PubliCE, (PubliCE) 2004

Research

Influencia del Tipo de Carga Mecánica, Nivel Menstrual, y Período de Entrenamiento sobre la Densidad Ósea en Mujeres Atletas Jóvenes

Debra A Bemben[1], Torey D Buchanan[1] y Michael G Bemben[1]

[1]*Department of Health and Sport Sciences, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma.*

RESUMEN

En este estudio fueron comparadas las variables de densidad mineral ósea (BMD) en 2 grupos de mujeres atletas universitarias de la División I, gimnastas (GYM) y corredoras de cross country (CC), durante la pretemporada y durante el período competitivo. Puede existir una ventaja osteogénica en las mujeres atletas implicadas en cargas de impacto (gimnasia) sobre aquellas mujeres que practican deportes de cargas activas como la carrera de larga distancia. También fueron examinados los efectos del nivel menstrual y del tiempo de la temporada de entrenamiento sobre la BMD. Fueron medidos la ingesta dietaria, nivel menstrual, BMD y niveles de estradiol sérico durante la pretemporada y el período competitivo en 26 atletas mujeres (18-22 años de edad). El grupo GYM tuvo una BMD significativamente mayor ($p<0.05$) en todos los sitios en ambas condiciones pre- y post-test en comparación con el grupo CC. Ninguno de los grupos experimentó un cambio significativo ($p>0.05$) en la BMD entre las pruebas para ningún sitio; sin embargo, el grupo CC mostró una ligera disminución de la BMD en todos los sitios desde la condición inicial a los post-tests. El grupo GYM tuvo una mayor prevalencia de alteraciones del ciclo menstrual que el grupo CC. No fue encontrada ninguna diferencia significativa ($p>0.05$) en la BMD entre los grupos eumenorréicos y de disfunción menstrual (oligomenorréicas/amenorréicas). En conclusión, las gimnastas tuvieron una BMD ligeramente mayor ($p<0.05$) que las corredoras, sugiriendo que la BMD es influenciada por el tipo de carga mecánica. El nivel menstrual no afecto significativamente la BMD en estas atletas mujeres. Fue determinado que las corredoras de cross country estuvieron ante un mayor riesgo que las gimnastas para tener poca masa ósea; así, es recomendado que estas atletas incluyan actividades de más impacto en su régimen de entrenamiento para optimizar la salud ósea.

Palabras Clave: tríada de la atleta femenina, gimnasia, estrógeno, entrenamiento de resistencia

INTRODUCCION

Es bien reconocido que el incremento de las competiciones atléticas para mujeres ha resultado en el incremento de la prevalencia de 3 malestares asociados, desordenes de la alimentación, amenorrea, y la subsiguiente osteoporosis

prematura, también conocidas como la tríada de la atleta femenina (15, 21, 23). Las atletas mujeres están ante un riesgo incrementado de padecer desórdenes en los patrones de alimentación e irregularidades menstruales que pueden tener efectos adversos sobre la salud, tales como pérdida de masa ósea. Las corredoras de resistencia y las gimnastas tienden a tener la mayor prevalencia de desórdenes menstruales en comparación con las nadadoras o las ciclistas, debido a la importancia del bajo peso corporal y a los bajos niveles de grasa corporal para el logro de un rendimiento superior, características de estos deportes. La disfunción menstrual asociada con la disminución de los niveles de estradiol circulante (E2) es conocida como amenorrea (21). Un factor crítico en la salud ósea es la exposición acumulativa a los estrógenos a través de un período de tiempo dado, ya que la disminución de los niveles de E2 a través de un largo período de tiempo está linealmente asociada con una disminución de la densidad mineral ósea (15). La deficiencia de estrógenos está implicada en la patogénesis de osteoporosis, haciendo a la deficiencia de estrógenos prolongada causada por amenorrea el factor de riesgo más significativo para la osteoporosis en la mujer activa. El uso de anticonceptivos orales (OC), los cuales contienen estrógeno exógeno, puede ser una opción de tratamiento importante para las atletas amenorréicas, ya que diferentes estudios han reportado un efecto benéfico del uso de OC para mantener o incrementar la densidad mineral ósea (BMD) en mujeres premenopáusicas (3, 7, 18).

Aunque el entrenamiento intenso pude incrementar el riesgo para la tríada de la atleta femenina, también hay evidencia de que algunas formas de carga física producen un efecto osteogénico incrementando la tensión y la fuerza pico (6, 12). El tejido esquelético debe tener una masa ósea adecuada y una arquitectura apropiada para ser capaz de enfrentar el estrés impuesto en el mismo; de otro modo, puede ocurrir una fractura. El tipo, intensidad, y duración de la actividad física puede afectar la BMD. Ha sido reportado que los atletas cuyo entrenamiento implica altas magnitudes de tensión, altas tasas de tensión, y tensiones aplicadas durante períodos de corta duración, tales como en el levantamiento de pesas y la gimnasia, tienen las mayores BMD ajustadas para el peso (6, 12, 17).

El esqueleto humano parece responder con un aumento de la BMD en sitios específicos, donde la implicancia en actividad muscular resulta en cargas específicas para el esqueleto. En las atletas implicadas en cargas de impacto (gimnasia) puede existir entonces una ventaja osteogénica por sobre aquellas atletas implicadas en atletismo, el cual se caracteriza por implicar cargas activas (carrera) (6). El mayor efecto osteogénico a partir de la carga mecánica ocurre en las situaciones de tensión que son lo suficientemente intensas para generar altos esfuerzos, que son repetidos diariamente, de corta duración y que son aplicadas a una región ósea específica. Está claro que la gimnasia cumple esta descripción, mientras que la carrera de larga distancia no la cumple. Así, la carga mecánica de alto impacto experimentada por los gimnastas podría compensar los efectos negativos que pueden tener los disturbios y desórdenes del ciclo menstrual sobre el tejido óseo.

El propósito de este estudio fue comparar la BMD (todo el cuerpo, columna vertebral lumbar, y fémur proximal) de gimnastas y corredoras de larga distancia de División I con el objeto de determinar los efectos de 2 tipos de carga mecánica, impacto y carga activa, sobre la BMD. Un propósito secundario fue examinar la influencia del nivel menstrual y del período de la temporada de entrenamiento sobre la BMD en estos dos grupos de atletas. Fue hipotetizado que las gimnastas tendrían una mayor densidad ósea que las corredoras, ya que su deporte implica cargas de alto impacto. Sin embargo, fue esperado que el nivel menstrual influenciara el efecto de la actividad física sobre el hueso. Nosotros también estábamos interesados en saber si la BMD fluctuaría durante la temporada de entrenamiento, particularmente en las atletas que podrían estar experimentando una alta tasa de recambio o *turnover* óseo debido a la disfunción menstrual. Las pérdidas de hueso a cualquier edad pueden ser muy perjudiciales para la salud esquelética, pero se vuelven aún más perjudiciales cuando las mismas ocurren en mujeres jóvenes, las cuales todavía no han alcanzado su pico de masa ósea. Para las atletas, la salud ósea es muy importante para la prevención de tanto lesiones agudas como crónicas, especialmente fracturas.

METODOS

Acercamiento Experimental al Problema

El protocolo del estudio fue diseñado para evaluar las diferencias en la BMD en base al tipo de carga mecánica a la cual cada sujeto estaba acostumbrado. Las corredoras de *cross country* estaban acostumbradas a cargas activas, mientras que las gimnastas estaban más acostumbradas a las cargas de impacto. Pocos estudios han comparado directamente la BMD de estos dos tipos de atletas. Cada sujeto fue sometido a una medición de la BMD durante su pretemporada deportiva y después de aproximadamente 6 meses de entrenamiento y competición. Aunque el ciclo de remodelamiento óseo normal tiene una duración de 3-6 meses (1), es posible que los cambios en la BMD podrían ser medidos en individuos que estén experimentando una rápida tasa de recambio o *turnover* óseo, tal como el visto en la deficiencia estrogénica. Fueron usados tres sitios de medición: todo el cuerpo, columna vertebral lumbar (L2-L4) anteroposterior (AP), y fémur proximal

(cuello femoral, triángulo de Ward, trocánter, y cadera total).

Cada sujeto fue agrupado de acuerdo a su deporte: gimnasia (GYM) o carrera de larga distancia (CC). Los sujetos fueron también agrupados de acuerdo al uso de anticonceptivos orales, aquellas mujeres que usaban anticonceptivos orales (OC) y aquellas que no usaban anticonceptivos orales (NOC), tanto en el pre- como en el post-test. Finalmente, el nivel menstrual para cada sujeto estuvo basado en la historia menstrual reportada por los sujetos. La oligomenorrea fue definida como un período de 39-90 días de ciclo menstrual irregular (21). La amenorrea fue definida como la ausencia de un período menstrual por 3-6 meses consecutivos (21). Aquellas mujeres que reportaron patrones de menstruación normal fueron categorizadas como eumenorreicas (EUM), y aquellas con disturbios en el ciclo menstrual, tanto con oligomenorrea o amenorrea, fueron colocadas dentro del grupo de disfunciones menstruales (DYS). Cada sujeto fue instruido para no cambiar sus horarios de práctica normales, actividades físicas normales, e ingesta dietaria durante el estudio.

Sujetos

26 atletas mujeres de División I de los equipos de gimnasia y cross-country de la Universidad de Oklahoma dieron su consentimiento informado para participar en un estudio de 6 meses aprobado por la Universidad de Oklahoma, Norman, campus IRB. Ambos equipos atléticos estaban ranqueados a la mitad en la conferencia de ese año, aunque el equipo de gimnasia fue a las competiciones regionales. Los sujetos tenían entre 18 y 22 años de edad y estaban participando activamente en todas las prácticas de los equipos. 4 atletas fueron excluidas debido a lesiones y enfermedades que les impidieron participar en los entrenamientos regulares con sus equipos. Los sujetos fueron categorizados por deporte y por nivel menstrual. Cada sujeto completo una historia menstrual, y cuestionarios de ingesta dietaria de 3 días e ingesta de calcio, en la condición inicial y a los 6 meses.

3 gimnastas y una corredora de cross-country se lesionaron durante los 6 meses de entrenamiento y así no participaron en el post-test. La Tabla 1 presenta las características físicas de los 2 grupos. Las corredoras fueron significativamente más altas ($p<0.05$) que las gimnastas. No hubo diferencias significativas ($p>0.05$) entre los 2 grupos para el porcentaje de grasa corporal (% BF) o para la masa libre de grasa (FFM). No hubo diferencias significativas ($p>0.05$) en el %BF entre las atletas eumenorreicas y las oligo/amenorréicas, ni hubo un cambio significativo ($p>0.05$) en el %BF desde el pre- al post-test. El %BF promedio para las atletas eumenorreicas fue 19.2±1.3% y 20.0±1.3% para los datos en la condición inicial y post-test, respectivamente. El %BF promedio de las atletas oligo/amenorreicas fue 15.9±1.6% y 16.9±2.1% para la condición inicial y el post-test, respectivamente. En base al %BF similar de estos 2 grupos, los niveles de grasa corporal no parecen contribuir a la función menstrual en estas atletas.

Protocolos de Entrenamiento

Los protocolos de entrenamiento fueron determinados por los entrenadores para cada equipo. Cada sujeto fue entrenado normalmente con su respectivo equipo. Fue asumido que cada miembro de cada grupo atlético, GYM o CC, tuvo aproximadamente la misma agenda de entrenamiento. Las gimnastas corrían ocasionalmente para el acondicionamiento aeróbico, entrenaban la fuerza 3-4 veces por semana y participaban en prácticas con aparatos de gimnasia 6 días a la semana. Las corredoras de cross-country corrían 6 días por semana, haciendo más de 40 millas por semana. Hacían entrenamiento de la fuerza mínimo que consistía principalmente de series para el tren inferior.

Densidad Mineral Ósea y Composición Corporal

Para medir la BMD ($g.cm^{-2}$) fue usada Absorciometría Dual por Energía de Rayos X (Lunar DPX-IQ, versión de *software* 4.1) de todo el cuerpo, columna vertebral lumbar (L2-L4) anteroposterior (AP), y fémur proximal (cuello femoral, área de Ward, trocánter, y cadera total). La composición corporal regional y total (%BF, masa grasa, masa libre de grasa) fue determinada a partir de la exploración (*scan*) de todo el cuerpo. Cada sujeto fue evaluado durante el comienzo de la pretemporada y después de aproximadamente 6 meses de entrenamiento intenso.

Las instrucciones y procedimientos de exploración (*scanning*) fueron estandarizados para todos los sujetos. Las velocidades de exploración fueron determinadas por el grosor medido de la región del tronco del sujeto. Las exploraciones de la columna vertebral AP y el fémur usaron los modos de exploración Hi-Res Fast 3000µA, Hi-res médium 3000µA, y Hi-Res Médium 750µA para los sujetos con un grosor de 15-26, 26-30, y 12-15cm, respectivamente. La exploración de todo el cuerpo requirió los modos Fast 150µA, Médium 150µA, y Show 150µA para explorar a los sujetos con un grosor del tronco de 15-26, 22-28, y más de 28cm, respectivamente. Los coeficientes de variación para la exactitud y la precisión para el *phantom* de la columna vertebral fueron de 0.6 y 0.8%, respectivamente, para este laboratorio. La precisión a corto plazo in vivo para el fémur proximal estuvo entre 0.7% para el sitio de la cadera total hasta 1.3% para el área de Ward.

Ingesta Dietaria y de Calcio

La ingesta diaria de calcio ($mg.día^{-1}$) fue evaluada pre- y post-test usando un cuestionario validado de frecuencia de

comidas especialmente diseñado para documentar el número de raciones por día de comidas que proporcionan una fuente significativa de calcio (20). Los suplementos de calcio fueron incluidos en la ingesta diaria de calcio. Fueron usados registros dietarios de tres días para determinar la ingesta calórica diaria total y la composición de grasas, carbohidratos, y proteínas de cada período de recolección de datos. Los sujetos fueron instruidos acerca de cómo registrar apropiadamente la información dietaria por el *staff* del proyecto. Fue usado un programa computacional de nutrición, Dietary Analyst (Parsons Technology, Novato, CA) para analizar los registros dietarios diarios, y los valores promedio de los 3 días fueron usados para los análisis estadísticos.

Química Sanguínea

Los niveles séricos de 17β-estradiol (E2) fueron medidos para examinar la relación entre la deficiencia de estrógenos y el metabolismo óseo. Las muestras sanguíneas fueron obtenidas en la mañana, después de una noche de ayuno por la punción de una vena en la condición inicial y después de 6 meses de entrenamiento por un flebotomista entrenado. La fase del ciclo menstrual en el momento de las muestras sanguíneas fue estimada en base a la información del cuestionario de historia menstrual. El E2 sérico fue determinado mediante un kit comercial de radioinmunoensayo (DSL-4300 ACTIVE Estradiol Coated-Tube) proporcionado por Diagnostic System Laboratorios, Inc. (Webster, TX). La variación intra-análisis estuvo entre 5.07-7.04%, mientras que la variación inter-análisis estuvo entre 4.03-10.49%.

Análisis Estadísticos

Todos los datos fueron reportados como media±desvío estándar (DS). Fue usado análisis de varianza de una vía (ANOVA) para determinar las diferencias en las variables de BMD en base al nivel menstrual en forma separada para los datos pre- y post-test, ya que el nivel menstrual de algunos sujetos cambió durante los 6 meses del estudio. Fue usado análisis ANOVA de dos vías para mediciones repetidas (deporte x prueba) para comparar todas las variables de BMD (todo el cuerpo, cuello femoral, área de Ward, trocánter, cadera total, y columna vertebral lumbar), talla, y peso para ver si había una diferencia en base a la prueba y el tipo de carga mecánica. Los mismos análisis fueron realizados usando la talla como covariable. Los coeficientes de correlación de orden cero fueron usados para determinar la relación entre los niveles de E_2 y los sitios de BMD. El nivel de significancia fue establecido a una $p \leq 0.05$.

RESULTADOS

Ingesta Dietaria y de Calcio

En base al cuestionario de frecuencia de ingesta de comidas con calcio, las corredoras tuvieron un promedio de 1415±202mg.día^{-1} y 1417±256mg.día^{-1} de calcio para el pre- y post-test. Las gimnastas tuvieron un promedio de 1396±128mg.día^{-1} para el pre-test y 1273±173mg.día^{-1} de calcio para el post-test. No fueron encontradas diferencias significativas ($p>0.05$) en la ingesta de calcio entre los 2 deportes para el pre- o post-test. El estudio de los datos de los individuos reveló que 3 atletas en el pre-test y 5 en el post-test tuvieron ingestas de calcio debajo del nivel recomendado de 1000 mg.día^{-1}.

No hubo diferencias significativas ($p>0.05$) en las variables de ingesta dietaria para el estado menstrual (Figura 1). Las corredoras tuvieron una ingesta calórica pre-test significativamente más alta ($p<0.05$) en comparación con las gimnastas, lo cual puede ser explicado por los mayores requerimientos energéticos del entrenamiento de resistencia en comparación al de gimnasia. Las ingestas calóricas totales para las gimnastas fueron de 1537±157kcal y 1578±193kcal para el pre- y post-test, respectivamente, mientras que las correspondientes ingestas calóricas totales para las corredoras fueron de 2193±169kcal y 2070±198kcal, respectivamente. No fueron encontrados cambios significativos ($p>0.05$) en la ingesta calórica desde la condición inicial al post-test para ninguno de los grupos.

Características Menstruales

De acuerdo a los formularios de historia menstrual, las gimnastas reportaron tener una edad de la menarca que ocurrió significativamente más tarde ($p<0.05$) que las corredoras (15.2±0.5 años vs. 13.0±0.3 años). La Tabla 2 presenta el nivel menstrual de los sujetos [eumenorreicas, disfunción (oligo/amenorreicas), y mujeres que usaban OC) por deporte. Las gimnastas tuvieron una prevalencia de disfunción menstrual significativamente más alta ($p<0.05$) que las corredoras (40 vs. 27%). Varias atletas experimentaron un cambio en la función menstrual durante el estudio. 3 atletas (1 corredora y 2 gimnastas) que reportaron ser oligo/amenorreicas en el pre-test se volvieron eumenorreicas en el post-test. También, 1 gimnasta (18 años de edad) que no había tenido todavía su primer período menstrual en el pre-test reportó haber experimentado esto para el post-test. La duración promedio del uso de OC para aquellas atletas que estaban usando estas

drogas tanto en la condición inicial como en el post-test fue de 16±4.9 meses. La duración media de uso de los sujetos que comenzaron a tomar OC durante el estudio fue de 4.8±0.9 meses.

No hubo diferencias significativas ($p>0.05$) en los niveles de E2 sérico entre las clasificaciones de deportes o de nivel menstrual. Las deportistas que usaban OC fueron combinadas con el grupo EUM para los restantes análisis, ya que el número era chico y sus niveles de E2 eran similares a los niveles observados en el grupo EUM. A pesar de la disfunción menstrual reportada, ningún sujeto DYS tubo niveles de E2 anormalmente bajos (i.e., <20 $pg.ml^{-1}$) (15). No hubo relaciones significativas ($p<0.05$) encontradas entre los niveles de E2 y la BMD en los diferentes sitios, cayendo las correlaciones de Pearson entre r=0.073 hasta 0.376.

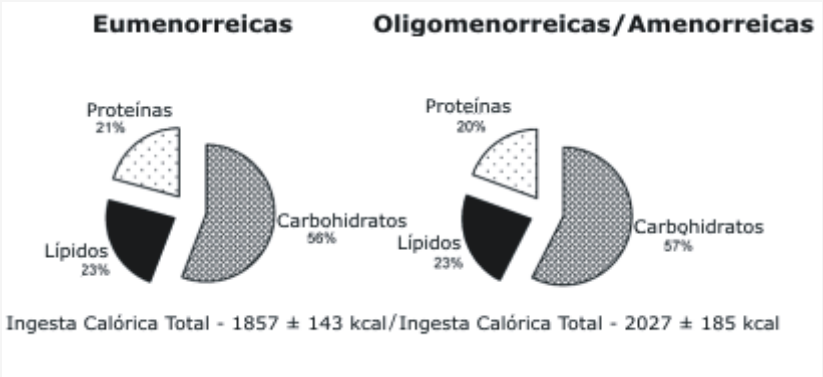


Figura 1. *Comparación de las variables de la ingesta dietaria en las atletas eumenorreicas y en las oligomenorreicas y amenorreicas. Los valores constituyen el promedio de registros dietarios de 3 días; no existieron diferencias significativas entre los 2 grupos de nivel menstrual.*

Densidad Mineral Ósea

La densidad mineral ósea BMD fue analizada en 3 sitios: la columna vertebral, la cadera, y todo el cuerpo. La Tabla 3 presenta la BMD pre- y post-test para los dos grupos de deportistas. Las gimnastas tuvieron una BMD significativamente mayor ($p<0.05$) en todos los sitios tanto en el pre- como en el post-test en comparación con las corredoras. Ningún grupo experimentó un cambio significativo en la BMD entre las pruebas para ningún sitio. Aunque no fue significativo, las corredoras mostraron una ligera disminución en todos los sitios de BMD, desde la condición inicial hasta el post-test, que estuvo entre -3.38% para el cuello femoral y -0.35% para todo el cuerpo. Las gimnastas mostraron un ligero incremento en la BMD de todo el cuerpo, cadera total, cuello femoral, y trocánter de 0.87, 1.38, 0.15, y 1.22%, respectivamente. La columna vertebral y el área de Ward en las gimnastas mostraron disminuciones en la BMD de -0.42 y -2.34%, respectivamente.

La masa ósea baja (osteopenia) y la osteoporosis pueden ser diagnosticadas comparando la BMD del individuo con el valor de referencia de sujetos jóvenes-adultos. El criterio de osteopenia es un valor BMD que está entre 1.0 y 2.5 desviaciones estándar debajo del valor medio joven-adulto, representado por un valor *T* de -1.1 a -2.4 (8). Varios atletas cayeron dentro de la categoría de osteopenia. Una gimnasta tuvo un valor *T* en la columna vertebral de -1.1 en la condición inicial, posiblemente relacionado al hecho de que todavía no había tenido la menarca. 3 corredoras de cross-country (1 DYS y 2 EUM) tuvieron valores *T* de las columna vertebral en el rango osteopénico (-1.16 a -2.3 para el pre-test y -1.0 a -2.1 para el post-test). Una corredora de cross-country tuvo osteopenia (T=-1.3 y T=-1.2 en las condiciones pre- y post-test, respectivamente) en los sitios de todo el cuerpo. Finalmente, 1 corredora de cross-country tuvo osteopenia (T=-1.0) en la región del trocánter.

La Tabla 4 ilustra los valores medios de BMD cuando fueron comparados teniendo en cuenta el nivel menstrual para los presentes datos. Los resultados post-test no fueron comparados para nivel menstrual, ya que no hubo tiempo suficiente para que ocurrieran cambios fisiológicos significativos en el hueso en aquellas atletas que experimentaron un cambio en el nivel menstrual durante los 6 meses. Aunque no fue encontrada ninguna diferencia significativa en la BMD entre los grupos EUM y DYS, hubo una tendencia para el grupo EUM a tener mayores valores de BMD en todos los sitios en comparación con el grupo DYS.

	GYM		CC	
Variables	**Pre (n=15)**	**Post (n=12)**	**Pre (n=11)**	**Post (n=10)**
Edad (años)	18.9±0.3	19.8±0.3	19.5±0.4	20.1±0.3
Peso (kg)	53.5±2.1	56.5±2.3	52.7±1.8	52.8±1.8
Talla (cm)	159.3±2.1 *	160.0±2.4 *	165.4±1.3	165.7±1.5
BMI (kg.m-²)	21.0±0.5	22.0±0.6	19.3±0.6	19.4±0.6
%BF	18.1±1.2	19.7±1.3	17.7±1.9	18.6±2.1
FFM (kg)	43.7±1.6	45.1±1.5	43.1±0.9	42.8±1.0

Tabla 1. *Características físicas. Los valores son presentados como media±DS. GYM=gimnastas; CC=corredoras de cross country; %BF=porcentaje de grasa corporal; FFM=masa libre de grasa; BMI=Índice de masa corporal. *p≤0.05 entre los deportes.*

	GYM		CC	
	Pre (n=15)	**Post (n=12)**	**Pre (n=11)**	**Post (n=10)**
Nivel				
EUM	6 (40.0%)	5 (41.7%)	7 (63.6%)	3 (30.0%)
DYS	6 (40.0%)	3 (25.0%)	3 (27.3%)	2 (20.0%)
OC	3 (20.0%)	4 (33.3%)	1 (9.1%)	5 (50.0%)

Tabla 2. *Nivel menstrual por deporte. GYM=gimnastas; CC=corredoras de cross-country; EUM=eumenorreicas; DYS=atletas con disfunción menstrual (oligo/amenorreicas); OC=uso de anticonceptivos orales en forma regular.*

	GYM		CC	
BMD (g.cm-²)	**Pre (n=15)**	**Post (n=12)**	**Pre (n=11)**	**Post (n=10)**
Columna vertebral L2-L4	1.418±0.044 *	1.412±0.044 *	1.161±0.040	1.140±0.041
Cadera Total	1.289±0.034 *	1.307±0.035 *	1.050±0.027	1.033±0.028
Cuello	1.337±0.041 *	1.339±0.034 *	1.071±0.034	1.036±0.028
Área de Ward	1.400±0.050 *	1.368±0.046 *	0.972±0.038	0.944±0.033
Trocánter	1.055±0.33 *	1.068±0.034 *	0.819±0.029	0.812±0.034
Todo el Cuerpo	1.253±0.022 *	1.264±0.023 *	1.136±0.020	1.132±0.021

Tabla 3. *Valores de densidad mineral ósea pre- y post-test por deporte. * Existe una diferencia entre deportes tanto para el pre- como para el post-test para la BMD de todos los sitios (p<0.05). No hubo diferencias significativas entre el pre- y el post-test dentro de los deportes (p>0.05). No existió ninguna interacción deporte x prueba (p>0.05). Los valores son presentados como media±DS. GYM=gimnastas; CC=corredoras de cross-country.*

	EUM/OC	DYS	Diferencia Porcentual (%)
BMD (g.cm-²)	(n=16)	(n=10)	
Columna vertebral L2-L4	1.330±0.041	1.276±0.079	4.06
Cadera Total	1.211±0.039	1.150±0.058	5.04
Cuello	1.252±0.050	1.180±0.059	5.75
Area de Ward	1.251±0.070	1.167±0.082	6.71
Trocánter	0.976±0.038	0.922±0.058	5.53
Todo el cuerpo	1.219±0.021	1.179±0.036	3.28

Tabla 4. *Valores de densidad mineral ósea pre-test por nivel menstrual. Los valores son presentados como media±DS. EUM=eumenorreicas; OC=uso regular de anticonceptivos orales; DYS=disfunción menstrual (oligomenorreicas/amenorreicas).*

DISCUSION

El propósito de este estudio fue comparar la BMD en 3 sitios (todo el cuerpo, columna vertebral AP, y fémur proximal) en gimnastas mujeres de División I y corredoras de cross-country a través de un período de 6 meses. La comparación de estos dos deportes permitió la determinación de los efectos de 2 tipos de carga mecánica, cargas activas versus cargas de impacto, sobre la BMD. Las gimnastas mostraron niveles de BMD significativamente más altos ($p<0.05$) en todos los sitos que las corredoras. Los cambios en la BMD a través de este transcurso de tiempo de la pretemporada y el período de competición indicaron que las corredoras tendieron a tener una disminución en todos los sitios, mientras que las gimnastas mantuvieron o mostraron ligeros incrementos en la BMD.

Un propósito secundario de este estudio fue comparar los efectos del nivel menstrual sobre la BMD. No hubo diferencias significativas en la BMD entre aquellas atletas que eran eumenorreicas o estaban tomando OC y aquellas que habían tenido una disfunción menstrual.

Nuestros resultados coinciden con los hallazgos previos acerca de que el tipo de carga mecánica influencia la BMD. Lee et al. (17) encontraron que jugadoras de voleibol y básquetbol tenían mayores BMD en la columna vertebral lumbar y en todo el cuerpo que nadadoras o sujetos controles que eran moderadamente activos o sedentarios. Los mismos 2 grupos también tuvieron medidas de BMD de brazos y piernas significativamente mayores que los otros grupos. Parece que la fuerza de un músculo específico impacta positivamente sobre la BMD, lo que es evidenciado por diferencias sitio específicas en la BMD asociada con programas seleccionados de deportes. Lee et al. (17) indicaron que los atletas que están implicados en actividades de alto impacto, y donde deben cargar pesos, tienen una mayor BMD en sitos específicos por sobre aquellos atletas que no realizan actividades en donde se debe cargar pesos.

Fehling et al. (6) y Heinonen et al. (12) también investigaron el impacto de diferentes formas de carga mecánica sobre la BMD. Fehling y asociados (6) usaron atletas mujeres universitarias que realizaban actividades que implicaban cargas de impacto (voleibol y gimnasia) o cargas activas (natación o controles). Fue reportada una BMD significativamente mayor para el grupo de cargas de impacto en la columna vertebral lumbar, cuello femoral, área de Ward, y todo el cuerpo en comparación con los grupos de cargas activas. Nuestros resultados apoyan a los de Fehling et al. (6) en que en todos los sitos fueron encontrados valores de BMD significativamente mayores para el grupo de cargas de impacto (gimnastas) en comparación con el grupo de cargas activas (corredoras). Heinonen et al. (12) investigaron las diferencias de BMD entre atletas que participaban solo en deportes de cargas de impacto (jugadores de squash, sujetos que practicaban aerobic, y patinadores de velocidad) y sujetos controles. Nuevamente, fue documentado que los atletas implicados en deportes con una gran magnitud y/o altas tasas de tensión tenían los mayores valores de BMD ajustados para el peso en todos los sitios que los controles sedentarios.

Pocos estudios han comparado directamente a gimnastas con corredoras de cross-country. Robinson et al. (24) mostraron que las gimnastas tenían una BMD significativamente mayor en el cuello femoral, la columna vertebral lumbar, y todo el cuerpo que las corredoras, lo cual coincide con los hallazgos de nuestro estudio. Fue especulado que las mayores fuerzas de impacto implicadas en la gimnasia estimulan más el crecimiento de masa ósea que las cargas de menor impacto de la carrera, a pesar de que las mismas son más numerosas. Ellos también encontraron una tendencia acerca de que las atletas que menstruaban regularmente tanto en la gimnasia como en la carrera tenían una BMD ligeramente mayor.

Nichols et al. (22) examinaron la BMD de la columna vertebral lumbar y del fémur en 11 gimnastas universitarias y 11

sujetos controles a través de un período de tiempo de 27 semanas. Fue encontrado que las gimnastas tenían una BMD significativamente mayor que las controles en ambos sitios. Además, este estudio también encontró que las gimnastas tenían un incremento significativo en la BMD de la columna vertebral lumbar luego del período de tiempo de 27 semanas. En contraste con nuestro estudio, todas las gimnastas eran eumenorreicas, lo cual puede explicar el incremento en la BMD de la columna vertebral en un corto período de tiempo.

Varios estudios han reportado que períodos extendidos de disfunción menstrual están asociados con disminuciones en la BMD (4, 10, 26). Recientemente ha sido reportado que corredoras de larga distancia oligo/amenorreicas perdieron cantidades significativas de mineral óseo en la columna vertebral lateral en un período de 1 año en comparación con las corredoras eumenorreicas (10). Drinkwater et al. (4) sugirieron que los períodos prolongados de disfunción sexual resultan en disminuciones irreversibles en la BMD de las vértebras. La pérdida de hueso debido a la disfunción menstrual parece causar el mayor daño al hueso en los primeros 3-4 años luego del inicio de la amenorrea.

Barrow y Saha (2) reportaron que el riesgo de estrés puede ser incrementado aún con pequeños cambios en la función menstrual. Ellos encontraron que los incrementos en la frecuencia de fracturas de estrés correlacionaron con un incremento de las irregularidades menstruales. Las corredoras muy irregulares (0-5 reglas por año) tenían una tasa de fracturas por estrés de 49%, las corredoras irregulares (6-9 reglas por mes) tenían una tasa de 39%, y las corredoras regulares (10-13 reglas por año) tenían una tasa de 29%. Se piensa que aún un período sostenido de oligomenorrea predispone a las atletas a subsiguientes fracturas por estrés.

Nosotros encontramos que el nivel menstrual no tuvo un efecto significativo sobre la BMD, aunque hubo una tendencia de las atletas eumenorreicas para tener mayores densidades óseas que las atletas con disfunciones menstruales. Ha sido documentado que tanto las gimnastas eumenorreicas como las oligo/amenorreicas tienen mayores BMD que las controles equiparadas para la edad (13). Parece que las actividades de carga de alto impacto de las gimnastas contrarrestan los efectos de resorción de hueso de la baja concentración de hormonas reproductivas, permitiendo a las gimnastas mantener mayores valores de BMD a pesar de la disfunción menstrual. Nosotros encontramos resultados similares, ya que las gimnastas en nuestro estudio tenían una mayor prevalencia de disfunción menstrual y aún presentaron una mayor BMD que las corredoras. Hubo una excepción, ya que una gimnasta que nunca había tendido un período menstrual antes de la evaluación de la condición inicial tuvo una baja BMD en la columna vertebral. Durante el estudio esta gimnasta comenzó a menstruar, y en el post-test experimentó un incremento en su BMD de la columna vertebral. El nivel de E2 de este sujeto aumentó desde 102.2 hasta 290.3 $pg.ml^{1}$, sugiriendo que su cambio en el nivel menstrual puede haber afectado su BMD. Los niveles de estrógenos de los sujetos en el presente estudio no estuvieron relacionados a su BMD. En contraste, Fisher et al. (7) reportaron que la BMD de la columna vertebral lumbar estuvo positivamente asociada con los niveles de estrógenos en 35 sujetos de mayor edad (11 amenorreicas y 24 eumenorreicas). Sin embargo, los niveles de E2 fueron significativamente más bajos para el grupo amenorreico, lo cual no fue documentado en nuestro estudio.

No pudimos determinar un efecto del uso de OC sobre la BMD, ya que el número de atletas que tomaban OC en la condición inicial fue bastante bajo. Aunque el tamaño de la muestra ser incrementó desde 4 a 9 para el post-test, las atletas que comenzaron a usar OC solo habían estado tomando anticonceptivos por menos de 5 meses, probablemente un período de tiempo muy corto para observar un cambio en BMD. En base a hallazgos previos, parece que los efectos de los OC sobre la BMD son bastante variados (7, 9, 14, 18, 19). En un reciente estudio prospectivo de 2 años, Weaver et al. (25) encontraron que el tratamiento con OC en combinación con un programa de ejercicio estuvo asociado con disminuciones significativas en el contenido mineral de la columna vertebral en mujeres sedentarias jóvenes. De este modo, el uso de OC puede no ser tan protector del hueso como una vez fue pensado.

En este estudio la ingesta dietaria fue evaluada como una variable descriptiva, ya que la baja ingesta calórica ha sido implicada en la etiología de la amenorrea atlética (11). Sin embargo los datos de ingesta dietaria tienen que ser interpretados con cuidado, ya que la adherencia para completar los registros dietarios de 3 días fue solo del 54% y 77% en el post-test. En retrospectiva, no es sorprendente que algunas de las atletas fueran susceptibles con respecto al registro de su ingesta de alimentos. En base a aquellos sujetos que completaron los cuestionarios, no pareció haber una relación entre la ingesta calórica diaria y el nivel menstrual. Este hallazgo contradice observaciones previas acerca de que las atletas amenorreicas consumen menos calorías que los atletas eumenorreicas (5).

En conclusión, hubo una diferencia significativa en la BMD entre aquellas atletas implicadas en gimnasia y aquellas implicadas en la carrera, indicando que las cargas de impacto tienen un efecto osteogénico sobre el hueso. Los deportes de cargas de impacto, como la gimnasia, producen muy grandes cantidades de fuerzas de reacción del suelo y requiere frecuentes aceleraciones y deceleraciones. Las cargas activas requieren mucho menos fuerza de reacción del suelo aunque al mismo tiempo requieren más ciclos de carga totales. Aunque la BMD no varió significativamente durante la temporada de entrenamiento con ninguno de los deportes, fueron notados algunos cambios individuales que podrían ser clínicamente significativos.

Las gimnastas tuvieron una mayor prevalencia de disfunción menstrual por sobre las corredoras. Además, las gimnastas alcanzaron la menarca a una edad superior que las corredoras. A pesar de estas diferencia en la función menstrual, las gimnastas todavía tenían una BMD significativamente mayor en todos los sitios. En el presente estudio no hubo ninguna diferencia significativa encontrada entre la BMD y el nivel menstrual. Esto difiere de otros estudios de la literatura en los cuales ha sido encontrado que la disfunción menstrual disminuye la BMD. Nuestros hallazgos fueron afectados por el limitado tamaño de la muestra y el cambio en el nivel menstrual de algunas atletas durante los 6 meses del estudio.

Aplicaciones Prácticas

Nuestros hallazgos sugieren que las corredoras están ante un mayor riesgo de desarrollar una osteoporosis prematura, en comparación con las gimnastas, dada su BMD significativamente menor. Es sabido que el pico de masa ósea es un factor determinante muy importante para el futuro riesgo de fractura. Nosotros recomendamos que las corredoras incluyan ejercicios de sobrecarga para el tren superior (i.e., remo sentado, press militar, y dorsal polea) para ayudar a la columna vertebral con el objetivo de reducir el riesgo de una baja BMD en ese sitio. Ya que la osteoporosis es una enfermedad que normalmente aqueja más tarde en el transcurso de la vida, ni los atletas ni el *staff* médico piensan en la misma. La educación acerca de los factores de riesgo (actividad de bajo impacto, problemas del ciclo menstrual, y deficiencia de calcio) para la osteoporosis constituye una importante arma para incrementar la conciencia de tanto los atletas como el *staff* médico. Finalmente, el *staff* médico debería alertar a las atletas implicadas en deportes de bajo impacto que su participación en el ejercicio pude no ser protectora contra la pérdida de hueso.

Agradecimientos

Este estudio fue parcialmente subvencionado por el Colegio de Graduados de la Universidad de Oklahoma. Los autores quieren expresar su sincero aprecio a los atletas que participaron en este estudio y a los entrenadores por su cooperación.

Dirección para Envío de Correspondencia

Debra A. Bemben, correo electrónico: dbemben@ou.edu

REFERENCIAS

1. Baron, R.E. Anatomy and ultrastructure of bone (1999). Primer on the Metabolic Bone Diseases and Disorders of Mineral Metabolism. *M.J. Favus, ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.3–10*
2. Barrow, G.W., and S. Saha (1988). Menstrual irregularity and stress fractures in collegiate female distance runners. *Am. J. Sports Med. 16:209–216*
3. DeCherney, A (1993). Physiologic and pharmacologic effects of estrogen and progestins on bone. *J. Reprod. Med. 38:1007–1014*
4. Drinkwater, B.L., B. Bruemner, and C.H. Chesnut (1990). Menstrual history as a determinant of current bone density in young athletes. *J. Am. Med. Assoc. 263:545–549*
5. Dueck, C.A., M.M. Manore, and K.S. Matt (1996). Role of energy balance in athletic menstrual dysfunction. *Int. J. Sport Nutr. 6:165–190*
6. Fehling, P.C., J.L. Clasey, A. Rector, and R.J. Stillman (1995). A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone. 17:205–210*
7. Fisher, E.C., M.E. Nelson, W.R. Frontera, R.N. Turksoy, and W.J. Evans (1986). Bone mineral content and levels of gonadotropins and estrogens in amenorrheic running women. *J. Clin. Endocrinol. Metab. 62:1232–1236*
8. Frost, H.M (1998). Osteoporosis: A rationale for further definitions?. *Calcif. Tissue Int. 62:89–94*
9. Garnero, P., E. Sornay-Rendu, and P.D. Delmas (1995). Decreased bone turnover in oral contraceptive users. *Bone. 16:499–503*
10. Gremion, G., R. Rizzoli, D. Slosman, G. Theintz, and J-P. Bonjour (2001). Oligo-amenorrheic long-distance runners may lose more bone in spine than in femur. *Med. Sci. Sport Exerc. 33:15–21*
11. Harber, V.J (2000). Menstrual dysfunction in athletes: An energetic challenge. *E.S.S.R. 28:19–23*
12. Heinonen, A., P. Oja, P. Kannus, H. Sievanen, H. Haapasalo, A. Manttari, and L. Vuori (1995). Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone. 17:197–203*
13. Helge, E.W., and I-L. Kanstrup (2002). Bone density in female elite gymnasts: Impact of muscle strength and sex hormones. *Med. Sci. Sport Exerc. 34:174–180*
14. Hreshchyshyn, M.H., A. Hopkins, S. Zylstra, and M. Anbar (1988). Associations of parity, breast-feeding, and birth control pills with lumbar spine and femoral neck bone densities. *Am. J. Obstet. Gynecol. 159:318–322*
15. Joy, E., N. Clark, M.L. Ireland, J. Martire, A. Nattiv, and S. Varechok (1997). Team management of the female athlete triad. Part 1: What to look for, what to ask. Phys. *Sports Med. 25:95–110*
16. Kleerekoper, M., R.S. Brienza, L.R. Schultz, and C.C. Johnson (1991). Oral contraceptive use may protect against low bone mass. *Arch. Intern. Med. 151:1971–1976*
17. Lee, E.A., K.A. Long, W.L. Risser, B.W. Poindexter, W.E. Gibbons, and J. Goldzieher (1995). Variations in bone status of

contralateral and regional sites in young athletic women. *Med. Sci. Sports Exerc. 27:1354–1361*
18. Lindsay, R., J. Tohme, and B. Kanders (1986). The effect of oral contraceptive use on vertebral bone mass in pre- and post-menopausal women. *Contraception. 34:333–340*
19. Lloyd, T., J.R. Buchanan, G.R. Ursino, C. Myers, G. Woodward, and D.R. Halbert (1989). Long-term oral contraceptive use does not affect trabecular bone density. *Am. J. Obstet. Gynecol. 160:402–404*
20. Musgrave, K.O., L. Giambalvo, H.L. Leclerc, and R.A. Cook (1989). Validation of a quantitative food frequency questionnaire for rapid assessment of dietary calcium intake. *J. Am. Diet. Assoc. 89:1484–1488*
21. Nattiv, A., R. Agostini, B. Drinkwater, and K.K. Yeager (1994). The female athlete triad: The inter-relatedness of disordered eating, amenorrhea and osteoporosis. *Clin. Sports Med. 13:405–418*
22. Nichols, D.L., C.F. Sanborn, S.L. Bonnick, V. Ben-Ezra, B. Gench, and N.M. DiMarco (1994). The effects of gymnastics training on bone mineral density. *Med. Sci. Sports Exerc. 26:1220–1225*
23. Otis, C.L., B. Drinkwater, M. Johnson, A. Loucks, and J. Wilmore (1997). ACSM Position Stand: The female athlete triad. *Med. Sci. Sports Exerc. 29:I–ix*
24. Robinson, T.L., C. Snow-Harter, D.R. Taaffe, D. Gillis, J. Shaw, and R. Marcus (1995). Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J. Bone Miner. Res. 10:26–35*
25. Weaver, C.M., D. Teegarden, R.M. Lyle, G.P. McCabe, L.D. McCabe, W. Proulz, M. Kern, D. Sedlock, D.D. Anderson, B.M. Hillberry, M. Peacock, and C.C. Johnston (2001). Impact of exercise on bone health and contraindication of oral contraceptive use in young women. *Med. Sci. Sports Exerc. 33:873–880*
26. White, C.M., A.C. Hergenroeder, and W.J. Klish (1992). Bone mineral density in 15- to 21-year-old eumenorrheic and amenorrheic subjects. *Am. J. Diseased Child. 146:31–35*

Cita Original

Debra A. Bemben, Torey D. Buchanan, and Michael G. Bemben. Influence of Type of Mechanical Loading, Menstrual Status, and Training Season on Bone Density in Young Athletes. J Strength Cond Res; 18 (2): 220-226, 2004.