

Martínez Pardo, E.\*; Carrasco Páez, L.; Zarco Pleguezuelos, P. y Menchón Esteve, L.A. (2005). *Revisión: Efectos de la práctica deportiva sobre las características óseas de los miembros inferiores en deportistas. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (19)*  
<http://cdeporte.rediris.es/revista/revista19/artrevision13.htm>

## REVISIÓN

# EFFECTS OF SPORT PRACTICE ON BONE CHARACTERISTICS OF THE LOWER EXTREMITIES IN ATHLETES

## EFFECTS OF SPORT PRACTICE ON BONE CHARACTERISTICS OF THE LOWER EXTREMITIES IN ATHLETES

Martínez Pardo, E.\*; Carrasco Páez, L.; Zarco Pleguezuelos, P. y Menchón Esteve, L.A.  
\* aldogori@hotmail.com

Recibido 25 de febrero de 2005

### RESUMEN

Los objetivos de la presente revisión son, por un lado, dar a conocer el estado actual de la investigación realizada sobre las diferentes adaptaciones óseas derivadas de la práctica deportiva en los miembros inferiores y, por otro, determinar qué tipo de actividades o especialidades deportivas son las más indicadas para evitar o frenar el desarrollo de la osteoporosis en estas estructuras óseas.

**PALABRAS CLAVE:** DMO, CMO, deporte, miembros inferiores.

### ABSTRACT

The aims of this review are to give to know the actual status of investigation developed on different bone adaptations in lower extremities related to sport practice, and to determine what kind of physical activities or sport practice are the most indicated to avoid or to contain the development of osteoporosis in this bone structures.

**KEY WORDS:** BMD, BMC, sport, lower extremities.

## 1. INTRODUCCIÓN

La investigación clínica sobre poblaciones sometidas a unas condiciones de vida especiales tiene, en la mayoría de ocasiones, una aplicación directa sobre la población general. De esta forma, la investigación en el ámbito deportivo es de gran utilidad de cara a determinar, entre

otras cuestiones, el efecto que produce el ejercicio físico sobre el organismo, ya sea a nivel fisiológico, estructural o funcional. Así, se han valorado las ventajas o beneficios que aporta la práctica deportiva en el tratamiento de diferentes enfermedades. En el caso de la osteoporosis, un importante problema de salud pública que afecta a millones de personas en todo el mundo, y cuyos costos sanitarios están aumentando conforme crece la población de edad avanzada (se prevé que el número de fracturas osteoporóticas se dupliquen a lo largo de los próximos 50 años) (1), se han realizado numerosos estudios en deportistas que, en base a las técnicas de medición densitométricas, principalmente la absorciometría dual de Rayos X (DEXA), han evaluado, por un lado, los procesos de índole fisiológico que sustentan las adaptaciones óseas relacionadas con el ejercicio físico y, por otro, el efecto que diferentes programas de actividad física ocasiona sobre la estructura ósea (2). A pesar de ello, existen todavía ciertas controversias que hacen mantener activo este campo de investigación.

Con esta revisión documental, en la que se recogen las investigaciones más relevantes llevadas a cabo en los últimos años, se pretende aclarar en qué medida diferentes prácticas deportivas, realizadas en diferentes medios y con diferentes implementos, inciden sobre el sistema esquelético de los miembros inferiores en deportistas bien entrenados. Así, podremos constatar qué tipo de actividad física, en qué medio y bajo qué circunstancias, es el más indicado de cara a conseguir generar aumentos en el contenido mineral óseo (CMO) y la densidad mineral ósea (DMO) en diferentes lugares específicos de estas estructuras óseas, muy afectadas por la osteoporosis.

## **2. ADAPTACIONES ÓSEAS DERIVADAS DE LA PRÁCTICA DEPORTIVA**

Las diferentes alteraciones que pueden ser observadas en la estructura ósea como consecuencia de la exposición a diferentes tipos de estímulos presentes en la práctica deportiva, han centrado el interés de numerosos investigadores. Las cargas o impactos mecánicos involucrados en diferentes especialidades deportivas (golpeos, tracciones, etc...) parecen inducir ciertas adaptaciones en el hueso, aunque el medio en el que se desarrolla la práctica deportiva y la acción de la gravedad asociada es, quizás, el principal factor desencadenante de dichas adaptaciones.

En los siguientes apartados se muestra el estado actual de la investigación sobre las adaptaciones óseas al ejercicio físico, entendidas éstas como los cambios en el tamaño, la DMO y en el CMO de las estructuras consideradas. Se ha especulado Esta información se ha organizado atendiendo a su carácter general o específico, y dentro de éste último, siguiendo un orden anatómico en sentido cráneo-caudal.

### **2.1. ADAPTACIONES GENERALES EN LOS MIEMBROS INFERIORES**

Diferentes investigaciones han valorado de forma general todos los elementos óseos que conforman estos segmentos corporales. Así, las piernas de futbolistas, en general, presentan un mayor CMO y una mayor DMO que en los grupos de referencia con los que se les compara (3,4,5). Datos similares se les atribuye a los corredores de resistencia (6), obteniéndose valores similares en voleibol y gimnasia, tras compararlos con un deporte antigravitatorio como es la natación (7,8).

En deportes de raqueta, y más en concreto, en tensitas profesionales, se encontró una diferencia en la región trocanterica al compararlos con un grupo control, siendo la DMO un 15% mayor en dichos tenistas al comparar sus piernas izquierdas con las de los sujetos pertenecientes al grupo control (9).

Aparecen medidas mayores en la DMO de corredoras, en comparación con nadadoras y su grupo control, al igual que en patinadoras. Pero no ocurre lo mismo con las jinetes, no mostrando aumento alguno en la DMO de los lugares estudiados en sus piernas (10,11,12).

## **2.2. ADAPTACIONES ESPECÍFICAS**

### **2.2.1. FÉMUR**

En los miembros inferiores, se presta gran atención por parte de los investigadores, a la estructura que conforma el fémur. Así, en mujeres futbolistas, se encontraron unos valores relativos a la DMO significativamente superiores a los registrados en un grupo control de mujeres sedentarias (13). Pero si el grupo con el que comparamos a las jugadoras, son chicas que se dedican a saltar a la comba, éstas últimas muestran una mayor masa ósea en todo su fémur y, más en concreto, en su fémur proximal (14).

Se confirma, por tanto, la importancia de las actividades generadoras de impactos mecánicos sobre la DMO del fémur en sujetos activos, como es el caso de atletas de triple salto que presentan una DMO en el fémur distal estadísticamente mayor al compararlos con un grupo de referencia (15,16). Esto se acrecienta si el ejercicio con sobrecarga se realiza antes de la pubertad, ya que puede incrementar la DMO volumétrica del femoral a través del aumento de su grosor cortical (17). En cambio, si sólo se incide sobre el trabajo de fuerza, los efectos que producen sobre la DMO del fémur proximal en powerlifters (levantadores de peso), no presentan diferencias estadísticas en relación a un grupo control de sedentarios (18).

Por otra parte, el factor intensidad del ejercicio parece incidir sobre la DMO de los deportistas. Esto queda manifestado en adultos que realizaban actividad física regularmente y que, al compararse con sujetos que se ejercitaban en menor medida, mostraron unos resultados significativamente mayores (7.4%) en lo que a la DMO del fémur se refiere (19). Estos resultados se han corroborado con datos muy parecidos en jugadores de hockey que, a diferencia de otros, se preparaban con ejercicios de alta intensidad (20).

### **2.2.2. CUELLO DEL FÉMUR**

Esta zona ósea ha sido, y es en la actualidad, objeto de numerosos estudios clínicos, aunque también se ha tratado con cierta profundidad en investigaciones relacionadas con la actividad física. En este sentido, se ha observado una ganancia ósea en diferentes estudios, donde corredoras, tenistas, gimnastas, jugadoras de baloncesto y de voleibol, muestran una DMO mayor en el cuello del fémur en su comparación con mujeres sedentarias (8,11,21,22). De esta manera, parece que una ejercitación inferior a tres horas semanales no genera un efecto positivo sobre la DMO en dicha zona, al contrario de lo que ocurre con deportistas de diferente género que practican de forma regular diferentes deportes (35,44,46). En contraposición a estos datos positivos correlacionados con la ganancia de DMO, se

encuentran otros datos que no indican diferencias significativas en la DMO del cuello del fémur, lo que ocurrió tras comparar a nadadoras con su respectivo grupo control (8,23,24).

En el caso de otros deportes, aparecen resultados que muestran una mayor DMO en el cuello del fémur y en el trocánter, siendo esto observado en deportistas cuyas especialidades se consideran de alto impacto, como es el caso del baloncesto, voleibol y el triple salto (25,26,15), aunque también ocurre lo mismo en corredores (6,27). Incluso en el levantamiento de pesas encontramos, en la gran mayoría de estudios, una DMO estadísticamente mayor en los halterófilos, ya sean de élite, sujetos activos e incluso levantadores retirados, aunque esta diferencia no mostró significación estadística en una de las mediciones en las que se comparó a mujeres levantadoras con su grupo control (28,29,30,31).

Aparecen, en otros estudios, discrepancias entre el efecto que produce el desarrollo de programas de aeróbic, ya que en chicas premenárquicas sí se produjo un efecto positivo, incrementándose significativamente el CMO del cuello femoral en comparación con su grupo control. Sin embargo, este tipo de adaptaciones no se dio en mujeres que experimentaban diferentes programas, tanto de aeróbic, como de aeróbic y levantamiento de pesas (32,33).

### **2.2.3. TIBIA**

Resultados estadísticamente mayores aparecen en un grupo de sujetos practicante de actividad física con elevada frecuencia en lo que a la DMO de la tibia proximal (9.8%) y de la diáfisis de la tibia (7.5%) se refiere (19). Parte de esta explicación se debe a la correlación estadísticamente significativa entre la DMO de la tibia proximal y la fuerza que genera el cuádriceps (34). Sin embargo, en varios estudios donde se comparan deportes como el hockey y el bádminton con sus respectivos grupos control, no parecen reflejarse tales diferencias (35,36).

El impacto que se produce en el triple salto, parece reportar una ganancia mayor en la DMO de la tibia proximal de los saltadores en comparación con su respectivo grupo control, siendo de nuevo la fuerza ejercida por el cuádriceps el mejor indicativo de la ganancia de DMO en la tibia proximal que otros factores como son la edad, el peso y la talla (15,34).

### **2.2.4. CALCÁNEO**

Si bien las anteriores estructuras óseas de los miembros inferiores gozan de un buen número de investigaciones, el calcáneo no ha sido estudiado de igual forma. Aún así, se han encontrado diferencias estadísticas en el CMO medido en el calcáneo derecho de tenistas, siendo éste mayor que en el grupo control con el cual se les comparaba (37). A su vez, al comparar la masa ósea de practicantes de aeróbic, jugadores de squash, patinadores de velocidad y un grupo control, se obtuvieron medidas mayores (18.5%) en la DMO del calcáneo de los jugadores de squash frente al resto de grupos (38). Otro estudio obtuvo una DMO significativamente mayor en los calcáneos (tanto derecho como izquierdo) de chicas que practicaban gimnasia cuando se las comparó con otras que realizaban aeróbic (39).

## **3. CONCLUSIONES**

Considerando estos resultados sobre densitometría, no cabe duda que la actividad física y la práctica deportiva suponen un área de estudio esencial de cara a comprender, en mayor medida, todos aquellos procesos involucrados en la adaptación ósea. Entre ellos, se identifican tres elementos claves, como son, el medio donde se practica (gravitatorio, ingravitatorio o sobre un implemento), la intensidad del estímulo inducido por el impacto absorbido por las diferentes estructuras óseas, y la relación existente entre la fuerza generada por la musculatura implicada y las ganancias en DMO y CMO de la estructura o estructuras óseas involucradas.

A pesar de ello, los resultados obtenidos en una buena parte de estas investigaciones arrojan resultados contradictorios que no permiten emitir conclusiones definitivas.

Por último, es necesario indicar que el único aspecto que parece quedar al margen de las controversias es la especificidad de las adaptaciones que aparecen en el hueso a raíz de la práctica deportiva, ya que éstas se producen en aquellas partes de las extremidades implicadas en el movimiento y expuestas a diferentes cargas mecánicas, ocasionando un aumento correspondiente en la DMO y CMO.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Chan KM, Anderson M, Lau EMC. Exercise interventions: defusing the world's osteoporosis time bomb. *Bulletin of the World Health Organization* 2003;81:827-30.
2. Mahler DA, Froelicher VF, Millar NH, Cork TD. Beneficios y riesgos asociados al ejercicio. En: *Manual ACSM para la valoración y prescripción del ejercicio*, EDITORIAL PAIDOTRIBO, 1999; 22-3.
3. Calbet JAL, Dorado C, Díaz-Herrera P, Rodríguez-Rodríguez P. High femoral bone mineral content and density in male football (soccer) players. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(10):1682-7.
4. Karlsson MK, Magnusson H, Karlsson C, Seeman E. The duration of exercise as a regulator of bone mass. *Bone* 2001;28(1):128-32.
5. Wittich A, Mautalen CA, Oliveri MB, Bagur A, Somoza F, Rotemberg E. Professional football (soccer) players have a markedly greater skeletal mineral content, density and size than age-and BMI-matched controls. *Calcif Tissue Int* 1998;63:112-7.
6. Brahm H, Ström H, Piehl-Aulin K, Mallmin H, Ljunghall S. Bone metabolism in endurance trained athletes: a comparison to population-based controls based on DXA, SXA, Quantitative Ultrasound, and Biochemical Markers. *Calcif Tissue Int* 1997;61:448-54.
7. Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Rector A, Stillman RJ. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone* 1995;17(3):205-10.
8. Taaffe DR, Snow-Harter Ch, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD, Marcus R. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res* 1995;10(4):586-93.
9. Calbet JAL, Moysi JS, Dorado C, Rodríguez LP. Bone mineral content and density in professional tennis players. *Calcif Tissue Int* 1998;62:491-6.
10. Alfredson H, Hedberg G, Bergström E, Nordström P, Lorentzon R. High thigh muscle strength but not bone mass in young horseback-riding females. *Calcif Tissue Int* 1998;62:497-501.

11. Duncan CS, Blimkie CJR, Cowell CT, Burke ST, Briody JL, Howman-giles R. Bone mineral density in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Med Sci Sports Exerc* 2002;34(2):286-94.
12. Slemenda ChW, Johnston CC. High intensity activities in young women: site specific bone mass effects among female figure skaters. *Bone and mineral* 1993;20:125-32.
13. Alfredson H, Nordström P, Lorentzon R. Total and regional bone mass in female soccer players. *Calcif Tissue Int* 1996;59:438-442.
14. González JJ, Gorostiaga E. Metodología del entrenamiento de la fuerza. Módulo 2.3. En: *Master universitario de alto rendimiento deportivo*. Madrid. Centro Olímpico de Estudios Superiores. COE. 2004, primer curso.
15. Grimston SK, Willows ND, Hanley DA. Mechanical loading regime and its relationship to bone mineral density in children. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(11):1203-10.
16. Mayoux-Benhamou MA, Leyge JF, Roux C, Revel M. Cross-sectional study of weight-bearing activity on proximal femur bone mineral density. *Calcif Tissue Int* 1999;64:179-83.
17. Bradney M, Pearce G, Naughton G, Sullivan C, Bass S, Beck T, et al. Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density, and bone strength: a controlled prospective study. *J Bone Miner Res* 1998;13(12):1814-21.
18. Tsuzuku S, Ikegami Y, Yabe K. Effects of high-intensity resistance training on bone mineral density in young male powerlifters. *Calcif Tissue Int* 1998;63:283-6.
19. Petterson U, Nordström P, Lorentzon R. A comparison of bone mineral density and muscle strength in young male adults with different exercise level. *Calcif Tissue Int* 1999;64:490-8.
20. Nordström P, Thorsen K, Bergström E, Lorentzon R. High bone mass and altered relationships between bone mass, muscle strength, and body constitution in adolescent boys on a high level of physical activity. *Bone* 1996;19(2):189-95.
21. Lee EJ, Long KA, Risser WL, Poindexter H, Gibbons WE, Goldzieher J. Variations in bone status of contralateral and regional sites in young athletic women. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(10):1354-61.
22. Nichols DL, Sanborn ChF, Bonnick SL, Gench B, Dimarco N. Relationship of regional body composition to bone mineral density in college females. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27(2):178-82.
23. Courteix D, Lespessailles E, Peres SL, Obert P, Germain P, Benhamou CL. Effect of physical training in bone mineral density in prepubertal girls : a comparative study between impact-loading and non-impact-loading sports. *Osteoporosis Int* 1998;8:152-8.
24. Taaffe DR, Robinson TL, Snow ChM, Marcus R. High-impact exercise promotes bone gain in well-trained female athletes. *J Bone Miner Res* 1997;255-60.
25. Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Brolinson PG. Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *J Appl Physiol* 2001;90:565-70.
26. Calbet JAL, Díaz Herrera P, y Rodríguez LP. High bone mineral density in male elite professional volleyball players. *Osteoporosis Int* 1999;10:468-74.
27. Etherington J, Harris PA, Nandra D, Hart DJ, Wolman RL, Doyle DV, et al. The effect of weight-bearing exercise on bone mineral density: a study of female ex-elite athletes and the general population. *J Bone Miner Res* 1996;11(9):1333-8.
28. Karlsson MK, Johnell O, Obrant KJ. Bone mineral density in weight lifters. *Calcif Tissue Int* 1993;52:212-5.

29. Karlsson MK, Johnell O, Obrant KJ. Is bone mineral density advantage maintained long-term in previous weight lifters? *Calcif Tissue Int* 1995;57:325-8.
30. Conroy BP, Kraemer WJ, Maresh CM, Fleck SJ, Stone MH, Fry AC, et al. Bone mineral density in elite junior Olympic weightlifters. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(10):1103-9.
31. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievänen H, Mänttari A, Vuori I. Bone mineral density of female athletes in different sports. *Bone and mineral* 1993;23:1-14.
32. Heinonen A, Sievänen H, Kannus P, Oja P, Pasanen M, Vuori I. High-impact exercise and bones of growing girls: a 9-month controlled trial. *Osteoposis Int* 2000;11:1010-7.
33. Peterson SE, Peterson MD, Raymond G, Gilligan C, Checovich MM, Smith EL. Muscular strength and bone density with weight training in middle-aged women. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(4):499-504.
34. Madsen OR, Schaadt O, Bliddal H, Egsmose Ch, Sylvest J. Relationship between quadriceps strength and bone mineral density of the proximal tibia and distal forearm in women. *J Bone Miner Res* 1993;8(12):1439-44.
35. Nordström P, Petterson U, Lorentzon R. Type of physical activity, muscle strength, and pubertal stage as determinants of bone mineral density and bone area in adolescent boys. *J Bone Miner Res* 1998;13(7):1141-8.
36. Nordström P, Lorentzon R. Site-specific bone mass differences of the lower extremities in 17-year-old ice hockey players. *Calcif Tissue Int* 1996;59:443-8.
37. Kannus P, Haapasalo H, Sankelo M, Sievänen H, Pasanen M, Heinonen A, et al. Effect of starting age of physical activity on bone mass in the dominant arm of tennis and squash players. *Ann Intern Med* 1995;123:27-31.
38. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sievänen H, Haapasalo H, Mänttari A, et al. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone* 1995;17(3):197-203.
39. Taaffe DR, Duret C, Cooper CS, Marcus R. Comparison of calcaneal ultrasound and DXA in young women. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31(10):1484-9.