

OSTEOPOROSIS EN LA MUJER: “¿TRATAMIENTO O PREVENCIÓN?”. EL EJERCICIO FÍSICO COMO UNA MEDIDA PREVENTIVA

Andrade, D. (davidjet6@yahoo.com)

Departamento de Ciencias de la Actividad Física. Universidad de los Lagos. Osorno, Chile.

Recibido: septiembre, 2011; Aceptado: diciembre, 2011.

RESUMEN

Este artículo tiene como objetivo dar a conocer la importancia del papel preventivo del ejercicio físico, frente a futuras condiciones de osteoporosis. Además, se darán a conocer ciertas investigaciones que han estudiado la osteogénesis en la mujer, y los problemas que pueden ocurrir con una mala alimentación, poco ejercicio (o mucho) o en ciertos casos una condición de amenorrea. Por otro lado, se describirán ciertos procesos fisiológicos en la regulación del metabolismo óseo. Como conclusión, se puede afirmar que el ejercicio físico podría ser un factor protector de osteoporosis, y además funcionaría de forma independiente de otros factores. **PALABRAS CLAVES:** osteoporosis; amenorrea; densidad mineral ósea (BMD).

ABSTRACT

This article reviews the preventive role of physical exercise in osteoporosis, with an especial focus on woman. Also, this review incorporate topic such as osteogenesis, problems associated to a bad nutrition, little exercise (or too much), amenorrhea. It describes physiological process in relation to bone metabolism. As a conclusion, physical exercise can be a protective factor in osteoporosis, independent of other factors. **KEY WORDS:** osteoporosis; amenorrhea; bone mineral density.

INTRODUCCIÓN

Para comenzar a hablar de estructuras y metabolismo, se debe comprender que es el hueso. Este sería un tipo de tejido conectivo que se caracteriza por tener una sustancia intercelular calcificada. Teniendo tres tipos de célula, que serían los osteoblastos (formación del hueso); osteocito (mantenimiento del tejido vivo) y osteoclasto (reabsorción del hueso) (Cingolani, H.E., et al. 2000). Por otro lado, el medio intracelular sería llamado matriz ósea, siendo su principal componente el colágeno tipo 1 y la más importante de las proteínas no colágenas en la matriz ósea es la osteocalcina (OC) (de la cual se habla mas adelante). En promedio, un hueso adulto se compone de 24% de calcio (Cingolani, H.E., et al. 2000).

La osteoporosis puede ser definida como el deceso difuso del esqueleto, con una reducción de la masa ósea y la micro-arquitectura del hueso alterada, reduciendo la posibilidad de mantener en el tiempo la estructura ósea (Maimoun, L., et al. 2005). Esta se consideraba una enfermedad de la vejes, pero actualmente prevalecería también en mujeres mas jóvenes (Burrows, M., et al. 2003). Además, es uno de los mayores problemas de salud pública (Maimoun, L., et al. 2005).

Uno de los principales problemas presentes en la mujer es la condición de amenorrea, que sería una disrupción del periodo menstrual en este género. Lo cual, sumada a una mala alimentación, puede producir una disminución de la densidad mineral ósea (BMD) (Torstveit, M.K., Sundgot-Borgen, J. 2005; Burrows, M., et al. 2003). Por otro lado, otros autores han planteado que el bajo peso por si solo podría tener un efecto negativo en la BMD de la espina lumbar (Keay, N., et al. 1997). Sin embargo, desórdenes alimenticios y/o exceso de ejercicio concurren en una disminución del peso y grasa corporal, lo que puede inducir una condición de amenorrea (Sparling, P., et al. 1998; Keay, N., et al. 1997).

La masa de los sujetos tendría gran implicancia en BMD, ya que el mejor mecanismo estimulante de la mineralización esquelética incluye tensión muscular y fuerza de gravedad (Cohen, B., et al. 1995). Sin embargo, el desarrollo de masa magra podría ser el mejor predictor del contenido mineral óseo (BMC) y BMD, y la masa grasa no presentaría ninguna relación con el desarrollo óseo (Vicente-Rodríguez, G., et al. 2005). Por tal razón, no sería tan importante la masa total, sino la composición de esta.

Prevención de la osteoporosis

Como se ha planteado, desórdenes alimenticios, poco ejercicio físico (o exceso del mismo), sumando a una condición de amenorrea, podrían contribuir negativamente en la salud del hueso. Sin embargo, estas condicionantes podrían funcionar relativamente independiente, ya que, por ejemplo, mujeres que practican deportes de alto impacto, como la gimnasia, voleibol y basquetbol, poseían una BMD 2-6% mas alta que mujeres controles con misma edad y peso (Sparling, P., et al. 1998), observándose aquí el factor del ejercicio (independiente de edad y peso). Otro estudio (Torstveit, M.K., Sundgot-Borgen, J. 2005), demostró que mujeres deportistas, con o sin disfunción menstrual, no presentaban diferencias significativas de BMD, sugiriendo que el ejercicio, independiente del estado de función menstrual, podría impactar la BMD. Sin embargo, algunos autores señalan que frente a ejercicio, efectuado en un estado de déficit de energía-amenorrea, este no induciría una óptima modelación/remodelación ósea, sugiriendo que el efecto independiente del ejercicio sería limitado (Burrows, M., et al. 2003). Por ende, si bien la BMD podría ser influida por varios factores de manera relativamente independientes, esta independencia presentaría cierta limitación, demostrando la complejidad del metabolismo óseo, lo cual también implica importantes dificultades al momento de evaluarlo (Uzunca, K., et al. 2005).

Una reducción de la densidad ósea en mujeres con amenorrea que se ejerciten, puede resultar en un inmediato riesgo de fractura (Wilson, J.H., Wolman, R.L. 1994, citado por Keay, N., Fogelman, I., and Blake, G. 1997). Siempre y cuando estas posean una dieta defectuosa.

En mujeres jóvenes, el 15% de estas, puede estar diagnosticada con osteopenia y aproximadamente un 0,5% de estas, puede estar diagnosticada con osteoporosis (Kanis J.A. 2002. Citado por Torstveit, M.K. Sundgot-Borgen, J. 2005). Por ende, la prevención, pasaría a cumplir un papel fundamental. Sin embargo, todas las investigaciones en este tema, tiene una duración mínima de 7 meses, los cuales, algunos autores creerían que es un tiempo corto (Cohen, B., et al. 1995).

Desde el punto de vista deportivo, existen muchas disciplinas que serían clasificadas de bajo impacto. Así, atletas con disrupción menstrual que participaron de deportes de alto impacto, poseerían una alta BMD, que atletas con disrupción menstrual que participen en deportes de medio y bajo impacto, esto podría implicar un posible efecto protector en el hueso, de los ejercicios de alto impacto en atletas con disrupción menstrual (Torstveit, M.K. Sundgot-Borgen, J. 2005). Tras lo anterior mencionado, el factor que “previene” la disminución de la BMD, sería una actividad de alto impacto, por ende, no sería

extraño pensar que el realizar este tipo de actividades pudiese ayudar a generar un mayor pico de masa ósea.

Sin embargo, se realizó un estudio con el objetivo de determinar el efecto del entrenamiento de danza y la contribución del ritmo y duración de una disrupción menstrual en la BMD. 57 mujeres premenopáusicas, quienes siguieron una carrera profesional en la danza, con un mínimo de 23 años de edad ingresaron en este estudio. La densidad ósea se determinó mediante densitometría ósea (DXA). Se midió espina lumbar y cuello femoral. El criterio para la amenorrea fue, que debía durar 3 meses o más, y para la oligomenorrea más de 32 días. Se observó que las bailarinas que experimentaron amenorrea durante sus carreras, también experimentaron un gran descenso en su peso ideal. La BMD en la espina lumbar en las bailarinas amenorreicas es significativamente más baja que la población normal ($p < 0,01$), por otro lado en el cuello femoral no se observaron diferencias significativas con la población normal. La BMD del cuello femoral en las bailarinas con una menstruación normal (eumenorreicas), esta significativamente por encima de la población normal. Y comparando a las mujeres que presentaban eumenorrea y amenorrea se observaron diferencias significativas en BMD entre los dos grupos, para cuello femoral y espina lumbar, siendo en ambos casos más elevado para las bailarinas eumenorreicas ($p < 0,025$ y $p < 0,025$ reespectivamente). Se observó que a mayor amenorrea menos BMD para la espina lumbar ($p < 0,001$) y para el cuello femoral ($p < 0,005$). No se observó relación entre el consumo de anti-conceptivos y la BMD en las bailarinas eumenorreicas y amenorreicas. Por último, los autores concluyen que el entrenamiento de danza puede producir una condición amenorrea la cual puede llevar a la disminución de BMD en la espina lumbar, pero por otro lado, en el cuello femoral esta disminución de BMD se ve contrarrestada con las cargas de entrenamiento de danza (Keay, N, Fogelman, I, and Blake, G. 1997). En este tipo de actividades el bajo peso de las bailarinas, podría jugar un papel fundamental en la pérdida de masa ósea, además de que esta condición de bajo peso, y ejercicio podría aumentar las posibilidades de generar un cuadro de amenorrea.

Tras la información citada anteriormente, se puede apreciar que el ejercicio físico, es uno de los factores que actuaría independientemente de los demás, observándose que en sujetos (bailarinas), que poseían un bajo peso y además amenorrea, no disminuirían su BMD, por el solo hecho de realizar ejercicio físico de alta intensidad. Por otro lado, se puede observar que el aumento en la densidad ósea es solo en las áreas más cargadas, y no así las que no se cargan con el entrenamiento, desde este punto de vista, la hipótesis de Karlsson's que reclama, que las regiones cargadas con peso durante un deporte específico deberían tener una elevada BMD, mientras que en parte las regiones cargadas tiene igual BMD y las no cargadas tiene menor BMD (Uzunca, K, et al. 2005). Sin embargo, esta se cumpliría en cierta medida, ya que, en varios estudios, se ha observado que el hueso crecería de forma no regular, observándose zonas con mayor o menor desarrollo óseo, en dependencia del tipo de carga aplicada.

La positiva asociación entre ejercicio y masa ósea ha llevado a los médicos y público oficial de la salud a recomendar a las personas a participar diariamente en ejercicios, con la meta de reducir la incidencia de las fracturas por osteoporosis (Turner, C.H., Robling, A.G. 2005).

El ejercicio físico ¿será una herramienta útil, para favorecer la osteogénesis?

Un estudio en donde participaron 938 mujeres (terminando el estudio con 183 participantes) atletas y 900 (terminando el estudio con 145 participantes) mujeres control. Se aplicó un cuestionario para saber quienes poseían o habían poseído algún tipo de disrupción menstrual y para saber su tipo de actividad (alto, medio o bajo impacto), se midió BMD con densitometría ósea (DXA) (se midió la espina lumbar y fémur total) y se aplicó una intervención clínica para saber si es que se poseía algún tipo de desorden

alimentario. La BMD es alta ($p < 0,001$) en atletas ($1,21 \pm 0,09 \text{ g/cm}^2$) que en no atletas ($1,18 \pm 0,08 \text{ g/cm}^2$), y alto ($p < 0,001$) en atletas que realizan deportes de alto impacto, que los que realizan deportes de medio y bajo impacto. Un alto porcentaje de controles (28,3%) que atletas (10,7%) poseen una baja BMD ($P < 0,001$) (Torstveit, M.K. Sundgot-Borgen, J. 2005).

Noventa y un mujeres japonesas, sanas, con edades entre 20 y 39 años, se sometieron a un estudio que tenía como propósito investigar la asociación entre la BMD actual, la frecuencia y el tipo de actividad física que realizaron entre las edades de 13 a 18 años. Se midió índice de masa corporal (BMI), con la fórmula masa/altura^2 ((kg)/altura (m²)), BMD (g/cm^2) en todo el cuerpo (WBMD), en la espina lumbar (LBMD) y el radio izquierdo (LBMD). La BMD se midió mediante densitometría ósea (DXA). Las clases de educación física fueron eliminadas para el listado de hábitos de ejercicio. Las horas de ejercicio por semana son calculadas con la fórmula; horas de ejercicio por día x días de ejercicio por semana. Además, se midió el consumo de calcio (mg/dl) y calórico (Kcal). No se observaron diferencias en la BMD en todos los sitios y el consumo de calcio es normal. El BMI se correlaciono significativamente con la BMD, en los tres sitios ($p < 0,001$, $p < 0,001$ y $p < 0,001$, para WBMD, LBMD y LBMD respectivamente). Los resultados indicaron que las mujeres japonesas se ejercitaban en actividades extracurriculares presentaban mayor BMD que las que no lo hacían, por ende, podría ser el más importante periodo para incrementar el pico de masa ósea. Los autores enfatizan en que la actividad física durante la primaria y la secundaria puede aumentar la BMD y los que realizan ejercicios de alto impacto podrían mantenerla por más tiempo (Hara, S., et al. 2001).

En un estudio se comparo el contenido mineral óseo (BMC) de 11 jugadoras de voleibol, que entrenaban aproximadamente 8 horas/semana, y 11 mujeres no activas. Mediante densitometría ósea (DXA) se tomo la zona distal y proximal de húmero para la BMC y la zona distal del radio para la densidad mineral ósea (BMD). Las jugadoras de voleibol presentaron un significativo ($p < 0,05$) BMC en el humero proximal del brazo dominante comparado con el grupo de sujetos no activos, pero no se encontraron diferencias entre los grupos en BMC del humero distal y BMD del radio distal. En las jugadoras de voleibol, BMC es significativamente más alto en el humero proximal, al humero distal, y el radio distal en el brazo dominante comparado al brazo no dominante. En el grupo no activo no se presentaron diferencias significativas entre el brazo dominante y no dominante en BMC y BMD. Los autores concluyeron de sus resultados que en jóvenes jugadoras de voleibol poseen una elevada masa ósea en el humero proximal, humero distal y radio distal, comparando el brazo dominante con el no dominante. También los autores teorizan que las diferencias observadas en la masa ósea pueden ser relacionadas al tipo de carga que se somete al esqueleto cuando se juega voleibol (Alfredson H, et al. 1998).

Regulación hormonal, bioquímica y su relación con la BMD

El metabolismo óseo es influenciado por muchos factores (Uzunca, K, et al. 2005), como su control hormonal (Simmesael, M. et al. 2011; Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005; Guadalupe-Grau, A. et al. 2009), micronutrientes (Burrows, M. et al. 2003), elementos ionizados (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005), etc.

Un estudio mostró que la concentración de OC en suero esta asociada positivamente con la BMC y BMD, masa magra, fuerza muscular y testosterona libre, mientras que la OC es asociada negativamente con cortisol el suero, concentración de leptina, masa grasa y % de grasa (Guadalupe-Grau, A. et al. 2009), tanto en varones como en mujeres. Sin embargo, esta (OC) presentaría mayores niveles circulantes en varones que en mujeres (Guadalupe-Grau, A. et al. 2009). Por otro lado, Las concentraciones de OC en suero, se incrementan similarmente en hombre y mujeres después de un

programa de entrenamiento de fuerza combinado con ejercicios pliométricos (Guadalupe-Grau, A. et al. 2009). En la misma línea, un alto porcentaje de las cabezas pesadas de miosina (MHC) de la isoforma II (figura 1), podrían predecir el gran incremento en las concentraciones de OC en suero basal, tras un entrenamiento de fuerza (Guadalupe-Grau, A. et al. 2009). Además, la OC se considera una proteína ligadora de calcio (Cingolani, H.E. Houssay, A.B. y col. 2000. pp. 597).



Figura 1. Estructura de miosina II. Se puede observar las cadenas ligeras como pesadas. Esta última podría predecir elevados niveles de osteocalcina en suero (modificado de Cooper, G.M. 2002, pp. 449).

Las mejoras en la masa muscular con el entrenamiento de fuerza, estarían asociadas con el incremento de la masa ósea y las concentraciones basales de OC en suero (Guadalupe-Grau, A. et al. 2009). Además, el ejercicio regular produciría un efecto sobre la densidad del hueso, tamaño, y forma, resultando en substanciales mejoras en la fuerza mecánica (Turner, C.H., Robling, A.G. 2005).

Sin embargo, tras un test de ejercicio máximo incremental los niveles de OC no se modificaron significativamente (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005). Por ende, quizás el metabolismo del hueso, en donde se vea implicada la OC, podía ser de más largo plazo.

Anteriormente se planteó que, la testosterona se ve involucrada en el metabolismo del hueso. Esta hormona sería importante tanto para, ganancias de hueso y mantenimiento en el hombre (Sinnesael, M. et al. 2011). Además, esta es el mayor andrógeno circulante en el hombre, siendo un andrógeno adrenal, esteroide (C19), derivado del colesterol. Ambos, testosterona gonadal y adrenal pueden ser convertidos en estrógenos (C18 esteroides) por la P540 aromatas (CYP19), presente en muchos tejidos incluido el hueso (Sinnesael, M. et al. 2011). En mujeres bailarinas, una de las explicaciones que dieron los autores a la disminución de su BMD en la espina lumbar, fue por la gran sensibilidad que podría presentar la espina lumbar a un estado hipo-estrogénico (Keay, N, Fogelman, I, and Blake, G. 1997). Además, otro autor plantea que, la principal causa de la osteoporosis pre-menopáusica en deportes femeninos es la hipo-estrogenia, lo cual da como resultado una amenorrea hipotalámica (Sparling, P., Snow, T., Roskopf, L. et al. 1998). Así, durante un tratamiento con estrógenos, el área cortical se expande, como resultado de la expansión periostial (Sinnesael, M. et al. 2011). Esto puede ser por, un incremento en la dimensión periostial o por una reducción en la expansión endiostal (McKay, H.A., MacLean, L., Petit. Et al. 2005).

Como se presentó en el párrafo anterior la testosterona es un andrógeno, que puede ser convertido en un estrógeno. Las células óseas presentarían receptores androgénicos (AR), como también receptores estrogénicos α ($ER\alpha$) y β ($ER\beta$) (Sinnesael, M. et al. 2011). Por lo tanto, la acción androgénica en el hueso de un varón puede ser explicada por acción de los AR, o alternativamente por la acción de los $ER\alpha -\beta$ (Sinnesael, M. et al. 2011). Por ende, fallas en los AR o $ER\alpha -\beta$, podrían explicar, pérdidas del hueso en la zona cortical como periostial. Así, un paciente que presentaba una mutación de inactivación

en los AR, podía, a través de los $ER\alpha - \beta$ incrementar la oposición mineral de la superficie endocortical (Taes, Y., Lapauw, B., Vandewalle, S. et al. 2009 citado por, Sinnesael, M. et al. 2011). Por otro lado, el estradiol y la testosterona en suero, serían inversamente relacionados con el riesgo de fractura en varones ancianos (Sinnesael, M. et al. 2011). Los volúmenes de entrenamiento también estarían relacionados con los niveles de testosterona. Así, bajos niveles de esta hormona estarían relacionados significativamente a los altos volúmenes de entrenamiento. Sin embargo, los niveles hormonales no explicarían las diferencias entre sujetos que entrenaron con un volumen de 64-80km/semana, sujetos que entrenaron con un volumen de 95km/semana, y sujetos que no entrenaron (MacKelvie, K, et al 2000). Por otro lado, la osteoporosis podría resultar en la supresión crónica de los niveles de testosterona en corredores de distancia (MacKelvie, K, et al 2000).

Ya se planteo la importancia de ciertas hormonas en el metabolismo del hueso, sin embargo el metabolismo del calcio (Ca) sería importante de analizar. Se a observado que al realizar un test de ejercicio máximo incremental, este induciría una variación significativa en los parámetros de la homeostasis del Ca (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005). Un aumento en los niveles de la hormona paratiroidea en suero, puede reflejar directamente el descenso en los niveles de Ca^+ en suero, siendo el principal regulador del factor de secreción de la hormona paratiroidea (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005). Esto puede ser por el exceso de fosfatos inorgánicos (Pi) (Levy, M. N. Stanton, B. A. Koeppen, B. M. 2006. Pp. 402), ya que este (por la contracción muscular), podría unirse al Ca, lo cual llevaría a una disminución de la absorción intestinal de Ca, por una disminución de la acción de la hormona paratiroidea (Levy, M. N. Stanton, B. A. Koeppen, B. M. 2006. Pp. 402). La acción de los Pi (Robergs, R.A. 2003) puede verse reflejada por la acidosis metabólica inducida por el test de ejercicio máximo incremental, el cual, puede ser el principal factor que induzca un disturbio en el metabolismo del Ca (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005).

Experimentos en animales han demostrado que la administración intermitente de hormona paratiroidea incrementa la masa del hueso y mejora la micro-arquitectura trabecular, y una continua administración por infusión puede traducirse en una conexión de perdida de masa ósea y alteraciones en la estructura del hueso (Tam, C.S. et al. 1982, citado por Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005). Por ende, un aumento transitorio en los niveles de la hormona paratiroidea, puede tener un efecto potencial anabólico en la salud del hueso (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005).

El hueso presentaría dos mecanismos (entre muchos otros), que sería el de reabsorción de hueso, y el de síntesis del hueso. Con estos dos mecanismos se han relacionado dos marcadores, que serían el, colágeno tipo1 C-telepeptido (CTX), y la OC, que reflejarían la reabsorción y la síntesis de hueso respectivamente. Tras un ejercicio máximo incremental, no se observaron modificaciones significativas en estos marcadores bioquímicos. (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005). Esto pudo deberse a la corta duración del estímulo (8 a 12 min) (Maimoun, L., Simar, D., Malatesta, D. et al. 2005).

Otros elementos pueden estar presentes en el metabolismo del hueso, como son el magnesio (Mg) y zinc (Zn), los cuales en un bajo consumo, podrían reflejar el estado de desnutrición de corredores de endurance, y así su efecto sobre la BMD (Burrows, M. et al. 2003). Sin embargo, la BMD del cuello femoral es asociado significativamente con el consumo de Mg y Zn, con alto magnesio y bajo consumo de zinc, se relaciona una alta BMD del cuello femoral (Burrows, M. et al. 2003). Además, los bajos niveles de Mg, podrían regular hacia abajo la secreción de la hormona paratiroidea, disminuyendo la secreción de Ca, y alterando los procesos de remodelación ósea (Burrows, M. et al. 2003).

CONCLUSIONES

En conclusión, el ejercicio físico podría ser una herramienta útil y de bajo costo, para aumentar la osteogénesis y por ende disminuir la incidencia de osteoporosis en la mujer, siempre y cuando se este bien guiada, ya que, como se ha plasmado a lo largo del texto, una mala alimentación, realizar ejercicios en forma desmedida, podrían traer como consecuencia una condición de amenorrea, la cual si es que no se realizase ejercicio físico podría tener como resultado una disminución de la BMD. Por otro lado, el ejercicio pareciera ser que es un elemento independiente y protector ante una posible osteoporosis (en los segmentos, que se aplique cierta carga mecánica). Además, algunos autores han dado ciertos consejos para que exista un mayor potencial osteogénico, los cuales serian, que el ejercicio diario sea dividido en dos sesiones cortas, separadas por 8 horas (Turner, C.H., Robling, A.G. 2005); y el más importante de todos, seria el realizar ejercicio físico a temprana edad, ya que en este periodo el crecimiento de la superficie del hueso es cubierta con una gran porción de osteoblastos activos, que después maduran en el esqueleto. El periostio aumenta con la edad, y para los niños y adolescentes es una ventana de oportunidades para aumentarlo significativamente. El periostio es importante para la salud del esqueleto, porque la superficie de este mejora la fuerza de flexión y torsión del hueso más efectivamente, además la reabsorción ósea desde la superficie del periostio es extremadamente rara en adultos (Turner, C.H., Robling, A.G. 2005).

Por otro lado, la importancia de los procesos bioquímicos y hormonales de regulación de la remodelación, absorción y mantenimiento del hueso serian en extremos relevantes, ya que estos se podrían regular tanto por medio del ejercicio físico como de la dieta.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Desde el punto de vista de la mujer, el ejercicio físico puede llegar a tener un papel fundamental en la salud ósea de estos sujetos, porque como se ha planteado en el texto, el ejercicio a temprana edad, que sea de alta intensidad, podría ayudar a mantener un pico de masa asea mas elevado. Además, seria un componente independiente de la condición amenorreica, observándose que en mujeres con esta condición que realizaban ejercicio, un mayor BMD que sus contrapartes, que no realizaban regularmente ejercicio físico (Keay, N, Fogelman, I, and Blake, G. 1997).

Por otro lado, la regulación hormonal y bioquímica, podría ser influenciada a través del mismo ejercicio o la dieta, pero como el objetivo de este artículo no es dar consejos sobre ese tema, sino que dar a conocer los procesos que ocurren en el metabolismo óseo, no se ahondara más en el tema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfredson, H., Nordstrom, P., Pietila, T. et al. Long-term loading and regional bone mass of the arm in female volleyball players. *Calcif Tissue Int* 1998;62(4):303-8.
2. Burrows, M., Nevill, A., Bird, S., and Simpson, D. Physiological factors associated with low bone mineral density in female endurance runners. *Br J Sports Med* 2003;37:67-71.
3. Cingolani, H.E., Houssay, A.B. *Fisiología humana de Houssay*. Buenos Aires; El Ateneo, 2000. Pp. 597.
4. Cohen, B., Millett, P., Mist, B., Laskey, M., Rushton, N. Effect of exercise training programme on bone mineral density in novice college rowers. *Br. J. Sp. Med.*, Vol. 29, No. 2, pp. 85-88, 1995.
5. Cooper, G.M. *La célula*. Harvard Medical School. 2ª edición. 2002. Madrid, España. Pp. 449. Editorial Marbán.

6. Guadalupe-Grau, A., Perez-Gomez, J., Olmedillas, H., Chavarren, J., Dorado, C., Santana, A., Serrano-Sanchez, J.A., and Calbet, L. Strength training combined with plyometric jumps in adults: sex differences in fat-bone axis adaptations. *J Appl Physiol* 106: 1100–1111, 2009.
7. Levy, M. N. Stanton, B. A. Koeppen, B. M. Berne y Lev, fisiologia. Cuarta edición. Pp.402. Elsevier. Madrid, 2006.
8. Hara, S. Yanagi, H. Amagai, H. Endoh, K. Tsuchiya, S and Tomura, S. Effect 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.
9. Keay, N, Fogelman, I, and Blake, G. Bone mineral density in professional female Dancers. *Br J Sports Med* 1997;31:143-147.
10. Mammoun, L., Simar, D., Malatesta, D., Caillaud, C., Peruchon, E., Couret, L., Rossi, M., Goulart, M.D. Response of bone metabolism related hormones to a single session of strenuous exercise in active elderly subjects. *Br J Sports Med* 2005;39:497–502.
11. MacKelvie, K, Taunton, J, McKay, H, Khan, K. Bone mineral density and serum testosterone in chronically trained, high mileage 40–55 year old male runners. *Br J Sports Med* 2000;34:273–278.
12. McKay, H.A., MacLean, L., Petit, M., MacKelvie-O'Brien, K., Janssen, P., Beck, T., Khan, M.K. “Bounce at the Bell”: a novel program of short bouts of exercise improves proximal femur bone mass in early pubertal children. *Br J Sports Med* 2005;39:521–526.
13. Robergs, R.A. *Acidosis metabólica inducida por el ejercicio: ¿de donde vienen los protones?* PubliCE (<http://sobrentrenamiento.com/PubliCE/index.htm>).09/01/03. pid:68.
14. Sparling, P., Snow, T., Roskopf, L., O'Donnell, E., Freedson, P., and Byrnes W. Bone mineral density and body composition of the United States Olympic women's field hockey team. *Br J Sports Med* 1998;32:315–318.
15. Sinnesael, M., Boonen, S., Claessens, F., Gielen, E., and Vanderschueren D. Testosterone and the Male Skeleton: A Dual Mode of Action. *J Osteoporos.* 2011; 2011: 240328.
16. Torstveit, M.K., Sundgot-Borgen, J. Low bone mineral density is two to three times more prevalent in non-athletic premenopausal women than in elite athletes: a comprehensive controlled study. *Br J Sports Med* 2005;39:282–287.
17. Turner, C.H., Robling, A.G. Exercises for improving bone strength. *Br J Sports Med* 2005;39:188–189.
18. Uzunca, K, Birtane, M, Durmus-Altun, G, and Ustun, F. High bone mineral density in loaded skeletal regions of former professional football (soccer) players: what is the effect of time after active career?. *Br J Sports Med* 2005;39:154–158.
19. Vicente-Rodriguez, G., Ara, I., Perez-Gomez, J., Dorado, C., and Calbet J.A. Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *Br J Sports Med* 2005;39:611–616.