Article

Densidad Mineral Ósea en Mujeres Universitarias Deportistas: Comparaciones entre Deportes

Lanay M Mudd¹, Willa Fornetti¹ y James M Pivarnik¹¹Michigan State University, East Lansing, MI.

RESUMEN

Contexto: Algunas deportistas exhiben una densidad mineral ósea (BMD) reducida, lo cual incrementa el riesgo de fracturas por estrés y el desarrollo de la osteoporosis. Objetivo: Comparar la BMD en sitios específicos entre mujeres universitarias deportistas de la División I de la Asociación Nacional de Deporte Universitario (NCAA, National Collegiate Athletic Association) y determinar variables de predicción para las mediciones de la BMD. Diseño: Inter-grupal. Entorno: Sistema de Salud de la Universidad. Pacientes u Otros Participantes: Se invitó a todas las atletas universitarias a participar de este estudio transversal. De doce deportes, obtuvimos datos completos de 99 mujeres (media para la edad = 20.2 ± 1.3 años) representando a la gimnasia, el softbol, las carreras de cross-country, el atletismo, el fútbol, deportes náuticos y la natación/saltos ornamentales. Principal Medida del Resultado: Cada participante fue pesado, medido y completó un cuestionario acerca de su estatus menstrual. Utilizando absorciometría dual de rayos X, se midió la BMD corporal total y los valores de BMD en regiones de interés tales como la columna lumbar, la pelvis y la pierna (promedio de las mediciones en la pierna derecha e izquierda). Utilizando análisis de covarianza, se compararon los valores de BMD entre los deportes en cada sitio de evaluación a la vez que se controló el estatus menstrual y la masa corporal, además se llevó a cabo un análisis de regresión por pasos para determinar estimadores significativos de la BMD en cada uno de los sitios- Resultados: veintitrés atletas eran oligomenorregicas o amenorreicas. Las corredoras exhibieron los menores valores de BMD corporal total ($1.079 \pm 0.055 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$) y específica ($p < 0.01$) para cada uno de los sitios específicos, excepto, para el promedio de la pierna en comparación con las gimnastas y las jugadoras de softbol. Las atletas de natación y saltos ornamentales tuvieron una BMD promedio de la pierna ($1.117 \pm 0.086 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}$) significativamente menor que las atletas de todos los otros deportes, con excepción de las corredoras y las atletas de remo ($p < 0.01$). Los análisis de regresión revelaron que solo la masa corporal y el deporte fueron estimadores significativos de la BMD corporal total. Conclusiones: Las corredoras, nadadoras y las atletas de saltos ornamentales exhibieron algunos déficits en los valores de la BMD específica, en comparación con las atletas de otros deportes. Al tratar a una atleta universitaria, los entrenadores deberían considerar su masa corporal y tipo de deporte para considerar su salud ósea.

Palabras Clave: tríada de la mujer atleta, salud ósea, amenorrea, oligomenorrea

INTRODUCCIÓN

La participación deportiva puede promover comportamientos saludables respecto del estilo de vida y reducir el riesgo de numerosos problemas para la salud. En particular, los ejercicios en los que se debe soportar el peso corporal, incrementan la densidad mineral ósea (BMD) y la masa magra corporal en mujeres deportistas, lo cual podría ayudar a prevenir

fracturas por estrés y la osteoporosis en etapas posteriores de la vida (1-5). Desafortunadamente, la participación deportiva también puede tener efectos adversos para algunas mujeres que realicen cantidades extremas de actividad vigorosa. Estas mujeres jóvenes pueden tener riesgos de sufrir la tríada de la mujer atleta, que consiste en desórdenes alimenticios, alteraciones menstruales y reducción de la BMD (6). La reducción de la BMD incrementa el riesgo de fracturas por estrés (7) y de osteoporosis (8-10) en etapas posteriores de la vida. Las fracturas por estrés son un problema común para las mujeres deportistas (11) y se ha reportado que la osteoporosis afecta a aproximadamente 44 millones de adultos, de los cuales el 80% son mujeres (12). Por lo tanto, para la salud actual y futura de las mujeres deportistas, es imperativo explorar los determinantes de la BMD.

Diversos investigadores (2,8-10,13-16) han evaluado la BMD en mujeres deportistas en relación a la historia menstrual. Sin embargo, estos estudios presentan diversas limitaciones. Algunos autores se han enfocado en un deporte (10,14-17), otros no han especificado el deporte (8,13) o han medido la BMD en pocos sitios (9,15). Además, diversos autores han reportado un amplio rango de edades que no reflejan a las deportistas universitarias (8,9,13,15), y la mayoría estudió un número limitado de sujetos (2,10,13-16). El tipo de ejercicio (i.e., impacto vs no impacto) parece influenciar la respuesta osteogénica que puede derivar en valores altos o bajos de BMD en diferentes sitios (17). Los deportes de fuerza y alto impacto parecen estar asociados con altos valores de BMD, mientras que los deportes en donde no debe soportarse el peso corporal exhiben una relación neutral o negativa (3,18). Para nuestro conocimiento, ningún estudio ha comparado la BMD en diversos sitios entre atletas universitarias de diferentes deportes. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue comparar la BMD corporal total y específica de diferentes sitios entre mujeres deportistas pertenecientes a la División I de la NCAA para determinar que deportes estaban asociados con bajos valores de BMD, lo cual podría derivar en fracturas por estrés. Un objetivo secundario fue determinar las variables de predicción de la BMD para cada sitio de medición.

MÉTODOS

Sujetos

Se invitó a todas las deportistas universitarias de la División I de la Asociación Nacional de Deporte Universitario (NCAA, National Collegiate Athletic Association) a participar en el presente estudio. Las deportistas fueron reclutadas a través del departamento de deportes con la ayuda de los entrenadores y preparadores físicos. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética para la Investigación con Sujetos Humanos de la universidad, y se obtuvo el consentimiento informado de cada participante. Se le aseguró a cada deportista que sus resultados serían confidenciales al menos que quisieran proporcionárselos a su staff médico.

Los sujetos fueron parte de un estudio transversal sobre composición corporal previamente publicado; y se utilizaron los datos de 99 de los 135 sujetos originales (19,20). De los 36 sujetos excluidos, 14 eran atletas no universitarias, 15 no poseían datos de su historia menstrual, 2 jugadoras de voleibol excedían las limitaciones de talla para las imágenes óseas y las restantes 4 jugadoras de voleibol fueron excluidas porque eran muy pocas para representar adecuadamente al deporte. Por último, una corredora fue excluida debido a que se sospechó que poseía un desorden alimentario. Nuestro análisis previo de estos sujetos se enfocó en la grasa corporal y no consideró las mediciones de la BMD.

Mediciones Óseas

En la presente investigación se utilizó un dispositivo de absorciometría dual por rayos X (DXA) (model QDR-1000W con una versión del software 6.0; Hologic Inc, Bedford, MA) como medida de criterio para la BMD. Los detalles de los métodos de medición mediante DXA pueden hallarse en nuestro reporte previo (20). La BMD corporal total fue medida con un dispositivo para obtener la BMD corporal total. La BMD en la columna lumbar, la pelvis y las piernas fueron obtenidas a partir de los valores en la región de interés reportados en la determinación de la BMD corporal total.

Historia Menstrual

Un único investigador le realizó a cada atleta tres preguntas respecto de su historia menstrual. La primera pregunta fue la edad de la menarca. La edad ginecológica fue calculada como la edad actual menos la edad a de la menarca. La segunda pregunta fue cuantos ciclos menstruales había tenido en el último año. La tercera pregunta fue de respuesta si/no respecto del uso de anticonceptivos orales en el último año. A partir de esto, la amenorrea fue definida como 0-3 ciclos menstruales, la oligomenorrea fue definida como 4-9 ciclos menstruales y la eumenorrea como 10-12 ciclos menstruales durante el año previo. Este esquema de categorización fue utilizando en un estudio previo (15). En los análisis de regresión, el estatus menstrual fue clasificado como una variable dicotómica, con el *estatus menstrual normal* definido como 10-12 ciclos en el año previo y el *estatus menstrual anormal* definido como 0-9 ciclos en el año previo.

Procedimientos para la Recolección de los Datos

La evaluación se llevó a cabo en el Centro de Reumatología del Pabellón del Sistema de Salud del Centro Sparrow (East Lansing, MI). Al arribar al laboratorio, cada mujer fue medida para determinar su talla de pié y su masa corporal utilizando un estadiómetro pre-clibrado y una balanza de brazo. El índice de masa corporal (BMI) se calculó como la masa en kilogramos dividida por la talla en metros al cuadrado. Un único investigador llevo a cabo las entrevistas individuales para determinar la historia menstrual. Posteriormente se realizó el análisis de DXA llevado a cabo por dos técnicos certificados por la compañía Hologic. El dispositivo de DXA fue calibrado diariamente utilizando un *Phantom* de densidad ósea de la columna lumbar (20).

Para las mediciones de la talla y la masa corporal las atletas utilizaron un sostén deportivo, shorts y una camiseta de manga larga. Para las mediciones de DXA, las atletas solo utilizaron la camiseta y ropa interior. A cada deportista se le proporcionó un conjunto de reglas escritas; descritas previamente, que debían respetar antes de la fecha designada para su evaluación (20). A cada participante se le dio una copia impresa de los valores de la BMD por DXA para la cabeza, el brazo izquierdo y derecho, las costillas (derecha e izquierda), la columna en la porción torácica, la columna lumbar, la pelvis, la pierna izquierda y derecha y la BMD corporal total.

Para realizar la comparación se evaluó la BMD corporal total, la de la columna lumbar, la pelvis y el valor promedio de la BMD de las piernas izquierda y derecha. El valor promedio de la BMD de las piernas fue calculado como el promedio de los valores de la BMD de la pierna izquierda y derecha. Estos sitios fueron seleccionados debido a que son los más sensibles a las actividades donde se debe soportar el peso corporal. Además, la columna lumbar está compuesta principalmente de hueso trabecular, mientras que el valor de la pierna refleja al hueso cortical, por lo que se pudieron evaluar los efectos diferenciales del entrenamiento sobre los distintos tipos de hueso.

Análisis Estadísticos

La estadística fue llevada a cabo con el SPSS (version 13.0 for Windows; SPSS Inc, Chicago, IL). La estadística descriptiva de las características antropométricas fue calculada con el grupo total y para cada deporte individualmente. El porcentaje de grasa corporal fue obtenido de los reportes de DXA. Para examinar el posible efecto de la disfunción menstrual sobre las mediciones de la BMD, se llevaron a cabo 4 pruebas t para comparar los valores de la BMD corporal total, de la columna lumbar, de la pelvis y la BMD promedio de las piernas entre deportistas con *estatus menstrual normal* y anormal. Utilizando el análisis de covarianza, se evaluaron las diferencias en los valores de la BMD entre los deportes con el estatus menstrual y la masa corporal como covariables. En los casos en que fuera necesario se utilizó la prueba *post hoc* de Tukey. Se calcularon correlaciones producto-momento de Pearson para cada medición de la BMD con la edad, la edad ginecológica, la talla, la masa corporal, el BMI y el porcentaje de grasa corporal para el grupo total de deportistas. El análisis de regresión lineal se llevó a cabo para determinar los predictores de cada medida de la BMD. Las variables independientes incluyeron la edad, la edad ginecológica, la talla, la masa corporal y el BMI como variables continuas y el deporte y la utilización de anticonceptivos orales como variables categóricas. Estos análisis no pudieron ser estratificados por deportes debido al pequeño número de deportistas reclutadas en algunos deportes. En estos análisis se utilizó el índice de masa corporal en lugar del porcentaje de grasa debido a que el BMI puede medirse más sencillamente en la clínica. Por lo tanto, un entrenador puede encontrar mayor facilidad para determinar el riesgo de un atleta de tener una baja BMD en base a su BMI en lugar de en base a su porcentaje de grasa. Los niveles de significación fueron establecidos a un nivel α de $p \leq 0.01$ para dar cuenta de las múltiples comparaciones.

RESULTADOS

Características de las Deportistas

Se obtuvieron datos completos de 99 deportistas mujeres (aproximadamente el 50% de todas las mujeres deportistas) representando 8 equipos universitarios, incluyendo la gimnasia ($n = 8$), el softbol ($n = 14$), el pedestrisimo (cross-country y eventos de pista de 800 m o más; $n = 25$), el atletismo (eventos de campo y velocistas que participaban en eventos sobre distancias menores a los 800 m; $n = 8$), el hockey sobre césped ($n = 10$), el fútbol ($n = 10$), la náutica ($n = 15$) y la natación/saltos ornamentales ($n = 9$). Las deportistas de otros 3 deportes (baloncesto, golf y tenis) decidieron no participar debido a conflictos con sus calendarios. Las características de las participantes se muestran en la Tabla 1. A pesar de las diferencias en la talla y la masa corporal ($p < 0.01$), el BMI fue marcadamente similar entre los grupos, siendo la única diferencia significativa la observada entre las corredoras ($21.0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$) y las atletas de remo ($24.4 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$)

	Total	Gimnasia	Softbol	Carrera	Atletismo	Hockey s/ Césped	Fútbol	Nautica	Natación/ saltos ornamentales
n	99	8	14	25	8	10	10	15	9
Edad (años)*	20.2 ± 1.3	19.7 ± 0.9	20.1 ± 1.1	20.4 ± 1.3	20.1 ± 1.3	19.8 ± 1.2	19.8 ± 0.9	20.5 ± 2.1	20.4 ± 1.1
Talla (cm)*	166.6 ± 7.3	157.9 ± 6.3	169.4 ± 7.0†	165.1 ± 6.5	166.3 ± 7.6	165.7 ± 7.5	168.2 ± 4.9	171.1 ± 7.0†	166.0 ± 6.9
Masa (kg)*	63.3 ± 8.8	58.6 ± 8.1	65.7 ± 9.0	57.2 ± 5.6	63.3 ± 7.7	63.2 ± 10.6	65.9 ± 7.7	171.5 ± 7.5†‡	64.2 ± 6.6
Índice de Masa Corporal (kg·m ⁻²)*	22.7 ± 2.2	23.4 ± 1.7	22.8 ± 2.6	21.0 ± 1.6	22.8 ± 1.9	22.9 ± 2.4	23.2 ± 1.7	24.4 ± 1.8‡	23.3 ± 1.7
Edad Ginecológica (años)*	6.7 ± 2.0	5.4 ± 1.3	6.6 ± 2.5	6.6 ± 2.1	6.7 ± 1.9	6.9 ± 1.6	6.9 ± 1.4	7.3 ± 2.4	6.9 ± 1.5
Atletas Oligomenorreicas (n)	15	2	1	7	0	0	1	2	2
Atletas Amenorreicas (n)	10	1	1	4	2	1	1	0	0
Estatus Menstrual Anormal (%)§	25.2	37.5	14.3	44.0	25.0	10.0	20.0	13.3	22.2
Uso de Anticonceptivos Orales (n)	33	5	4	5	3	4	3	4	5

Tabla 1. Características de los participantes. * Media ± DE. †Significativamente diferente de las gimnastas ($p<0.01$). ‡Significativamente diferente de las corredoras ($p<0.01$). § estatus menstrual anormal = $(\text{Número de atletas oligomenorreicas} + \text{número de atletas amenorreicas})/\text{número total de deportistas} \times 100$.

Si bien la edad de la menarca estuvo en el rango de los 11-18 años, no se observaron diferencias entre los deportes respecto de la edad ginecológica media (Tabla 1). En base a nuestra definición de disfunción menstrual, 15 de las 99 atletas eran oligomenorreicas y 10 eran amenorreicas. El número de deportistas oligomenorreicas y amenorreicas fue sumado y dividido por el número total de deportistas por deporte para determinar el porcentaje de mujeres con disfunción menstrual. Las corredoras y las gimnastas exhibieron el mayor porcentaje de disfunción menstrual (44.0% y 37.5%, respectivamente), mientras que las jugadoras de hockey sobre césped (10.0%) y las atletas de los deportes náuticos (13.3%) exhibieron el menor porcentaje. Casi un tercio de las participantes del estudio estaban utilizando anticonceptivos orales y de estas, 6 reportaron alteraciones menstruales en el año previo al estudio.

Densidad Mineral Ósea

Las comparaciones de la BMD entre los deportes se muestra en la Tabla 2. Las corredoras tuvieron una menor BMD que las gimnastas en cada uno de los sitios investigados ($p<0.01$). La BMD media de la pelvis de las corredoras también fue menor que las deportistas de todos los deportes con excepción de las deportistas de deportes náuticos y de natación/saltos ornamentales ($p<0.01$). Las deportistas de natación/saltos ornamentales exhibieron una BMD promedio de las piernas significativamente menor que la del resto de los deportes excepto el pedestrisimo y el remo ($p<0.01$)

Densidad Mineral Ósea (q·cm ⁻²)	Gimnasia	Softbol	Carrera	Atletismo	Hockey s/ Césped	Fútbol	Nautica	Natación/ saltos ornamentales
n	8	14	25	8	10	10	15	9
Corporal Total	1.173 ± 0.036†‡	1.163 ± 0.061†‡	1.079 ± 0.055	1.152 ± 0.062‡	1.161 ± 0.095‡	1.149 ± 0.043	1.126 ± 0.063	1.083 ± 0.050
Columna Lumbar	1.213 ± 0.121†‡	1.171 ± 0.101†	0.988 ± 0.118	1.104 ± 0.098	1.131 ± 0.120	1.054 ± 0.108	1.078 ± 0.081	1.079 ± 0.107
Pelvis	1.233 ± 0.088†‡	1.202 ± 0.067†‡	1.023 ± 0.085	1.138 ± 0.090	1.203 ± 0.118†‡	1.166 ± 0.097†	1.135 ± 0.081	1.060 ± 0.071
Promedio de las Piernas§	1.261 ± 0.063†‡	1.267 ± 0.075‡	1.184 ± 0.072	1.272 ± 0.098‡	1.268 ± 0.138‡	1.276 ± 0.045‡	1.208 ± 0.076	1.117 ± 0.086

Tabla 2. Densidad mineral ósea total y específica de cada sitio por deporte (Media ± DE). Análisis de covarianza ajustado por el estatus menstrual y por la masa corporal. †Significativamente diferente de las corredoras (p<0.01). ‡Significativamente diferente de las deportistas de natación y saltos ornamentales (p<0.01). §Promedio de las mediciones de la pierna derecha e izquierda.

Los valores de la BMD corporal total y de los sitios específicos comparada por estatus menstrual se muestran en la Tabla 3. Si bien las deportistas eumenorreicas tendieron a exhibir mayores valores de BMD, no se hallaron diferencias significativas. No se llevó a cabo la estadística para calcular diferencias en la BMD según el estatus menstrual dentro de cada deporte dado el bajo número de deportistas por grupo con disfunción menstrual.

Densidad Mineral Ósea (q·cm ⁻²)	Todos los Sujetos	Estatus Menstrual Normal	Estatus Menstrual Anormal*	Valor de P
n	99	76	23	
Corporal Total	1.127 ± 0.069	1.135 ± 0.068	1.103 ± 0.065	0.023
Columna Lumbar	1.084 ± 0.129	1.097 ± 0.127	1.041 ± 0.129	0.060
Pelvis	1.127 ± 0.112	1.141 ± 0.111	1.083 ± 0.107	0.015
Promedio de las Piernas†	1.225 ± 0.094	1.228 ± 0.098	1.213 ± 0.098	0.298

Tabla 3. Densidad mineral ósea corporal total y por sitio específico según el estatus menstrual (Media ± DE). * estatus menstrual anormal = Número de deportistas oligomenorreicas + Número de deportistas amenorreicas. †Promedio de las mediciones de la pierna derecha e izquierda.

Correlaciones y Análisis de Regresión

Las correlaciones de la BMD corporal total y de los sitios específicos se muestran en la Tabla 4. La masa corporal y el BMI exhibieron correlaciones significativas con cada medida registrada de la BMD (p<0.01). La talla tuvo una correlación significativa con el valor de la BMD promedio de las piernas (p<0.01). El porcentaje total de grasa corporal determinado por DXA no exhibió correlaciones con ninguna de las mediciones de la BMD y, por lo tanto, no fue incluido en los análisis de regresión.

	Corporal Total	Columna Lumbar	Pelvis	Promedio de las Piernas*
Edad	0.066	0.001	- 0.089	0.070
Edad Ginecológica (años)	0.050	0.114	- 0.004	- 0.024
Talla (cm)	0.249	0.144	0.237	0.269†
Masa Corporal (kg)	0.465†	0.301†	0.424†	0.407†
Índice de Masa Corporal (kg·m ⁻²)	0.432†	0.293†	0.386†	0.327†
Grasa Corporal (%)	0.158	0.036	0.149	0.111

Tabla 4. Correlaciones de la densidad mineral ósea corporal total y específica de los diferentes sitios investigados. * Promedio de las

Entre todas las posibles variables que podían explicar la BMD (edad, edad ginecológica, talla, masa corporal, BMI, deporte y utilización de anticonceptivos orales), solo la masa corporal y el deporte predijeron consistentemente la BMD (Tabla 5). La edad ginecológica también fue parte del modelo como predictora de la BMD de la columna lumbar (Tabla 5). Los factores de inflación de la varianza estuvieron en el rango de 1.052 a 1.130 para cada regresión; por lo tanto, estos modelos no fueron violados. Cuando el estatus menstrual, como variable dicotómica, fue forzado en el modelo, el valor predictivo no cambió significativamente.

Modelo de Regresión*	Valor de R ² para la BMD Corporal Total†	Valor de R ² para la BMD de la Columna Lumbar	Valor de R ² para la BMD de la Pelvis	Valor de R ² para la BMD Promedio de las Piernas
Masa Corporal (kg)	0.21	0.09	0.18	0.16
Masa Corporal (kg) + Deporte	0.30	0.15	0.25	0.30
Masa Corporal (kg) + Deporte + Edad Ginecológica	—	0.19	—	—

Tabla 5. Varianza explicada para los valores de la densidad mineral ósea ($g \cdot cm^{-2}$) corporal total y específica de los sitios investigados.

*Todos los modelos reportados fueron significativos a un nivel de $p < 0.01$. El valor de R² representa el porcentaje de la varianza explicada para cada valor de la densidad mineral ósea.

DISCUSIÓN

El objetivo del presente estudio fue describir y comparar la BMD medida en una variedad de sitios en deportistas pertenecientes a la División I de la NCAA y determinar las variables de predicción para cada medida de la BMD. Se observaron diferencias significativas en los valores de la BMD corporal total y específica de los sitios entre los grupos de deportistas. La masa corporal y el deporte fueron predictores significativos de la BMD corporal total, de la pelvis y de la BMD promedio de las piernas; mientras que la masa corporal, el deporte y la edad ginecológica fueron predictores de la BMD de la columna lumbar en deportistas mujeres universitarias. En general, los valores de BMD reportados aquí son similares a los reportados para otros deportistas, a pesar de las diferencias en la población de sujetos y en el uso de diferentes protocolos y dispositivos de DXA (2,3,5,8,13).

Las deportistas de natación/saltos ornamentales tuvieron una menor BMD promedio de las piernas que las otras deportistas, un hallazgo que es consistente con la literatura previa (1,3). Las deportistas que competían en deportes en los que no se debe soportar el peso corporal, como la natación, generalmente exhiben menores valores de BMD en la columna lumbar y en las extremidades inferiores en comparación con las deportistas que realizan actividades en las que sí hay que soportar el peso corporal (1,4). Debido al pequeño número de participantes de natación ($n = 6$) y de saltos ornamentales ($n = 3$), estos dos grupos fueron combinados para los análisis; por lo que, nuestros resultados no pueden diferenciar entre los deportes. Si bien las deportistas de natación y de saltos ornamentales exhibieron bajos valores de BMD, la naturaleza de su deporte también las proeje de lesiones óseas relacionadas con el impacto durante la competición. Sin embargo, la investigación sugiere un riesgo incrementado de lesiones de las extremidades inferiores durante sesiones de *cross-training*, las cuales podrían deberse a deficiencias en la BMD (21). Las corredoras también exhibieron bajos valores de BMD en diversos sitios y en comparación con las deportistas de otros deportes, y exhibieron los menores valores de BMD corporal total, de la columna lumbar y de la pelvis. Este hallazgo fue sorprendente ya que la carrera es una actividad de alto impacto que se esperaría incrementar la BMD del tren inferior. Sin embargo, otros autores (22) han observado una tendencia similar hacia valores bajos de BMD corporal total y de la columna lumbar en corredoras versus gimnastas. Estos investigadores hipotetizaron que el entrenamiento de la gimnasia provoca una mayor carga sobre los huesos; por lo que, las deportistas podrían beneficiarse de un incrementado estímulo osteogénico. Los preparadores físicos deberían estar al tanto de la alta incidencia de bajos valores de BMD en las corredoras y deberían realizar un seguimiento continuo para detectar fracturas por estrés y otras lesiones óseas.

Las corredoras que participaron del presente estudio exhibieron valores de BMD corporal total y específico de los sitios investigados, similares a los reportados previamente para corredoras amenorreicas, utilizando un protocolo similar para la

valoración de la BMD corporal total, de la columna lumbar y de la pelvis (23). Las posibles razones de esto incluyen una reducida ingesta de calcio, desórdenes de alimentación o una insuficiente ingesta energética relativa al gasto energético (o una combinación de estos factores). Diversos investigadores (24) han mostrado que los desórdenes alimenticios y el déficit energético están relacionados a una baja BMD, incluso sin observarse alteraciones menstruales. Además, puede existir una alta incidencia de desórdenes alimenticios entre corredoras de larga distancia (25). Si bien, en el presente estudio no se recolectó la información nutricional y se excluyó a una deportista debido a que se sospechó que sufría de un desorden nutricional, es posible que el grupo de corredoras como un todo haya experimentado un mayor déficit energético que el resto de las deportistas, como resultado del alto volumen de su entrenamiento (14).

Nuestros datos no mostraron diferencias en los valores de BMD en relación al estatus menstrual cuando se consideraron a todas las deportistas de todos los deportes en forma conjunta; sin embargo, es posible que nuestro estudio no tuviera la sensibilidad suficiente para detectar diferencias significativas debido a que existe una fuerte tendencia hacia mayores valores de BMD corporal total, de la columna lumbar y de la pelvis entre deportistas con estatus de menstruación normal. Estudios previos han mostrado resultados conflictivos respecto de la importancia de la disfunción menstrual en relación con la BMD en deportistas. Si bien Meyer et al (2) observaron que la historia menstrual no estaba asociada con la BMD en deportistas de nivel olímpico pertenecientes a deportes de invierno, la mayoría de los otros estudios (6,26) han reportado que la disfunción menstrual está fuertemente asociada con la reducción de la BMD. Con respecto a la BMD de la columna lumbar, algunos investigadores (27,28) no han hallado diferencias entre grupos de deportistas con estatus de menstruación normal y anormal. En contraste, un gran cuerpo de evidencia sugiere que la duración de la disfunción menstrual está relacionada con la reducción de la BMD de la columna lumbar (8-10,13,15,16). Al parecer, la reducción en los niveles de estrógeno afecta al hueso trabecular, más metabólicamente activo, antes que al hueso cortical (8,29). Nuestros hallazgos respaldan parcialmente esta hipótesis, debido a que la edad ginecológica se adicionó significativamente a la predicción de la BMD de la columna lumbar la cual, al estar compuesta predominantemente de hueso trabecular; parece ser más sensible a la reducción de la exposición a los estrógenos. Por lo tanto, una medición del estatus menstrual (la edad ginecológica) estuvo asociada a la BMD de la columna lumbar, aun cuando el valor medio no fue diferente en la comparación de deportistas con estatus de menstruación normal versus anormal.

Las diferencias en los protocolos de evaluación de la BMD (i.e., específica de un sitio versus corporal total) y en los procedimientos para valorar el estatus menstrual podrían dar cuenta de los resultados contradictorios en los estudios previos. Además, algunas mujeres de nuestra muestra con *estatus menstrual anormal* reportaron estar consumiendo anticonceptivos orales (n = 6 de 23). Este factor podría derivar en un error de clasificación y podría diluir el efecto de la alteración menstrual, debido a que estas mujeres estaban aún expuestas a niveles hormonales normales, lo cual pudo haber ayudado a mantener la BMD.

La masa corporal fue el mejor predictor de la BMD para las deportistas de nuestro estudio. Si bien el deporte estuvo significativamente relacionado con cada medida de la BMD y agregó cierta habilidad predictiva, la masa corporal por sí sola explicó la mayoría de la varianza en la BMD en cada sitio de medición. Mecánicamente, se esperaría que una mayor masa corporal derive en mayores ganancias en la BMD entre las deportistas como resultado de una mayor sobrecarga con cada movimiento, proveyendo así un mayor estímulo osteogénico (1,3). La adición del estatus menstrual a los modelos de regresión no incrementó nuestra capacidad para predecir la varianza de la BMD. La mayoría de las deportistas con alteraciones menstruales también exhibieron menores masas corporales por lo que, es posible que el estatus menstrual no mejore el valor predictivo debido a que las dos mediciones están interrelacionadas.

Los resultados de los análisis de regresión concordaron parcialmente con la literatura previa. Si bien en los estudios previos no se reportó el estatus menstrual, Quintas et al (5) hallaron que un bajo peso corporal y una insuficiente ingesta energética estuvieron asociados con bajos valores de BMD. En otros estudios (8,13,23) se observó que el peso corporal y el estatus menstrual eran los mejores predictores de la BMD de la columna lumbar. Los ejercicios donde se debe soportar el peso corporal o las actividades de alto impacto (o ambas) parecen tener un efecto protector sobre la BMD en los sitios que soportan el peso corporal de deportistas amenorreicas (10,22). Similarmente a nuestros resultados, Robinson et al (22) observaron que las gimnastas exhibieron mayores valores de BMD corporal total y de las piernas en comparación con las corredoras, a pesar de exhibir una mayor incidencia de alteraciones menstruales. Sin embargo, otros investigadores han hallado que períodos extendidos de irregularidad menstrual resultaron en una baja densidad ósea incluso en los sitios que soportan el peso corporal entre deportistas que realizaban actividades de alto impacto (13). No obstante, se debe mencionar que en estudios previos se utilizaron diferentes categorías de estatus menstrual, rangos de edades más amplios y diferentes niveles de actividad física, lo que hace difícil la comparación. Los resultados de nuestro estudio son más específicos para deportistas de la División I de la Asociación Nacional de Deporte Universitario y, por lo tanto, pueden tener un mayor valor práctico para los entrenadores y médicos deportólogos que la literatura previa. Estos hallazgos deberían replicarse en una muestra más grande y diversa; sin embargo, antes de que sea posible validar una ecuación de predicción de la BMD utilizando la información clínicamente disponible.

Algunas limitaciones del presente estudio incluyen la utilización de valores de BMD en regiones de interés a partir de

evaluaciones de la BMD corporal total y la falta de información nutricional, de las historias de entrenamiento y lesiones, y de una detallada historia menstrual. La utilización de valores de BMD en regiones de interés a partir del escaneo corporal total, limita nuestra capacidad para comparar nuestros resultados con los obtenidos por aquellos que han utilizado escaneos de los sitios específicos, aunque nuestros resultados tuvieron un acuerdo general con los de aquellos que utilizaron una medición más exacta (2,3,5,8,13). Si bien en el presente estudio se recolectó información sobre la menstruación durante el año previo y la edad de la menarca, no se les preguntó a las deportistas acerca de irregularidades previas. Una historia menstrual completa podría ser más importante que el estatus menstrual reciente cuando se considera la BMD (8,13,15). Además, es posible que el número de años de entrenamiento o el número de lesiones esqueléticas sufridas (o ambas) pudiese afectar la BMD (2,30). Sin embargo, es razonable asumir que las deportistas mujeres de la División I universitaria tienen historias de entrenamiento similares. La historia nutricional podría haber mejorado nuestra capacidad predictiva de la densidad ósea, pero es difícil obtener datos válidos en la clínica.

Los resultados de este estudio mejoran significativamente nuestra comprensión de la salud ósea en mujeres saludables de la División I del deporte universitario. Si bien se incluyeron solo 99 mujeres, esta es una de las mayores cohortes de deportistas mujeres universitarias publicada hasta la fecha con información referida a la BMD. Además, ningún otro grupo ha considerado específicamente la salud ósea de las deportistas de los diferentes deportes incluidos en el presente estudio (e.g., softbol, hockey sobre césped, deportes náuticos). Nuestros datos muestran que a pesar de los diferentes modos de entrenamiento, la BMD corporal total fue similar entre las deportistas pertenecientes a diferentes deportes, con excepción de las corredoras y las deportistas de natación/saltos ornamentales. Las mayores diferencias entre los deportes se observaron cuando se compararon los valores de la BMD de la columna lumbar, la pelvis y la BMD promedio de las piernas; sin embargo, solo los grupos de corredoras y de deportistas de natación/saltos ornamentales exhibieron valores significativamente bajos, tal que pudieran tener implicaciones clínicas. Los entrenadores que trabajan con deportistas mujeres que participen en deportes como el pedestriismo, la natación y los saltos ornamentales deberían tener en cuenta su mayor incidencia de bajos valores de BMD y ser cautelosos de los síntomas de sobreentrenamiento. Las futuras investigaciones que examinen la BMD en deportistas mujeres deberían considerar utilizar historias más detalladas de entrenamiento, lesiones, estatus menstrual y nutricional en una muestra mayor. Por otra parte, los estudios longitudinales que investiguen la BMD en deportistas mujeres universitarias podrían proveer mayor información acerca de los cambios en la salud ósea en respuesta a un entrenamiento intenso con el transcurso del tiempo.

Puntos Clave

- Si bien los valores de la densidad mineral ósea fueron muy similares entre las deportistas de diversos deportes de la División I universitaria, las corredoras y las deportistas de natación/saltos ornamentales exhibieron déficits en los valores de densidad mineral ósea corporal total y específica de diferentes sitios en comparación con otras deportistas.
- La masa corporal y el tipo de deporte fueron determinantes de la salud ósea en mujeres deportistas pertenecientes a la División I del deporte universitario.
- Se requieren estudios longitudinales y con muestras mayores para determinar de qué manera la salud ósea de las mujeres deportistas universitarias cambia en respuesta a un entrenamiento intenso con el transcurso del tiempo.

REFERENCIAS

1. Creighton DL, Morgan AL, Boardley D, Brolinson PG (2001). Weight-bearing exercise and markers of bone turnover in female athletes. *J Appl Physiol*; 90:565-570
2. Meyer NL, Shaw JM, Manore MM (2004). Bone mineral density of Olympic-level female winter sport athletes. *Med Sci Sports Exerc.*; 36:1594-1601. et al
3. Fehling PC, Alekel L, Clasey J, Rector A, Stillman RJ (1995). A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*; 17:205-210
4. Taaffe DR, Snow-Harter C, Connolly DA, Robinson TL, Brown MD, Marcus R (1995). Differential effects of swimming versus weight-bearing activity on bone mineral status of eumenorrheic athletes. *J Bone Miner Res*; 10:586-593
5. Quintas ME, Ortega RM, Lopez-Sobaler AM, Garrido G, Requejo AM (2003). Influence of dietetic and anthropometric factors and of the type of sport practised on bone density in different groups of women. *Eur J Clin Nutr*; 57:S-58-S-62. (suppl 1)
6. Nattiv A, Agostini R, Drinkwater B, Yeager KK (1994). The female athlete triad: the inter-relatedness of disordered eating, amenorrhea, and osteoporosis. *Clin Sports Med*; 13:405-418
7. Myburgh KH, Hutchins J, Fataar AB, Hough SF, Noakes TD (1990). Low bone density is an etiologic factor for stress fractures in athletes. *Ann Intern Med*; 113:754-759
8. Drinkwater BL, Bruemner B, Chesnut CH., III (1990). Menstrual history as a determinant of current bone density in young athletes. *JAMA*; 263:545-548

9. Cann CE, Martin MC, Genant HK, Jaffe RB (1984). Decreased spinal mineral content in amenorrheic women. *JAMA*; 251:626-629
10. Young N, Formica C, Szmukler G, Seeman E (1994). Bone density at weight-bearing and nonweight-bearing sites in ballet dancers: the effects of exercise, hypogonadism, and body weight. *J Clin Endocrinol Metab*; 78:449-454
11. Zeni AI, Street CC, Dempsey RL, Staton M (2000). . Stress injury to the bone among women athletes. *Phys Med Rehabil Clin N Am*; 11:929-947
12. National Osteoporosis Foundation (2007). Fast facts. Available at:<http://www.nof.org/osteoporosis/diseasefacts.htm>. Accessed June 12
13. Rencken ML, Chesnut CH, III (1996). Drinkwater BL. Bone density at multiple skeletal sites in amenorrheic athletes. *JAMA*; 276:238-240
14. Zanker CL, Swaine IL (1998). Bone turnover in amenorrhoeic and eumenorrhoeic women distance runners. *Scand J Med Sci Sports*; 8:20-26
15. Micklesfield LK, Lambert EV, Fataar AB, Noakes TD, Myburgh KH (1995). Bone mineral density in mature, premenopausal ultramarathon runners. *Med Sci Sports Exerc*; 27:688-696
16. Tomten SE, Falch JA, Birkeland KI, Hemmersbach P, Hostmark AT (1998). Bone mineral density and menstrual irregularities: a comparative study on cortical and trabecular bone structures in runners with alleged normal eating behavior. *Int J Sports Med*; 19:92-97
17. Duncan CS, Blimkie CJ, Cowell CT, Burke ST, Briody JN, Howman-Giles R (2002). Bone mineral density in adolescent female athletes: relationship to exercise type and muscle strength. *Med Sci Sports Exerc*; 34:286-294
18. Egan E, Reilly T, Giacomoni M, Redmond L, Turner C (2006). Bone mineral density among female sports participants. *Bone*; 38:227-233
19. Warner ER, Fornetti WC, Jallo JJ, Pivarnik JM (2004). A skinfold model to predict fat-free mass in female athletes. *J Athl Train*; 39:259-262
20. Fornetti WC, Pivarnik JM, Foley JM, Fiechtner JJ (1999). Reliability and validity of body composition measures in female athletes. *J Appl Physiol*; 87:1114-1122
21. McFarland EG, Wasik M (1996). . Injuries in female collegiate swimmers due to swimming and cross training. *Clin J Sport Med*; 6:178-182
22. Robinson TL, Snow-Harter C, Taaffe DR, Gillis D, Shaw J, Marcus R (1995). Gymnasts exhibit higher bone mass than runners despite similar prevalence of amenorrhea and oligomenorrhea. *J Bone Miner Res*; 10:26-35
23. Pettersson U, Stalnacke B, Ahlenius G, Henriksson-Larsen K, Lorentzon R (1999). Low bone mass density at multiple skeletal sites, including the appendicular skeleton in amenorrheic runners. *Calcif Tissue Int.*; 64:117-125
24. Zanker CL, Cooke CB (2004). Energy balance, bone turnover, and skeletal health in physically active individuals. *Med Sci Sports Exerc*; 36:1372-1381
25. Rosen LW, McKeag DB, Hough DO, Curley V (1986). Pathogenic weight-control behavior in female athletes. *Physician Sportsmed*; 14(1):79-86
26. Zanker CL (1999). Bone metabolism in exercise associated amenorrhoea: the importance of nutrition. *Br J Sports Med*; 33:228-229
27. Moen SM, Sanborn CF, DiMarco NM (1998). Lumbar bone mineral density in adolescent female runners. *J Sports Med Phys Fitness*; 38:234-239. *et al*
28. Punpilai S, Sujitra T, Ouyporn T, Teraporn V, Sombut B (2005). Menstrual status and bone mineral density among female athletes. *Nurs Health Sci*; 7:259-265
29. Wolman RL, Clark P, McNally E, Harries M, Reeve J (1990). Menstrual state and exercise as determinants of spinal trabecular bone density in female athletes. *BMJ*; 301:516-518
30. Pettersson U, Nordstrom P, Alfredson H, Henriksson-Larsen K, Lorentzon R (2000). . Effect of high impact activity on bone mass and size in adolescent females: a comparative study between two different types of sports. *Calcif Tissue Int.*; 67:207-214

Cita Original

Lanay M Mudd, Willa Fornetti, and James M Pivarnik. Bone Mineral Density in Collegiate Female Athletes: Comparisons Among Sports. *J Athl Train*. 2007 Jul-Sep; 42(3): 403-408.