

## ACTIVIDAD FÍSICA Y CALIDAD ÓSEA *PHYSICAL ACTIVITY AND BONE QUALITY*

Luis del Río Barquero

Daniel Roig Vilaseca

Grupo de Trabajo de Densitometría Ósea.

Sociedad Española de Investigaciones Óseas y Metabolismo Mineral (SEIOMM).

**CORRESPONDENCIA:** Luis Del Río Barquero. CETIR. Centro Médico. C/ Londres, 6. 08020 Barcelona.

**Aceptado:** 12.12.2000

### INTRODUCCION

Podemos indicar que calidad ósea es equivalente a la integridad histológica y arquitectónica de los componentes del hueso que permite el mantenimiento de las funciones mecánicas que tiene asignadas.

La importancia de la carga mecánica sobre la integridad esquelética ha sido reconocida por especialistas en bioingeniería, así como por la comunidad científica especializada en osteopatías. La difusión de las técnicas de medición de masa ósea en los últimos 10 años han facilitado la realización de múltiples estudios en esta área sobre atletas y controles sedentarios. Estas técnicas permiten la cuantificación de uno de los factores más importantes que configuran la calidad ósea, que es el grado de mineralización del esqueleto, pudiendo realizar las mediciones en áreas determinadas o incluso en la totalidad del esqueleto.

Desde un punto de vista biomecánico, la resistencia ósea viene determinada, en alrededor de un 70%, por la masa ósea (MO). También influyen el tamaño y la arquitectura ósea<sup>(1)</sup>.

La actividad física se incluye entre los factores modificables que intervienen en la determinación de la MO, junto a la ingesta de calcio o los hábitos tóxicos. Por una parte, la falta de actividad física se ha considerado un factor de riesgo para tener una menor MO, y, por otro lado, se ha sugerido que la realización de un ejercicio físico regular podría reducir el riesgo de fractura<sup>(2)</sup>. En este sentido se dirigen las recomendaciones de algunas asociaciones<sup>(3)</sup>.

Si bien es cierto que, en general, se puede considerar que la actividad física mejora la MO, existen estudios que muestran que esta afirmación no es universal, por lo que es importante poder determinar que tipo de ejercicio es el más

adecuado, la edad a la que debe iniciarse o en que puede ser más efectivo, y la población que puede beneficiarse más de él<sup>(1)</sup>. La determinación de estas características es difícil debido a la heterogeneidad de los estudios que analizan la relación entre la actividad física y la MO<sup>(4)</sup>, y a los múltiples factores que pueden interferir en su análisis, como la masa muscular o el peso<sup>(1,5)</sup>.

Por otro lado, el deterioro del sistema neuromuscular es crítico para mantener los movimientos preventivos que evitan las lesiones óseas en las caídas<sup>(6)</sup>. Se sabe que la caída sobre un lado del cuerpo y el impacto sobre la cadera aumenta considerablemente el riesgo de fractura del tercio proximal del fémur<sup>(7)</sup>.

En relación con este riesgo de fractura, la realización de ejercicio físico tendría un efecto preventivo por un doble mecanismo<sup>(1)</sup>. Por un lado, aumentando la MO y mejorando la arquitectura del hueso, y por otro, aumentando la fuerza y tono muscular y la coordinación para evitar caídas<sup>(1)</sup>.

### FUNCIONES DEL ESQUELETO

El tejido óseo es una variedad de tejido conectivo dinámico que, gracias a sus características biomecánicas singulares, proporciona protección física a los órganos nobles, capacidad de locomoción al organismo, e interviene en los pasos metabólicos asociados con la homeostasis mineral. Además, los huesos son la principal ubicación de la hematopoyesis y hallazgos recientes indican que juegan un importante papel como componente del sistema inmune.

## **CARACTERÍSTICAS BIOMECÁNICAS DEL TEJIDO ÓSEO. MECANISMOS DE ADAPTACIÓN DE LA RESISTENCIA ÓSEA A LAS FUNCIONES MECÁNICAS**

Desde las observaciones de Galileo, se ha asumido que la arquitectura ósea esta influida por las tensiones mecánicas asociadas a sus funciones normales. Una definición formal de las relaciones que mantienen la estructura y la función que desempeñan los huesos ya fue ofrecida por anatomistas alemanes al final del siglo XIX, siendo conocida como ley de Wolf, que, en síntesis, concluye que la forma se adapta a la función. Estos anatomistas conocían la relación entre los patrones de alineamiento trabecular del hueso y las direcciones de las principales tensiones a las que los huesos se ven sometidos durante las funciones cotidianas. En condiciones fisiológicas las relaciones entre estructura y función de los huesos se acopla al papel de mantenimiento de la homeostasis mineral, adaptando el metabolismo y la arquitectura a la función, lo que indica un diseño estructural óptimo.

La actividad física actúa sobre el tejido óseo a través de las fuerzas que le impone. La acción de estas cargas produce una orientación o reorientación de las trabéculas para adaptar su masa y su arquitectura a la dirección principal de las cargas<sup>(1,8)</sup>. En la situación contraria, la disminución o desaparición de las cargas, pueden perderse trabéculas<sup>(1)</sup>.

El mecanismo aceptado para explicar la adaptación del tejido óseo a las fuerzas que debe soportar sugiere que las deformidades producidas por estas fuerzas de tensión, de compresión o de cizallamiento son captadas por las células óseas, los osteocitos, que originan la respuesta para la adaptación correspondiente<sup>(8,9)</sup>. La aplicación de la fuerza desplaza el líquido intersticial en el interior de los canalículos óseos, produciendo una deformidad mecánica en las paredes celulares, o induciendo un cambio de potenciales en las mismas<sup>(1,9)</sup>. En ambos casos se provoca la liberación de sustancias (citoquinas, prostaglandinas, factores de crecimiento, óxido nítrico) que modifican la actividad de las células efectoras (osteoblastos)<sup>(1,9)</sup>.

En la adaptación a las tensiones influyen no sólo la fuerza aplicada, sino también su frecuencia, intensidad y la duración total de la carga (número de ciclos diarios de carga), aunque este último factor parece ser el menos importante<sup>(1,8,10,11)</sup>.

La presencia de estrógenos reduciría el dintel necesario para iniciar la respuesta de adaptación<sup>(8)</sup>. De forma similar actuaría la PTH<sup>(8)</sup>.

Los niveles bajos de calcidiol podrían condicionar también una mayor fragilidad ósea. Las personas ingresadas en instituciones geriátricas o las recluidas en sus hogares, que son consideradas las más inactivas, disponen por lo general de una exposición solar muy pequeña, con niveles de calcidiol reducidos, e incluso suelen padecer un ligero hiperparatiroidismo secundario. Todo esto condiciona que la fragilidad ósea, expresada en forma de riesgo de fractura, se duplique independientemente del nivel previo de MO que estas personas tengan.

Finalmente, la actividad física también afecta a los niveles de hormona de crecimiento<sup>(12)</sup>.

## **METABOLISMO ÓSEO Y SU RELACIÓN CON LA ACTIVIDAD FÍSICA. ADAPTACIÓN DE LA GEOMETRÍA ÓSEA**

Para satisfacer adecuadamente las necesidades de relación entre estructura y función, el tejido óseo mantiene una continua actividad histológica y metabólica, descomponiéndose y reconstruyéndose en un proceso denominado remodelado. La relación entre la función de las principales células encargadas de la resorción del hueso, los osteoclastos, y las que asumen la formación, los osteoblastos, es conocido como acoplamiento. La consecuencia de la acentuación de una de estas funciones sobre la otra, con una pérdida del equilibrio, conduce a la enfermedad.

### **ACTIVIDAD FÍSICA Y HUESO**

En condiciones normales, la actividad de remodelado en el hueso sirve para eliminar masa ósea donde las demandas mecánicas del esqueleto son bajas y estimular la formación del hueso en aquellas regiones donde las cargas mecánicas son más intensas. Los huesos cuentan, por tanto, con capacidad de autorregulación, dependiendo del proceso integrado de asimilación de señales mecánicas externas y de señales fisiológicas del entorno sistémico.

Al estudiar el efecto de la actividad física sobre el hueso, el primer problema que se plantea es cómo se mide esta actividad física, tanto al analizar un único tipo de ejercicio como al comparar el efecto que puedan tener diferentes tipos de actividades. Se han utilizado sistemas tan heterogéneos como la medida de la frecuencia cardíaca, la determinación de la capacidad máxima de captación de oxígeno o la utilización de cuestionarios<sup>(1)</sup>.

En segundo lugar, es importante conocer la región o regiones sometidas a sobrecarga.

En tercer lugar, el comportamiento del hueso es diferente en hombres y mujeres, y, en estas últimas, hay diferencias entre las mujeres premenopáusicas y posmenopáusicas.

La edad es el cuarto factor que puede inducir a errores en la interpretación de los efectos de la actividad física sobre el hueso. El esqueleto es una estructura que se modifica con la edad, con necesidades y respuestas diferentes en cada momento de la vida.

Al principio de los años 90 se realizaron los primeros estudios aleatorios cuyos protocolos de ejercicio fueron descritos en términos precisos y cuantificables. Los resultados de estos ensayos confirmaron que el seguimiento de un programa de ejercicio puede aumentar, aunque modestamente, los niveles de MO y, por tanto, influir positivamente en la calidad ósea.

Durante esta misma época las investigaciones se dirigieron hacia estudios epidemiológicos y con modelos animales que no solo inquirían si el ejercicio podía provocar un aumento de masa ósea, sino que permitirían probar las hipótesis acerca de la naturaleza de la respuesta esquelética.

### **INFLUENCIA DE LAS CARACTERÍSTICAS INDIVIDUALES (SEXO y EDAD) SOBRE EL EFECTO DE LA ACTIVIDAD FÍSICA EN EL HUESO**

La actividad física ha demostrado claramente tener un efecto positivo sobre el crecimiento del sistema músculo-esquelético<sup>(13)</sup>. Aunque la actividad física moderada o intensa se relaciona con una mayor MO y mayor tamaño y competencia mecánica de los huesos a todas las edades<sup>(14)</sup>, uno de los determinantes más importantes de la MO en la edad adulta es la realización de actividad física durante el crecimiento y el desarrollo<sup>(1)</sup>. Estudios prospectivos sobre población infantil han puesto de manifiesto que la DMO puede ser aumentada gracias al ejercicio físico<sup>(15)</sup>, incluso con actividad moderada, y muestran niveles superiores a los controles homónimos de actividad sedentaria<sup>(16)</sup>.

Como consecuencia de diversos trabajos, se cree que el mejor momento de la vida para alcanzar los máximos beneficios del ejercicio físico sobre el esqueleto es la infancia, cuando las circunstancias en las que se incrementan las cargas no solo favorece la adquisición de una mayor cantidad de MO sino que también estimula los cambios sobre la arquitectura ósea. Los deportistas en etapa de crecimiento muestran, gracias al deporte, una hipertrofia de los músculos y de los huesos que persiste hasta su etapa adulta y quizás hasta su

vejez si el ejercicio realizado conlleva el soporte de carga. En cambio, si la actividad realizada no soporta carga significativa (hípica, natación, etc) solo se aprecian efectos sobre el tamaño y fuerza muscular<sup>(17,18)</sup>. Y no se detectan cambios sobre el hueso<sup>(19)</sup>. Esta respuesta hipertrofica al ejercicio todavía existe en los adultos jóvenes, pero es menos marcada<sup>(20,21)</sup>. Los adultos de mayor edad presentan una menor respuesta y varios estudios han concluido que las mujeres posmenopáusicas no presentan cambios esqueléticos como respuesta al ejercicio físico<sup>(22)</sup>.

Los resultados del estudio de Haapasalo y cols.<sup>(23)</sup>, que muestran que las dimensiones de algunos huesos de jugadores de tenis que han comenzado su entrenamiento en la infancia superan significativamente a los deportistas que inician esta práctica en una época más tardía de su vida, apoyan esta hipótesis. La resistencia ósea se relaciona íntimamente con la geometría, por lo cual el aumento de las dimensiones del hueso podrían teóricamente reducir el riesgo de fractura a lo largo plazo de aquellas personas que comienzan el entrenamiento en una etapa precoz de la vida.

El trabajo reciente de Bradney y cols.<sup>(17)</sup> explora el efecto de la actividad física en la infancia con escolares prepuberales con una edad media de 10 años. Comparan diversos parámetros de calidad ósea en dos grupos de niños de características similares de dos escuelas diferentes, y de forma aleatoria asignan uno de los grupos a un programa de ejercicio con diversas actividades deportivas con gran aceptación por parte de los niños, durante 8 meses. El grupo control tan solo realiza las horas estándar de educación física fijadas por la escuela, aunque en ambos se dedica el mismo tiempo a la actividad física. El estudio muestra que ambos grupos de escolares aumentan la MO en el tiempo, aunque el incremento en el grupo de actividades deportivas es el doble del grupo control. Además, el grupo con ejercicio muestra diferencias en el tamaño corporal que lo hace diferir de los sujetos del grupo control. En este trabajo también se confirma que el ejercicio puede alterar la geometría ósea.

El ejercicio físico también produce una hipertrofia del esqueleto de los niños en etapa de crecimiento<sup>(24, 25)</sup>. Este efecto parece ser mayor en los niños de menor edad y va disminuyendo en la adolescencia. El residuo de esta hipertrofia puede ser visto en adultos jóvenes que continúan realizando actividad física o incluso muchos años después de que haya finalizado el periodo de ejercicio prolongado<sup>(26-29)</sup>. La mayor hipertrofia esquelética se produce en actividades atléticas, como la gimnasia que conlleva altas cargas.

En contraste con lo hallado en la infancia y adolescencia o sobre deportistas jóvenes, los estudios prospectivos que se han realizado experimentando el efecto de una actividad física moderada en adultos ha demostrado que tenía una pequeña o nula influencia sobre el esqueleto. Sin embargo, consiguen un aumento del volumen muscular y de su tono<sup>(30-32)</sup>, y se ha visto que la masa muscular es un factor predictivo independiente de la MO<sup>(1)</sup>. La actividad denominada de alto impacto tiene, por el contrario, un efecto local modesto<sup>(33,34)</sup>. En los grupos de edades más avanzadas, por tanto, el ejercicio no puede ser visto como una panacea para prevenir la fragilidad ósea.

En las mujeres, los estudios del efecto de la actividad física sobre la MO son más numerosos. Sin embargo, el efecto parece ser menor que en los hombres<sup>(10)</sup>.

El grado de actividad física es un predictor independiente de la MO en el fémur de mujeres entre 20 y 75 años, y de la MO de columna lumbar en mujeres premenopáusicas de entre 25 y 35 años (1).

La realización de una actividad física intensa continuada (atletas) se asocia a una mayor MO a todas las edades<sup>(1,5)</sup>, independientemente del estado menstrual<sup>(4)</sup>. La diferencia respecto a las mujeres sedentarias es mayor a mayor edad<sup>(1)</sup>.

En general, en las mujeres posmenopáusicas, los ejercicios que implican fuerza no conllevan un aumento de la MO, mientras que los ejercicios que implican resistencia sí tienen efectos positivos<sup>(4)</sup>.

En las mujeres posmenopáusicas sanas, la actividad física (correr, caminar, entrenamiento y aeróbico) influye de forma positiva la MO de columna lumbar<sup>(22)</sup>.

Algunos estudios parecen indicar que la realización de actividad física antes de la menarquia tiene mayor efecto sobre la MO que su inicio después de la misma<sup>(1)</sup>. El máximo efecto de la actividad física de carga se consigue cuando empieza antes de la pubertad.

Puede considerarse, en resumen, que aunque el ejercicio no evita la pérdida de masa ósea en ningún territorio<sup>(5)</sup>, la reduce<sup>(35)</sup>, y que la existencia de un mayor capital óseo obtenido en edades juveniles tendría un efecto preventivo de la osteoporosis en la mujer<sup>(1,35)</sup>.

## **EFFECTOS DEL HIPOESTROGENISMO SECUNDARIO A EXCESO DE ACTIVIDAD FÍSICA SOBRE EL HUESO**

Una situación especial que se da en la mujer con gran actividad física (especialmente atletas de élite), y que puede tener mayor efecto sobre el hueso que el propio ejercicio, es el hipoestrogenismo primario o secundario manifestado como amenorrea o oligomenorrea<sup>(1,36)</sup>. A ella se sumaría el efecto de los hábitos alimenticios cercanos a la anorexia en este grupo de mujeres<sup>(37)</sup>. Por el contrario, el exceso de actividad física no tendría influencias sobre los varones. Así, los corredores de fondo muestran disminución de los tejidos componentes de la masa magra y de la densidad mineral total y regional idéntico a los controles<sup>(38)</sup>.

Se ha observado que las atletas con amenorrea tienen menor MO en columna lumbar que las atletas eumenorreicas, e incluso que los controles sanos con poca actividad física, aunque no existen diferencias entre los tres grupos en la MO medida en antebrazo, una zona sin carga<sup>(1)</sup>.

La amenorrea primaria o secundaria se asocia también, en las atletas de élite, con un mayor riesgo de fractura, independientemente de la MO medida en columna lumbar o cuello de fémur, lo que sugiere que las hormonas sexuales tienen influencia también sobre la calidad del hueso<sup>(1)</sup>.

La disminución de la progesterona en las mujeres atletas también contribuye a la disminución de la MO, aunque la administración aislada de progesterona no es capaz de compensar la pérdida del efecto estrogénico<sup>(1)</sup>.

El efecto perjudicial del estado hipoestrogénico en mujeres atletas se puede compensar, al menos en parte, con ejercicios de alto impacto, como la gimnasia, pero no con ejercicios de alta frecuencia y bajo impacto, como se ha visto en corredoras<sup>(1)</sup>. En las bailarinas, con una actividad intermedia, los resultados son contradictorios<sup>(1)</sup>.

En un estudio piloto con mujeres atletas corredoras de distancias medias y largas, Gibson y cols.<sup>(39)</sup> observan que, a los 9 meses, no existen diferencias en la MO entre las que recibieron tratamiento hormonal (estrógenos y progestágenos) y calcio, las que recibieron sólo calcio, o las que constituyeron el grupo control. Sin embargo, las mujeres que habían normalizado la menstruación (o que se había mantenido de forma fisiológica) durante los 9 meses, habían aumentado la MO en todas las regiones respecto a las no eumenorreicas, aunque los resultados sólo fueron significativos en la región lumbar y el triángulo de Ward<sup>(39)</sup>. De ello deduce que es la regularización del estado menstrual y no

el tratamiento hormonal por sí mismo, lo que permite el aumento de la MO<sup>(39)</sup>.

### **INFLUENCIA DEL TIPO DE ACTIVIDAD FÍSICA SOBRE EL HUESO**

Parece claro que la actividad física tiene efectos positivos en el mantenimiento o aumento de la MO (independientemente del método utilizado para medir la actividad física). Los ejercicios que producen un mayor aumento de la MO son los que conllevan carga con impacto (voleibol, gimnasia, baloncesto), resistencia, y aquellos de corta duración pero gran intensidad (tenis, carrera de velocidad), cuando se realizan con una alta frecuencia<sup>(1,35,40,41)</sup>. Los ejercicios repetitivos con poca carga (ciclismo, caminar) pueden tener un efecto positivo sobre la masa ósea si se realizan con gran intensidad<sup>(35,41)</sup>. Los ejercicios sin carga, como la natación, no producen aumentos de la MO, aunque sí aumentan la actividad muscular<sup>(1)</sup>.

El efecto de la actividad física sobre el esqueleto es principalmente locorregional, influyendo en la región o regiones sometidas a carga<sup>(11,42,43)</sup>. En los casos en que el ejercicio incorpora mayor número de regiones del organismo, la repercusión es más general<sup>(44)</sup>.

En un estudio en mujeres posmenopáusicas en que se realizaba un ejercicio físico intenso con la muñeca, se observó un aumento del área cortical en la región ultradistal del radio, pero no se observaron cambios en la MO en las otras regiones exploradas (cuello femoral y columna lumbar)<sup>(43)</sup>.

En mujeres tenistas de 7 a 17 años se observó una mayor MO en el brazo dominante respecto al contralateral, diferencia que era menor en mujeres de la misma edad que no jugaban a tenis, mientras que en columna lumbar no se observaron diferencias en la MO antes de la pubertad<sup>(11)</sup>.

Los ejercicios de psoas con carga de 5 Kg. en rodillas reducen la pérdida de MO en la columna lumbar en mujeres<sup>(42)</sup>.

Durante un paseo relajado, cada pisada impone una carga sobre el esqueleto axial del equivalente peso del cuerpo. La magnitud de esta carga se multiplica por un factor 3-4 (el peso corporal) en actividades como el "jogging" y de aproximadamente en 5 veces con el "salto de vallas".

Si una persona camina 4-8 h cada día, al que se le añade unos cuantos miles de pisadas paseando o corriendo, hecho habitual en muchos ejercicios, solo se provoca un pequeño cambio en la historia mecánica diaria y es posible que no condicione el inicio de una respuesta de adaptación.

En los varones jóvenes, la realización de una actividad física intensa y continuada (jockey, gimnasia) se asocia a una mayor MO, un mayor tamaño de los huesos, y a una mayor masa muscular y fuerza<sup>(44)</sup>. Este aumento de masa ósea se acompañaría de un aumento de la competencia mecánica del hueso, como parece indicar el aumento de la atenuación de los ultrasonidos y la no modificación de su velocidad de conducción a través del calcáneo<sup>(45)</sup>. La actividad física es un predictor independiente de la MO de las regiones del fémur proximal y el cuerpo entero en este grupo de población<sup>(46)</sup>.

En varones ancianos la actividad física tiene un efecto protector de la MO de la región lumbar<sup>(10)</sup>. Por otro lado, en este grupo de edad, el grado de actividad física es un predictor de la MO en la región lumbar<sup>(1)</sup>.

En varones jóvenes con poca actividad física existe una relación importante entre la fuerza muscular y la DMO; sin embargo, en los jóvenes con gran actividad física, no existe esta relación, lo que sugiere que en este grupo la MO se ve influenciada, preferentemente, por los estímulos de impacto y carga<sup>(44)</sup>.

Bassey y colaboradores<sup>(18)</sup> informaron acerca del efecto de los programas de saltos sobre la DMO en tres grupos de mujeres sanas: premenopáusicas, posmenopáusicas con evidente déficit estrogénico y posmenopáusicas que recibían ya tratamiento hormonal sustitutivo. El programa de ejercicio consistente en 50 saltos verticales cada día, con un promedio de altura de 8.5 cm y carga equivalente a 3-4 veces el peso del cuerpo por salto, como se estimó mediante la medición de las fuerzas. Cinco meses después de iniciar el estudio, las mujeres premenopáusicas mostraban un aumento de la MO de cuello femoral y de trocánter de un 2-3 %. Por el contrario, las mujeres posmenopáusicas, a pesar de la terapia hormonal sustitutiva, no mostraban cambios de MO, incluso entre las mujeres que habían completado un año entero de entrenamiento. Estos ejercicios de saltos aumentaban la MO en las mujeres jóvenes pero no en las mayores y el fallo en la respuesta a incremento de las cargas parece ser independiente de la deficiencia estrogénica. Sin embargo otros trabajos indican que la actividad física puede potenciar el efecto de agentes activos sobre el metabolismo óseo. Hohrt y cols.<sup>(47)</sup> confirmaron hallazgos de estudios previos que mostraban que la actividad física aumentaba el efecto que tienen los estrógenos sobre el esqueleto.

El resultado de este estudio pone dos importantes cuestiones. ¿Se debe considerar probado el concepto que el esqueleto de las personas ancianas tienen un déficit en su capacidad de adaptación al

ejercicio físico? O ¿El aumento de la MO observada en las personas jóvenes conforma que la actividad de alto impacto es óptima para aumentar la MO? La contestación a ambas preguntas es negativa.

Aunque la evidencia de una falta de respuesta esquelética con la edad existe es incorrecto concluir que las mujeres más mayores fallan en la adaptación de la cadera. Utilizando una estrategia diferente para entrenar a mujeres ancianas posmenopáusicas, Kerr y colaboradores<sup>(48)</sup> llevan a cabo un prolongado estudio durante un año de ejercicio con bicicleta, la cual una pierna era utilizada como control y la otra fue sometida a un progresivo incremento de la resistencia que tenía que vencer. Los resultados mostraban una ganancia de un 2 % en la cadera de la extremidad que tenía que hacer un mayor esfuerzo.

El descenso de las barras paralelas en el gimnasio expone claramente la enorme fuerza del impacto, aproximadamente 11 pesos corporales, que lo puede explicar parcialmente por que la MO de la cadera de los gimnastas excede significativamente a la de otros atletas. Sin embargo, en el protocolo de saltos de Bassey y col<sup>(49)</sup>, las fuerzas de reacción medidas exceden de 4 pesos corporales, una carga conseguida mediante el “jogging”, que generalmente no ha tenido éxito en incrementar la masa ósea del fémur. Por tanto la respuesta positiva mostrada por la cohorte de jóvenes de Bassey no parece deberse al impacto sino a las tensiones inducidas por las fuerzas musculares transmitidas al hueso.

La diferencia más llamativa entre los estudios es que los sujetos del estudio de Kerr aumentan su régimen de entrenamiento en el tiempo, mientras en el régimen de Bassey es estático, no variando nunca los saltos de una altura desde la postura erguida. Es posible que las mujeres jóvenes en el estudio de Bassey consiguen una tensión muscular suficientemente alta que se convierte en un estímulo constante que provoca una respuesta esquelética, mientras que un tono muscular relativamente pobre en una mujer anciana es inadecuada para hacerlo, debido a que el entrenamiento no es progresivo y la carga esquelética en las mujeres ancianas parece situarse por debajo del umbral a lo largo del estudio. Por tanto, una de las lecciones que sugieren estas publicaciones es que para conseguir una respuesta esquelética en individuos más débiles se requiere un incremento progresivo de la carga en el tiempo.

Con el salto, se transmiten al hueso dos tipos de carga, la que es debida a la absorción del impacto y la que es debida a las fuerzas generadas por los músculos.

En cambio, las actividades que no conllevan carga, como el montar a caballo o la natación, tienen una escasa influencia sobre el hueso en crecimiento<sup>(18)</sup> y ninguno en el esqueleto ya maduro.

En mujeres posmenopáusicas, la realización de actividades habituales que supongan un esfuerzo físico intenso (labores agrícolas) se asocia también a una mayor DMO de columna lumbar y cuello de fémur<sup>(50)</sup>.

En los jugadores de tenis, el ejercicio induce un aumento del grosor de la cortical en el sector medio de la diáfisis, que no es debido al aumento del diámetro de la sección de la diáfisis, sin que disminuya el diámetro medular. En otras palabras, con crecimiento interior (endocortical), no de la superficie exterior. En contraste, el grupo control presentaba un aumento significativo en el diámetro perióístico. Esto provoca un aumento significativo del momento de inercia transversal de la diáfisis y del módulo de sección en los controles, pero no en los que hacían ejercicio. Estas dos variables describen la distribución del material óseo alrededor de un eje de carga que se encuentra directamente relacionada con la resistencia de un objeto. ¿Podría, por tanto, un aumento de masa ósea conferir una ventaja mecánica importante? .

A corto plazo, la respuesta es probablemente negativa. Sin embargo, ya que la pérdida principal ósea en la etapa tardía de la vida se da en la superficie endocortical, un diámetro medular más pequeño en el momento de madurez del esqueleto puede amortiguar este proceso. En el caso que sea así, la aparición de hueso endocortical observada en la edad prepuberal podría persistir en la edad adulta. El estrechamiento medular ocurre como hecho normal en el desarrollo puberal<sup>(51)</sup> y no está claro que las diferencias observadas entre estos grupos de chicos prepuberales perduren una vez concluido el crecimiento puberal.

Una segunda cuestión es si este estudio niega las observaciones en los jugadores de tenis asociados al incremento del diámetro óseo con el entrenamiento precoz. Otra vez, la respuesta sea probablemente no. El patrón de carga esquelética con el deporte de la raqueta puede ser único, debido a que las fuerzas del impacto de la pelota y la tensión muscular crean predominantemente fuerzas de carga en ausencia de una carga compresiva axial, como ocurre durante las actividades cotidianas de la vida. Esta interpretación enfatiza la especificidad del entrenamiento con ejercicio. Si se pretende conseguir un incremento en un diámetro perióístico específico, necesita aplicar un estímulo directo en esta región.

La actividad física con carga puede reducir el riesgo de osteoporosis en la mujer al aumentar la MO durante la edad adulta y reducir la pérdida después de la menopausia<sup>(35)</sup>.

El exceso de ejercicio puede provocar riesgos asociados a la pérdida ósea como fracturas por sobrecarga<sup>(52)</sup> y alteraciones articulares.

Los ensayos clínicos sobre ejercicio físico demuestran frecuentemente aumentos de la MO de columna lumbar, una de las regiones más frecuentemente exploradas con las técnicas de cuantificación de masa ósea, de aproximadamente un 1.5 %, pero solo en alguno de ellos se han demostrado aumento de masa ósea sobre el tercio proximal del fémur<sup>(49,53)</sup> a pesar del hecho que las condiciones de carga parecen ser mejores para conseguir una respuesta de tales características<sup>(49,54)</sup>. Una explicación a estos resultados aparentemente contradictorios puede ser es que el incremento de las cargas impuestas en los entrenamientos son relativamente bajas en comparación con las cargas habituales experimentadas en la cadera durante el transcurso de las actividades rutinarias diarias.

## INACTIVIDAD Y MASA ÓSEA

Es bien conocido que el reposo induce una disminución de la MO<sup>(1)</sup>. El mismo efecto tiene la microgravedad<sup>(1)</sup>. Asimismo, la inmovilización tiene efectos locales, afectando sólo a las regiones inmovilizadas<sup>(1)</sup>.

La inactividad física se asocia una disminución más marcada de la MO en mujeres<sup>(53)</sup>.

Existen circunstancias especiales en los que la actividad física puede compensar los efectos deletéreos de algunas situaciones patológicas.

En niños con artritis crónica juvenil la actividad física se correlaciona con el grosor del fémur y la DMO femoral, de los que es un buen predictor<sup>(56)</sup>. En columna lumbar es un predictor del tamaño del hueso, pero no de la MO<sup>(56)</sup>.

En niños con parálisis cerebral, la realización de ejercicio físico de carga durante 8 meses aumenta el contenido mineral óseo y la MO en la región femoral<sup>(57)</sup>.

La actividad física es eficaz en la prevención de la pérdida de masa ósea lumbar asociada a la disminución de peso en mujeres de 44 a 50 años premenopáusicas sanas<sup>(58)</sup>.

## FRAGILIDAD ÓSEA Y ACTIVIDAD FÍSICA

La actividad física en las personas de edad avanzada es especialmente recomendable por sus efectos beneficiosos sobre el sistema músculo-esquelético, pero también sobre el cardiovascular, ya que es un segmento de población de hábitos sedentario<sup>(59,60)</sup>.

En ancianos con actividad deportiva, la pérdida ósea es la misma que los no-deportistas<sup>(5,61)</sup>, sugiriendo que el ejercicio sostenido tiene un escaso efecto protector sobre la mayoría de los huesos a edades avanzadas.

Para las personas ancianas, con un alto riesgo de fractura, el mantenimiento de una fuerza o tensión adecuadas son de enorme importancia para la prevención de las caídas. Por tanto, en este grupo de edad, un programa de ejercicio diseñado para aumentar el tono muscular en las extremidades inferiores puede ser una fórmula de intervención atractiva incluso aunque no se produzcan cambios en la MO.

Varios grupos han examinado los efectos del entrenamiento para mejorar la fuerza muscular en personas de edad avanzada de ambos sexos<sup>(62-65)</sup>. El grado con que la fuerza muscular aumenta con el entrenamiento, incluso en la 9a década de la vida es importante<sup>(36)</sup>, y es esperanzador ver que el aumento substancial en la fuerza muscular, tamaño de la fibra muscular e incluso en el rendimiento muscular son conseguidos con programas de ejercicio que son menos rigurosos que los recomendados a la población joven<sup>(66)</sup>. Ocasionalmente, el ejercicio puede producir en población anciana una reducción de las pérdidas óseas<sup>(67)</sup>. Esto se traduce en una reducción de la tasa de fracturas de cadera en las personas que mantienen actividad física, aunque no se advierten cambios en las tasas de fractura de antebrazo o vertebrales frente a la población sedentaria<sup>(68)</sup>.

La realización de una actividad física tiene otros efectos sobre la musculatura: aumenta la fuerza, la resistencia y la capacidad funcional y de coordinación y equilibrio<sup>(1,35,40)</sup>. Con ello se podría reducir el riesgo de fractura al reducirse el riesgo de caída, aunque la realización de una mayor actividad física supone a menudo una mayor intensidad del impacto que podría disminuir el efecto protector del ejercicio en las personas mayores<sup>(1)</sup>.

Para finalizar debemos recordar que nosotros pertenecemos a una sociedad fundamentalmente sedentaria. Existen numerosas pruebas que las personas pertenecientes al denominado primer mundo realizan cada vez menos ejercicio y realizan los exámenes de ejercicio físico peor que tiempo

atrás. Por tanto, a pesar de no conseguir en edades avanzadas un beneficio significativo sobre la calidad esquelética si conseguirán beneficios cardiacos y sobre el tono muscular del esqueleto.

## RESUMEN

### ¿La actividad física es beneficiosa para el esqueleto?

La actividad física influye de forma beneficiosa sobre el sistema músculo-esquelético.

### ¿Qué tipo de actividad es mejor?

Las que conllevan cargas asociadas. Pero esta actividad puede ser tan simple como la desarrollada al caminar.

### ¿A qué edad tiene un mayor efecto?

En la infancia y adolescencia, la influencia sobre la calidad ósea va disminuyendo según avanza la edad pero a pesar de no disponer de evidencia que en las personas ancianas la práctica de actividad física influya sobre la calidad ósea, los beneficios cardiovasculares y sobre el sistema neuro-muscular conducen a una mejora global de su salud y una disminución efectiva del riesgo de fractura en particular.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 **HENDERSON NK, WHITE CP, EISMAN JA.** The roles of exercise and fall risk reduction in the prevention of osteoporosis. *Endocrinol Metab Crin North Am* 1998; 27: 369-387.
- 2 **DEAL CD.** Osteoporosis: Prevention, diagnosis and management. *Am J Med* 1997; 102(suppl 1A): 35S-39S.
- 3 **AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE.** Position Stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30: 992-1008.
- 4 **WOLFF I, VAN CROONENBORG J, KEMPER HCG, KOSTENSE PJ, TWISK JWR.** The effect of exercise training programs on bone mass: A meta-analysis of published controlled trials in pre- and postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 1999; 9: 1-12.
- 5 **RYAN AS, ELAHI D.** Loss of bone mineral density in women athletes during aging. *Calcif Tissue Int* 1998; 63:287-292.
- 6 **HSIAO ET, ROBINOVITCH SN.** Common protective movements govern unexpected falls from standing height. *J Biomech* 1998; 31:1-9.
- 7 **SCHWARTZ AV, KELSEY JL, SIDNEY S, GRISSO JA.** Characteristics on falls and risk of hip fracture in elderly men. *Osteoporosis Int* 1998; 8:240-246.

### ¿Puede hacerse durante una época y sus beneficios perduran en el tiempo?

Los beneficios conseguidos en las etapas más precoces de la vida tienen una mayor perdurabilidad en el tiempo que los realizados en etapas más avanzadas de la vida.

### ¿Cuánto más actividad física mejor?

Aunque de forma general la actividad física conduce a mejorar la salud, una práctica de esta actividad "supra-normal" puede conducir a alteraciones del equilibrio metabólico del tejido óseo, especialmente cuando se acompaña de alteraciones de los hábitos alimenticios, conduciendo un efecto contrario con deterioro de la salud.

## RECOMENDACIONES

1. La actividad deportiva debe iniciarse a edades tempranas.
2. Es conveniente mantener algún tipo de actividad física intensa a lo largo de toda la vida.
3. Deben evitarse las actividades físicas que produzcan estados de hipoprogesteronismo.
4. En caso de no poder realizar actividades físicas de carga, es conveniente la realización de ejercicios que aumenten la fuerza muscular.
5. La intensidad del ejercicio ha de ser progresiva.

- 8 **LAFAGE-PROUST M-H, THOMAS T, VICO L, ALEXANDRE C.** Facteurs physiques, cellules osseuses et ostéoporose. *Rey Rhum (Fr)* 1999; 66: 601-605.
- 9 **TURNER CH, PAVALKO FM.** Mechanotransduction and functional response of the skeleton to physical stress: The mechanisms and mechanics of bone. *J Orthop Sci* 1998; 3: 346-355.
- 10 **DENNISO E, EASTELL R, FALL CHD, KELLINGRAY S, WOOD PJ, COOPER C.** Determinants of bone loss in elderly men and women: A prospective population-based study. *Osteoporosis Int* 1999; 10: 384-391.
- 11 **CURL WW.** Aging and exercise: Are they compatible in women? *Clin Orthop Related Dis* 2000; 372: 151-158.
- 12 **ROEMMICH JN, ROGOL AD.** Exercise and growth hormone: does one affect the other? *J Pediatr* 1997; 131: S75-S80.
- 13 **MARCUS R.** Exercise: Moving in the right direction. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 1793-1796.
- 14 **UUSI-RASI K, SIEVANEN H, VUORI I, PASANEN M, HEINONEN A, OJA P.** Associations of physical activity and calcium intake with bone mass and size in healthy women at different ages. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 133-142.

- 15 **MORRIS FL, NAUGHTON GA, GIBBS JL, CARLSON JS, WARK JD.** Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res* 1997; 12: 1453-1462.
- 16 **SUNDBERG M, DÜPPE H, GÄRDESELL P, JOHNNELL O, OMSTEIN E, SERNBO I.** Bone mineral density in adolescents. *Acta Orthop Scand* 1997; 68: 456-460.
- 17 **BRADNEY M, PEARCE G, NAUGHTON G, SULLIVAN C, BASS S, BECK T, CARLSON J, SEEMAN E.** Moderate exercise during growth in prepubertal boys: Changes on bone mass, size, volumetric density and bone strength: A controlled prospective study. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 1814-1821.
- 18 **ALFREDSON H, HEDBERG G, BERGSTROM E, NORDSTROM P, LORENTZON R.** High thigh muscle strength but not bone mass in young horseback-riding females. *Calcif Tissue Int* 1998; 62: 497-501.
- 19 **EMSLANDER HC, SINAKI M, MUHS JM, CHAO EYS, WAHNER HW, BRYANT SC, RIGGS BL, EASTELL R.** Bone mass and muscle strength in female college athletes (runners and swimmers). *Mayo Clin Proc* 1998; 73: 1151- 1160.
- 20 **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: 283-286.
- 21 **WOITGE HW, FRIEDMAN B, SUTTNER S, FARAHMAND I, MULLER M, SCHMIDT-GAYK H, BAERTSCH P, ZIEGLER R, SEIBEL MJ.** Changes in bone turnover induced by aerobic and anaerobic exercise in young males. *J Bone Miner Res* 1998; 13: 1797-1804.
- 22 **BÉRARD A, BRAVO G, GAUTHIER P.** Meta-analysis of the effectiveness of physical activity for the prevention of bone loss in postmenopausal women. *Osteoporos Int* 1997; 7: 331-337.
- 23 **HAAPASALO H, SIEVANEN H, KANNUS P, HEINONEN A, OJA P, VUORI I.** Dimensions and estimated mechanical characteristics of the humerus after long-term tennis loading. *J Bone Miner Res* 1996; 11 :864-872.
- 24 **BOOT AM, DE RIDDER MAJ, POLS HAP, KRENNING EP, DE MUINCK KEIZER-SCRAMA SMPF.** Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake, and physical activity. 1997.
- 25 **UUSI-RASI K, HAAPASALO H, KANNUS P, PASANEN M, SIEVANEN H, OJA P, VUORI I.** Determinants of bone mineralization in 8 to 20 year old Finnish females *Eur J Clin Nutr* 1997; 51 :54-59.
- 26 **ALFREDSON H, NORDSTRON P, LORENTZON R.** Total and regional bone mass in female soccer player. *Calcif Tissue Int* 1996; 59: 438-442.
- 27 **NORDSTROM P, LORENTZON R.** Site-specific bone mass difference of the lower extremities in 17-year-old ice hockey players. *Calcif Tissue Int* 1996; 59:443-448.
- 28 **DUPPE H, GÄRDESELL P, JOHNNELL O, OMSTEIN E.** Bone mineral density in female junior, senior and former football players. *Osteoporosis Int* 1996; 6:437-441.
- 29 **ETHERINGTON J, HARRIS PA, NANDRA D, HART DJ, WOLMAN RL, DOYLE DV, SPECTOR TD.** 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; 11:1333-1338.
- 30 **CHILIBECK PD, CALDER A, SALE DG, WEBBER CE.** Twenty weeks of weight training increases lean tissue mass but not bone mineral mass or density in healthy, active young women. *Can J Physiol Pharmacol* 1996; 74:1180-1185.
- 31 **FORWOOD MR, BURR DB.** Physical activity and bone mass: exercises in futility? *Bone Miner* 1993; 21:89-112.
- 32 **SINAKI M, WAHNER HW, BERGSTRALH EJ, HODGSON SF, OFFORD KP, SQUIRES RW, SWEE RG, KAO PC.** Three-year controlled, randomised trial of the effect of dose-specified loading and strengthening exercises on bone mineral density of spine and femur in nonathletic, physically active women. *Bone* 1996; 19:233-244.
- 33 **HEINONEN A, KANNUS P, SIEVANEN H, OJA P, PASANEN M, RINNE M, UUSI-RASI K, VUORI I.** Randomized controlled trial of high-impact exercise on selected risk factors for osteoporotic fractures. *Lancet* 1996; 348:1343-1347.
- 34 **TAAFFE DR, ROBINSON TL, SNOW CM, MARCUS R.** High-impact exercise promotes bone gain in well-trained females athletes. *J Bone Miner Res* 1997; 12:255-260.
- 35 **LEWIS RD, MODLESKY CM.** *Int J Sport Nutr. Nutrition, physical activity and bone health in women.* 1998; 8: 250-284.
- 36 **PEARCE G, BASS S, YOUNG N, FORMICA C, SEEMAN E.** Does weight-bearing exercise protect against the effects of exercise-induced oligomenorrhea on bone density? *Osteoporosis Int* 1996; 6:448-452.
- 37 **ZANKER CL, SWAINE IL.** Relation between bone turnover, oestradiol, and energy balance in women distance runners *Br J Sports Med* 1998; 32: 167-171.
- 38 **COOPER CS, TAAFFE DR, GUIDO D, PACKER E, HOLLOW A y L, MARCUS R.** Relationship of chronic endurance exercise to the somatotropic and sex hormone status of older men *Eur J Endocrinol* 1998; 138: 517-523.
- 39 **GIBSON JH, MITCHELL A, REEVE J, HARRIES MG.** Treatment of reduced bone mineral density in athletic amenorrhea: A pilot study. *Osteoporosis Int* 1999; 10: 284-289.
- 40 **LAYNE JE, NELSON ME.** The effects of progressive resistance training on bone density: A review. *Med Sci Sports Exerc.* 1999; 31: 25-30.
- 41 **FELSENBERG D, GOWIN W.** Bone densitometry: Applications in sports medicine. *Eur J Radiol* 1998; 28: 150-154.
- 42 **MAYOUX-BENHAMOV MA, BAGHERI F, ROUX C, AULELEY GR, RABOURDIN JP, REVEL M.** Effect of psoas training on postmenopausal lumbar bone loss: a 3-year follow-up study. *Calcif Tissue Int* 1997; 60: 348-353.
- 43 **ADAMI S, GATTI D, BRAGA V, BIANCHINI D, ROSSINI M.** Site-specific effects of strength training on bone structure and geometry of ultradistal radius in postmenopausal women. *J Bone Miner Res* 1999; 14: 120-124.
- 44 **PETTERSON U, NORDSTROM 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: 490-498.

- 45 DALY RM, RICH PA, KLEIN R, BASS S. Effects of high-impact exercise on ultrasonic and biochemical indices of skeletal status: A prospective study in young male gymnasts. *J Bone Miner Res* 1999; 14: 1222-1230.
- 46 NORDSTROM P, NORDSTROM G, LORENTZON R. Correlation of bone density to strength and physical activity in young men with a low or moderate level of physical activity. *Calcif Tissue Int* 1997; 60: 332-337.
- 47 KOHRT WM, SNEAD DB, SLATOPOLSKY E, BIRGE SJ Jr. Additive effects of weight-bearing exercise and estrogen on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res* 1995; 10:1303-1311.
- 48 KERR D, MORTON A, DICK I, PRINCE R. Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *J Bone Miner Res* 1996; 11:218-225.
- 49 LOHMAN T, GOING S, PAMENTER R, HALL M, BOYDEN T, HOUTKOOPER L, RITENBAUGH C, BARE L, HILL A, AICKIN M Effects of resistance training on regional and total bone mineral density in premenopausal women: A randomised prospective study. *J Bone Min Res* 1995; 10:1015-1024.
- 50 DAMILAKIS J, PERISINAKIS K, KONTAKIS G, VAGIOS E, GOURTISOYIANNIS N. Effect of lifetime occupational physical activity on indices of bone mineral status in healthy postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1999;64:112-116.
- 51 GARN SM. The earlier Gain and Later Loss of Cortical Bone. Thomas. Springfield, 1970. pp 1-143.
- 52 BENNELL KL, MALCOLM SA, THOMAS SA, REID SJ, BRVKNER PD, EBELING PR, WARK JD. Risk factors for stress fractures in track and field athletes. *Am J Sports Med* 1996; 24: 810-818.
- 53 FRIEDLANDER AL, GENANT HK, SADOWSKY S, BYL NN, GLÜER C-C. A two year program of aerobics and weight training enhances bone mineral density of young woman. *J Bone Miner Res* 1995; 10:574-585.
- 54 SNOW-HARTER C, BOUXSEIN ML, LEWIS BT, CARTER DR, MARCUS R Effects of resistance and endurance exercise on bone mineral status of young women: A randomised exercised intervention trial. *J Bone miner Res* 1992; 7:761-769.
- 55 NGUYEN TV, SAMBROOK PN, EISMAN JA. Bone loss, physical activity, and weight change in elderly women: The Dubbo osteoporosis Epidemiology Study. *J Bone Min Res* 1998; 13:1458-67.
- 56 KOTANIEMI A, SAVOLAINEN A, KRÓGER H, KAUTIAINEN H, ISOMÁKI H. Weight-bearing physical activity, calcium intake, systemic glucocorticoids, chronic inflammation, and body constitution as determinants of lumbar and femoral bone mineral in juvenile chronic arthritis. *Scand J Rheumatol* 1999; 28: 19-26.
- 57 CHADKE, BAILEY DA, MCKAY HA, ZELLO GA, SNYDER RE. The effect of weight-bearing physical activity program on bone mineral content and stimated volumetric density in children with spastic cerebral palsy. *J Pediatr* 1999; 135: 115-117.
- 58 SALAMONE LM, CAULEY JA, BLACK DM, SIMKIN-SILVERMAN L, LANGW, GREGG E, PALERMO L, EPSTEIN RS, KULLER LH, WING R. Effect of a lifestyle intervention on bone mienral density in premenopausal women: A randomized trial. *AmJ Clin Nutr* 1999; 70: 97-103.
- 59 CHERUBINI A, LOWENTHAL DT, WILLIAMS LS, MAGGIO D, MECOCCI P, SENIN U. Physical activity and cardiovascular health in the elderly. *Aging Clin Exp Res* 1998; 10:13-25.
- 60 RUTHERFORD OM Bone density and physical activity. *Proc Nutri Soc* 1997; 56:967-975.
- 61 ALFREDSON H, NORDSTROM P, LORENTZON R. Bone mass in female volleyball players: a comparison of total and regional bone mass in female volleyball players and non active females. *Calcif Tissue Int* 1997; 60: 338-342.
- 62 FIATARONE MA, MARKS E, RYAN ND, MEREDITH CN, LIPSITZ LA, EVANS WJ. High-intensity strenght training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA* 1990; 263:3029-3030.
- 63 CHARETTE SL, MCEVOY L, PYKAG, SNOW-HARTER C, GUIDO D, WISWELL RA, MARCUS R. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women *J Appl Physiol* 1991; 70:1912-1916.
- 64 SIPILA S, MULTANENJ, KALLINEN M, ERA P, SUOMINEN H. Effects on strenght and endurance training on isometric strength and walking speed in elderly women. *Acta Physiol Scand* 1996; 156:457-464.
- 65 PYKA G, LINDENBERGER E, CHARETTE S, MARCUS R. Muscle strength and fiber adaptation to a year-long resistance training program in elderly women. *J Gerontol* 1994; 49: M22-M27.
- 66 EBRAHIMS, THOMPSON PW, BASKARAN V, EVANS K Randomized placebo-controlled trial of brisk walking in the prevention of postmenopausal osteoporosis. *Age Ageing* 1997; 26: 253-260.
- 67 PRUITT LA, TAAFFE DR, MARCUS R. Effects ora one year high-intensity versus low-intensity resistance training program on bone mineral density in older women. *J Bone Miner Res* 1995; 10:1788-1795.
- 68 GREGGS EW, CAULEY JA, SEELEY DG, ENSRUD KE, BAUER DC. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. *Ann Intem Med* 1998; 129:81-88.