado del hueso, como consecuencia de su bajo coste, fácil portabilidad y ausencia de radiación. Esta técnica ha sido validada por numerosos estudios en los que se la considera válida para detectar el riesgo de osteoporosis^{12, 13}, así como para valorar la masa ósea de manera general mediante la medición de su densidad mineral ósea y, por lo tanto, el riesgo de fractura, a través de la evaluación del calcáneo¹⁴⁻¹⁷. Algunos de estos estudios han sido realizados en poblaciones adolescentes^{14, 16, 17}.

En nuestro caso, consideramos el fútbol sala un deporte con características especiales en este aspecto, por lo específico de los terrenos en los que se desarrolla y por los movimientos tan singulares que tienen lugar en él. El fútbol sala es uno de los más practicados en España actualmente. Hasta donde nosotros conocemos, existe una ausencia de información en relación a este deporte y su influencia sobre el estado óseo del que lo practica, por lo que nuestro objetivo es determinar mediante ultrasonometría

cuantitativa del calcáneo, si existen diferencias significativas entre jugadores de fútbol sala y sujetos control en sus valores de índice de rigidez [*stiffness index (SI)*], [atenuación del sonido de banda ancha [*broadband ultrasound attenuation (BUA)*] y velocidad del sonido [*speed of sound (SOS)*]. Además, trataremos de determinar estas diferencias atendiendo también a sus edades.

2. Metodología.

2.1 Participantes.

18 chicos de edades comprendidas entre los 14 y los 19 años ($16,67 \pm 1,85$), pertenecientes a los equipos Cadete y Juvenil del club de fútbol sala A.D. Sala 10 de Zaragoza y 16 chicos sedentarios de edades comprendidas entre los 14 y 18 años ($16,19 \pm 1,47$), fueron requeridos para esta investigación, en la que participaron de forma voluntaria, durante los meses de Mayo y Junio de 2013. A todos los sujetos se les midió la altura, el peso, la masa grasa y el porcentaje de masa grasa, así como se les realizó una ultrasonometría cuantitativa en el calcáneo. Igualmente, a los futbolistas se les preguntó acerca de la cantidad de años que llevaban practicando el fútbol sala de manera regular y sobre la cantidad de días que lo practicaban por semana. Todas las medidas fueron tomadas tras una sesión de práctica de fútbol sala. Los futbolistas habían practicado fútbol sala durante una media de 8,72 años ($\pm 3,63$), y, actualmente, lo practicaban durante una media de 3,22 días por semana ($\pm 0,43$).

2.2 Medidas ultrasonométricas.

Las medidas ultrasonométricas fueron tomadas en el calcáneo de la pierna no dominante de cada uno de los chicos, mediante el equipo de ultrasonidos Achilles InSight (Achilles

InSight, GE, USA). El Achilles InSight es un aparato de alta portabilidad que permite, mediante un sistema de ultrasonidos y en un tiempo muy reducido, realizar medidas fiables del calcáneo de los sujetos. Esta medición proporciona el SI, el BUA y el SOS, valores que informan de la cantidad de masa ósea que existe en el calcáneo. El SI es el índice que aglutina los otros dos valores, y la fórmula para su deducción es $SI = 0.67 \times BUA + 0.28 \times SOS^{18}$.

2.3 Medidas de composición corporal.

Las medidas de composición corporal fueron tomadas con un tallímetro común marca Seca en el caso de la altura y con un analizador de composición corporal Tanita BC 420 S MA (Tanita 2002) en el caso del peso, la masa grasa y los porcentajes de grasa. Como ya hemos indicado anteriormente, estas medidas fueron tomadas tras una sesión común de práctica de fútbol sala en el caso de los futbolistas.

2.4 Análisis de datos.

Todos los análisis estadísticos fueron realizados a través del programa de análisis estadístico SPSS 15.0 (IBM 2006). La media y desviación típica de los datos de peso, talla, edad, masa grasa y porcentaje de masa grasa fueron tomados por separado para cada grupo, controles y futbolistas, comparando medias mediante la prueba ANOVA de un factor, tras comprobar que estas variables seguían una distribución normal analizada mediante la prueba no paramétrica de Kolgomorov-Smirnov para una muestra. Para evaluar la significación de la diferencia entre las distintas comparaciones entre grupos utilizamos un modelo lineal general univariante (ANCOVA) en todos los casos usando como covariables la talla y peso de los participantes. Con ello, comparamos las medias de los datos obtenidos del Achilles InSight (SI, SOS y BUA) entre controles y

futbolistas, entre controles y futbolistas menores de 17 años, entre controles y futbolistas mayores o iguales a 17 años, entre controles menores de 17 años y mayores o iguales a 17 años y entre futbolistas menores de 17 años y mayores o iguales a 17 años. La separación en grupos de edad la realizamos por categoría futbolística, cadetes en el caso del grupo más joven y juveniles en el caso del grupo de mayor edad. De la misma manera estudiamos la interacción grupo por tiempo para todas las comparaciones anteriores y también la comparación entre el porcentaje de masa grasa de controles y futbolistas. Un valor de $p < 0,05$ era lo requerido para considerar significativa la diferencia.

3. Resultados.

La tabla 1 muestra la comparación entre las medias de los datos generales para controles y futbolistas. En ella se observan datos muy parejos, a excepción de los que se dan para la masa grasa y el porcentaje de masa grasa, el cual es mucho mayor en el caso de los controles con respecto a los futbolistas.

Tabla 1

Características Generales.

	Control(n=16)		FS(n=18)	
	<i>Mean</i>	<i>SD</i>	<i>Mean</i>	<i>SD</i>
Peso	64,19 ±	10,41	64,06 ±	11,89
Talla	172,19 ±	8,29	173,06 ±	8,07
Edad	16,19 ±	1,47	16,67 ±	1,85
Masa Grasa	11,56* ±	5,086	6,858 ±	3,81
% Masa Grasa	17,59* ±	5,41	9,36 ±	3,54

* $P < 0,005$

Las siguientes 4 tablas muestran la comparación entre los diferentes grupos de sujetos de los valores de SI, SOS y BUA, así como el estudio de su diferencia es significativa, en los casos en los que lo sea.

La tabla 2 muestra la comparación entre los controles y los futbolistas, de manera general, no existiendo diferencia estadística significativa en ninguno de los 3 valores que tenemos para cada uno.

Tabla 2
Comparación de SI, SOS y BUA entre controles y futbolistas tras controlar por las diferencias en talla y peso corporal.

	Control(n=16)		FS(n=18)	
	Mean	SD	Mean	SD
SI	111,15	± 5,15	116,91	± 4,86
SOS	1614,91	± 9,57	1624,36	± 9,03
BUA	118,84	± 5,57	123,54	± 5,25

La tabla 3 expone la comparación, primero entre controles y futbolistas menores de 17 años y luego entre controles y futbolistas mayores o iguales de 17 años. Se observa un aumento de las diferencias entre los valores de los futbolistas y los controles en el grupo de mayor edad sobre el de menor edad. No existe tampoco diferencia estadística significativa en ninguna de las comparaciones entre variables.

Tabla 3
Comparación de SI, SOS y BUA entre controles y futbolistas menores y mayores o iguales a 17 años.

	<17 años (n=16)				≥17 años (n=18)			
	Controles (n=7)		FS (n=9)		Controles (n=9)		FS (n=9)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
SI	113,48	± 6,29	113,67	± 5,48	110,11	± 8,66	119,36	± 8,66
SOS	1616,93	± 13,19	1628	± 11,49	1618,44	± 14,28	1615,61	± 14,29
BUA	121,5	± 8,9	117,16	± 7,73	115,82	± 7,82	130,88	± 7,82

La tabla 4 expresa la comparación entre controles de un grupo de edad y de otro, y, posteriormente, entre futbolistas igualmente de un grupo de edad y de otro. De forma similar que en las comparaciones anteriores no se observan diferencias estadísticamente significativas entre ninguna de las comparaciones. En cambio, sí se muestra una tendencia en el aumento en las variables de SI, SOS y BUA en el caso de los futbolistas que no se da en el caso de los controles.

Tabla 4*Comparación de SI, SOS y BUA entre controles y futbolistas entre sí menores y mayores o iguales a 17 años.*

	Controles (n=16)				FS (n=18)			
	< 17 años (n=7)		≥ 17 años (n=9)		< 17 años (n=9)		≥ 17 años (n=9)	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
SI	114,06 ± 11,03		109,67 ± 9,52		110,17 ± 5,31		122,864 ± 5,31	
SOS	1609,46 ± 16,87		1619,84 ± 14,56		1620,24 ± 12,22		1627,79 ± 12,22	
BUA	125,47 ± 10,32		114,58 ± 8,91		115,15 ± 7,5		131,05 ± 7,5	

La interacción grupo por tiempo estudiada para todas las comparaciones anteriores tampoco se muestra estadísticamente significativa.

4. Discusión.

Varios estudios han demostrado que los parámetros obtenidos de la ultrasonometría cuantitativa están correlacionados con la densidad mineral ósea^{19, 20}. En la bibliografía no existen estudios en los que el fútbol sala haya sido objeto de estudio en relación a su posible efecto osteogénico, pero sí existen estudios en los que el fútbol, deporte de similares características, resulta osteogénico de varias maneras diferentes^{3, 7-11}. Al ser el fútbol sala un deporte que se practica en terrenos más duros que el fútbol, podríamos suponer que el grado osteogénico de este fuera todavía mayor que el anterior.

En nuestro estudio, comprobamos que no existen diferencias significativas entre controles y futbolistas en ninguno de los casos explicados en los resultados ni en ninguno de los parámetros obtenidos con la ultrasonometría que hemos analizado. Centrándonos en el SI, como índice que aglutina los valores del BUA y el SOS, vemos que los valores de dicho índice son menores en la media de los controles (111,15±5,15) comparada con los futbolistas (116,91±4,86), pero no se muestra esta medida estadísticamente significativa.

En cuanto a la comparación entre controles y futbolistas menores de 17 años por un lado, y mayores o iguales de 17 años por el otro, vemos que los datos son parejos en el caso del grupo de menor edad (Controles (113,48±6,28), Futbolistas (113,67±5,48)) y aumentan a favor de los futbolistas en el caso del grupo de mayor edad (Controles (110,11±8,66), Futbolistas (119,36±8,66)). Paralelamente a este último dato, observamos como en la comparación entre menores de 17 años y mayores o iguales de 17 años controles por un lado y futbolistas por el otro, al aumentar la edad el SI se reduce en el caso de los controles y aumenta en el caso de los futbolistas (Tabla4). Gráficamente, en las figuras 1 y 2 respectivamente, podemos observar distintos efectos que no arrojan evidencias estadísticas pero que podrían ser un indicio de que la práctica de fútbol sala mejora el SI y por lo tanto la calidad ósea de los que la practican, mientras que un comportamiento sedentario reduciría esa calidad ósea con el paso del tiempo. De cualquier forma, estas diferencias y/o indicios no son estadísticamente significativas en ninguno de los casos y necesitan un estudio más profundo.

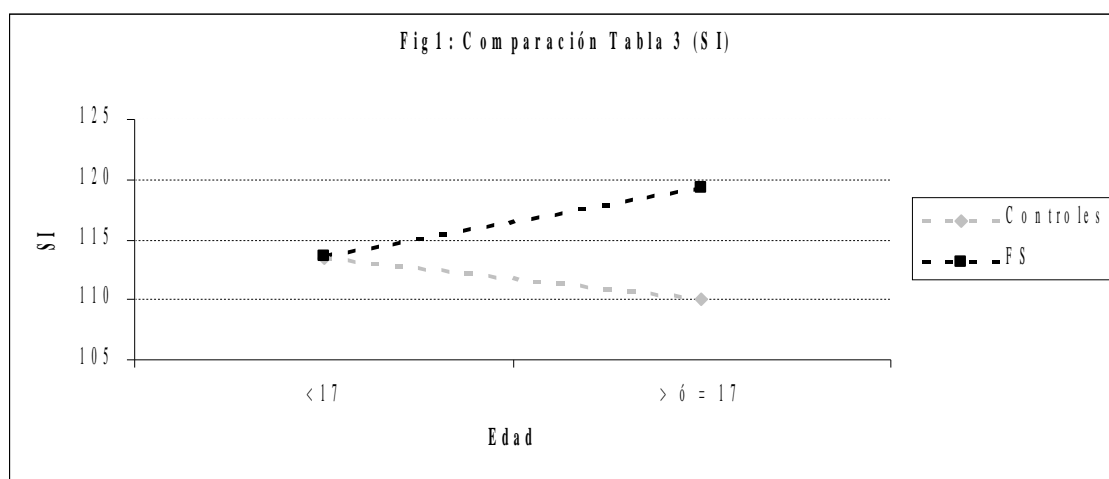


Fig. 1. Comparación entre controles y futbolistas menores de 17 años por un lado y mayores o iguales de 17 años por otro lado atendiendo al SI

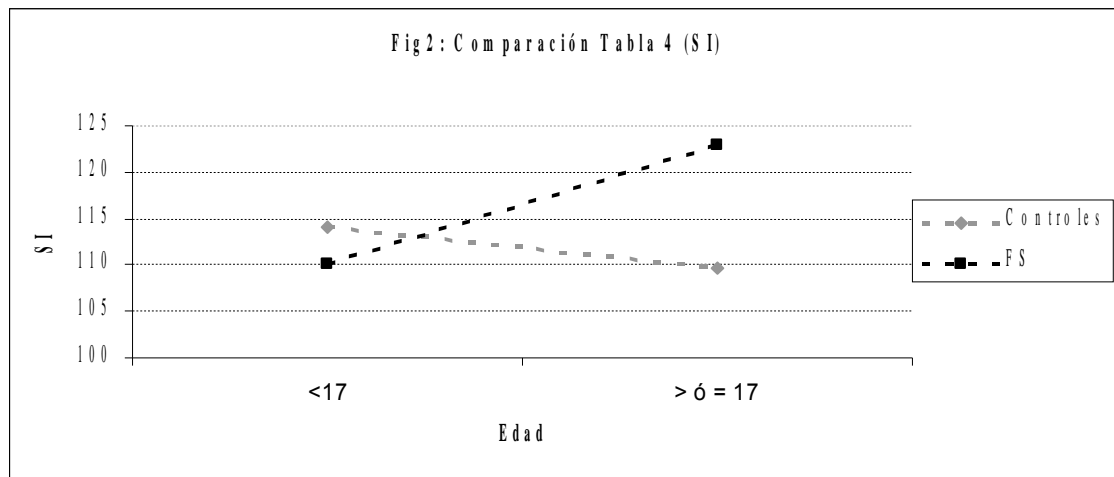


Fig. 2. Comparación gráfica entre controles de un grupo de edad y de otro, y, posteriormente, entre futbolistas de un grupo de edad y de otro atendiendo al SI.

Algunos estudios indican que existen dos indicadores que tienen mucha influencia sobre el estado de la masa ósea, especialmente en jóvenes adolescentes, como son la masa muscular^{4, 5} y el grado de pubertad^{9, 10} que tengan los chicos estudiados. En nuestro estudio no hemos tenido en cuenta estos factores, lo cual podría suponer, de haberlo hecho, una variación de los resultados en función del menor o mayor desarrollo de los mismos. En alguno de esos mismos estudios se indica que el mayor grado de diferencia entre el estado óseo de deportistas y controles se sitúa al principio y al final de la pubertad, y no es tan significativa durante la misma⁹, lo cual podría ser un motivo por el cual los chicos que hemos estudiado nosotros no muestren diferencias significativas en estos aspectos, al encontrarse en una edad media. Una ampliación del estudio con sujetos de mayor y menor edad sería interesante.

Por otra parte, aunque hay estudios que demuestran la validez de la técnica de medición ósea utilizada en nuestro trabajo para obtener datos sobre la masa ósea y la densidad mineral del hueso¹⁴⁻¹⁶, y también lo demuestran para el sector de edad que hemos estudiado¹⁴, alguno de estos mismos artículos nos dicen que esta validez es menor cuando han existido fracturas óseas en los sujetos¹⁵, siendo éste otro aspecto que

tampoco hemos tenido en cuenta con los chicos y que igualmente podría variar el resultado final obtenido. Además, la mayoría de los estudios encontrados en la bibliografía que observan diferencias entre el estado óseo de unos y otros sujetos están realizados a través de la técnica de absorciometría de rayos X y sobre zonas óseas diferentes a la utilizada en nuestro estudio⁸⁻¹¹, lo cual supone otro factor a valorar, ya que no existen suficientes evidencias que aseguren que ambos métodos puedan ser utilizados indistintamente arrojando los mismos resultados.

En cuanto a otros aspectos analizados, alejados del objetivo del presente estudio, investigaciones previas han demostrado que la práctica de fútbol de manera continuada se relaciona con efectos positivos sobre el nivel de grasa corporal de los deportistas^{3,11,8}. En el presente estudio, dichos datos se ven respaldados, al existir diferencias significativas entre la grasa corporal de los sujetos control y la de los futbolistas, lo cual demuestra que la realización de esta actividad física reduce el porcentaje de masa grasa corporal.

Así pues, algunas limitaciones de este estudio serían la falta de análisis de variables como la masa muscular, el grado puberal y las fracturas óseas sufridas por los futbolistas con anterioridad. Igualmente, también tenemos en cuenta que el sector de edad estudiado se encuentra en plena pubertad, y que no tenemos valores de futbolistas de mayor y menor edad, los cuales completarían la progresión y por tanto mejorarían la calidad de los resultados. Por otro lado, sólo se ha medido la masa ósea de una determinada zona, pudiendo haber sido interesante haber tenido en cuenta otras zonas relacionadas. Y, por último, el estudio ha sido realizado sobre chicos diferentes de

mayor y menor edad y no sobre los mismos chicos a lo largo de los años, lo cual podría habernos dado valores más interesantes.

Cabe destacar también como limitación que no afecta a los resultados que no se pidió consentimiento informado firmado a padres o tutores de los futbolistas menores de edad.

5. Conclusión.

En conclusión, las mediciones realizadas y los análisis llevados a cabo muestran que no hay diferencias estadísticas en el SI, SOS y BUA entre controles y futbolistas en ninguna de las comparaciones realizadas, aunque sugieren indicios no estadísticamente significativos de que la práctica de fútbol sala mejora, con el paso del tiempo, la calidad ósea en adolescentes de entre 14 y 19 años y la empeora cuando esos adolescentes son sedentarios. Además, han existido diferencias estadísticamente significativas entre el porcentaje de masa grasa de controles y futbolistas, lo cual sugiere que la práctica de este deporte reduce este porcentaje de manera significativa. Otros estudios teniendo en cuenta el mayor número de variables posibles, así como estudios con mayores rangos de edad y sobre la evolución ósea de futbolistas estudiada a lo largo del tiempo serán necesarios para aportar mayores evidencias.

6. Agradecimientos.

Quiero agradecer al grupo de investigación GENUD (Growth, Exercise, NUtrition and Development) de la Universidad de Zaragoza su asistencia y colaboración en la

provisión de los aparatos utilizados durante la investigación, así como a Germán Vicente-Rodríguez, del Departamento de Fisiatría y Enfermería de la Universidad de Zaragoza por su cooperación en lo concerniente al análisis estadístico.

Bibliografía.

- ¹ Alireza Moayyeri MD. The association between physical activity and osteoporotic fractures: A review of the evidence and implications for future research. *Annals of Epidemiology* 2008, 18(11): 827-835.
- ² Babatunde OO, Forsyth JJ. Quantitative ultrasound and bone's response to exercise: A meta analysis. *Bone* 2013, 53(1): 311-318.
- ³ Madic D, Obradovic B, Smajic M, Obradovic J, Maric D, Boskovic K. Status of bone mineral content and body composition in boys engaged in intensive physical activity. *Vojnosanitetsky pregled: Military-medical and pharmaceutical review* 2010, 67(5): 386-390.
- ⁴ Afghani A, Xie B, Wiswell RA, Gong J, Li Y, Anderson Johnson C. Bone mass of asian adolescents in China: influence of physical activity and smoking. *Medicine and science in sports and exercise* 2003, 35(5): 720-729.
- ⁵ Seabra A, Marques E, Brito J, Krstrup P, Abreu S, Oliveira J, Rêgo C, Mota J, Rebelo A. Muscle strength and soccer practice as major determinants of bone mineral density in adolescents. *Joint bone spine* 2012, 79(4): 403-408.
- ⁶ Laabes EP, Vanderjagt DJ, Obadofin Mo, Sendeht AJ, Glew RH. Assessment of the bone quality of black male athletes using calcaneal ultrasound: a cross-sectional study. *Nutrition and metabolism* 2008, 20: 5-13.
- ⁷ Tenforde A, Fredericson M. Influence of sports participation on bone health in the young athlete: A review of the literature. *PM&R: The journal of injury, function and rehabilitation* 2011, 3(9): 861-867.
- ⁸ Wittich A, Mautalen CA, Oliveri MB, Bagur A, Somoza F, Rotemberg E. Professional football players have a markedly greater skeletal mineral content, density and size than age and BMI-matched controls. *Calcified tissue international* 1998, 63(2): 112,117.

- ⁹ Nebigh A, Rebai H, Elloumi M, Bahlous A, Zouch M, Zaouali M, Alexandre C, Sellami S, Tabka Z. Bone mineral density of young boy soccer players at different pubertal stages: relationships with hormonal concentration. *Joint bone spine* 2009, 76(1): 63-69.
- ¹⁰ Zouch M, Jaffré C, Thomas T, Frère D, Courteix D, Vico L, Alexandre C. La pratique prolongée du football augmente le gain du contenu minéral osseux chez les garçons avant la puberté. *Revue du Rhumatisme* 2008, 75(1): 44-52.
- ¹¹ El Hage R, Jaber M, Jacob C, Moussa E, Theunynck D. Lumbar spine, hip and forearm bone mineral density in a group of Lebanese professional football players. *Science & Sports* 2012.
- ¹² Rothenberg RJ, Boyd JL, Holcomb JP. Quantitative ultrasound of the calcaneus as a screening tool to detect osteoporosis: Different reference ranges for Caucasian women, African American women and Caucasian Men. *Journal of clinical densitometry* 2004, 7(1): 101-110.
- ¹³ Sarvazyan A, Tatarinov A, Egorov V, Airapetian S, Kurtenok V, Gatt CJ. Application of the dual-frequency ultrasonometer for osteoporosis detection. *Ultrasonics* 2009, 49(3): 331-337.
- ¹⁴ Sawyer A, Moore S, Fielding K, Nix D, Kiratli J, Bachrach L. Calcaneus ultrasound measurements in a convenience sample of healthy youth. *Journal of clinical densitometry* 2001, 4(2): 111-120.
- ¹⁵ Graafmans WC, Lingen AV, Ooms ME, Bezemer PD, Lips P. Ultrasound measurements in the calcaneus: Precision and its relation with bone mineral density of the heel, hip and lumbar spine. *Bone* 1996, 19(2): 97-100.
- ¹⁶ Wang Q, Nicholson P, Timonen J, Alen M, Moilanen P, Suominen H, Cheng S. Monitoring bone growth using quantitative ultrasound in comparison with DXA and pQCT. *Journal of clinical densitometry* 2008, 11(2): 295-301.
- ¹⁷ Fielding K, Nix D, Bachrach L. Comparison of calcaneus ultrasound and dual x-ray absorptiometry in children at risk of osteopenia. *Journal of clinical densitometry* 2003, 6(1): 7-15.
- ¹⁸ Damilakis J, Papadokostakis G, Perisinakis K, Maris TG, Karantanas AH. Hip fracture discrimination by the Achilles InSight qus imaging device. *European journal of radiology* 2007, 63(1): 59-62.
- ¹⁹ Langton CM, Langton DK. Comparison of bone mineral density and quantitative ultrasound of the calcaneus: site-matched correlation and discrimination of axial BMD status. *Br J Radiol* 2000, 73(865): 31-5.
- ²⁰ Faulkner KG, McClung MR, Coleman LJ, Kingston-Sandahl E. Quantitative ultrasound of the heel: correlation with densitometric measurements at different skeletal sites. *Osteoporos Int* 1994, 4(1):42-7.