

# FISIOLOGÍA

## EFECTO DEL EJERCICIO SOBRE EL TEJIDO ÓSEO: REVISIÓN DE LOS ASPECTOS MÁS IMPORTANTES

*Teresa García Pastor, Margarita Pérez Ruiz. [teresagarciap@yahoo.es](mailto:teresagarciap@yahoo.es)  
Reebok Sports Club/Madrid*

### RESUMEN

La osteoporosis es un desorden metabólico óseo caracterizado por la reducción cuantitativa del tejido óseo, aumentando como consecuencia la fragilidad de los huesos y por tanto la posibilidad de padecer una fractura, aunque sea por traumatismos mínimos. Los pacientes pueden desconocer que la padecen hasta que se produce la fractura o se descubre una vértebra gravemente dañada. Es el problema más serio que aparece principalmente en la menopausia, por cuanto el 25% de las mujeres de raza blanca mayores de 60 años experimentan fracturas óseas osteoporóticas y el 17% de las ancianas fallecen dentro de los 3 meses de una fractura de cadera. También es una de las complicaciones más serias que aparecen en atletas que presentan amenorrea.

También se le llama la epidemia silenciosa del siglo XX, porque la pérdida de la masa ósea puede permanecer asintomática durante largos períodos de tiempo. Cuando la osteoporosis es detectable por una radiografía ya se ha perdido un 25% de masa ósea, por ello es importante prevenir la pérdida de masa ósea.

Esta revisión trata de hacer una puesta al día de los estudios realizados hasta la fecha sobre osteoporosis y ejercicio, analizando el tipo, la intensidad, la frecuencia y la duración de ejercicio recomendados para prevenir o intentar mantener el equilibrio de la masa ósea. Además analiza otro aspecto importante que debemos tener en cuenta cuando el ejercicio es realizado de forma intensa en etapas jóvenes de la vida, este ejercicio intenso puede producir desajustes hormonales que lleguen a provocar un hipoestrogenismo, este estado hormonal mantenido puede tener un efecto deletéreo sobre el esqueleto de la mujer deportista; como consecuencia hay una disminución de la masa ósea en mujeres en etapa prepuberal, que puede provocar que estas mujeres, no alcancen el pico de masa ósea deseado. Su densidad ósea puede llegar a ser un 20% menor que en una mujer no amenorreica. El deterioro es potencialmente más importante, porque todavía no han alcanzado el pico de masa ósea, y una pérdida temprana de la densidad ósea les puede afectar para el resto de sus vidas.

**PALABRAS CLAVE:** Osteoporosis, ejercicio, fracturas, natación, levantadores de peso, tenis,

---

### INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la osteoporosis tiene un impacto muy importante en la sociedad, los siguientes datos lo demuestran: Afecta a 25 millones de americanos, el 80% mujeres, y es además responsable de 1,5 millones de fracturas al año. (Melton L. J. y cols., 1989). Se presenta en una de cada tres mujeres mayores de 50 años, y una de cada cuatro mayores de 65 años sufre una fractura ósea a causa de esta alteración (Rapaço, 1998). Afecta al 40% de la población feme-

nina y al 12% de la masculina ( Rapaço, 1998 ). Tiene una incidencia importante en la calidad de vida de los mayores, como puede ser el aumento de los dolores de espalda, el riesgo de fractura, y la pérdida de talla, así como inestabilidad postural; y todo esto tiene una influencia social, ya que aumenta considerablemente los gastos públicos sanitarios, una operación de cadera, por ejemplo, tiene un alto coste, y es una de las lesiones más habituales en las personas mayores que tienen una fractura.

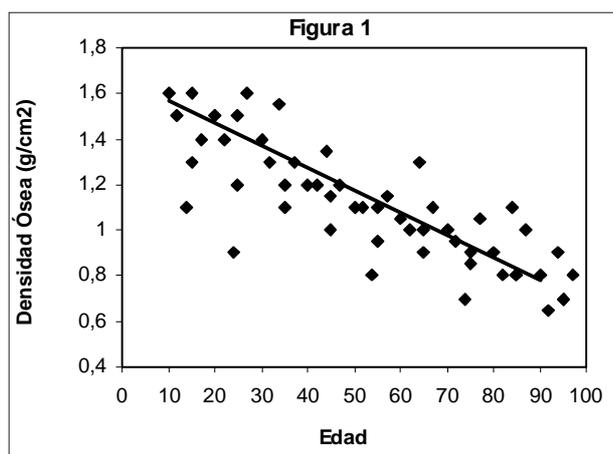
## CAMBIOS DE MASA ÓSEA

Con la edad

Estudios de antropometría y resultados de biopsias muestran que la disminución en la densidad ósea axial, sucede a partir de la tercera década de vida. En particular, los datos de la biopsia en la cresta ilíaca, sugieren que la masa ósea trabecular, disminuye significativamente en las mujeres antes de la menopausia.

Marcus y cols., en 1983 examinaron el volumen óseo trabecular en la cresta ilíaca de 62 mujeres activas con una función menstrual normal entre los 18 y los 50 años, observando que el volumen óseo trabecular tiene una correlación negativa respecto a la edad, con una predicción de pérdida anual de 0,7% del volumen óseo inicial. El efecto acumulativo durante un periodo de más de treinta años, podría traducirse en una pérdida del 25% de la densidad ósea trabecular inicial, antes de alcanzar la edad de la menopausia.

Riggs y cols., en 1981, (figura 1) realizaron otro estudio en el que tomaron densitometría de la columna en un grupo amplio de mujeres sanas desde los 20 a los 80 años. La mejor descripción de estos datos es una correlación negativa, el declive que indicaba una pérdida de la masa ósea axial durante la edad adulta aproximada de un 1% por año. Medidas similares en hombres sanos, también observan una regresión negativa con la edad, pero el declive era menos de la mitad del observado en mujeres. Los Autores concluyeron que no había ninguna evidencia de un aumento en la tasa de pérdida ósea axial en las mujeres después de los 50 años.



*Regresión de la densidad mineral ósea de la columna lumbar con la edad en mujeres sanas. Riggs, B.L., H.W. Wahner, W.L. Dann, R.B. Mazess, K.P. Offord. Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging. J. Clin. Invest. 67:328-335, 1981.*

## MENOPAUSIA

Considerando la pérdida de hueso trabecular que suceden durante la menopausia nos llevan a dos conclusiones. La primera es que la pérdida ósea trabecular comienza durante la menopausia; y la segunda es que la pérdida ósea aumenta durante la menopausia.

La mayoría de los estudios confirman que la pérdida trabecular se acelera durante la menopausia. Usando DPA, Gallagher y cols en 1987, midieron la densidad ósea de la columna de 392 mujeres sanas y observaron que el descenso más importante sucedía durante los 5 años siguientes a la menopausia. Encontraron un descenso de 3,4% por año en el segundo año, un 1,7% por año en el cuarto y un 0,8% en el noveno.

En resumen, la pérdida de la masa ósea acontece a partir de determinada edad y se acelera en torno a la menopausia. No encontraron correlación entre la edad de aparición de la menopausia y el momento de aparición de la osteoporosis, y sí encontraron correlación entre la antigüedad de la menopausia y la intensidad de la osteoporosis.

## PICO DE MASA ÓSEA

Se ha asumido que la máxima densidad ósea se alcanza durante la tercera década de la vida. De todas formas, al aparecer nuevos datos, es posible que esta información necesitará ser revisada. Recientes evidencias de densitometrías así como previos estudios antropométricos y de biopsia, permiten decir que el pico de masa ósea podría aparecer al final de la adolescencia, manteniéndose hasta los 30 años. Gilsanz y cols. en 1988, encontraron una densidad ósea de la columna significativamente más elevada al final de la pubertad tanto en chicos como en chicas. Los valores medidos en la pubertad, permanecían estables durante la adolescencia, lo cual quiere decir que habían alcanzado el pico de masa ósea después de la pubertad. Observaciones no publicadas, apoyan la teoría de que el pico de masa ósea se alcanza en la pubertad. Midieron la densidad ósea de la columna de 82 mujeres sanas de una edad entre 12 y 30 años, y encontraron un aumento significativo hasta los 17 años, después no se encontraron cambios significativos. (Snow-Harter C., Marcus R., 1991)

## EJERCICIO COMO CAUSANTE DE LA PÉRDIDA DE MAS ÓSEA

El aumento de la intensidad del entrenamiento físico en mujeres deportistas, propiciado por una mayor profesionalidad en los últimos años, se ha asociado con

modificaciones importantes en la fisiología del aparato reproductor, con especial relevancia en las irregularidades menstruales. (De Créé C, 1998) El hipoestrogenismo, ejerce efectos importantes sobre el esqueleto de la mujer deportista, destacando descensos en la masa ósea con un aumento en la incidencia en las fracturas por estrés. (López J, Lucía A, 1999)

Los trastornos más frecuentes de la función reproductora de las mujeres deportistas son los relacionados con la menstruación, podemos destacar: retraso de la menarquía, irregularidades en la menstruación, acortamiento de la fase lútea y ciclos anovulatorios.

La consecuencia más seria de la disfunción menstrual asociada al ejercicio es su impacto sobre el esqueleto, principalmente como resultado de periodos prolongados de hipoestrogenismo. Se observa:

- Incapacidad de alcanzar el pico de masa ósea. El retraso de la pubertad y otras condiciones asociadas con hipoestrogenismo, pueden interferir con el logro de alcanzar el pico de masa ósea. (Emans SJ, y cols. 1990)
- Osteoporosis. Es muy común el observar una disminución de la densidad mineral ósea de las vertebrae en atletas amenorreicas, y los valores medios son entre un 10 y un 20% menores que los grupos control. (Wolman RL, y cols, 1990) También encontramos esa reducción en atletas con oligomenorrea o con alteraciones de la ovulación asintomáticas. (Prior JC y cols, 1990).
- Lesiones músculoesqueléticas. La prevalencia de lesiones músculoesqueléticas, especialmente fracturas por estrés, es mayor entre atletas amenorreicas. Además tienen un mayor riesgo de que estas sean múltiples. (Clark N y cols, 1988)
- Escoliosis. El mayor periodo de crecimiento en las jóvenes deportistas, parece una posible explicación, ya que la pubertad retrasada constituye un factor de riesgo para la escoliosis. El bajo nivel de estrógenos pueden retrasar la maduración de los centros óseos de la columna, y predisponer a una inestabilidad vertebral. (López J, Lucía A, 1999)

## EJERCICIO COMO PREVENTIVO Y/O COMO COADYUVANTE A LA TERAPIA DE LA OSTEOPOROSIS

Primeras evidencias científicas

Contamos con tres primeras evidencias científicas muy relevantes, que demuestran la importancia de la actividad física en el mantenimiento de la densidad mineral ósea:

1. El desuso del sistema músculoesquelético en personas encamadas, conlleva un aumento en la velocidad de pérdida de la densidad ósea. (Chesnut CH., 1993)
2. Astronautas sanos, sin riesgo aparente de padecer la enfermedad, desarrollan osteoporosis tras breves periodos de ingravidez. (Vogt y cols, 1965)
3. Por otro lado, se observan diferencias en la densidad ósea a nivel cortical en el brazo dominante de jugadores de tenis. (Huddleston y cols., 1980)

A partir de estas investigaciones y de otros muchos estudios posteriores sobre la enfermedad, se ha llegado a la conclusión de que el ejercicio, siempre acompañado de una dieta rica en calcio y vitamina D, puede utilizarse tanto en la prevención como en el tratamiento de la osteoporosis.

El 99,5% de la cantidad total de calcio del cuerpo se encuentra en los huesos, y constituye una fuente mineral que puede mantener los niveles plasmáticos de calcio necesarios. (Snow Harter C. Y Marcus R. 1991) Las mujeres en la menopausia necesitan 1,5 g de calcio por día, si quieren mantener una densidad ósea óptima. (Wickham CAC y cols, 1989)

La vitamina D, actúa aumentando de forma intensa la absorción de calcio a nivel de intestino; también tiene acciones importantes sobre la formación y resorción óseas. Dicha vitamina procede de dos fuentes principales, la dieta y el sol, exposición al sol sobre la piel que favorece su síntesis.

## ESTUDIOS TRANSVERSALES

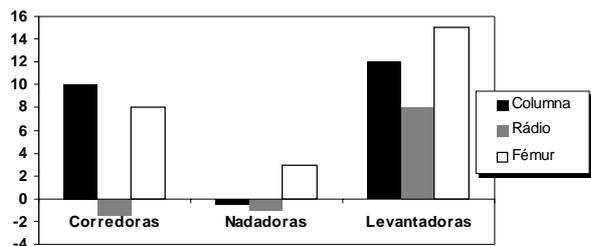
Estudios de población activa y sedentaria transversales, generalmente encuentran una relación positiva entre el nivel de actividad física y la densidad mineral ósea. Aunque el tipo de ejercicio, la duración, frecuencia y la intensidad aún no ha sido definida, estos estudios refuerzan la noción de que existe una relación positiva entre actividad física y densidad ósea.

La mayoría de los estudios que se realizan en población joven, suelen ser comparando la densidad mineral ósea de jóvenes deportistas y sedentarios. En general, las chicas activas y las atletas, tienen una mayor densidad ósea que las muchachas sedentarias (Heinrich y cols 1990, Jacobson PC y cols 1984, Risser, WL y cols 1990, Wolman, RL y cols 1991). Las nadadoras son la excepción; (figura 2) Jacobson, PC y cols y Risser, WL y cols vieron una menor densidad mineral ósea en la columna que las otras atletas y que el grupo control. Por, por

otro lado, Jacobson y cols en 1984, midieron la densidad ósea en atletas escolares, y la densidad mineral del radio era mayor en jugadoras de tenis y en nadadoras que la de las estudiantes sedentarias, mientras que la densidad de la columna lumbar sólo era significativamente mayor en las jugadoras de tenis.

Desafortunadamente, en este estudio, el peso corporal, una variable que puede confundir no fue medida ni considerada.

**Figura 2**



Densidad mineral ósea en porcentaje de los valores de un grupo control sedentario en tres lugares distintos del esqueleto en corredoras, nadadoras y levantadoras de peso. Drinkwater B.L. Physical Activity, Fitness and Osteoporosis. En Bouchard C., Shephard R.J., Stephens T. Physical activity, fitness and health: international proceeding and consensus statement. Champaign: Human Kinetics. Illinois 1994.

De los estudios realizados durante la edad adulta antes de alcanzar la menopausia posemos destacar los estudios realizados por Aloia, Vaswani, Yeh y Cohn en 1988, que relacionaron el contenido total de calcio y la densidad vertebral con la actividad que realizan medida con un sensor de movimiento en grupo pequeño de mujeres (24) Aunque se encontró una relación entre la cantidad de calcio y la densidad vertebral con la actividad física, la correlación sólo era de un 16 a 25% de la variación de densidad ósea entre las mujeres. El mayor nivel de actividad física era bajo, lo cual explica la relativamente pequeña asociación con la densidad ósea. Orwell y cols en 1989, vieron que la densidad mineral ósea en el radio y en la columna era mayor en aquellos hombres que nadaban de forma regular que en los que no hacían ejercicio. Aunque la natación es considerada como una actividad en la que no se soporta el propio peso corporal, su contribución a la densidad mineral ósea podría ocurrir a través de las cargas creadas en la actividad muscular de alta intensidad. Desafortunadamente, la fuerza muscular no se midió en este estudio. En lo referido a la importancia del trabajo con el propio peso corporal para los huesos, recientes estudios, sugieren

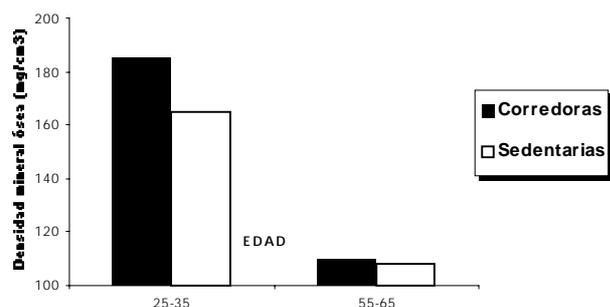
otras cargas que aquellas generadas por la gravedad, como trabajo de pesas, que estimula de forma activa la remodelación ósea, Davee y cols en 1990 vieron que mujeres que combinaban aeróbico y ejercicios musculares tenían mayor densidad mineral ósea lumbar comparada al grupo control y el grupo de ejercicio aeróbico que no utilizaba entrenamiento de fuerza.

Refiriéndonos a adultos deportistas, Hamdy y cols. en 1994, compararon la densidad mineral ósea de levantadores de peso, corredores, atletas recreacionales y de cross, y vieron que la densidad ósea del brazo era mayor en levantadores de peso y los de cross (en aquellos que trabajaban tren superior como parte de su entrenamiento) que comparado con corredores que no trabajaban tren superior. No se encontraron resultados significativos en tren inferior ni en la columna ya que cada grupo realizaba algún tipo de ejercicio de soporte del peso corporal. Smith y cols en 1993, vieron que los remeros que entrenaban con peso, tenían una mayor densidad mineral ósea total tanto de la columna como de la pelvis, comparados con triatletas o con el grupo control. La densidad mineral ósea del brazo es también significativamente mayor en levantadores de peso en relación con el grupo control.

En relación a mujeres deportistas Davee A.M. y cols en 1990, Heinonen A. y cols en 1993 y Heinrich C.H. y cols en 1990, demuestran que el entrenamiento de fuerza en mujeres atletas está positivamente asociado con la densidad ósea. Heinonen A. y cols en 1993, comparó competidoras en levantamiento de peso, orientación, esquiadoras de cross-country ciclistas y un grupo control con una correspondencia en la edad; indicaban un mayor ajuste de la densidad mineral ósea en casi todos los sitios comparadas con el grupo control. Heinrich C.H. y cols en 1990 vieron que además de tener una mayor densidad ósea las levantadoras de peso, habían entrenado durante menos años que el resto de deportista.

En cuanto a los estudios realizados en mujeres postmenopáusicas, fue facilitado con el surgimiento de la categoría Master en diversos deportes; Michel y cols en 1989, encontraron sólo un 9,2% de diferencia entre corredoras y grupo control. Cinco de estas mujeres, que entrenaban por lo menos 5 horas a la semana, tenían muy baja densidad ósea vertebral. Este hallazgo llevó a los autores a pensar que ejercicio vigoroso extremo podría ser perjudicial para la densidad ósea después de los 50. Kirk, S. y cols en 1989, (figura 3) comparó corredoras postmenopáusicas con corredoras jóvenes y sedentarias de la misma edad, y sugirieron que la carrera no protege a la mujer de la pérdida ósea tras la menopausia.

Figura 3



Densidad mineral ósea en la zona lumbar de corredoras jóvenes (25 a 35 años) y en veteranas (55 a 65 años) comparadas con un grupo control sedentario de la misma edad. Adaptado de Kirk y cols. *Effect of long-distance running on bone mass in women. J. Bone Miner. Res.* 4:515-522; 1989.

Orwell, E.S. y cols en 1989 sugieren que la densidad ósea de la columna en nadadoras Máster no se beneficiaba de la actividad que realizaban a no ser que estuvieran recibiendo tratamiento sustitutivo de estrógenos. La densidad mineral ósea de la columna en nadadoras premenopáusicas de 46 años, las cuales estaban recibiendo tratamiento sustitutivo de estrógenos; saltó de 155 mg/cm<sup>3</sup> a 121 mg/cm<sup>3</sup>, y en mujeres que no recibían tratamiento sustitutivo de estrógenos llegó a 109 mg/cm<sup>3</sup>. Jacobson y cols., en 1984, recogió los valores de densidad ósea de mujeres deportistas, que resultaron estar al mismo nivel que los de mujeres jóvenes deportistas. Además, se observó un 0,7% de disminución de la densidad ósea en un grupo control de mujeres mayores de 50 años, es cambio esto no se observaba en un grupo de mujeres más activas. El término "deportista", se usó para describir a la mujer adulta que practicaba actividad física por lo menos tres días a la semana, durante 8 o más meses al año, y mínimo desde hace tres años. Suominen H. Y Rahkila P. en 1991, realizaron un estudio transversal de hombres activos de 70 a 81 años, con un largo historial de entrenamiento tanto de fuerza, resistencia o velocidad, indicaba que los tres grupos de atletas tenían un mayor contenido mineral óseo, y se correspondía más el contenido mineral óseo con el peso, que con las muestras ordenadas en función de la edad.

Cuando correlacionamos la fuerza muscular con la densidad mineral ósea en grupos de mujeres en edad postmenopáusica, los resultados son variados. Pocock N. y cols., en 1989 y Sinaki M. en 1988 encontraron una asociación significativa, Dinkwater BL y cols en 1986 descubrieron que el entrenamiento de fuerza aumenta la densidad mineral ósea, aún otros, Bevier WC y cols en 1989, encontraron resultados mixtos. En un estudio,

Pocock N y cols en 1989, una asociación que era significativa para mujeres premenopáusicas, no lo era para mujeres postmenopáusicas.

En personas mayores, con mayor riesgo de fractura, Astrom J y cols en 1987, Cooper y cols en 1988, Paganini-Hill A y cols en 1991, y Wickham y cols en 1989, vieron que la actividad física en mujeres que habían sufrido fractura, era menor que en aquellas que no.

### ESTUDIOS LONGITUDINALES

Intentan observar el efecto sobre la densidad mineral ósea de un programa de ejercicio a largo plazo. Se ha dado poca atención al tipo, intensidad, frecuencia y duración del ejercicio más efectivo en el aumento de masa ósea. Otras limitaciones de estos estudios, son las poblaciones no homogéneas, falta de un control adecuado, poca complacencia de los sujetos, y elección del lugar de medida no adecuado a las zonas más afectadas según el protocolo de ejercicio.

De los escasos estudios realizados en la población joven, aún no se ha resuelto la cuestión de si el ejercicio puede influir en el pico de masa ósea. Mazess y Barden en 1991, no encontraron relación entre niveles de actividad moderada y los cambios en la densidad ósea. Lohman TS y cols en 1995, tampoco encontraron cambios significativos en la densidad mineral ósea después de un trabajo de fuerza de alta intensidad. Especulan que podría ser un aumento de la densidad mineral ósea en mujeres premenopáusicas y que las mujeres jóvenes, podría haber una redistribución mineral ósea en lugares específicos más que un aumento en el contenido total mineral óseo. Snow-Harter y cols en 1992, encontraron un aumento significativo de la densidad mineral ósea en jóvenes que seguían un entrenamiento progresivo aeróbico (jogging) o de fuerza comparadas con un grupo control, sin diferencias significativas entre los grupos de ejercicio. Vuori IA y cols en 1994, vieron que el entrenamiento de fuerza unilateral no tenía un impacto significativo en la densidad mineral ósea, pero había una inclinación hacia el aumento en diferentes lugares del miembro entrenado.

De los estudios realizados durante la edad adulta, normalmente a mujeres premenopáusicas, Rockwell JC y cols en 1990, después de un entrenamiento durante nueve meses, encontraron una disminución de la densidad ósea en la columna y en el cuello del fémur a pesar de que hubo un aumento en la fuerza de un 57%, puede ser debido a que se requieren periodos de entrenamiento relativamente largos, y que el efecto en la columna y

en el fémur puede ser posterior al del húmero y el radio. Glesson y cols. en 1990, encontraron aumentos significativos en la densidad ósea lumbar en mujeres premenopáusicas que nunca habían participado en un entrenamiento de fuerza, después de un año de entrenamiento de fuerza de baja intensidad. Heinonen y cols en 1996, sometió a mujeres sedentarias a un entrenamiento intensivo de alto impacto durante tres días a la semana, después de 18 meses, hubo un aumento en la densidad ósea en las zonas afectadas por el trabajo con el peso corporal, y se mantuvieron estables las zonas no afectadas. Nichols y cols en 1995, observaron el efecto del entrenamiento de fuerza de alta intensidad en mujeres sanas y muy activas; no encontraron cambios significativos; pero la densidad mineral ósea de la columna, era 105% superior de la media de su edad, y era imposible encontrar ganancias adicionales. Dornemann y cols en 1997, vieron que incluso en trabajo de fuerza de corta duración puede mantener e incluso aumentar la densidad mineral ósea del cuello del fémur y de la columna lumbar.

En los estudios realizados con mujeres postmenopáusicas, Cavanaugh DJ y cols en 1988, Nelson ME y cols en 1991, Sandler RB y cols en 1987 y White MK y cols en 1984, vieron que la actividad comúnmente recomendada para mujeres mayores, no previene de la pérdida de densidad mineral ósea. Prince y cols en 1991, estudió la interacción del ejercicio con un suplemento de calcio de 1,00 mg diarios, y encontró una menor pérdida ósea en el grupo que recibía calcio, puede ser debido a que la intensidad del ejercicio era muy baja (una sesión de aeróbic de bajo impacto y dos de 30' de paseo por semana). Mas adelante el mismo grupo en 1995, pero esta vez unía la ingesta de calcio con ejercicio en el que soportaban el propio peso, encontrando una mejor significativa, lo cual nos lleva a concluir que el ejercicio o los tratamientos farmacológicos de forma aislada tiene menor efecto que de forma conjunta. Notelovitz y cols en 1991, vio que el ejercicio de fuerza junto a un tratamiento de estrógenos, tenía un aumento considerable en la densidad ósea. Krolner BB y cols en 1983, encontró cambios significativos en la densidad de la columna lumbar y sin cambios en el radio, tras un estudio de 12 meses de trabajo de calisténicos y ejercicio aeróbico ligero. Ayalon y cols en 1987, desarrolló en mujeres osteoporóticas un programa de ejercicio de la muñeca y el antebrazo, con una combinación de movimientos de doblamiento, carga, compresión y torsión, y el grupo de ejercicio, tuvo un aumento significativo en la densidad ósea del antebrazo. Dalsky y cols en 1988, tam-

bién observaron cambios con ejercicio que soporta el peso corporal y que no lo soporta, y trabajo de fuerza. Nelson ME y cols en 1994, vieron que mujeres sometidas a un entrenamiento de fuerza 2 días a la semana, ganaban densidad ósea con relación al grupo control que la perdía, además las entrenadas tendían a mantener el contenido mineral óseo total, mientras que las del grupo control lo perdían, Revel M y cols en 1993, Rikli RE y cols en 1990 y Simkin A y cols en 1987, vieron que el entrenamiento de fuerza de baja intensidad tiene un efecto positivo en el hueso, tanto en mantenimiento como en formación en mujeres en esta edad; pero en su contra, Chow RJ y cols en 1987, Peterson SE y cols en 1991, y Smidt GL y cols en 1992, no consideran ese entrenamiento un estímulo efectivo en la formación ósea. Grove & Londreree en 1992, sometieron a mujeres que sufrieron la menopausia a una edad temprana, a ejercicio de alto y bajo impacto, los grupos que realizaban ejercicio mantuvieron su densidad ósea a diferencia del grupo control que disminuyó, numéricamente el grupo de alto impacto era algo más alto, pero la diferencia no era significativa estadísticamente, pero Welsh y Rutherford en 1996, si que encontraron diferencia entre alto y bajo impacto, a favor del ejercicio de alto impacto, pero con el inconveniente de que el efecto se producía en el fémur proximal, y no en la comunal o en la densidad ósea total. Hatori y cols en 1993, comprobaron que caminar de forma vigorosa por encima del umbral anaeróbico tiene un efecto positivo en la densidad ósea. Bassey & Ramsdale en 1995, en cambio no vieron diferencias significativas entre ejercicio en el que se soporta el propio peso de alta intensidad y ejercicio de bajo impacto. Bravo y cols en 1996, experimentaron ejercicio sobre el propio peso con mujeres postmenopáusicas con una baja densidad ósea, concluyendo que cargas de moderada intensidad tienen valor terapéutico en mujeres osteoporóticas con síntomas. En relación también al trabajo de alto o bajo impacto.

En los estudios realizados a personas mayores con un riesgo importante de fractura, Smith y cols en 1981, vieron que personas que recibían suplemento de calcio, y las que realizaban actividad física, aumentaban la densidad ósea del radio y el grupo que tomaba calcio y realizaba actividad física disminuyó, pero en este tercer grupo la edad de las mismas era mayor. Mac Cartney y cols en 1995, realizó entrenamiento de fuerza de alta intensidad con personas mayores, no se vieron cambios significativos en la densidad ósea, pero tenían mejoras en fuerza y resistencia aeróbica, lo cual tiene un impacto directo en la calidad de vida de estas personas y por con-

siguiente podría disminuir el riesgo de fracturas osteoporóticas. Pruitt y cols en 1995, tampoco encontraron diferencias significativas entre trabajo de fuerza de baja y alta intensidad y grupo control, pero la densidad ósea que tenían inicialmente era entre 107 y 126% mayor de los valores apropiados para su edad. Lau y cols en 1992 no vio un aumento en la densidad ósea en personas que realizaban actividad física con el propio peso acompañado de un tratamiento de calcio, pero el tamaño de la muestra era muy pequeño y los resultados no adquieren su validez. En cambio, Mc Murdo y cols en 1997, con un estudio similar, demostraron que tratamiento de calcio con ejercicio sobre el propio peso, aumentó en 1,1% la densidad ósea del antebrazo. Similares resultados obtuvieron Smith EL y cols en 1981, pero acompañando a la actividad física y al calcio, un suplemento de Vitamina D. Kohrt WM y cols en 1998, demostraron una vez más que el tratamiento sustitutivo de estrógenos acompañado de trabajo con el propio peso y de flexibilidad tenía mejoras significativas en la densidad mineral ósea de todo el cuerpo, columna lumbar y trocánter; con relación a los grupos que tan solo utilizaban uno de los dos tratamientos.

Sinaki y Mikkelsen en 1984 encontraron menos fracturas en mujeres que realizaban ejercicio de extensión de la espalda en comparación con el ejercicio de flexión. Porque los ejercicios de extensión de tronco aumentan la fuerza de la espalda y los ejercicios de flexión no, con lo que el tipo de trabajo de fuerza podría ser muy importante.

Aunque los resultados de los estudios transversales demuestran un efecto positivo del ejercicio en la densidad mineral ósea, los resultados en los estudios longitudinales, proporcionan resultados variados. Estos resultados varían en el tipo, duración, intensidad y frecuencia del ejercicio. La mayoría de los estudios han utilizado ejercicios con el propio peso. Cuando el programa ha sido más intenso, de mayor duración o incluía ejercicios alta carga para el sistema muscular, se ha observado un mejor estímulo osteogénico. La interacción entre la fuerza muscular y la densidad mineral ósea es un concepto que está ganando mucha atención.

#### MASA MUSCULAR, FUERZA Y DENSIDAD MINERAL ÓSEA

La relación entre densidad mineral ósea y fuerza, se ha convertido en un tópico de investigación en los últi-



mos años y cada vez más investigaciones, se dan cuenta de la interacción entre los dos sistemas.

Sinaki y Oxford en 1988, encontraron una significativa correlación positiva entre la densidad ósea de la columna lumbar y la fuerza de los extensores de la espalda en 68 mujeres postmenopáusicas sanas. Esta correlación era constante siempre que la densidad ósea estaba de acuerdo a su edad. En un estudio similar Sinaki y cols. en 1986, hizo que esas mujeres anotaran su actividad física en un cuestionario. Los resultados revelaban que las mujeres con más actividad física tenían una mejor fuerza isométrica en la espalda y una mayor densidad ósea en la columna que las mujeres sedentarias. Estos datos preliminares sugieren que existe una relación entre la fuerza de un grupo muscular específico y el correspondiente hueso. Bevier y cols. en 1989, encontraron una relación entre la fuerza prensil y la densidad del antebrazo, así como entre la fuerza de la espalda y la densidad de la columna lumbar.

Descubrimientos recientes indican que la relación entre fuerza y densidad ósea es más compleja que una relación directa entre músculo trabajado y huesos sobre los que realiza su efecto. Pocock y cols. en 1989, encontraron que la fuerza del bíceps femoral será un predictor de la densidad mineral ósea de la columna y tres regiones del fémur proximal. Snow-Harter y cols. en 1990, observaron que la fuerza del bíceps femoral era el mejor predictor de la densidad en la cadera, la fuerza prensil del brazo no dominante, de la densidad del radio medio del mismo brazo, y en las cervicales, la fuerza de la espalda contribuía en la densidad ósea. Adicionalmente pudieron medir la fuerza de la cadera en un subgrupo de 32 mujeres y encontraron que la fuerza del adductor de la cadera era un importante predictor de la densidad de la misma. De estos hallaz-

gos, concluyeron que, en algunos casos la relación era en lugares específicos. En otros casos, grupos musculares más distantes de la columna y fémur proximal contribuyen significativamente en la densidad ósea. Esta relación puede ser porque el movimiento del brazo está simultáneamente relacionado con la musculatura estabilizadora de la espalda. Además, la relación entre los músculos del brazo y la columna es mayor que entre los extensores de la espalda y la columna, así que cuando levantamos un peso, la carga generada en el hueso axial por la actividad del brazo excede de la generada por los extensores de la espalda.



### REQUISITOS QUE DEBE REUNIR LA ACTIVIDAD FÍSICA PARA MEJORAR LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL HUESO

Se ha demostrado que la actividad física, especialmente si conlleva soportar el peso corporal y someter a impactos a las estructuras esqueléticas se asocia a un aumento de la densidad ósea además de cambios importantes en la microarquitectura ósea (número y grosor de las trabéculas) que mejoran la resistencia mecánica del hueso.

La eficacia de un programa de ejercicio depende:

- ▶ La magnitud de carga o presión a que son sometidos los huesos. Los huesos que soportan mayores presiones se vuelven más resistentes.
- ▶ La velocidad a la que se producen las deformidades, de tal manera que es mejor emplear fuerzas bajas pero aplicarlas muy rápidamente.
- ▶ Las direcciones en las que actúan las fuerzas
- ▶ La frecuencia con la que el hueso se ve sometido a tensiones, torsiones y presiones.

El fútbol es posiblemente el deporte más practicado y la mayoría de los que lo practican se han iniciado antes de la pubertad, desde el punto de vista mecánico reúne muchos de los requisitos para fomentar un aumento de la masa ósea y densidad ósea en los huesos de las extremidades inferiores y la columna vertebral. Esto es debido a los fuertes impactos que se generan al chutar, al esprintar y cambiar bruscamente de dirección, por otro lado se trata de un ejercicio intermitente y de alta intensidad (Calbet JAL, y cols 1999).

Así ejercicios que soportan el peso como caminar son más estimulantes de la masa ósea que aquellos que no soportan el peso como ocurre con la natación. Andando una vértebra soporta el peso corporal, trotando soporta 1,7 el peso corporal y en un trabajo de pesas puede llegar a 5-6 veces el peso corporal del individuo que realiza la actividad.

En un programa de ejercicio es muy importante incluir ejercicios de fuerza ya que es el mejor estímulo para la masa ósea. Para las personas mayores elegiremos ejercicios de fuerza de baja intensidad pero para los jóvenes la intensidad podría ser mucho mayor, eso sí siempre individualizada y adaptada a la capacidad funcional de cada sujeto. Cuanta mayor intensidad podamos utilizar, mejores beneficios obtendremos sobre la masa ósea. Parece que en cuanto al tipo y la intensidad del ejercicio los distintos estudios revisados están de acuerdo, pero poco podemos decir en cuanto a la duración o frecuencia del mismo. dado que existen resultados contradictorios al respecto. Sabemos que la actividad física de corta duración (menos de 3 meses) no afecta la masa ósea y que se precisaría una actividad prolongada para conseguir dicho fin. También se observa que la actividad moderada y poco frecuente (1 hora a la semana) no tiene efectos sobre la densidad ósea y que se necesita cierta intensidad de ejercicio para provocar un estímulo en la remodelación ósea. Teniendo en cuenta que los ejercicios extremadamente vigorosos pueden ser adversos para la densidad ósea después de los 50 años.

Los ancianos, al contrario que los niños, presentan escasa mejora en su masa ósea con los programas de ejercicio pero al menos atenúan o estabilizan la pérdida fisiológica de masa ósea asociada al aumento progresivo de la edad.

## BIBLIOGRAFÍA



- Aloia JF, Vaswani AN, Yeh J, Cohn SH. (1988) Premenopausal bone mass related to physical activity. *Arch. Intern. Med.*; 148: 121-123.
- Astrom J, Ahnqvist S, Beertema J, Johnson B. (1987) Physical activity in women sustaining fracture of the neck of the femur. *J. Bone Joint. Surg.*; 69-B: 381-383.
- Ayalon J, Simkin A, Leichter I, Raifmann S. (1987) Dynamic bone loading exercises for postmenopausal women: effect on the density of the distal radius. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*; 68: 280-283.
- Bassey EJ, Ramsdale SJ. (1995) Weight-bearing exercise and ground reaction forces: a 12 month randomized controlled trial of effects on bone mineral density in healthy postmenopausal women. *Bone.*; 16: 469-76.
- Bevier WC, Wiswell G, Pyka G y cols. (1989) Relationship of body composition, muscle strength and aerobic capacity to bone mineral density in older men and women. *J. Bone Miner. Res.* 4:421-432.
- Bloomfield SA. (1997) Osteoporosis. En ACSM. Exercise management for persons with chronic diseases and disabilities. Editorial Human Kinetics.
- Bravo G, Gauthier P, Roy PM, y cols. (1996) Impact of a 12 month exercise program on the physical and psychological health of osteopenic women. *J. Am. Geriatr. Soc.*; 44(7): 756-62.
- Calbet JAL, Díaz Herrera P., Rodríguez L.P. Osteoporosis Int. 10: 468-474, 1999
- Cavanaugh DJ, Cann CE. (1988) Brisk walking does not stop bone loss in postmenopausal women. *Bone.* 9: 201-204.
- Chesnut CH III. (1993) Bone mass and exercise. *Am. J. Med.* 95(5A): 345-365.
- Chow RJ, Harrison JE, Notarius C. (1987) Effect of two randomized exercise programmes on bone mass of healthy postmenopausal women. *Br. Med. J.* 295: 1441-1444.
- Dalsky G, Stocke KS, Eshani AA, Slatopolsky E, Lee WC, Birge SJ. (1988) Weight bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann. Intern. Med.* 108: 824-828.
- Davee AM, Rosen CJ, Adler RA. (1990) Exercise patterns and trabecular bone density in college women. *J. Bone Miner. Res.* 5: 245-250.
- De crée C. (1998) Sex steroid metabolism and menstrual irregularities in exercising female. *Aports Med.* 25: 269-406.
- Doraço C, Sanchis J, Calbet JAL., Bone mineral content and density in master tennis players: gender differences. 5<sup>th</sup> Annual Congress of the European College of Sports Science. Cologne, July 2001.
- Drinkwater B.L. Physical Activity, Fitness and Osteoporosis. En Bouchard C., Shephard R.J., Stephens T. Physical activity, fitness and health: international proceeding and consensus statement. Champaign: Human Kinetics. Illinois 1994.
- Emans SJ, Grace E, Hoffer FA, Gundberg C, Ravnikar V, Woods ER. (1990) Estrogen deficiency in adolescents and young adults: impact on bone mineral content and effect of estrogen replacement therapy. *Obstet. Gynecol.* 76: 585-592.
- Erickson SM, Sevier TL. (1997) Osteoporosis in active women. Prevention, Diagnosis, and Treatment. *Phys Sportsmed.* Vol 25, N° 11.
- Gallagher JC, Goldgar D, y Moy D. (1987) Total bone calcium in normal women: effect of age and menopause status. *J. Bone Mineral Res.* 2:491-496.
- Gilsanz DT, Roe TF, Carlson M y cols. (1988) Vertebral bone density in children: effect of puberty. *Radiology* 166:847-850.
- Gleeson PB, Protas EJ, Leblanc AD, Schneider VS, Evans HJ. (1990) Effect of weight lifting on mineral density in premenopausal women. *J. Bone Miner. Res.* 5: 153-158.
- Grove KE, Londeree BR. (1992) Bone density in postmenopausal women: high impact vs low impact exercise. *Med. Sci. Sports Exc.* 24(11): 1190-4.
- Hamdy RJ, Anderson J, Whalen K, Harvill L. (1994) Regional differences in bone density of young men involved in different exercises. *Med. Sci. Sports Exerc.* 26: 884-888.
- Hatori M, Hasegawa A, Adachi H y cols. (1993) The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women. *Calcif. Tissue Int.* 52(6): 411-4.
- Heinonen A, Kannus P, Sievänen H y cols. (1996) Randomised controlled trial of effect of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet.* 348: 1343-7.
- Heinonen AP, Oja P, Kannus P, Sievanen A, Manttari A, Vuori I. (1993) Bone mineral density in female athletes in different sports. *Bone Mineral.* 1993; 2311-14.
- Heinrich CH, Going SB, Pamentier RW, Perry CD, Boyden TW, Lohman TG. (1990) Bone mineral content of cyclically menstruating female resistance and endurance trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 558-63.

- Huddleston AL, Rockwell D, Kulund DN, y cols.(1980) Bone mass in lifetime tennis athletes. *J.A.M.A.* 244(10): 1107-1109.
- Jacobson PC, Beaver W, Grubb SA y cols.(1984) Bone density in women: college athletes and older athletic women. *J. Orthop. Res.* 2: 328-322.
- Kirk S, Sharp CF, Elbaum N, Endres DB, Simons SM, Mohler JG, Rude RK.(1989) Effect of long distance running on bone mass in women. *J. Bone Miner. Res.* 4: 515-522.
- Kohrt WM, Ehsani AA, Birge SJ.(1999) HRT preserves increases in bone mineral density and reductions in body fat after a supervised exercise program. *Am. Physiol. Soc.* 1506-1512.
- Krolner B, Toft B, Nielsen SP, Tondevold E.(1983) Physical exercise as prophylaxis against involutional vertebral bone loss: a controlled trial. *Clin. Sci.* 64: 541-546.
- Lau EM, Woo J, Leung PC, y cols.(1992) The effects of calcium supplementation and exercise on bone density in elderly chinese women. *Osteoporos. Int.* 2(4): 168-73.
- Lohman TS, Going R, Pamentor R y cols.(1995) Effects of resistance training on regional and total bone mineral density in premenopausal women: A randomized prospective study. *J. Bone Miner. Res.* 10: 1015-1024.
- López Chicharro J, Lucía Mulas A (1999) patología de la mujer inducida por el deporte. Aspectos endocrinológicos, ginecológicos, óseos y nutricionales. *Medicine*, 7(127): 5975-5980.
- Marcus R, Kosek J, Pfefferbaum A y Horning S.(1983) Age-related loss of trabecular bone in premenopausal women: a biopsy study. *Calcif. Tiss. Int.* 35:406-409.
- Mazess RB, Barden HS.(1991) Bone density in premenopausal women: Effect of age, dietary intake, physical activity, smoking and birthcontrol pills. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 132-142.
- McCartney N, Hicks AL, Martin J, Webber CE.(1995) Long-term resistance training in the elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle and bone. *J. Gerontol.* 50A: B97-B104.
- McMurdo MET, Mole PA, Paterson CR.(1997) Controlled trial of weight bearing exercise in older women in relation to bone density and falls. *B.M.J.* 314: 569.
- Melton JL III, Kan SH, Frey MA y cols.(1989) Epidemiology of vertebral fractures in women. *Am. J. Epidemiol.* 129 (5): 1000-1011.
- Michel BA, Bloch DA, Fries JF.(1989) Weightbearing exercise, overexercise, and lumbar bone density over age 50 years. *Arch. Intern. Med.* 149: 2325-2329.
- Nelson ME, Fiatarone MA, Morganti CM, Trice I, Greengiberg RA, Evans WJ.(1994) Effects of high-intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures. *J.A.M.A.* 272: 1909-1914.
- Nelson ME, Fisher EC, Dilmanian FA, Dallal GE, Evans WJ.(1991) A 1-y walking program and increased calcium in postmenopausal women: effects on bone. *Am. J. Clin. Nutr.* 53: 1304-1311.
- Nichols JF, Nelson KP, Peterson KK, y cols.(1995) Bone mineral density responses to high intensity strength training in active older women. *J. Aging Phys. Activity.* 3:26-38.
- Notelovitz M, Martin D, Tesar R; McKenzie L, Fields C.(1991) Estrogen therapy and variable resistance weight training increases bone mineral in surgically menopausal women. *J. Bone Miner. Res.* 6: 583-590.
- Orwell ES, Ferrar J, Oviatt SK, McClung MR, Huntington K.(1989) The relationship of swimming exercise to bone mass in women and men. *Arch. Intern. Med.* 149: 2197-2200.
- Paganini-Hill A, Chao A, Poss RK, Henderson B.(1991) Exercise and other factors in the prevention of hip fracture: The leisure world study. *Epidemiology.* 2: 16-25.
- Pérez Ruiz M. (1999) Ejercicio para combatir la Osteoporosis. *Sports Managers.* Año 1. Mayo-Junio.
- Peterson SE, Peterson MD, Raymond C, Gilligan C, Checovich MM, Smith EL.(1991) Muscular strength and bone density with weight training in middle-aged women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 449-504.
- Pocock N, Eisman J, Gwinn T y cols.(1989) Muscle strength, physical fitness and weight but not age predict femoral neck bone mass. *J. Bone Mineral Res.* 4:441-447.
- Pocock NA, Eisman JA, Yeates MG y cols.(1986) Physical fitness as a major determinant of femoral neck and lumbar spine bone mineral density. *J. Clin. Invest.* 78: 618-721.
- Prince R, Smith M, Dick IM, Price RI, Webb PG, Henderson K, Harris M. (1991) Prevention of osteoporosis: a comparative study of exercise, calcium supplementation, and hormone-replacement therapy. *N. Engl. J. Med.* 325: 1189-1195.
- Prior JC, Vigna YM, Schechter MT, Burgess AE., (1990) Spinal bone loss and ovulatory disturbances. *N. Engl. J. Med.* 323: 1221-1227.
- Pruitt LA, Taaffe DR, Marcus R.(1995) Effects of one-year high-intensity versus low-intensity resistance training program in bone mineral density in older women. *J. Bone Miner. Res.* 10: 1788-1795.

- Revel M, Mayoux-Benhamou MA, Rabourdin JP, Bagheri F, Roux C. (1993) One-year psoas training can prevent lumbar bone loss in postmenopausal women: a randomized controlled trial. *Calcif. Tissue Int.* 53: 307-311.
- Riggs BL, Wahner HW, Dann WL, Mazess RB y Offord KP. (1981) Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging. *J. Clin. Invest.* 67: 328-335.
- Rikli RE, McManis BG. (1990) Effects of exercise on bone mineral content in post-menopausal women. *Res. Q. Exerc. Sport* 61: 243-249.
- Risser WL, Lee EJ, LeBlanc A, Poindexter HB, Risser JM, Schneider V. (1990) Bone density in eumenorrheic female college athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 570-574.
- Rockwell JC, Sorensen AM, Baker S, y cols. (1990) Weight training decreases vertebral bone density in premenopausal women: a prospective study. *J. Endocrinol. Metabol.* 71: 988-993.
- Sandler RB, Cauley JA, Hom DL, Sashin D, Kriska AM. (1987) The effects of walking on the cross-sectional dimensions of the radius in postmenopausal women. *Calcif. Tissue Int.*; 41: 65-69.
- Simkin A, Ayalon J, Leichter I. (1987) Increased trabecular bone density due to bone loading exercises in postmenopausal osteoporotic women. *Calcif. Tissue Int.* 40: 59-63.
- Sinaki M, Mc Phee, Hodgson SF y cols. (1986) Relationship between bone mineral density of spine and strength of back extensors in healthy postmenopausal women. *Mayo Clin. Proc.* 61-116-122.
- Sinaki M, Mikkelsen BA. (1984) Postmenopausal spinal osteoporosis: flexion versus extension exercises. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 65: 593-596.
- Sinaki M, y Offord K. (1988) Physical activity in postmenopausal women: effect of back muscle strength and bone mineral density of the spine. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 69: 277-280.
- Smidt GL, Lin S, O'Dwyer KD, Blanpied PR. (1992) The effect of high-intensity trunk exercise on bone mineral density of postmenopausal women. *Spine.* 17: 280 5.
- Smith EL, Reddan W, Smith PE. (1981) Physical activity and calcium modalities for mineral increase in aged women. *Med. Sci Sport Exerc.* 13: 60-64.
- Smith R, Rutherford OM. (1993) Spine and total body density and serum testosterone levels in female athletes. *Eur. J. Appl. Physiol.* 67: 330-334.
- Snow-Harter C, Bouwsein B, Lewis B, Cherette S, Weinstein P, y Marcus R. (1989) Muscle strength as a predictor of bone mineral density in young women. *J. Bone Mineral Res.* 5: 589-595.
- Snow-Harter C, Bouwsein ML, Lewis BT, Carter DR, Marcus R. (1992) Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: a randomized exercise intervention trial. *J. Bone Miner. Res.* 7: 761-769.
- Snow-Harter C, Marcus R. (1991) Exercise, bone mineral density, and osteoporosis. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 19: 351-88.
- Suominen H, Rakkila P. (1991) Bone mineral density of the calcaneus in 70 to 80 years old male athletes and population sample. *Med. Sci. Sports Exerc.* 23: 1227-1233.
- Vogt FB, Mack PB, Beasley WG, Spencer WA, Cardus D, Vallbona C. (1995) The effect of bed rest on various parameters of physical function Part XII: Bone mass and calcium balance. *Nasa CR* 182.
- Vuori I, Heinonen A, Sievanen H, Kannus P, Pasanen M, Oja P. (1994) Effects of unilateral strength training and detraining of bone mineral density and content in young women: a study of mechanical loading and unloading of human bones. *Calcif. Tissue Int.* 55: 59-67.
- Welsh L, Rutherford OM. (1996) Hip bone mineral density is improved by high-impact aerobic exercise in postmenopausal women and men over 50 years. *Eur. J. Appl. Physiol.* 74: 511-517.
- White MK, Martin RB, Yeater RA, Butcher RL, Radin EL. (1984) The effects of exercise on the bones of postmenopausal women. *Int. Orthop.* 7: 209-214.
- Wickham CAC, Walsh K, Cooper C, Barke DJP, Marguetts BM, Morris J, Bruce SA. (1989) Dietary calcium, physical activity, and risk of hip fracture: a prospective study. *Br. Med. J.* 299: 889-892.
- Wickham CAC, Walsh K, Cooper C, Parker DJP, Margetts BM, Morris J, Bruce SA. (1989) Dietary calcium, physical activity, and risk of hip fracture: A prospective study. *Br. Med. J.* 299: 889-892.
- Wolman RL, Clark P, McNally E, Harries M, Reeve J. (1990) Menstrual state and exercise as determinants of spinal trabecular bone density in female athletes. *Br. Med. J.* 301: 516-518.
- Wolman RL, Faulman L, Clark P, Hesp R, Harries MG. (1991) Different training patterns and bone mineral density of the femoral shaft in elite, female athletes. *Ann. Rheum. Dis.* 1991; 50: 487-489.

**Autor para establecer correspondencia:**  
**Teresa García Pastor;**  
**E-mail: [teresagarciap@yahoo.es](mailto:teresagarciap@yahoo.es)**