

Monograph

Implicaciones de la Genética y la Actividad Física Respecto de la Incidencia de Osteoporosis en Mujeres Pre y Post Menopáusicas: Una Revisión

Kris Berg y Rebecca L Duchman

The University of Nebraska at Omaha, Omaha, Nebraska.

RESUMEN

Hasta el momento, pocos estudios han comparado los efectos de la genética y el ejercicio sobre la incidencia de osteoporosis. Recientes investigaciones han mostrado que la genética desempeña un papel clave en la determinación de la densidad mineral ósea, lo cual puede influenciar el riesgo de osteoporosis, pero el nivel de actividad física puede cambiar esta predisposición, especialmente con la realización de ejercicios que impliquen soportar el propio peso corporal. Este artículo tiene como objetivo investigar los efectos exactos de la actividad física y la genética sobre la degradación ósea.

Palabras Clave: osteoporosis, osteopenia, densidad mineral ósea, genética , actividad física

INTRODUCCION

La incidencia de osteoporosis se ha incrementado lentamente a nivel mundial, en mujeres pre y post menopáusicas y por esta razón, esta condición ha recibido gran atención por parte de los profesionales de la salud y la actividad física. Aunque la patogénesis de esta enfermedad debilitante ha sido estudiada extensivamente en las décadas pasadas, fue solo en los últimos 10 años que los científicos comenzaron a descubrir los mecanismos asociados con esta enfermedad y las vías efectivas para evitar o retrasar su comienzo. El foco de la mayoría de estas investigaciones ha sido la genética de la enfermedad y la utilización de la actividad física como medio para su prevención en mujeres pre y post menopáusicas.

Estudios recientes han confirmado que la genética desempeña un papel significativo en la incidencia de la osteoporosis (3, 11-14, 21, 24, 26, 31). En el año 2004, la Fundación Nacional para la Prevención de la Osteoporosis estimó que aproximadamente 10 millones de americanos habían sido diagnosticados con la enfermedad y que casi 34 millones tienen una baja densidad ósea, lo que hace que estén en riesgo directo de osteopenia y eventualmente osteoporosis. Esta información se vincula directamente la importancia de la genética como indicador principal del comienzo de la osteoporosis y sus efectos sobre la densidad mineral ósea (BMD) en estos individuos (3, 25, 28). Sin embargo, los bajos valores de BMD pueden contrarrestarse mediante la actividad física, especialmente mediante aquellas actividades que implican soportar el propio peso corporal (2).

Diversos estudios llevados a cabo en la década pasada han mostrado que el nivel de actividad física desempeña un papel importante en el incremento de la BMD a todas las edades (11, 15, 18). Recientes investigaciones también han comparado los niveles de actividad física de mujeres per púberes y mujeres post menopáusicas en relación a la dinámica temporal de la BMD (8, 17). Sin embargo, los ejercicios en los que hay que soportar el peso corporal han mostrado consistentemente incrementar la BMD que los ejercicios en los que no hay que soportar el peso corporal, tales como la natación o el waterpolo, sin considerar la dinámica temporal de la BMD o la edad del individuo (2, 23, 29). En estos estudios y en muchos otros, se puede observar un cambio notable en la BMD dentro de los 1-5 años siempre que se realice una cantidad moderada de actividad física (15).

Los efectos del nivel de actividad física sobre la estructura ósea han sido determinados en diferentes sitios, como ser el cuello femoral y la porción lumbar de la columna. Estas dos áreas son comúnmente utilizadas debido al tipo de hueso que componen estos sitios. El cuello femoral es 75% hueso cortical, mientras que la porción lumbar de la columna es 65% hueso trabecular (4). Ambos sitios son afectados en forma diferente tanto por la actividad física como por la genética. Si bien la genética ha mostrado desempeñar un papel clave en la composición ósea de cada sitio, la actividad física puede tener diferentes efectos sobre los huesos en sí mismos (3, 21). La porción lumbar de la columna es afectada en gran medida por las actividades en donde hay que soportar el peso corporal, mientras que se ha mostrado que el cuello femoral no reacciona tan rápidamente al tratamiento debido a que es más compacto (4). Por lo tanto; es importante señalar en qué lugar se han realizado las mediciones de la BMD debido a los diferentes efectos de cada tipo de actividad física. Como resultado, se puede alcanzar una mayor comprensión acerca de la relación entre la BMD, la actividad física y la genética, haciendo que sea más sencillo determinar sus respectivos roles en el comienzo de la osteoporosis.

El foco de esta revisión estará relacionado con las implicancias de la genética y la actividad física sobre la BMD y su asociación con la osteoporosis. Hasta la fecha existen pocos estudios en los que se hayan comparado diferentes niveles de actividad física y diferencias genéticas sobre la osteoporosis y los factores de riesgo asociados con la enfermedad (14, 15, 21, 27). Si bien los resultados de estas investigaciones son consistentes, todavía no es claro que factor tiene una mayor influencia en el comienzo de la osteoporosis. Quizás el conocimiento específico de los roles que desempeñan la actividad física y la genética en el comienzo de la osteoporosis permita entender cuáles son los mejores tratamientos para evitar o retrasar la progresión de la osteoporosis en mujeres pre y post menopáusicas.

Genética y Actividad Física

En relación a los objetivos del presente artículo, se prestará mayor atención a los efectos de la genética y la actividad física sobre la BMD, debido a su asociación con la osteoporosis (12, 21). Tanto la genética como la actividad física tienen un impacto significativo sobre la BMD, y en los últimos años, numerosos estudios han investigado en que extensión afectan estos factores a la osteoporosis (2, 3, 6, 11, 12, 19, 21). La literatura sugiere que la genética tiene un mayor impacto sobre la BMD que la actividad física en cualquier individuo, sin importar su edad o sexo (1, 3, 21). A pesar de esta evidencia, se ha demostrado que la actividad física puede, decisivamente, alterar la BMD a través del incremento de la masa ósea y de la densidad ósea (1, 3, 14). Sin embargo, una limitación de estos estudios es que diversos factores ambientales no controlados pueden contribuir en diferentes proporciones a la asociación observada entre la genética y la osteoporosis.

La genética desempeña un papel importante en la determinación de la BMD en mujeres pre y post menopáusicas. En general, se ha mostrado que los hombres tienen una mayor BMD que las mujeres, y que estos valores se reducen establemente con la edad en ambos grupos (21). Esta tendencia también ha sido observada entre madres e hijas, sugiriendo que la genética tiene una gran influencia sobre los valores basales, pero también que la edad afecta el estatus de BMD en estos sujetos (27, 30). También se ha propuesto que la masa muscular puede influenciar estos valores, debido a que, en diversas variedades de ratones, se han hallado correlaciones significativas entre la BMD y el tamaño corporal (rango de valores de correlación: $r = 0.49-0.59$, $p < 0.004$) (14). Sin embargo, diversos estudios han mostrado que la actividad física puede mejorar la BMD a pesar de la determinación genética para tener una baja BMD. Por ejemplo, Runyan et al (27) examinaron la mineralización ósea, la ingesta de calcio y la actividad física en tres generaciones de mujeres (abuelas, madres e hijas adolescentes) (27). La influencia genética fue medida a través de la heredabilidad (h^2), la cual para este estudio y como definición general para este artículo, se define como la porción de la variación fenotípica que se atribuye a los efectos aditivos de múltiples genes (12). En este estudio se observó que en todos los sujetos existió una correlación moderada y positiva (en los tres sitios medidos) entre la BMD y la actividad física, observándose la correlación más alta en las madres ($r = 0.29$ para el cuello femoral, $r = 0.30$ para el triángulo de Ward y $r = 0.25$ para la porción lumbar de la columna, $p=0.05$). Si bien es cierto que el nivel de actividad física tiene cierta influencia sobre los valores de BMD, es claro a partir de las estimaciones de la heredabilidad, que la genética tiene una mayor influencia sobre la BMD, sin considerar la edad de los individuos. Estos resultados son consistentes con los obtenidos por Mitchell et al (21), Baudoin et al (3) y Karasik et al (12), en cuyos estudios se controlaron los factores ambientales externos.

En la actualidad, existe gran cantidad de información concluyente que respalda la hipótesis de que la genética tiene un impacto significativo sobre la BMD de cualquier individuo (1, 3, 21). Si bien la evidencia favorece contundentemente a la

genética como determinante principal de la BMD, también existe una cantidad substancial de datos que demuestran la importancia de la actividad física en la determinación de la BMD (2, 3, 6, 11, 12, 19, 21). La influencia de la actividad física sobre la BMD es una consideración importante a realizar cuando se plantea cualquier tratamiento de la osteoporosis, debido a que la actividad física tiene un impacto directo sobre la BMD, provocando su incremento en individuos diagnosticados con osteoporosis (1, 3, 14). Muchos de estos estudios también han mostrado el rol crítico de considerar los factores ambientales cuando se realiza el tratamiento de la osteoporosis, debido a que estos factores también influyen la BMD (1, 3, 12, 21, 27).

Genética y Osteoporosis

En los recientes años, numerosos estudios han mostrado la relación entre la genética y la incidencia de osteoporosis en mujeres pre y post menopáusicas (3, 10-14, 21, 24, 26, 31). La genética afecta la incidencia de esta enfermedad ósea debido a sus efectos directos sobre la BMD y sobre la tasa de degradación de los diferentes tipos de huesos (4, 25). En varios de estos estudios, se ha utilizado a la heredabilidad como una medición válida de la influencia de la genética sobre la BMD (10, 12, 21). Sin embargo, cuando se estudian familias con una historia consistente de valores bajos de BMD (3, 27), se debe diferenciar entre heredabilidad o "rasgos genéticos" y "rasgos familiares". Los rasgos genéticos no pueden ser controlados y contribuyen al riesgo de osteoporosis a pesar de la calidad de vida. Por otro lado, los rasgos familiares pueden incrementar adicionalmente el riesgo de osteoporosis pero pueden ser controlados. Por ejemplo, los bajos valores de BMD en ciertos individuos pueden deberse en parte a la predisposición por un estilo de vida sedentario dentro de su familia. Como resultado, los estudios que no distinguen entre genética y estilo de vida pueden incrementar artificialmente la correlación entre la genética y la BMD. En estos casos, es importante controlar los rasgos familiares cuando se estima la heredabilidad, pero obviamente, esto solo puede ser llevado a cabo en parte.

La significancia de la genética sobre la BMD ha hecho que muchos investigadores estudien las bases moleculares de la influencia genética sobre la osteoporosis (12, 13, 26). En una investigación llevada a cabo por Karasik et al (12), la muestra consistió de los descendientes de los sujetos que participaron en el *Framingham Offspring Study* iniciado en 1948, en el cual se estableció el genotipo de 1702 individuos pertenecientes a 330 linajes en 6 subcategorías. Los resultados mostraron que para la BMD; todos los análisis de ligamiento fueron muy similares. Esto sugiere que el ligamiento genético tiene una dramática influencia sobre la BMD, y por lo tanto la genética es un potente factor de predicción de las fracturas por osteoporosis.

Resultados similares fueron obtenidos por los mismos investigadores (13), en un estudio en el que utilizaron las mismas 6 subclases utilizadas en su estudio previo (12) para investigar el vínculo genético que existe entre la ubicación de los cromosomas y la BMD. Para esta investigación en particular, los autores utilizaron el ultrasonido cuantitativo como herramienta adicional para medir las potenciales fracturas por osteoporosis que no pudieron ser detectadas mediante absorciometría dual de rayos X en el estudio previo (12). Con los resultados del ultrasonido cuantitativo, los investigadores fueron capaces de indicar la ubicación de cada cromosoma específico de interés. Aunque no en la misma extensión que con los genes asociados a la BMD, se pudieron determinar vinculaciones entre los factores de crecimiento tipo insulínico, tal como los IGF-1 y la remodelación ósea en individuos con osteoporosis (26). Los IGF-1 tienen un gran efecto sobre los huesos y, debido a que estos son sintetizados por los osteoclastos, los IGF-1 son extremadamente activos durante la regeneración ósea. Desafortunadamente, todavía se desconocen varios de los factores relacionados con los genes de los IGF-1 y su asociación con la BMD.

El tamaño óseo es otro prominente indicador del posible comienzo de la osteoporosis, y varios investigadores han estudiado los posibles ligamientos genéticos (1, 10, 32). Por ejemplo, se ha medido el tamaño óseo de la columna, la cadera y la muñeca y se estimó la heredabilidad para cada sitio al 50% (32). Sin embargo, aparentemente el tamaño óseo de la columna es un mejor indicador de la BMD que el de la muñeca. Los sujetos con una mayor BMD tienen huesos significativamente más grandes en el área ósea de la columna (valor $Z = 1.28$) que aquellos con una menor BMD (valor $Z = 1.28$), pero no existe diferencia en el tamaño óseo de la cadera ($h^2 = 0.58 \pm 0.04$) o de la muñeca ($h^2 = 0.59 \pm 0.04$). Los ligamientos genéticos para el tamaño óseo en la muñeca proveyeron un valor de ligamiento-distancia de 2.27 ($p=0.01$) y un valor de ligamiento para sitios múltiples de 1.78 ($p=0.01$). Con estos resultados es claro que el tamaño óseo puede ser un indicador del posible comienzo de la osteoporosis, debido a su asociación con la BMD a través de diversos sitios óseos y de los análisis de ligamiento genético. Quizás con la continua investigación de los ligamientos genéticos entre la BMD y el tamaño óseo, los investigadores puedan ser capaces de determinar cuáles son los genes asociados con la osteoporosis. Una mejor comprensión de los genes que regulan la masa ósea podría proveer la información necesaria para identificar estos genes. Sin embargo, los análisis genéticos son costosos y requieren de mucho tiempo, ya que deben controlarse numerosos factores ambientales para hallar la ubicación cromosómica de los genes individuales. Se espera que las futuras investigaciones introduzcan opciones adicionales para la prevención y tratamiento de la osteoporosis y para disminuir los riesgos de fractura asociados con la degradación ósea.

Actividad Física y Osteoporosis

Si bien la genética desempeña un rol significativo en la incidencia de osteoporosis entre mujeres pre y post menopáusicas, la actividad física también puede influenciar la alteración de la BMD (4, 6, 11, 15, 19, 22, 23). El potencial de la actividad física para incrementar la BMD hace que esta sea una herramienta valiosa en la prevención y tratamiento de la osteoporosis. Específicamente, la realización de actividades en las que haya que soportar el peso corporal será determinante para mejorar la BMD y deberían ser las actividades a incluir en el tratamiento de individuos con osteoporosis (18, 20, 27, 33). Recientes estudios han hallado que el nivel de actividad física pre y post pubertad puede tener cierto impacto sobre el incremento en la BMD a lo largo de la vida, y por lo tanto alterar el nivel de riesgo de osteoporosis (8, 17, 29). Por estas razones, nunca se debería considerar que sea demasiado tarde para comenzar con un programa de ejercicio. Además de los obvios beneficios para la salud proporcionados por el incremento en el nivel de actividad física, los individuos con osteoporosis son capaces de mejorar su equilibrio y estabilidad dinámica a través del ejercicio regular, reduciendo así las fracturas atribuidas a las caídas (5, 16).

Diversos estudios se han enfocado en la actividad física y su relación con la BMD, y han hallado que los diferentes sitios óseos producen resultados variables debido al tipo de hueso en cada sitio específico (4, 6, 11). Como se mencionó previamente, antes de establecer el tipo de tratamiento a seguir, se debería considerar el tipo de hueso (ya sea trabecular o cortical) a tratar, ya que el tipo de hueso influencia su respuesta a la actividad. También se ha observado que la duración del tratamiento es otro aspecto a considerar ya que el hueso cortical es más compacto que el trabecular y puede tardar hasta un año en mostrar cambios observables en la BMD (4, 31). La frecuencia de ejercicio también tiene influencia sobre la BMD. La evidencia sugiere que los individuos que se ejercitan menos de dos veces por semana tienen valores de BMD significativamente menores ($0.169 \pm 0.027 \text{ g/cm}^3$, $p < 0.01$) que aquellos que se ejercitan más de dos veces por semana ($0.183 \pm 0.028 \text{ g/cm}^3$, $p < 0.01$) (6). Estos son factores importantes a considerar antes de iniciar una investigación o tratamiento relacionado con la actividad física y sus efectos sobre la BMD.

Se sabe bien que la actividad física altera la composición corporal, sin considerar la intensidad del ejercicio. Se ha especulado que la composición corporal puede afectar la BMD, posiblemente alterando el riesgo asociado de osteoporosis (19). Madsen et al (19) demostraron que los individuos físicamente activos con bajo peso corporal (LBW; índice de masa corporal [BMI] $< 20.3 \text{ kg/m}^2$) tienen una mayor BMD total ($1.164 \pm 0.06 \text{ g/cm}^3$, $p < 0.05$) que los individuos sedentarios con un peso corporal promedio (BMI = $20.4\text{--}25.2 \text{ kg/m}^2$; BMD = $1.138 \pm 0.07 \text{ g/cm}^3$, $p < 0.05$) y con LBW (BMD = $1.071 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$, $p < 0.05$). Estos datos, desacreditan las correlaciones positivas halladas en estudios previos entre la masa grasa y el incremento en la BMD en donde se incluyeron atletas con bajo peso corporal. Con estos resultados, es claro que el incremento en el nivel de actividad física es más efectivo para incrementar la BMD que tener más masa grasa y ser sedentario.

Actividades en las que Hay que Soportar el Peso Corporal vs Actividades en las que No Hay que Soportar el Peso Corporal

Si bien la actividad física es de por sí efectiva para incrementar la BMD, las actividades en las que hay que soportar el peso corporal tienen un mayor efecto sobre la BMD que las actividades en las que no hay que soportar el peso corporal (2, 7, 18, 29). Las actividades tales como el entrenamiento de la fuerza y las actividades de alto impacto han mostrado provocar un mayor incremento en la BMD que las actividades aeróbicas en las que no hay que soportar el peso corporal tales como la natación o el waterpolo (2). Con el incremento de la práctica de actividades en las que hay que soportar el peso corporal se produce un incremento en la BMD de los atletas e individuos ancianos, reduciendo así la incidencia de fracturas por osteoporosis. Esta es una importante consideración cuando se trata a pacientes con osteoporosis o con un alto riesgo de padecer la enfermedad.

Las actividades en las que hay que soportar el peso corporal también son efectivas para mejorar la fuerza e incrementar la masa muscular en mujeres pre y post menopáusicas (2, 7, 18, 20). La masa muscular ganada incrementará la carga en áreas musculoesqueléticas específicas, incrementando así la capacidad funcional de las extremidades y en definitiva permitirá el incremento del nivel de actividad física. Este concepto es especialmente importante en individuos ancianos, donde la reducción de la masa muscular está asociada con la reducción del nivel de actividad global, resultando en la disminución de la BMD (5, 16, 20). El entrenamiento de la fuerza ha mostrado mejorar la potencia de las piernas e incrementar la capacidad funcional en actividades tales como la caminata (20). Por esta razón, se debería estimular a las mujeres post menopáusicas a que participen en actividades en las que hay que soportar el peso corporal para que mantengan su estabilidad funcional, la BMD y la calidad de vida, reduciendo especialmente el riesgo de caídas.

Actividad Física Previa Versus Actividad Física Actual

Los resultados de diversos estudios han sugerido que el momento de la vida en el que se realiza la actividad física tiene un gran impacto sobre la BMD en mujeres pre púberes y en mujeres pre y post menopáusicas (8, 17, 29). La realización de actividades físicas durante los años pre-puberales puede incrementar la BMD y disminuir el riesgo de osteopenia (8). El mantenimiento de altos valores de BMD durante las edades tempranas facilita el mantenimiento de los valores de BMD

durante la pre y post menopausia, reduciendo así la eventual incidencia de osteoporosis. Además, esta predisposición temprana hacia la actividad física en los años pre-puberales puede contribuir a llevar un estilo de vida más activo en los años futuros, lo cual podría contribuir a mantener o incrementar la BMD reduciendo el riesgo de osteoporosis.

Un reciente estudio ha mostrado que el nivel de actividad física en los años de educación secundaria es un importante factor de predicción de los valores de BMD en los años posteriores de vida (8). En este estudio participaron 150 mujeres en edad de educación secundaria. Se valoraron los niveles de actividad física previa y actual, y se les pidió a los sujetos que de ser posible proveyeran su historia familiar de osteopenia y osteoporosis. Los resultados revelaron que el 1% de los sujetos que participaban en actividades deportivas exhibía osteopenia en el fémur izquierdo, mientras que el 3% de los sujetos que no participaban en ninguna actividad deportiva exhibían osteopenia en el fémur izquierdo ($p=0.01$). Más específicamente, la participación en actividades deportivas y la masa de tejido magro son ambos factores significativos de predicción de la BMD en el fémur izquierdo (intervalo de confianza = 1.06, 148.36 g/cm³). La evidencia sugiere un efecto protector de la actividad física previa y presente en la prevención tanto de la osteopenia como de la osteoporosis en posteriores etapas de la vida para mujeres pre y post menopáusicas.

Otros estudios también han mostrado un efecto protector del ejercicio sobre la BMD durante los años pre-puberales en atletas de colegios secundarios (17, 29). Kontulainen et al (17) compararon los valores de la BMD obtenida en los brazos de jugadoras de tenis y de sujetos de control durante un período de seguimiento de 4 años. Los resultados mostraron diferencias significativas ($p<0.001$) entre los valores de la BMD medidos en cada brazo. Además, se halló que los valores de la BMD para los sujetos de control cambió en muy pequeña proporción durante las mediciones (cambio promedio para los controles 3.24% vs 12.62% para las jugadoras de tenis; $p<0.05$). Teegarden et al (29) reportaron hallazgos similares en un estudio en el cual también se controlaron la talla, la edad y el uso de anticonceptivos orales. Luego de controlar estos factores, se observó una influencia significativa del gasto energético en actividades ocupacionales o de tiempo libre sobre los valores de BMD registrados en la columna y en el radio, luego de un período de seguimiento de 5 años ($p=0.05$). Esto fue especialmente evidente en la BMD del cuello femoral de los sujetos que reportaron participar en actividades deportivas ($p=0.05$).

Dada la creciente cantidad de información que sugiere la importancia de la actividad física durante los años pre-puberales, los padres y educadores deberían estimular a los estudiantes de colegios secundarios a que participen en actividades deportivas. Si bien se ha mostrado que las actividades en las que hay que soportar el peso corporal o las actividades de alto impacto son más efectivas para incrementar la BMD (2, 7, 18, 20), diversos tipos de ejercicio pueden promover mayores niveles de actividad en los años futuros de estos individuos (8, 17, 29). Un estilo de vida activo, especialmente en durante la adultez, ayudarán a mejorar la salud ósea y reducir el riesgo de osteopenia y osteoporosis en mujeres pre y post menopáusicas. La influencia de la actividad física sobre el riesgo de osteoporosis es evidente dados los hallazgos de estos y otros estudios, y por lo tanto no debería ser ignorada, a pesar de que la genética desempeña un mayor papel en la determinación del comienzo de la enfermedad.

Actividad Física, Estabilidad Dinámica y Equilibrio

Diversos estudios han mostrado el impacto de la actividad física en la mejora de la estabilidad dinámica entre individuos ancianos (5, 9, 16, 20). La mejora de la estabilidad dinámica y del equilibrio puede reducir la incidencia de caídas, reduciendo así la incidencia de fracturas osteoporóticas. Si bien el ejercicio es importante para incrementar la BMD en aquellos sujetos con una predisposición ambiental o genética hacia la osteoporosis, también es importante para la prevención de caídas que causan fracturas de la cadera en aquellos sujetos que han sido diagnosticados con osteoporosis. Con la reducción de la incidencia de fracturas en estos individuos, se observará una mejora en la calidad de vida y una reducción en los efectos deletéreos de la osteoporosis sobre la salud ósea.

CONCLUSIONES

En los años recientes se han realizado nuevos hallazgos acerca de los efectos de la genética y de la actividad física sobre el riesgo de osteoporosis en mujeres pre y post menopáusicas. Esta información ha provisto una mayor comprensión de los mecanismos exactos que desempeñan un rol en el comienzo de la enfermedad. No solo los científicos han hallado nuevas formas de tratar la osteoporosis en sujetos que han sido diagnosticados con osteoporosis, sino que ahora existen nuevas formas para evitar la degradación ósea. Aunque se sabe bien que la genética tiene una mayor influencia sobre los valores basales de BMD y que esto no puede alterarse, es excitante hallar formas para controlar la degradación ósea a través de la actividad física. Con las futuras investigaciones se logrará una mayor comprensión de las actividades físicas específicas y de sus efectos a determinadas edades. Esta información tendrá un profundo impacto sobre la incidencia de osteoporosis, no solo en mujeres pre y post menopáusicas, sino también en cualquier persona con predisposición genética hacia la

enfermedad.

Puntos Clave

Si bien la genética ha mostrado tener un mayor impacto sobre la BMD, también es importante considerar el entrenamiento físico y sus efectos sobre la BMD. Los valores de la BMD se incrementan con el incremento en la participación en actividades de alto impacto, y como resultado hay una reducción en la tasa de fracturas óseas y caídas durante la actividad.

Es importante comenzar a realizar actividades de alto impacto a la edad más temprana posible, debido a que se pueden obtener mayores ganancias en la masa ósea comenzando con los programas de ejercicio durante los años pre-puberales que durante los años post-puberales. El incremento en la masa ósea a edades tempranas puede resultar en la reducción de fracturas y caídas durante la participación futura en actividades deportivas. Esto también puede reducir la incidencia de osteoporosis para estas mujeres a pesar de las alteraciones hormonales y en la ingesta de calcio. El entrenamiento con sobrecarga y las actividades de alto impacto deberían incluirse progresivamente en las clases de educación física de los colegios primarios.

El incremento en la BMD puede observarse aun con la realización de poca actividad física. Los programas de entrenamiento deberían incluir actividades de alto impacto tales como correr, ejercicios con sobrecarga, artes marciales y danza aeróbica. En vista de los hallazgos presentados se puede sugerir que es importante incorporar el entrenamiento con sobrecarga y las actividades de alto impacto en aquellos programas de entrenamiento que no proveen una gran cantidad de estímulos para el desarrollo óseo, tales como la natación o el waterpolo. Se aconseja a los entrenadores personales y a los especialistas del acondicionamiento físico que incorporen el entrenamiento con pesas en sus programas de entrenamiento para todas las personas sin tener en cuenta la edad o el sexo.

Las actividades en las que hay que soportar el peso corporal son efectivas para incrementar la masa muscular y la fuerza de los atletas que participan en diferentes deportes. El incremento en la fuerza resulta en una reducción en la tasa de caídas y fracturas y promueve la mejora del rendimiento durante la competencia así como también promueve la participación futura en actividades deportivas. Se debería promover el entrenamiento con sobrecarga en personas de mediana y avanzada edad debido a que puede derivar en un incremento global en la actividad física y de sus beneficios asociados a la salud.

REFERENCIAS

1. Albrand, G., F. Munoz, E. Sornayrendu, F. Duboeuf, and P.D.Dlemas (2002). Independent predictors of all osteoporosis-related fractures in healthy postmenopausal women: The OFELYstudy. *Bone*. 32:78-85
2. Andreoli, A., M. Monteleone, M. Van Loan, L. Promenzio, U. Tarantino, and A. De Lorenzo (2001). Effects of different sports on bone density and muscle mass in highly trained athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 33(4):507-511
3. Baudoin, C., M.E. Cohen-Solal, J. Beaudreuil, and M.C. De Vernejoul (2002). Genetic and environmental factors affect bone density variances of families of men and women with osteoporosis. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 87(5):2053-2059
4. Bravo, G., P. Gauthier, P. Roy, H. Payette, P. Gaulin, M. Harvey, L. Peloquin, and M. Dubois (1996). Impact of a 12-month exercise program on the physical and psychological health of osteopenic women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 44:756-762
5. Carter, N.D., K.M. Khan, H.A. McKay, M.A. Petit, C. Waterman, A. Heinonen, P.A. Janssen, M.G. Donaldson, A. Mallinson, L. Riddell, K. Kruse, J.C. Prior, and L. Flicker (2002). Community-based exercise program reduces risk factors for falls in 65-to 75-year-old women with osteoporosis: Randomized controlled trial. *Can. Med. Assoc. J.* 167(9):997-1004
6. Cheng, S., H. Suominen, T. Rantanen, T. Parkatti, and E. Heikkinen (1991). Bone mineral density and physical activity in 50-60-year-old women. *Bone Miner.* 12:123-132
7. Drinkwater, B.L., S.K. Grimston, D.M. Raab-Cullen, and C.M. Snow-Harter (1995). ACSM position stand on osteoporosis and exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 27(4):i-vii
8. Ford, M.A., M.A. Bass, L.W. Turner, A. Mauromoustakos, and B.S. Graves (2004). Past and recent physical activity and bone mineral density in college-aged women. *J. Strength Cond. Res.* 18(3):405-409
9. Frost, H.M (2001). Seeking genetic causes of osteoporosis: Insights of the Utah paradigm of skeletal physiology. *Bone*. 29(5):407-412
10. Grant, S.F.A., and S.H. Ralston (1997). Genes and osteoporosis. *Trends Endocrinol. Metab.* 8:232-236
11. Hagberg, J.M., J.M. Zmuda, S.D. Mccole, K.S. Rodgers, R.E. Ferrell, K.R. Wilund, and G.E. Moore (2001). Moderate physical activity is associated with higher bone mineral density in postmenopausal women. *J. Am. Geriatr. Soc.* 49:1411-1417
12. Karasik, D., L.A. Cupples, M.T. Hannan, and D.P. Kiel (2003). Age, gender, and body mass effects on quantitative trait loci for bone mineral density: The Framingham study. *Bone*. 33:308-316
13. Karasik, D., L.A. Cupples, M.T. Hannan, and D.P. Kiel (2004). Genome screen for a combined bone phenotype using principal

- component analysis: The Framingham study. *Bone*. 34:547-556
14. Kaye, M., and R.P. Kusy (1995). Genetic lineage, bone mass, and physical activity in mice. *Bone*. 17(2):131-135
 15. Kemmler, W., K. Engelke, J. Weineck, J. Hensen, and W. Kalender (2003). The Erlangen Fitness Osteoporosis Prevention Study: A controlled exercise trial in early postmenopausal women with low bone density-first year results. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 84:673-682
 16. Kersch-Schidl, K., E. Uher, F. Kainberger, A. Kaider, A. Ghanem, and E. Preisinger (2000). Long-term home exercise program: Effect in women at high risk of fracture. *Arch. Phys. Med. Rehabil.* 81:319-323
 17. Kontulainen, S., P. Kannus, H. Haapasalo, A. Heinonen, H. Sievanen, P. Oja, and I. Vuori (1999). Changes in bone mineral content with decreased training in competitive young adult tennis players and controls: A prospective 4 yr follow-up. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(5):646-652
 18. Layne, J., and M. Nelson (1999). The effects of progressive resistance training on bone density: A review. *Med. Sci. Sports Exerc.* 31(1):25-30
 19. Madsen, K.L., W.C. Adams, and M.D. Van Loan (1998). Effects of physical activity, body weight and composition, and muscular strength on bone density in young women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(1):114-120
 20. Mazzeo, R.S., P. Cavanaugh, J. Hagberg, E. Mcauley, and J. Startzell (1998). Exercise and physical activity for older adults. *Med. Sci. Sports Exerc.* 30(6):992-1008
 21. Mitchell, B.D., C.M. Kammerer, J.L. Schneider, R. Perez, and R.L. Bauer (2002). Genetic and environmental determinants of bone mineral density in Mexican Americans: Results from the San Antonio family osteoporosis study. *Bone*. 33:839-846
 22. Mosekilde, L (1995). Osteoporosis and exercise. *Bone*. 17(3):193-195
 23. Nelson, M.E., E.C. Fisher, F.A. Dilmanian, G.E. Dallal, and W.J. Evans (1991). A 1-y walking program and increased dietary calcium in postmenopausal women: Effects on bone. *Am. J. Clin. Nutr.* 5:1304-1311
 24. Neville, C.E., L.J. Murray, C.G. Boreham, A.M. Gallagher, J. Twisk, P.J. Robson, J.M. Savage, C.G. Kemper, S.H. Ralston, and G. Davey Smith (2002). Relationship between physical activity and bone mineral status in young adults: The Northern Ireland young hearts project. *Bone*. 30(5):792-798
 25. Ralston, S.H (1999). The genetics of osteoporosis. *Bone*. 25(1):85-86
 26. Rosen, C., and L. Donahue (1998). Insulin- like growth factors and bone: The osteoporosis connection revisited. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 219:1-7
 27. Runyan, S.M., D.D. Stadler, C.N. Bainbridge, S.C. Miller, and L.J. Moyer-Mileur (2003). Familial resemblance of bone mineralization, calcium intake, and physical activity in early-adolescent daughters, their mothers, and maternal grandmothers. *J. Am. Diet Assoc.* 103:1320-1325
 28. Struan, F.A., and S.H. Ralston (1997). Genes and osteoporosis. *Trends Endocrinol. Metab.* 8:232-236
 29. Teegarden, D., W.R. Proulx, M. Kern, D. Sedlock, C.M. Weaver, C.C. Johnston, and R.M. Lyle (1996). Previous physical activity relates to bone mineral measures in young women. *Med. Sci. Sports. Exerc.* 28:105-113
 30. Turner, L.W., Q. Fu, J.E. Taylor, and M.Q. Wang (1998). Osteoporotic fracture among older U.S. women. *J. Aging Health.* 10(3):372-391
 31. Walker, M., P. Klentrou, R. Chow, and M. Plyley (2002). Longitudinal evaluation of supervised versus unsupervised exercise programs for the treatment of osteoporosis. *Eur. J. Appl. Physiol.* 83:349-355
 32. Xu, F., Y. Liu, H. Deng, Q. Huang, L. Zhao, H. Shen, Y. Liu, V. Dvornyk, T. Conway, J. Li, K. Davies, R. Recker, And H. Deng (2004). A follow-up linkage study for bone size variation in an extended sample. *Bone*. 35:777-784
 33. Ziegler, R., C. Scheidt-Nave, and S. Scharla (1995). Pathophysiology of osteoporosis: Unresolved problems and new insights. *J. Nutr.* 125:2033S-2037S

Cita Original

Rebecca L. Duchman, Kris E. Berg. The Implications of Genetics and Physical Activity on the Incidence of Osteoporosis in Pre- and Postmenopausal Women: A Review. *Strength and Conditioning Journal* 28(2):26-32 (2006).