

Efectos del ejercicio sobre la masa ósea y la osteoporosis

A. PEÑA ARREBOLA

Servicio de Rehabilitación. Hospital Ramón y Cajal. Madrid.

Resumen.—Varias técnicas y agentes físicos de rehabilitación pueden proporcionar importantes beneficios al paciente osteoporótico, pero muy especialmente el ejercicio. Éste tiene efecto osteogénico, tanto mayor cuanto más joven es el ejercitante. En consecuencia tiene un efecto preventivo, no sólo por proporcionar un mayor pico de masa ósea en la juventud, sino también por prevenir las pérdidas de masa mineral en edades sucesivas. Numerosos ensayos clínicos y revisiones correlacionan directa y positivamente el efecto del ejercicio con la masa ósea en todas las edades. De hecho los deportistas tienen también un esqueleto más fuerte, salvo las atletas de elite que caigan en amenorrea mantenida, que se decalcifican. El ejercicio se ha mostrado eficaz en la reducción de caídas y de fracturas, que son el desenlace más dramático derivado de esta enfermedad. Muchas limitan la vida y la función del osteoporótico. Están indicados especialmente los ejercicios de extensión, para prevenir la cifosis derivada de fracturas-acuñamiento vertebrales. En consecuencia, la indicación de mantener una actividad física constante, adecuada a las posibilidades de cada osteoporótico, debe formar parte inexcusable de las indicaciones de su tratamiento.

Palabras clave: *Osteoporosis. Ejercicio. Fracturas*

EFFECTS OF EXERCISE ON BONE MASS AND OSTEOPOROSIS

Summary.—Several techniques and physical agents of rehabilitation may provide important benefits to the osteoporotic patient, but very especially exercise. This has an osteogenic effect, that is greater the younger the person doing the exercise. Consequently, it has a preventive effect, not only because it provides a greater bone mass peak in youth but also because it prevents loss of mineral mass in successive ages. Numerous clinical trials and revisions directly and positively correlate the effect of exercise with bone mass in all ages. In fact, athletes also have a strong skeleton, except female elite athletes who suffer maintained amenorrhea and decalcification. Exercise has been shown to be effective in the reduction of falls and fractures, that are the most dramatic

outcome derived from this disease. Many limit life and function of the osteoporotic subject. Extension exercises are especially indicated to prevent kyphosis derived from fractures-vertebral wedging. Consequently, the indication to maintain constant physical activity, adapted to the possibilities of each osteoporotic subject, should form an inexcusable part of the indications of their treatment.

Key words: *Osteoporosis. Exercise. Fractures*

UTILIDAD DE LA REHABILITACIÓN PARA EL PACIENTE OSTEOPORÓTICO

La osteoporosis es una enfermedad esquelética sistémica caracterizada por la disminución de la masa ósea y el deterioro de la microarquitectura del tejido óseo, con el consiguiente aumento de la fragilidad ósea y de la propensión a las fracturas¹.

Nuestra especialidad, además de poder proporcionar las mismas aportaciones de otras ramas de la Medicina, en cuanto al diagnóstico y al tratamiento farmacológico, puede ser especialmente útil al paciente osteoporótico, por ejemplo, estimulando la realización de ejercicio físico general, de programas individualmente adaptados a la situación de cada uno, evitando los ejercicios nocivos, y previniendo las actividades que conllevan riesgo de caídas. También puede actuar proporcionando normas posturales, del tipo de las aconsejadas en las escuelas de espalda, que eviten el daño y dolor adicional. Además, puede aliviar el dolor del paciente, aparte de con la medicación habitual, mediante la posible aplicación de numerosos agentes físicos, como los diversos disponibles de electrotermoterapia, masoterapia, ortesis, hidrocinesiterapia y otras técnicas del ámbito de la Rehabilitación. Finalmente, tras el tratamiento ortopédico o quirúrgico de fracturas osteoporóticas, como las de cadera, hombro, muñeca u otras, mediante programas de ejercicios de rehabilitación, puede ayudar a la mayor y más precoz recuperación funcional de los pacientes osteoporóticos (tabla 1).

TABLA 1. Aportaciones específicas de la rehabilitación al paciente con osteoporosis

Favoreciendo y controlando la práctica de ejercicio físico general
Realizando tablas de ejercicios más específicos (refuerzo de los erectores del dorso) y evitando ejercicios contraindicados (en hiperflexión de columna)
Enseñanza de normas posturales ergonómicas para evitar sobrecargar el pilar anterior del raquis (zona más vulnerable, de menor resistencia)
Sedación del dolor del paciente osteoporótico con agentes físicos: electrotermoterapia, masoterapia, hidroterapia, ortesis
Prevención de las caídas mediante el ejercicio físico, eliminación de barreras y enseñanza de conductas de evitación
Recuperación funcional de las secuelas de las fracturas osteoporóticas: limitación de movilidad e independencia, algodistrofia y otras complicaciones (neurológicas, tendinosas, etc.)

EFECTO PREVENTIVO DEL EJERCICIO FÍSICO

Entre todas las indicaciones mencionadas de agentes físicos de rehabilitación destaca ampliamente el ejercicio, el cual tiene también un gran efecto preventivo, junto con la dieta, rica en calcio y vitamina D, y la eliminación de hábitos sedentarios o tóxicos, como el tabaco y el alcohol. Esta revista ha publicado una revisión² sobre el efecto del ejercicio físico sobre la masa ósea, destacando en sus conclusiones que, aunque la dosificación del mismo está sujeta a discusión, la intensidad del esfuerzo y la de la carga axial son los parámetros más determinantes.

Aparte de esta prevención primaria, el ejercicio tiene un efecto de prevención secundaria, que disminuye la progresión de la enfermedad y el riesgo de caídas. Además, el ejercicio físico proporciona una prevención terciaria, o de la discapacidad, por su efecto sobre el dolor, la postura cifótica o las limitaciones funcionales derivadas de las fracturas (tabla 2).

TABLA 2. Efecto preventivo del ejercicio en la osteoporosis

Prevención primaria, aumentando el pico de masa ósea, en la infancia y juventud
Prevención secundaria, por disminución de pérdidas o ganancia de masa ósea en el paciente osteoporótico
Prevención terciaria o de la discapacidad: alivio del dolor, efecto anticifosis y recuperación funcional tras las secuelas de fracturas osteoporóticas

PICO DE MASA ÓSEA

En el desarrollo del esqueleto, y también en la adquisición de su máxima densidad mineral, también llamada pico de masa ósea, influyen sobre todo, en al menos un 70 %, los factores genéticos³; seguidos de los factores hormonales, nutricionales y mecánicos, como el ejercicio. Cerca del 95 % de la máxima densidad mineral ósea se consigue hacia el final del desarrollo de la estatura máxima del esqueleto; es decir, alrededor de los 16-18 años en la mujer y de los 18-20 en el hombre³. El resto, hasta llegar a su máximo del 100 %, se suma, aproximadamente, en los 10 años siguientes, de modo que, ya en la cuarta década de la vida, empieza la curva a descender, poco a poco, desde su máximo, para hacerlo con una pendiente muy inclinada en la mujer en los años inmediatos a la menopausia, por el brusco déficit estrogénico. En consecuencia, llega un momento en que se sobrepasa el umbral de fractura, situación en la que un traumatismo, antes insuficiente, producirá una fractura en el esqueleto osteoporótico.

OSTEOGÉNESIS

Desde los viejos maestros de la Osteología, Mayer, Wolf, Hueter, Volkman, Delpsch, Jores, Scaglietti y otros^{4,5}, se sabe que los huesos sometidos a diferentes cargas modifican su arquitectura y la calidad de su tejido. Las presiones adecuadas estimulan la formación y la remodelación, pero las excesivas y continuas actúan negativamente, produciendo atrofia, tal como se ve en las vértebras escolióticas en el lado de la concavidad (tabla 3). El estrés mecánico induce un efecto osteogénico por diversos mecanismos. Uno de ellos es por formación de corrientes eléctricas, generadas por la deformación del material óseo microcristalino, lo que se denomina piezoelectricidad⁶. Ésta induce la formación y depósito de nuevas sales de apatita cálcica en el hueso. Otros estímulos osteogénicos derivan de la alteración, por el ejercicio y cargas de compresión, de los fluidos que discurren por los capilares óseos. Finalmente los estímulos mecánicos inducen la formación de factores locales de crecimiento óseo, bioquímicos y humores, estimulantes de los osteoblastos y por lo tanto generadores de masa ósea.

TABLA 3. Efecto de las presiones y cargas sobre el hueso

Las adecuadas incrementan la masa ósea y su remodelación, siendo:
Síto-específicas (máxima eficacia donde se aplican)
Con efecto proporcional a su intensidad
Las excesivas y continuas atrofian el desarrollo del hueso
Las excesivas bruscas rompen la resistencia y fracturan

La densidad ósea se adapta a las cargas externas primeramente, en las fases de crecimiento; mientras que la arquitectura trabecular es adaptada más tarde, en el desarrollo⁷.

Es sabido que el efecto osteogénico de una fuerza se produce sobre el sitio específico de su aplicación, tanto en el hueso joven como en el maduro⁸ y que es directamente proporcional a su cuantía⁹. La intensidad debe exceder a los picos normales de fuerza de las actividades diarias. Sin embargo, las cargas excesivas pueden romper la resistencia del hueso y producir fracturas.

En consecuencia, para obtener beneficio del efecto de las fuerzas incidentes del ejercicio, éste debería ser dirigido hacia las áreas del esqueleto más influidas negativamente por la enfermedad. Esto es, columna y caderas, sin descartar otras localizaciones, como el resto de los miembros inferiores y superiores, tales como muñecas y hombros. Por otra parte, su intensidad debería ser la mayor posible, aunque teniendo en cuenta todas las circunstancias personales de cada sujeto osteoporótico, y sin sobrepasar su presumiblemente inferior umbral de resistencia. En la práctica se recomienda ejercitarse progresivamente, valorando la respuesta individual, hasta el máximo tolerable de carga y de tiempo.

ESTUDIOS QUE RELACIONAN ACTIVIDAD FÍSICA Y MASA ÓSEA

Existen numerosos trabajos y revisiones de éstos que muestran la correlación directamente proporcional entre el grado de actividad física desarrollado y la densidad mineral ósea, en cualquier edad biológica¹⁰.

En sentido contrario, también se dispone de numerosas evidencias de que la inmovilización conduce a una rápida y cuantiosa pérdida de masa mineral esquelética. Desafortunadamente, la desmineralización del esqueleto se produce mediante una rápida caída en espiral, que puede llegar hasta el 40 % en un año³, lo que podría evitarse manteniendo la bipedestación tan sólo 30 minutos cada día.

Las ganancias mediante la actividad física moderada son solo del orden del 1 %-2 %, pudiendo duplicarse o triplicarse si el ejercicio es muy intenso y prolongado. Y lo que es peor, al dejar la actividad física las ganancias conseguidas se desvanecen en unos 6 a 8 meses, volviéndose a la base de partida¹¹ y seguidamente a las pérdidas, que involutivamente se producen en los sujetos inactivos. Por lo tanto, el ejercicio físico debe ser continuado, de por vida.

Seguidamente mencionaremos algunas características del efecto del ejercicio físico en las distintas edades biológicas, que pueden verse más resumidas en la tabla 4.

TABLA 4. Efecto del ejercicio físico sobre la masa ósea en las diferentes edades biológicas con respecto a controles sedentarios

Prepúberes

Ganancias medias del 2 % al 4 % de masa ósea

Adolescentes

Incremento del pico de la masa y el tamaño óseos

Mejor arquitectura del esqueleto

Efectos variables, en función del grado de maduración esquelética

Adultos Jóvenes

Ganancias del 2 % al 9 % (normalmente del 1 % al 3 %/año), según la intensidad de los programas y tiempos dedicados

Pre y perimenopáusicas

Ganancias del 1 % al 2,8 %, según actividades y tiempos

Postmenopáusicas

Ganancias < 1 %/año; pero no pierden, como los inactivos, el 1 %-2 %/año

Ancianos

Dudosa ganancia de masa ósea pero ayuda a mejorar fuerza, estabilidad, reacción y a prevenir las caídas (y fracturas)

Atletas

Aumento del 10 % al 30 % de masa ósea respecto a sedentarios

Excepto amenorreicas, que desarrollan osteoporosis

En sujetos prepúberes, numerosos estudios consultados¹²⁻¹⁷ concluyen en ganancias del 2 % al 4 % de promedio, de masa ósea general, de columna y de caderas en practicantes de diferentes programas de ejercicios, respecto a controles homólogos. Los ejercicios de fuerza y alto impacto, como los saltos, proporcionaron mayores efectos, tanto sobre el desarrollo de la masa ósea como de la muscular. Realmente, los datos más concluyentemente positivos son los que sustentan que el ejercicio durante el crecimiento construye un esqueleto más fuerte.

En poblaciones de adolescentes⁸⁻³¹ se recogen ganancias de masa ósea, en los ejercitantes, incluso superiores al 10 %-20 %, comprobadas por densitometría, respecto a los grupos de control. También dependen del grado de maduración esquelética y peso corporal.

El período de crecimiento presenta la mejor oportunidad de la vida no sólo para ganar densidad ósea sino también para modificar el tamaño del esqueleto y su arquitectura, en respuesta a las cargas mecánicas³. El ejercicio físico, en consecuencia, tiene un efecto preventivo de la osteoporosis, al conseguir incrementar en los sujetos jóvenes el pico de masa

ósea. Este capital podría otorgar beneficios residuales incluso 20 años después¹⁷, siempre que se mantenga asiduamente una cierta actividad física, por ahora cuantitativamente no precisada. Se ha sugerido que el efecto de incrementar el pico de masa ósea en un 7%-8% si es mantenido durante la edad adulta, puede significar la reducción de 1,5 veces el riesgo de fracturas³².

*En estudios con adultos jóvenes de ambos sexos*³³⁻³⁸, sometidos a muy diversos programas de ejercicios aeróbicos o con pesas, de hasta tres horas por semana, se han medido aumentos de densidad mineral ósea, respecto a los grupos de control, que varían al cabo de los años, entre el 2% y el 9%, dependiendo de localizaciones, intensidad y duración. Sin embargo, las ganancias medias son mucho más modestas, ya que van del 1% al 3% durante el primer año, con escasos incrementos, si es que los hay, después³. No está completamente aclarado si el mantenimiento del nivel de ejercicio habitual durante varios años produce beneficios continuados, acumulativos sobre la densidad mineral ósea y la incidencia de fracturas osteoporóticas, o si los efectos positivos del ejercicio se detienen, después de una respuesta inicial³⁹, en un efecto meseta.

*En diferentes estudios con mujeres pre y perimenopáusicas*⁴⁰⁻⁵¹, que realizaron muy diversos programas de ejercicios, desde actividades domésticas o laborales, baile, subir peldaños, levantamiento de pesos o cuestionarios de autovaloración de su práctica física, en general, también se recoge más densidad mineral ósea en las ejercitantes, respecto a controles similares inactivas. La mayoría de los estudios presentan ganancias que oscilaron entre el 1% y el 2,8% según las actividades, localizaciones del esqueleto y tiempo de duración, casi siempre entre 0,5 y 2 años.

En postmenopáusicas se han publicado numerosos estudios⁵²⁻⁶⁵ del efecto del ejercicio físico sobre la masa ósea. De nuevo, aunque no todos los estudios y con cifras en general más modestas, los resultados fueron de correlación directa entre actividad y densitometría. Sin embargo, las diferencias muchas veces fueron más bien debidas a perder las ejercitantes menos masa ósea que las personas inactivas. Los ejercicios en carga, la cuantía de ésta, más que el número de repeticiones, y el peso corporal influyeron de forma directa. Varias revisiones sistemáticas⁶⁵⁻⁷² de ensayos clínicos del efecto del ejercicio sobre la masa mineral esquelética concluyen que las mujeres postmenopáusicas activas aumentan en menos del 1% o al menos preservan el contenido mineral óseo, mientras que las del grupo control pierden por encima del 1% o 2% al año. Las diferencias podían variar según los huesos analizados pero pueden detectarse ganancias tanto en columna lumbar como en huesos periféricos. En consecuencia, la diferencia se produce más por el efecto ahorro que por

el de ganancia. Una reciente revisión Cochrane, sobre el ejercicio como factor preventivo y de tratamiento de la osteoporosis en la mujer postmenopáusica, de 8 ensayos clínicos, con criterios de inclusión de calidad, concluye que los ejercicios aeróbicos, los de carga y los de resistencia fueron todos eficaces sobre la densidad mineral ósea de la columna y que caminar lo fue sobre ésta y sobre la cadera, por lo que esto es altamente recomendable por su fácil disponibilidad⁷³.

En poblaciones de ancianos, según se publica en varios ensayos clínicos⁷⁴⁻⁸⁴, se recogen frecuentemente resultados de mejorías en el equilibrio, fuerza y volumen muscular, coordinación, fatiga o calidad de vida. Sin embargo, no siempre mejoró la densitometría, aunque ocasionalmente se observaron ganancias, como máximo del 2%, sobre todo en programas de ejercicios más vigorosos y contra el suelo que sólo con contracciones musculares. En este grupo de edad la mayor parte de las mejorías se producen en la columna y menos en el cuello femoral. La respuesta anabólica del hueso a los estímulos mecánicos decrece con el paso de la vida⁸⁵. En otras palabras, la actividad física puede tener un mayor efecto sobre la densidad ósea antes de los 50 años⁸⁶.

Se desconoce si el ejercicio tiene otros efectos sobre el esqueleto, tales como cambios en el tamaño óseo, su geometría o propiedades de la matriz, las cuales podrían influir en la resistencia ósea.

Deportistas de elite y personas que hacen mucho ejercicio de fuerza y peso han mostrado en varias revisiones que, en ausencia de amenorrea o de escasa nutrición, llegan a tener incluso del 10% al 30%^{5,87-93} más de densidad mineral ósea en las zonas sobrecargadas que los sujetos inactivos. Esto podría ser debido a un efecto acumulativo en los atletas, mientras que los estudios prospectivos apenas alcanzan seguimientos de dos años. En la población general los activos presentan de un 2% a un 10% más de densidad mineral ósea que sus homólogos inactivos, aunque otros estudios no han encontrado diferencias significativas tras controlar ciertos factores de confusión, como niveles de estrógenos e ingesta de calcio⁹⁴⁻⁹⁷. Cuando el ejercicio físico se mantiene durante toda la vida, la densidad mineral ósea general y de cadera son entre un 5% y un 8% superiores a sus pares, según los niveles de intensidad.

Por el contrario, en las deportistas profesionales con amenorrea, u oligomenorrea de más de 40 meses, se produce una desmineralización del esqueleto⁹⁸⁻¹⁰⁰. De este hecho se deduce la necesidad de la presencia de estrógenos para formar y mantener un esqueleto sólido. Dicho de otro modo, los estrógenos, y en menor proporción el calcio, tienen efectos aditivos sobre el ejercicio y el déficit de cada uno de estos factores no puede suplirse con exceso de otro. Durante el crecimiento la presencia de niveles

suficientes de ingesta de calcio tiene una especial relevancia para incrementar la densidad ósea.

En resumen, aunque los estudios de intervención con ejercicios a veces arrojan resultados diferentes, en general, los efectos son tanto más favorables cuando las cargas recaen sobre los huesos específicos y cuando los programas fueron más intensivos. Son factores de confusión las distintas características físicas de los sujetos analizados, los distintos parámetros de los programas de ejercicios, las diferentes respuestas del hueso cortical o trabecular, los tamaños muestrales, los sesgos de selección y asignación, la duración, la motivación y el cumplimiento. Incrementos del 5 % y del 10 % de la densidad mineral ósea reducirían el riesgo relativo de fractura de cadera a 2 y 1,3 respectivamente, aunque desafortunadamente pocas intervenciones informan de ganancias de esta magnitud⁵.

El Colegio Americano de Medicina Deportiva en un editorial de síntesis¹⁰¹ presenta sus conclusiones sobre el efecto del ejercicio físico sobre el hueso, las cuales presentamos seguidamente:

1. Los efectos del ejercicio sobre la masa ósea varían según la edad, estados hormonal, nutricional y clase de ejercicio prescrito, aunque parecen superiores en los estudios transversales que en los prospectivos, lo cual puede ser debido tanto a sesgos como a diferencias entre los programas.

2. Mucho más evidente es que la inactividad física produce un efecto deletéreo, en espiral de pérdida de más ósea.

3. En postmenopáusicas no hay seguridad de que el ejercicio, aún añadiendo calcio, pueda prevenir la pérdida de masa ósea pero, al menos, tiene otros efectos seguros y positivos para la salud global y por eso debe ser recomendado.

4. La actividad física es esencial para el normal desarrollo y mantenimiento de un esqueleto sano. Los ejercicios resistidos o de fuerza pueden ser beneficiosos para los huesos que no reciben cargas.

5. Las mujeres sedentarias pueden evitar las pérdidas de masa ósea con el ejercicio, aunque éste no puede reemplazar a la terapia hormonal sustitutiva.

6. En mujeres ancianas un buen resultado del ejercicio sería aumentar la fuerza, flexibilidad y coordinación para evitar caídas.

EJERCICIO FÍSICO Y REDUCCIÓN DE FRACTURAS

Por encima de los 50 años el riesgo de padecer una fractura en el resto de la vida se estima, en la raza blanca, en aproximadamente un 40 % en las mujeres y un 13 % en los hombres⁵. El riesgo de padecer en toda la

vida una fractura relacionada con la fragilidad ósea es de una entre cada dos mujeres y uno entre cada tres hombres.

El ejercicio puede mejorar no sólo la densidad mineral ósea, como hemos repasado antes, sino también el equilibrio, la marcha, la coordinación, la fuerza muscular, las respuestas de protección y el tiempo de reacción, todos ellos factores capaces de reducir el riesgo de caídas¹⁰²⁻¹⁰⁴. Los ejercicios de resistencia, aun en los muy ancianos, son capaces de producir un demostrado aumento de fuerza e hipertrofia muscular^{105,106}.

Varios ensayos clínicos^{87,107-115} encuentran un efecto preventivo del ejercicio físico sobre las caídas y la producción de fracturas, con una reducción del riesgo del 25 % al 50 % en los mayores activos. La intervención mediante el ejercicio físico se mostró más eficaz en la reducción de caídas que la adaptación del domicilio o de la agudeza visual, aunque éstas aportaron reducciones adicionales. Los mejores resultados informados fueron los de entrenamiento con Tai-Chi durante 15 semanas, resultando en un 47 % de reducción de caídas durante 4 meses.

Recientemente se ha publicado un estudio¹¹⁶, de 12 años de seguimiento, en mujeres postmenopáusicas, en el que se concluye que incluso niveles moderados de actividad, incluyendo caminar, estaban asociados, de forma directamente proporcional, con una disminución sustancial del riesgo de fracturas. De hecho este riesgo disminuía al 55 % en las más activas, comparadas con las controles sedentarias; mientras que las que sólo andaban 4 horas por semana redujeron el riesgo de fractura de cadera en un 41 %.

En otro estudio prospectivo¹¹⁷ sobre mujeres institucionalizadas se encontró que las físicamente activas tenían una reducción de riesgo de fracturas de cadera de hasta el 36 %, aunque no se pudo comprobar beneficio sobre las fracturas de muñeca ni vertebrales.

Un nuevo estudio de casos y controles ha encontrado que caminar al menos 30 minutos diarios se correlaciona con un descenso del 20 % del riesgo de fracturas vertebrales en las mujeres, aunque no en hombres¹¹⁸. Es decir, a más actividad física mayor reducción de todo tipo de fracturas osteoporóticas, habiendo una relación dosis-efecto.

En sentido contrario, se ha encontrado que pacientes con fracturas recientes de cadera estuvieron previamente menos activos que los controles. Además, en el año siguiente a la fractura pierden 5 veces más masa ósea que los no fracturados¹¹⁹.

Sin embargo, es muy difícil establecer definitivamente si la reducción de fracturas se debe sólo al efecto directo del ejercicio, o si es necesario disminuir el número de caídas, o asociar otros tratamientos complementarios. El efecto en el anciano del ejercicio sobre la masa ósea es sólo discreto, como se ha

TABLA 5. Mecanismos de producción y agravación de la cifosis dorsal

Disminución de la masa ósea por la osteoporosis
Menor resistencia pasiva de los somas vertebrales, especialmente su parte anterior, a las compresiones axiales
Cargas anteriores excesivas. Mantenimiento de posturas de flexión de tronco
Disminución de la fuerza general por involución e inactividad física
Disminución de la fuerza de sostén de los músculos erectores del dorso (resistencia activa)

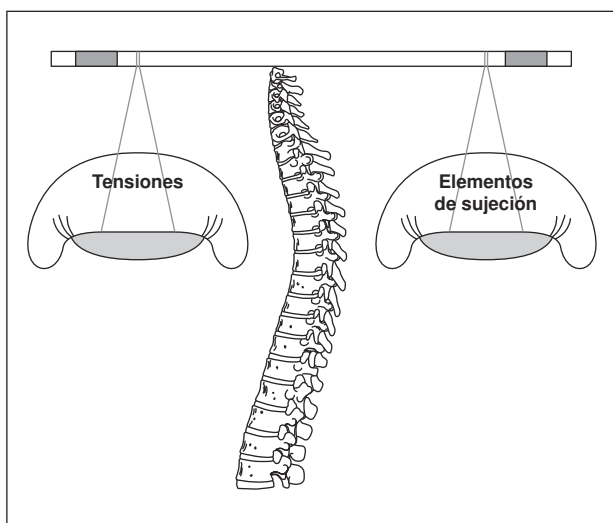


Fig. 1.—La columna en su conjunto, y cada vértebra individualmente, se comportan como balanzas, debiendo compensar las tensiones, que tienden a producir cifosis, los músculos de sujeción. (Cortesía del Dr. M. Florez).

expuesto antes. Por lo tanto el mecanismo subyacente a la reducción de fracturas podría ser la mejoría de la calidad del esqueleto o tal vez del equilibrio o de la fuerza muscular o la menor incidencia de caídas. Así pues, aunque el efecto del ejercicio sobre la masa ósea en la vejez sea discreto, no debe descartarse para proteger a los ancianos de las caídas, ya que más del 90 % de las fracturas de cadera suceden como una consecuencia inmediata de una caída sobre ésta³. Además, el 20 % de las fracturas de cadera ocasionan la muerte⁸⁶.

EJERCICIO Y CIFOSIS

La aparición de cifosis dorsal o dorsolumbar es el signo más característico de esta afección. Se debe a fracturas-aplastamiento vertebrales en cuña. El cuerpo vertebral es rico en tejido trabecular o esponjoso, por

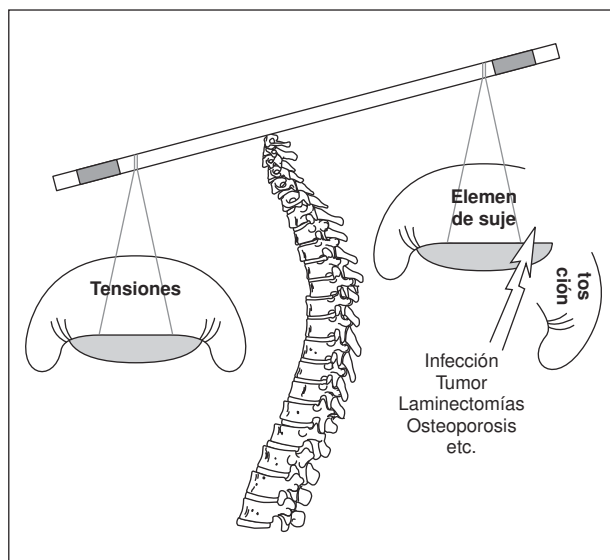


Fig. 2.—La balanza se desequilibra en presencia de enfermedad ósea y si no cuenta con musculatura suficiente para sostenerla. (Cortesía del Dr. M. Florez).

lo cual es menos resistente y está más expuesto a hundirse, sobre todo por su parte anterior, que es por donde le cargan más las fuerzas de compresión. En cambio, el arco posterior vertebral es más rico en tejido óseo cortical y por lo tanto es más resistente (tabla 5).

Cada vértebra individualmente, y la columna en su conjunto podrían compararse con sendas palancas de primer género (fig. 1). Estas balanzas se mantienen en equilibrio en situación de normalidad, mientras los elementos de sujeción neutralizan las tensiones incidentes en el pilar anterior de la columna. Por delante recaen fuerzas de compresión, que tienden a aplastar los cuerpos vertebrales menos resistentes, si no se contrarrestan con el brazo de resistencia posterior. La amortiguación pasiva proviene de la propia resistencia ósea, menguada en la osteoporosis. Mientras que la resistencia activa proviene necesariamente de la fuerza de la musculatura erectora del dorso, que se opone a la caída o curvatura de la columna hacia delante.

La fuerza muscular va disminuyendo con la edad, especialmente en la espalda y en los miembros inferiores proximalmente. La menor actividad física general hace decrecer la fuerza general y la de la musculatura del dorso. Se ha encontrado una relación inversa entre la fuerza de los músculos de la espalda y la densidad mineral ósea vertebral y la presencia de cifosis; o, en otras palabras, los pacientes con osteoporosis tienen los músculos de la espalda más débiles que sus controles⁸⁶. Además, los pacientes con cifosis presentan peor equilibrio y mayor riesgo de caídas y fracturas. En consecuencia, en situaciones desfavorables se descompensan las fuerzas del

equilibrio de balanza que sostiene la columna, inclinándose hacia delante, favoreciendo nuevas fracturas-aplastamiento vertebrales y como consecuencia la cifosis progresiva (fig. 2).

EJERCICIOS DE EXTENSIÓN DE COLUMNA

De cuantos estudios hemos expuesto se deriva que cualquier ejercicio general e inespecífico, con tal de ser de suficiente intensidad, puede aumentar la masa ósea general del esqueleto, por lo que aquél debe ser estimulado a lo largo de toda la vida. Sin embargo, de la fisiopatología de la producción de las fracturas vertebrales explicada, se deduce que para evitar las fracturas-acuñamiento vertebrales, además de mejorar su resistencia pasiva, intentando conservar o aumentar su masa mineral, deberíamos, a la par, mejorar la resistencia activa, fortaleciendo los músculos que sostienen la columna, esto es los erectores del dorso. Este razonable e intuitivo planteamiento fue confirmado por un estudio¹²⁰ que demostró que las mujeres que hacían ejercicios en extensión de columna presentaban considerable menor número de fracturas vertebrales que las inactivas, mientras que las que hacían ejercicios en flexión sufrían el mayor número, incluso superior a las controles inactivas. A los 10 años las que mantuvieron los ejercicios de extensión presentaron diferencias significativas en la densidad mineral ósea y un riesgo 2,7 veces menor de fracturas vertebrales por compresión que las no practicantes. Dicho de otro modo, tener mayor fuerza muscular en el tronco reduce las consecuencias de la pérdida de masa ósea en la postmenopausia, por lo que deberían estimularse los programas de prevención, incluyendo ejercicios de refuerzo muscular, independientemente de otros parámetros o medidas terapéuticas.

En consecuencia deberíamos favorecer los ejercicios de extensión raquídea y evitar los de hiperflexión, especialmente si éstos añaden más carga que la propia del peso del cuerpo.

Existen muchas variaciones de ejercicios de refuerzo de la musculatura erectora del tronco, presentándose algunos ejemplos (figs. 3 a 6) pero el lector podrá fácilmente deducir un gran número de otros similares, con el mismo fin, que podrían recomendarse especialmente a los pacientes, además de la práctica de ejercicio general inespecífico o deportes.

Lógicamente, además de los ejercicios de extensión de columna, deben incluirse, en un programa para pacientes osteoporóticos, otros ejercicios generales, de musculatura anterior como fortalecimiento y sobre todo elongación de pectorales (fig. 7), refuerzo de la faja abdominal (fig. 8) y de miembros superiores e inferiores, para una musculación equilibrada de forma general y para evitar una redistribución del calcio,

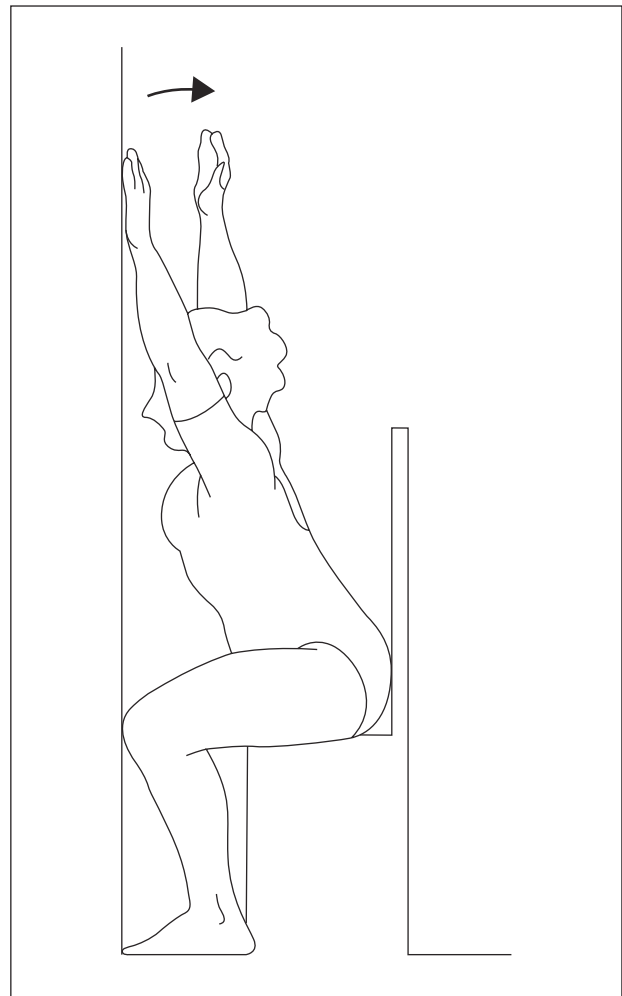


Fig. 3.—Ejercicio de extensión, corrigiendo la cifosis, sentado.

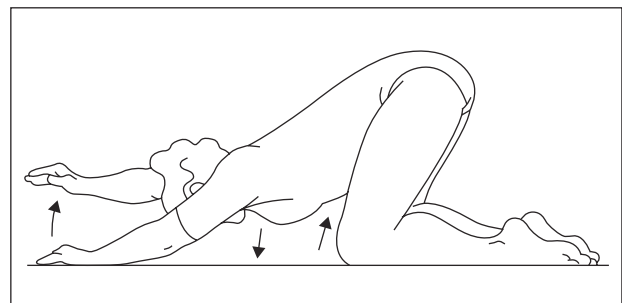


Fig. 4.—Ejercicio de extensión en cuadrupedia.

debilitándose las zonas no ejercitadas. Además, reforzar los miembros inferiores aumenta su masa ósea y disminuye el número de caídas, como se ha expresado antes.

Sin embargo, debe insistirse especialmente en la práctica de los ejercicios de refuerzo de los músculos de la espalda, a la par que se deben evitar las

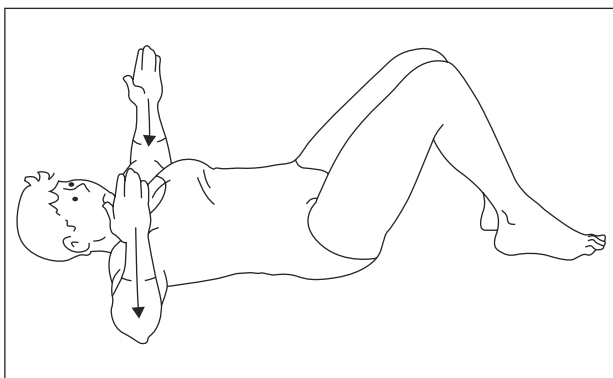


Fig. 5.—Ejercicio de refuerzo de los músculos interescapulares, empujando con los codos, en supino.

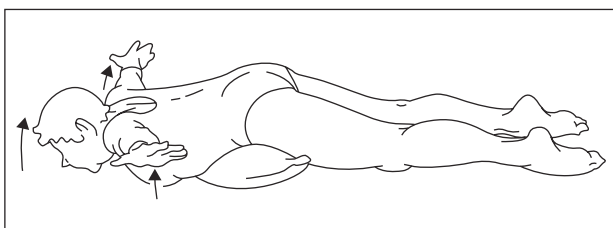


Fig. 6.—Ejercicio de refuerzo de dorsales y estiramiento de pectorales, en prona.



Fig. 7.—Ejercicio de refuerzo de dorsales con estiramiento de pectorales, sentado.

hiperflexiones de raquis (figs. 9 a 11), por ejemplo ir a tocar con la punta de los dedos de las manos las de los pies, o al trabajar en amplio arco los abdominales, debiéndose hacer los ejercicios de estos músculos en recorridos de corto radio, que es lo más fácil y habitual en sujetos mayores.

Es importante que el paciente aprenda los ejercicios y las normas a seguir con personal conocedor de esta enfermedad, para poder realizarlos ulteriormente de forma continuada en su domicilio o asociaciones. La Asociación Española de Pacientes Osteoporóticos (AECOS, C/ Gil de Santivañez nº 6, bajo, 28001 Madrid, Tno. 91 578 35 10) realiza varias veces al año cursos de prevención de fracturas, en los que se forma a pacientes en la realización de programas de ejercicios adecuados.

PAUTA DE EJERCICIOS PARA PACIENTES OSTEOPORÓTICOS

Además de cuanto acabamos de decir, convendrá siempre recordar que deberán evitarse presiones axiales excesivas, que sobrecargan el soma vertebral, a la par que se deben evitar ejercicios de flexibilización en amplios recorridos, sobre todo en hiperflexión y soportando peso. Los ejercicios deberán iniciarse desde una posición de partida de máxima corrección posible de curvas de columna. Se tomarán las mayores precauciones para evitar caídas y fracturas, soslayando superficies inseguras.

Los sujetos sedentarios que quieren iniciar una práctica física progresiva no necesitarían un reconocimiento médico si carecieran de antecedentes patológicos y fueran menores de 40 años los hombres y de 50 las mujeres. Fuera de estas circunstancias deberían someterse a una prueba de esfuerzo, que es el determinante más seguro. Si no lo hicieran, deberían desistir y consultar si al realizar el ejercicio notasen disnea, alteraciones de la frecuencia cardíaca, opresión precordial, sensación de mareo o desvanecimiento u otras alteraciones.

Cada sesión debería comenzar con unos 5 minutos de calentamiento y estiramiento muscular, aunque recientemente se discute que esta técnica disminuya el número de lesiones musculares. En todo caso, favorece la adaptación fisiológica progresiva al inicio del ejercicio.

Debería incluir movimientos de flexibilización, de corto radio, sin forzar en los extremos, así como de coordinación. Estos aspectos los cumplen bien los ejercicios de hidroterapia, vigilados por monitor.

Seguiría con ejercicios aeróbicos inicialmente de bajo impacto, como bicicleta o caminar, durante tres meses, para pasar después a iniciar trotes cortos si no se sufre raquialgia ni dolor en los miembros inferiores.

Después se pasaría a realizar ejercicios resistidos progresivos, en series de unas 8 repeticiones, con pesos que podrían ir aumentándose, según el progreso advertido. Estos ejercicios incluirían musculatura de todo el cuerpo, con especial detenimiento en los ejercicios de extensión de raquis. Así, pues, los ejercicios deberían ser de fuerza, continuamente adaptados y de alta intensidad, al 70 % de la resistencia máxima 1RM².

La sesión finalizaría gradualmente y con ejercicios de relajación durante los últimos 5 minutos.

Las sesiones se harían al menos 2-3 días por semana y de forma continuada, mejor en grupo, ya que se produce cierto compromiso, estímulo recíproco y puede resultar más divertido. De hecho la mayoría de los estudios de seguimiento de pacientes osteoporóticos ejercitantes se hacen con programas de dos o tres sesiones por semana de unos 30 minutos, cada una, valorándose los resultados a partir de los 6 meses.

Se ha publicado que un programa de ejercicios isométricos progresivos resistidos, de 10 minutos al día, con grandes balones y bandas elásticas, proporcionó un estímulo adecuado de refuerzo muscular de cuello, espalda y extremidades superiores e inferiores y es eficaz en la formación ósea, según medición de fosfatasa alcalina¹²¹.

OSTEOPOROSIS Y DEPORTES

Esta recomendación cobra especial importancia a la hora de considerar actividades recreativas o deportivas. Aunque tenemos que estimular a nuestros pacientes a practicar juegos físicos o deportes, lo más enérgicos que su situación permita, deben evitarse los que conlleven notable riesgo de caídas. Por ejemplo ciclismo, motorismo, equitación, esquí, patinaje y otros, sobre todo si no se dominaban bien antes de padecer la osteoporosis. También debieran evitarse los que conlleven riesgos de choque o confrontación y caídas como el fútbol, balonmano o baloncesto, si es que éstos se practican de forma competitiva y enérgica, y no en jugadas seguras, más bien con ánimo de divertirse y sin emplearse a fondo. En general, aunque dependiendo de la situación personal de cada paciente osteoporótico, éstos no deberían practicar ningún deporte con brusquedad. Por ejemplo el tenis, poniendo gran entusiasmo en correr para buscar todas las pelotas, pero podrían jugarlo de forma pausada, igual que otros deportes de raqueta o el golf, si no tiene gran rigidez o le duele la espalda previamente. De todos modos, antes de entrar en recomendaciones específicas deberíamos preguntar al paciente por su experiencia previa y gustos personales respecto a las diversas actividades deportivas.

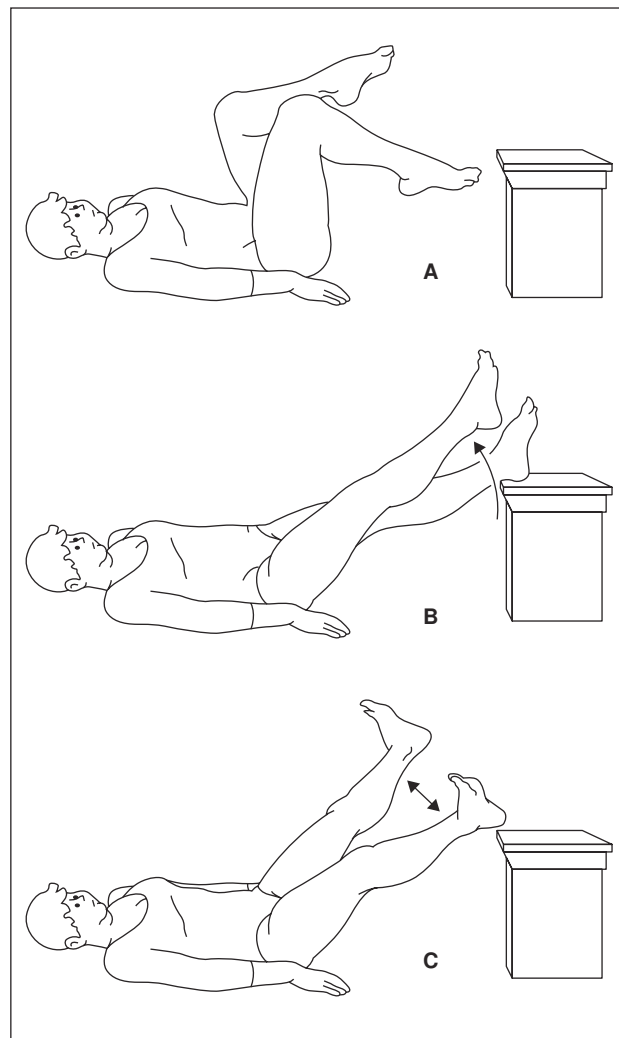


Fig. 8.—Ejercicios de refuerzo de abdominales, en lordosis corregida, con variantes

Existen estudios que encuentran que simplemente caminar mejora o mantiene la masa ósea, mientras que otros no le encuentran efecto osteogénico^{5,122}, por la excesiva suavidad de las compresiones del esqueleto. En todo caso sería una forma de iniciarse, beneficiándose al menos con otros efectos positivos sobre la salud general. Pasados unos meses, según la condición física particular, podría intentarse trotar unos minutos, siempre que esto no produzca raquialgia. Trotar o correr favorece indudablemente la mineralización, entre un 5 % y un 9 %, según la práctica, respecto a los controles^{122,123}. Además, las ganancias de densidad mineral ósea en cadera y columna se pueden mantener, hasta 4 a 5 años, aun disminuyendo la intensidad del entreno, siempre que éste se encuentre por encima de un mínimo. Sin embargo, los pacientes con determinadas circunstancias biológicas desfavorables o con dolor articular pueden tener

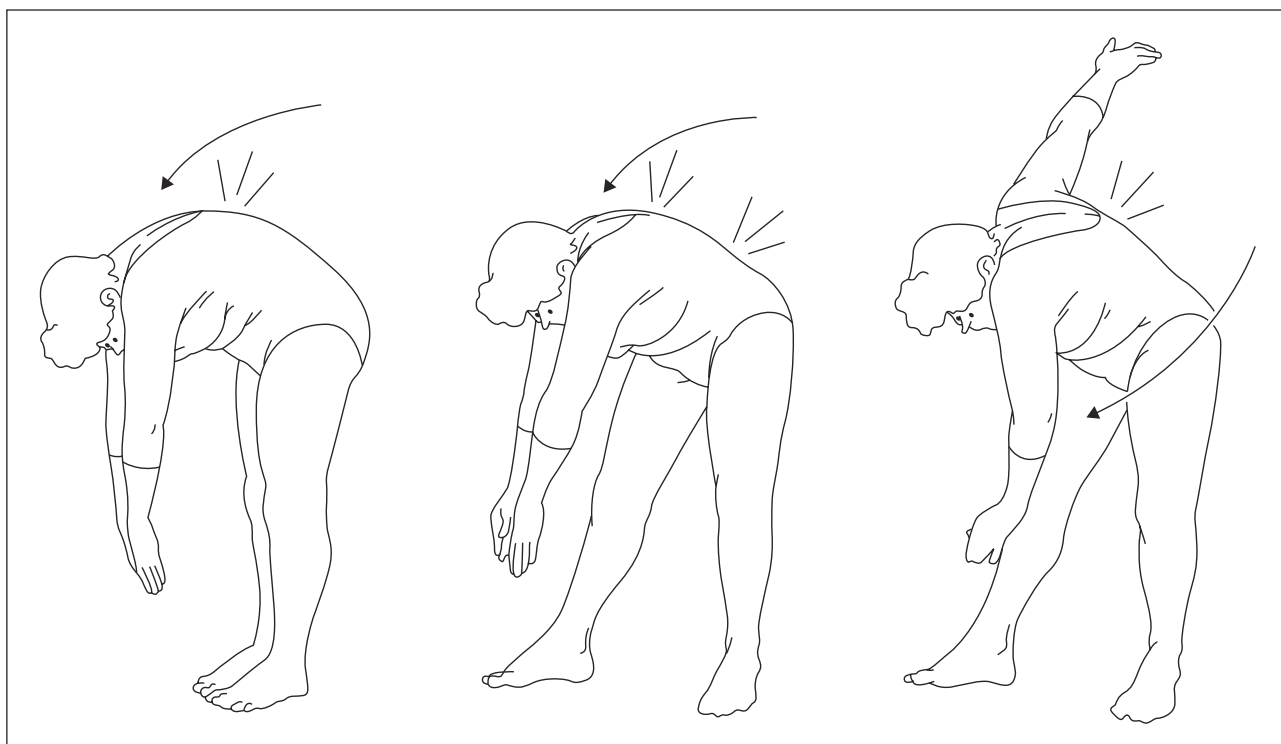


Fig. 9.—Ejercicios contraindicados, en hiperflexión de columna, con variantes

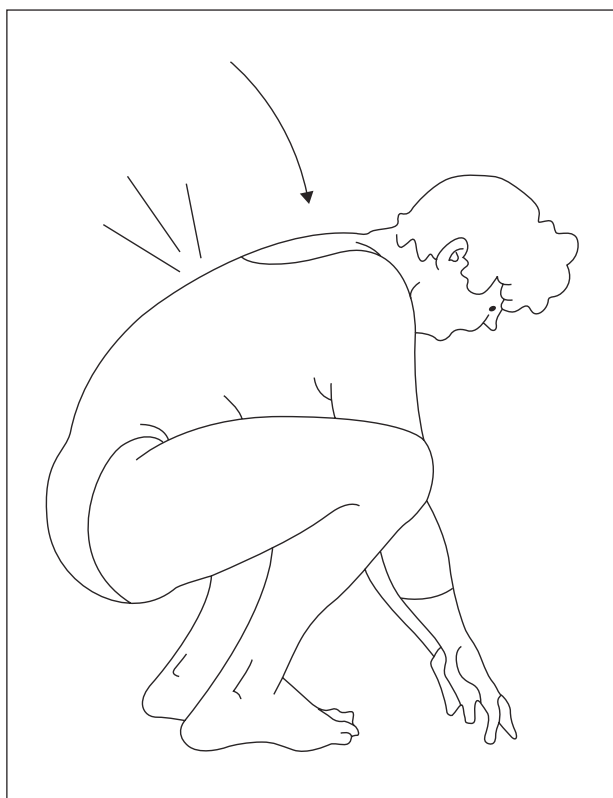


Fig. 10.—Ejercicio contraindicado, con hiperflexión de columna en semisedestación.

ciertas dificultades para poder realizar algunas actividades deportivas.

El baile social es una oportunidad de realizar ejercicio físico en carga, que puede ayudar a mantener la masa ósea.

La natación es un deporte que se hace en descarga del peso del cuerpo, y por lo tanto con bajo o nulo efecto osteogénico¹²⁴. No debiera ser el único recomendado pero sería mejor que no hacer ningún otro, ya que induce contracciones musculares y mejora la fuerza, estado cardiovascular, flexibilidad y equilibrio. Además, algunos pacientes sedentarios o con problemas articulares en miembros inferiores podrían comenzar haciendo estos ejercicios o variantes, como el aeróbic acuático, por su bajo impacto. De todos modos pasar más de 1 h al día en el agua puede hacer decrecer la masa ósea, por la desgravación del esqueleto.

El remo puede tener efecto cifosante, al igual que el manillar bajo de la bicicleta de carreras, debiendo evitarse en pacientes con esta tendencia deformante.

La bicicleta estática con resistencia podría aumentar la masa ósea, la fuerza y estabilidad de los miembros inferiores y el estado cardiovascular. Sin embargo, un reciente estudio demuestra mayores cifras de densidad mineral ósea en ciclistas de montaña pero no en los de carretera, en los que no se encontró más que en los controles¹²⁵.

Si juegan a la petanca, ping-pong o tenis deberían acostumbrarse a recoger las bolas flexionando caderas y rodillas y si éstas duelen intentaría hacerse adelantando el tronco, en equilibrio, sobre una pierna semiflexionada, con la otra y la espalda rectas.

Como ya se ha dicho, los ejercicios resistidos con pesos progresivos tienen un superior efecto sitio-específico para mantener y mejorar la mineralización¹²².

DURACIÓN DE LOS PROGRAMAS DE EJERCICIOS

Un reciente editorial¹²⁶ se pregunta en su título si mantiene la gente el ejercicio, aunque el ejercicio mantenga el hueso. Expresa la tremenda dificultad para motivar su realización, tanto para la salud ósea como por otros muchos beneficios. Señala que programas no diseñados individualmente es poco probable que tengan éxito. Recoge que sólo el 36% de un grupo de ancianas mantenían los ejercicios en casa a los 7,7 años¹²⁷. En cambio, la marcha rápida la proseguían el 72% de postmenopáusicas a los 2 años¹²⁸.

El mayor efecto del ejercicio sobre la densidad mineral ósea se produce durante el crecimiento pero tenemos ante nosotros el enorme desafío de motivar tanto a jóvenes como a adultos y ancianos para adoptar la disciplina de mantenerse activos a cualquier edad, por los beneficios que reporta tanto para la salud esquelética como para la salud general, como se expone en el editorial de este monográfico. En otras palabras, cuanto más precozmente se comience a realizar ejercicio físico vigoroso mayor será el desarrollo óseo y la mineralización.

Abandonar la actividad física revierte las ganancias obtenidas, a cualquier edad^{129,130}. Se ha informado de descensos del 16% en la densidad mineral de la columna en corredores de mediana edad que dejaron de hacerlo, respecto a los que prosiguieron. Las piernas de los futbolistas tenían el 10% más de densidad ósea que los controles a los 5 años, pero tan sólo el 5% a los 16 años y estaban igual a los 42 años. Después de 3 a 5 décadas de retiro no queda beneficio residual. Sin embargo, se ha encontrado que hay un buen mantenimiento de las ganancias óseas inducidas por el ejercicio si se continúa un programa de actividad física aunque sea más reducida, independientemente de la edad de comienzo de la actividad¹³¹.

Los ancianos y los pacientes en general con dolor crónico tienen mayores índices de depresión, la cual hace decrecer la actividad física, con la consiguiente pérdida de forma y de masa ósea. Por lo tanto, debemos recomendar mantener ejercicios y un estilo de vida activo, junto con dieta suficiente en calcio¹³². No obstante, deberíamos tener en cuenta el techo

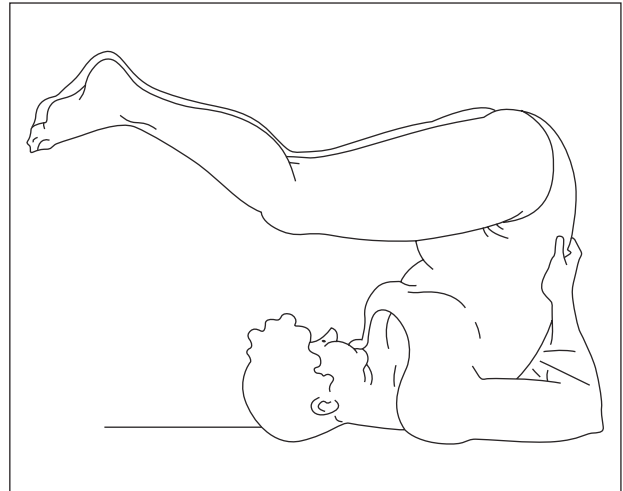


Fig. 11.—Ejercicio contraindicado por hiperflexionar la columna.

biológico o genético predeterminado de ganancias realistas en cada sujeto.

NORMAS POSTURALES

El paciente osteoporótico sufre más frecuentemente dolor de espalda, aunque la mayor gravedad de la afección la producen las fracturas, especialmente las de cadera.

Para prevenir el dolor de espalda debe seguir las mismas normas que se explican a los pacientes con raquialgias mecánicas inespecíficas en las escuelas de espalda. Es decir, reglas de ergonomía, que eviten sobrecargar esta parte más débil. En líneas generales, recordaremos que deben dormir con cama firme y almohada baja. En el día procurarán descansar en sillones donde puedan apoyar una amplia superficie en el respaldo y reposar los brazos. Deben evitar recoger y levantar pesos con extensión de los miembros inferiores y superiores, así como girarse con la carga. En esta posición, por efecto de la ley de la palanca, levantar un peso de 5 kg repercute como 250 kg en la región lumbar baja, con riesgo de fracturas por aplastamiento. Los pesos deberán recogerse y levantarse con semiflexión de caderas y de rodillas. Evitarán las posturas cifosantes mantenidas y permanecer largo tiempo en bipedestación estática, con los pies a la misma altura.

Además evitarán, en la medida de lo posible, moverse en situaciones con riesgo de caídas, como superficies resbaladizas, escalones con bordes mal definidos, zonas mal iluminadas o con obstáculos e irregularidades, así como todas las situaciones que supongan un probable riesgo de caídas, ya que éstas

originan fracturas que, como las de cadera, pueden comprometer la vida o la función del paciente.

BIBLIOGRAFÍA

- Consensus development conference: diagnosis, prophylaxis and treatment of osteoporosis. *Am J Med* 1993;94: 646-50.
- Aguilar JJ, Santos FJ, Usabiaga T, Renau E, San Segundo R y Galvez S. Ejercicio físico y prevención de la osteoporosis. Revisión. *Rehabilitación (Madr)* 1999;33:195-9.
- Marcus R. Role of exercise in preventing and treating osteoporosis. *Rheum Dis Clin North Am* 2001;27:131-41.
- Wolff J. The law of bone remodelling (Das Gesetz der transformation der knochen, Kirchwald). Berlin: Springer-Verlag, 1892.
- Bouxsein ML, Marcus R. Overview of exercise and bone mass. *Rheum Dis Clin North Am* 1994;20: 787-99.
- Basset CAL. Effect of force on skeletal tissues. En: Downey J, Darling R, editors. *Physiological basis of rehabilitation medicine*. Filadelfia: WB Saunders, 1971.
- Tanck E, Homminga J, Van Lente GH, Huiskes R. Increase in bone volume fraction precedes architectural adaptation in growing bone. *Bone* 2001;28:650-4.
- Heinonen A, McKay HA, Whittall KP, Forster BB, Khan KM. Muscle cross-sectional area is associated with specific site of bone in prepubertal girls: a quantitative magnetic resonance imaging study. *Bone* 2001;29:388-92.
- Hsieh YF, Turner CHY. Effects of loading frequency on mechanically induced bone formation. *J Bone Miner Res* 2001;16:918-24.
- Peña Arrebola A. Ejercicio y hueso: Revisión bibliográfica. *Rev Esp Enf Oseas Metab* 2001;10:119-31.
- Dalsky GP, Stocke KS, Ehsani AA, Slatopolsky E, Lee WC, Birge SJ. Weight-bearing exercise training and lumbar bone mineral content in postmenopausal women. *Ann Intern Med* 1988;108:824-8.
- Schwartz P, Bulow JB, Kjaer M. Bone metabolism and physical training. *Ugeskr Læger* 1999;161:2522-5.
- Bradney M, Pearce G, Naughton G, Sullivan C, Bass S, Berck T. Moderate exercise during growth in prepubertal boys: changes in bone mass, size, volumetric density and bone strength: a controlled prospective study. *J Bone Miner Res* 1998;13:1814-21.
- Morris FL, Naughton GA, Gibbs J, Carlsson J, Wark J. Prospective ten-month exercise intervention in premenarcheal girls: positive effects on bone and lean mass. *J Bone Miner Res* 1997;12:1453-62.
- Van der Bergh MF, DeMan SA, Witteman JC, Hofman A, Trouerbach WT, Grobbee DE. Physical activity, calcium intake and bone mineral content in children in The Netherlands. *J Epidemiol Community Health* 1995;49: 299-304.
- Gunnes M, Lehmann EH. Physical activity and dietary constituents as predictor of forearm cortical and trabecular bone gain in healthy children and adolescents: a prospective study. *Acta Paediatr* 1996;85:19-25.
- Bass S, Pearce G, Bradney M, Hendrich E, Delmas PD, Harding A, et al. Exercise before puberty may confer residual benefits in bone density in adulthood: studies in active prepubertal and retired female gymnast. *J Bone Miner Res* 1998;13:500-7.
- Bailey DA, McKay HA, Mirwald RL, Crocker PR, Faulkner RA. A six-year longitudinal study of the relationship of physical activity to bone mineral accrual in growing children: the University of Saskatchewan bone mineral accrual study. *J Bone Miner Res* 1999;14:1672-9.
- Woitge HW, Friedmann B, Suttner S, Farahmand I, Muller M, Schmidt GH. Changes in bone turnover induced by aerobic and anaerobic exercise in young males. *J Bone Miner Res* 1998;13:1797-804.
- Blimkie CJ, Rice S, Webber CE, Martin J, Levy D, Gordon CL. Effects of resistance training on bone mineral content and density in adolescent females. *Can J Physiol Pharmacol* 1996;74:1025-33.
- Tanaka M, Kinukawa N, Akazawa K, Abe S, Itoh K, Imai K, et al. The available period and kind of exercise for increasing osteoporosis assessment index in women. *Med Sci Sport Exerc* 1999;31:1709-13.
- Lloyd T, Chinchilli VM, Johnson-Rolling N, Kieserholtst K, Egger DF, Marcus R. Adult female bone hip density reflect teenage sport-exercise patterns but not teenage calcium intakes. *Pediatrics* 2000;106:40-4.
- McKay HA, Petit MA, Schutz RW, Priot JC, Barr SI, Khan KM. Augmented trochanteric bone mineral density after modified physical education classes: a randomized school-based exercise intervention study in prepubescents and early pubescent children. *JPediatr* 2000;136: 156-62.
- Parson J. Bone mineral mass consolidation in young British adults. *J Bone Miner Res* 1996;11:262-74.
- Ruiz JC, Mandel C, Garabedian M. Influence of spontaneous calcium intake and physical exercise on the vertebral and femoral bone mineral density of children and adolescents. *J Bone Miner Res* 1995;10:675-82.
- Valdimarsson O, Kristinsson JD, Stefansson SO, Valdimarsson S, Sigurdsson G. Lean mass and physical activity as predictor of bone mineral density in 16-20 year old women. *J Intern Med* 1999;245:489-96.
- Nordstrom P, Thorsen K, Nordstrom G, Bergstrom E, Lorentzon R. Bone mass, muscle strength and different body constitutional parameters in adolescent boys with a low moderate exercise level. *Bone* 1995;17:351-6.
- Boot AM, de Ridder MA, Pols HA, Krenning EP, de Muinck-Keiser Schrama SM. Bone mineral density in children and adolescents: relation to puberty, calcium intake and physical activity. *J Clin Endocrinol Metab* 1997;82:57-62.
- Hara S, Yanagi H, Amagai H, Endoh K, Tsuchiya S, Tomura S. Effects of physical activity during teenage years, based on type of sport and duration of exercise, on bone mineral density of young premenopausal Japanese women. *Calcif Tissue Int* 2001;68:23-30.
- Lloyd T, Beck TJ, Lin HM, Tuchinsky M, Egger DF, Oreskovic TL, et al. Modifiable determinants of bone status in young women. *Bone* 2002;30:416-21.
- Kemper HC, Twisk JW, van Mechelen W, Post GB, Roos JC, Lips P. A fifteen-year longitudinal study in young adults on the relation of physical activity and fitness with the development of the bone mass: The Amsterdam Growth and Health Longitudinal Study. *Bone* 2000;27:847-53.
- Henderson N, White C, Eisman J. The role of exercise and fall risk in the prevention of osteoporosis. *Endocrinol Metabol Clin North Am* 1998;27:367-87.

33. Casez J, Fischer S, Stussi E, Stalder H, Gerber A, Delmas PD, et al. Bone mass at lumbar spine and tibia in young males, impact of physical fitness, exercise and anthropometric parameters: a prospective study in a cohort of military recruits. *Bone* 1995;17:211-9.
34. Friedlander AL, Genant HK, Sadowsky S, Byl NN, Gluer CC. A two-year program of aerobics and weight training enhances bone mineral density of young women. *J Bone Miner Res* 1995;10:574-85.
35. Teegarden D, Proulx WR, Kern M, Sedlock D, Weaver CM, Johnston CC, et al. Previous physical activity relates to bone mineral measures in young women. *Me Sci Sports Exerc* 1996;28:105-13.
36. Duppe H, Gardsell P, Johnell O, Nilsson BE, Ringberg K. Bone mineral density, muscle strength and physical activity. A population-based study of 332 subjects aged 15-42 years. *Acta Orthop Scand* 1997;68:97-103.
37. Alfredsson H, Nordström P, Lorentzon R. Aerobic workout and bone mass in females. *Scand J Med Sci Sports* 1997;7:336-41.
38. Matkin CC, Bachrach L, Wang MC, Kelsey J. Two measures of physical activity as predictors of bone mass in a young cohort. *Clin J Sport Med* 1998;8:201-8.
39. Gregg EW, Tonino RP. Enfoque epidemiológico sobre la actividad física, la densidad mineral ósea y las fracturas osteoporóticas. *Curr Opin Orthop (Selecciones)* 2000;1:12-8.
40. Kano K. Relationship between exercise and bone mineral density among over 5.000 women aged 40 years and above. *J Epidemiol* 1998;8:28-32.
41. Dornemann TM, McMurray RG, Renner JB, Anderson JJ. Effects of high intensity resistance exercise on bone mineral density and muscle strength of 40-50 year-old women. *J Sports Med Phys Fitness* 1997;37:246-51.
42. Ulrich CM, Georgiou CC, Gillis DE, Snow CM. Lifetime physical activity is associated with bone mineral density in premenopausal women. *J Women Health* 1999;8:365-75.
43. Heinonen A, Kannus P, Sevanen H, Pasanen M, Oja P, Vuori I. Good maintenance of high-impact activity-induced bone gain by voluntary, supervised exercise: An 8 month follow-up of randomized controlled trial. *J Bone Miner Res* 1999;14:125-8.
44. Sinaki M, Fitzpatrick LA, Ritchie CK, Montesano A, Wahner HW. Site-specificity of bone mineral density and muscle strength in women: job-related physical activity. *Am J Phys Med Rehabil* 1998;77:740-6.
45. Alekel I, Clasey J, Fehling PC, Weigel RM, Boileau RA, Erdman JW, et al. Contributions of exercise, body composition and age to bone mineral density in premenopausal women. *Med Sci Sport Exerc* 1995;27:1477-85.
46. Lohman T, Going S, Pamerter R, Hall M, Boyden T, Houtkooper L, et al. Effects of resistance training in regional and total mineral density in premenopausal women: a randomised prospective study. *J Bone Miner Res* 1995;10:1015-24.
47. Cooper C, Cawley M, Bhalla A, Egger P, Ring F, Morton L, et al. Childhood growth, physical activity and peak bone mass in women. *J Bone Miner Res* 1995;10:940-7.
48. Reid IR, Legge M, Stapleton JP, Evans MC, Grey AB. Regular exercise dissociates fat mass and bone density in premenopausal women. *J Clin Endocrinol Metab* 1995;80:1764-8.
49. Houtkooper LB, Ritenbaugh C, Aitkin M, Lohman TG, Going SB, Weber J, et al. Nutrients, body composition and exercise are related to change in bone mineral density in premenopausal women. *J Nutr* 1995;125:1229-37.
50. Sinaki M, Wahner HW, Bergstralh EG, Hodgson SF, Offord KP, Squieres RW, et al. Three year controlled, randomised trial of the effects of dose-specific loading and strengthening exercise on bone mineral density of spine and femur in non-athletic, physically active women. *Bone* 1996;19:233-44.
51. Heinonen A, Sevanen H, Kannus P, Oja P, Vuori I. Effects of unilateral strength training and detraining on bone mineral mass and estimated mechanical characteristics of the upper limb bones in young women. *J Bone Miner Res* 1996;11:490-501.
52. Ryan AS, Treuth MS, Hunter GR, Bahi D. Resistive training maintains bone mineral density in postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 1998;62:295-9.
53. Coupland CA, Cliffe SJ, Bassey EJ, Grainger MJ, Hoskin DJ, Chilvers CE. Habitual physical activity and bone mineral density in postmenopausal women in England. *Int J Epidemiol* 1999;28:241-6.
54. 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;14:120-4.
55. Preissinger E, Alacamlıoglu Y, Pils K, Saradeth T, Schneider B. Therapeutic exercise in the prevention of bone loss. A controlled trial with women after menopause. *Am J Phys Med Rehabil* 1995;74:120-3.
56. Kerr D, Morton A, Dick I, Prince R. Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent. *Bone Miner Res* 1996;11:218-25.
57. Caballero MJ, Mahedero G, Hernández R, Álvarez J, Rodríguez J, Rodríguez IU, et al. Effects of physical exercise on some parameters of bone metabolism in postmenopausal women. *Endocr Res* 1996;22:131-8.
58. Douchi T, Yamamoto S, Oki T, Maruta K, Kuwahata R, Yamasaki H, et al. The effects of physical exercise on body fat distribution and bone mineral density in postmenopausal women. *Maturitas* 2000;35:25-30.
59. Chien MY, Wu YT, Yang RS, Lai JS, Hsu AT. Physical activity, physical fitness and osteopenia in postmenopausal Taiwanese women. *J Formos Med Assoc* 2000;99:11-7.
60. Bravo G, Gauthier P, Roy PM, Payette H, Gaulin P. A weight-bearing, water-based exercise program for osteopenic women: its impacts on bone, functional fitness and well-being. *Arch Phys Med Rehabil* 1997;78:1375-80.
61. Bassey EJ, Rothwell MC, Littlewood JJ, Pye DW. Pre and postmenopausal women have different bone mineral density responses to the same high-impact exercise. *J Bone Miner Res* 1998;13:1805-13.
62. Hoover PA, Webber CE, Baumont LF, Blake JM. Postmenopausal bone mineral density: relationship to calcium intake, calcium absorption, residual estrogens, body composition and physical activity. *Can J Physiol Pharmacol* 1996;74:911-7.
63. Welsh L, Rutherford OM. Hip bone mineral density is improved by high-impact aerobic exercise in postmenopausal women and men over 50 years. *Eur J Appl Physiol* 1996;74:511-7.
64. Karlsson MK, Linden C, Karlsson C, Johnell O, Öbrandt K, Seeman E. Exercise during growth and bone mineral density and fractures in old. *Lancet* 2000;355:469-70.
65. Eiken PA. Physical activity and bone mineral content in postmenopausal women. *Ugeskr Læger* 1995;115:5086-91.

66. Kelley GA. Exercise and regional bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analytic review of randomised trials. *Am J Phys Med Rehabil* 1998;77:76-87.
67. Kelley G. Aerobic exercise and lumbar spine bone mineral density in postmenopausal women: a meta-analysis. *J Am Geriatr Soc* 1998; p. 143-52.
68. Berard A, Bravo G, Gauthier P. Meta-analysis of the effectiveness of physical activity for prevention of bone loss in postmenopausal women. *Osteoporosis Intern* 1997;7: 331-7.
69. Wolff I, van Coonenborg JJ, Kemper HC, Kostense PJ, Twisk JW. The effects of exercise training programs on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre and postmenopausal women. *Osteoporosis Intern* 1999;9:1-12.
70. Kelley GA, Kelley KS, Tran ZV. Resistance training and bone mineral density in women. A meta-analysis of controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil* 2001;80:65-70.
71. Wolff I, van Croonenborg JJ, Kemper HC, Kostense PJ, Twisk JW. The effect of exercise training program on bone mass: a meta-analysis of published controlled trials in pre and postmenopausal women. *Osteoporosis Int* 1999;9:1-12.
72. Wallace BA, Cumming RG. Systematic review of randomised trials of the effects of exercise on bone mass in pre and postmenopausal women. *Calcif Tissue Int* 2000;67:10-8.
73. Bonaiuti D, Shea B, Iovine R, Negrini S, Robinson V, Kemper HC, et al. Exercise for preventing and treating osteoporosis in postmenopausal women (Cochrane Review). *Cochrane Database Syst Rev* 2002;3:CD000333.
74. Lord SR, Ward JA, Williams P. Exercise effect on dynamic stability in older women: a randomised controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil* 1996;77:232-6.
75. Kohrt WM, Ehsani AA, Birge SJ. Effects of exercise involving predominantly either joint reaction or ground-reaction forces on bone mineral density in women. *J Bone Miner Res* 1997;12:1253-61.
76. Lord SR, Ward JA, Williams P, Zivanovic E. The effects of a community exercise program on fracture risk factors in older women. *Osteoporosis Int* 1996;6:361-7.
77. Goodpaster BH, Costill DL, Trappe SW, Hughes GM. The relationship of sustained exercise training and bone mineral density in aging male runners. *Scand J Med Sci Sports* 1996;6:216-21.
78. de Jong N, Paw MJ, de Groot LC, Hiddink GJ, van Staveren WA. Dietary supplements and physical exercise affecting bone and body composition in frail elderly persons. *Am J Public Health* 2000;90:947-54.
79. Rhodes EC, Martin AD, Taunton JE, Donnelly M, Warren J, Elliot J. Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *Br J Sport Med* 2000;34:18-22.
80. Konhed AC, Moller M. Effects of physical exercise on bone mass, balance skill and aerobic capacity in women and men with low bone mineral density after one year of training: a prospective study. *Scand J Med Sci Sports* 1998;8:290-8.
81. McCartney N, Hicks AL, Martin J, Webber CE. Long-term resistance training in the elderly: effects on dynamic strength, exercise capacity, muscle and bone. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 1995;B97-104.
82. Sinaki M. Effects of physical activity on bone mass. *Curr Opin Rheumatol* 1996;8:376-83.
83. Smith EL, Gilligan C. Dose-response relationship between physical loading and mechanical competence of bone. *Bone* 1996;18(Suppl):455-505.
84. Rhodes EC, Martin AD, Taunton JE, Donnelly M, Warren J, Elliot J. Effects of one year of resistance training on the relation between muscular strength and bone density in elderly women. *Br J Sport Med* 2000;34:18-22.
85. Huuskonen J, Väistöinen SB, Kröger H, Järvelin S, Penttälä I, Alhava E, et al. Relation of sex hormones to bone mineral density in middle-aged men during a 4 year exercise intervention trial. *Bone* 2002;31:51-6.
86. Sinaki M. Effect of physical activity on bone mass. *Curr Opin Rheumatol* 1996;8:376-83.
87. Chilibeck PD, Sale DG, Webber CE. Exercise and bone mineral density. *Sport Med* 1995;19:103-22.
88. Schoutens A, Laurent E, Poortmans JR. Effect of inactivity and exercise on bone. *Sport Med* 1989;7:71-81.
89. Suominen H. Bone mineral density and long term exercise: an overview of cross sectional athlete studies. *Sport Med* 1993;16:316-30.
90. Heinonen A, Oja P, Kannus P, Sevanen H, Haapasalo H, Manttari A, et al. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone* 1995;17:197-203.
91. Pettersson U, Alfredson H, Nordström P, Henriksson-Larsen K, Lorentzon R. Bone mass in female cross-country skiers: relationship between muscle strength and different BMD sites. *Calcif Tissue Int* 2000;67:199-206.
92. Heinonen A, Sevanen H, Kyröläinen H, Perttunen J, Kannus P. Mineral mass, size and estimated mechanical strength of triple jumpers' lower limb. *Bone* 2001;29: 279-85.
93. Karlsson MK, Magnusson H, Karlsson C, Seeman E. The duration of exercise as a regulator of bone mass. *Bone* 2001;28:128-32.
94. Mazze RB, Barden HS. Bone density in premenopausal women: effects of age, dietary intake, physical activity, smoking and birth-control pills. *Am J Clin Nutr* 1991; 3:132-42.
95. Bauer DC, Browner WS, Cauley JA, Orwoll DS, Scott JC, Black DM, et al. Factors associated with appendicular bone mass in older women. *Ann Intern Med* 1993; 118:657-65.
96. Uusi Rasi K, Nygård CH, Oja P, Pasanen M, Sevanen H, Vuori J. Walking at work and bone mineral density of premenopausal women. *Osteoporosis Int* 1994;4:336-40.
97. Vanden Berg MFQ, De Man SA, Witeman JCM, Hofman A, Trouerbach WT, Grobbee DE. Physical activity, calcium intake and bone mineral content in children in the Netherlands. *J Epidemiol Community Health* 1995;49: 299-304.
98. Drinkwater BL, Nilson K, Chesnut CH, Bremner WS, Shainholtz S, Southworth MB. Bone mineral content of amenorrheic and eumenorrheic athletes. *N Engl J Med* 1984;311:277-81.
99. Marcus R, Cann C, Madvig P, Minkoff J, Goddard M, Bayer M, et al. Menstrual function and bone mass in elite women distance runner. Endocrine metabolic features. *Ann Int Med* 1985;102:158-63.
100. Myburgh KH, Bachrach LK, Lewis B, Kent K, Marcus R. Low bone mineral density at axial and appendicular sites in amenorrheic athletes. *Med Sci Sport Exerc* 1993;25: 1197-202.
101. American College of Sport Medicine: Position Stand. Osteoporosis and Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1-VII.

102. Buchner DM, Beresford SAA, Larson EB, LaCroix AZ, Wagner EH. Effect of physical activity on health status in older adults II: intervention studies. *Ann Rev Public Health* 1992;13:469-88.
103. Nelson ME, Fatarone MA, Morganti CM, Trice I, Greenberg RA, Evans WJ. Effects of high intensity strength training on multiple risk factors for osteoporotic fractures: a randomised controlled trial. *JAMA* 1994;272:1909-14.
104. American College of Sport Medicine: ACSM position stand on exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sport Exerc* 1998;30:992-1008.
105. Charette SL, McEvoy L, Pyka G. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J Appl Physiol* 1991;70:1912-6.
106. Frontera W, Meredith C, O'Reilly K. Strength conditioning in older men: Skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol* 1988;64:1038-44.
107. Cummings SR, Nevitt MC, Browner WS. Risk factors for hip fracture in white women. *N Engl J Med* 1995;332:767-73.
108. Whipple RH, Wolfson LJ, Amerman PM. The relationship of knee and ankle weakness to falls in nursing home residents. *J Am Geriatr Soc* 1987;35:13-20.
109. Wolf S, Barnhart H, Kutner N, McNeely E, Coogler C, Xu T. Reducing frailty and falls in older persons: An investigation of tai chi and computerized balance training. *J Am Geriatr Soc* 1996;44:489-97.
110. Carter ND, Khan KM, McKay HA, Petit MA, Waterman C, Heinonen K, et al. Community-based exercise program reduces risk factors for 65-to 75-year-old women with osteoporosis: randomised controlled trial. *CMAJ* 2002;167:997-1004.
111. Jakimsen R, Magnus J, Fonnebo V. Physical activity and predisposition for hip fractures: A review. *Osteoporos Int* 1997;7:503-13.
112. Sirock GS, Bush TL, Golden AL, Fried LP, Breuer B, Hale WE. Physical activity and fracture risk in a free-living elderly cohort. *J Gerontol Med Sci* 1998;53M134-9.
113. Cauley JA, Seeley DG, Ensrud K, Ettinger B, Black D, Cummings SR. Estrogen replacement therapy and fractures in older women. *Ann Int Med* 1995;122:9-16.
114. Karppä DB, Shapiro DR, Seeman E, Ensrud KE, Johnston CC, Adami S, et al. Prevention of nonvertebral fractures by alendronate. *JAMA* 1997;277:1159-64.
115. Frost HM. Why do marathon runners have less bone than weight lifter? A vital biomechanical view and explanation. *Bone* 1997;20:183-9.
116. Feskanich D, Willett W, Golditz G. Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. *JAMA* 2002;288:2300-6.
117. Gregg EW, Cauley J, Seeley D, Ensrud K, Bauer D. Physical activity and osteoporotic fracture risk in older women. *Ann Int Med* 1998;129:81-8.
118. Silman AJ, O'Neill TW, Cooper C, Kanis J, Felsenberg D. Influence of physical activity on vertebral deformity in men and women: results from the European Vertebral Osteoporosis Study. *J Bone Miner Res* 1997;12:813-9.
119. Dirschl DR, Henderson RC, Oakley WC. Accelerated bone mineral loss following a hip fracture: a prospective longitudinal study. *Bone* 1997;20:79-82.
120. Snaki M, Michelsen BA. Postmenopausal spinal osteoporosis: Flexion versus extension exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 1984;65:593-6.
121. Swezey RL, Swezey A, Adams J. Isometric progressive resistive exercise for osteoporosis. *J Rheumatol* 2000;27:1260-4.
122. Swezey RL. Spine Update. Exercise for osteoporosis. Is walking enough? The case for site specificity and resistive exercise. *Spine* 1996;21:2809-13.
123. Mussolino ME, Looker AC, Wolles OR. Jogging and bone mineral density in men: results from NHANES III. *Am J Pub Health* 2001;91:1056-9.
124. Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA. Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res* 1995;10:586-93.
125. Warner SE, Shaw JM, Dasky GP. Bone Mineral density of competitive male mountain and road cyclists. *Bone* 2002;30:281-6.
126. Nelson DA, Bouxsein ML. Exercise maintains bone, but do people maintain exercise? Editorial. *J Bone Miner Res* 2001;16:202-5.
127. Kerschman K, Alacamlıoglu Y, Kollmitzer J, Wober C, Kaider A, Hartard M, et al. Functional impact of unvarying exercise program in women after menopause. *Am J Phys Med Rehabil* 1998;77:326-32.
128. Snaki M, Wahner HW, Bergstrahl EJ, Hodgson SF, Offord KP, Squires RW, et al. Three-year controlled randomised trial of the effect of dose specified loading and strengthening exercise on bone mineral density of spine and femur in non-athletic physically active women. *Bone* 1996;19:233-4.
129. Iwamoto J, Takeda T, Ichimura S. Effect of exercise and detraining on bone mineral density in postmenopausal women with osteoporosis. *J Orthop Sci* 2001;6:128-32.
130. Winter KM, Snow CM. Detraining reverses positive effects of exercise on the musculoskeletal system in premenopausal women. *J Bone Miner Res* 2001;15:2495-503.
131. Kontulainen S, Kannus P, Haapasalo H, Sevänen H, Passanen M, Heinonen A, et al. Good maintenance of exercise-induced bone gain with decreased training of female tennis and squash players: a prospective 5 years follow-up study of young and old starters and controls. *J Bone Miner Res* 2001;16:195-201.
132. Kerr D, Ackland T, Maslen B, Morton A, Prince R. Resistance training over 2 years increases bone mass in calcium-replete postmenopausal women. *J Bone Min Res* 2001;16:175-81.

Correspondencia:

Dr. Andrés Peña Arrebola
C/ Sangerjo, 17 12B
28034 Madrid
E-mail: apenarre@terra.es