



UNIVERSITAT  
JAUME I



---

# ESTUDIO DE LA DENSIDAD ÓSEA EN MUJERES DEPORTISTAS DE ALTO RENDIMIENTO

---

TRABAJO DE FIN DE GRADO  
(Grado en Medicina 2017-2023)



**ALUMNO: AARÓN BORREGUERO HERNÁNDEZ**  
Tutor: Pablo Baliño Remiro

Departamento: Unidad Predepartamental  
de Medicina

Fecha: 02/06/2023



## **ABREVIATURAS**

- DMO → Densidad Mineral Ósea
- BQI → Bone Quality Index
- BUA → Broadband Ultrasound Attenuation
- SOS → Speed of Sound
- E2 → Estradiol
- PG → Prostaglandinas
- CM → Ciclo Menstrual
- CH → Contracepción Hormonal
- FSH → Hormona Foliculoestimulante
- LH → Hormona Luteinizante
- IGF-1 → Factor de Crecimiento Insulínico 1
- SEM → Error de la Media Estándar

# ÍNDICE

1. Resumen.....	1
2. Abstract.....	2
3. Extended summary.....	3
4. Introducción.....	6
4.1 Descripción de los objetivos del trabajo.....	10
5. Material y métodos.....	12
5.1 Población de estudio y comité de ética.....	12
5.2 Diseño del estudio.....	12
5.3 Procedimiento.....	13
5.4 Variables densitométricas.....	13
5.5 Análisis estadístico .....	14
6. Resultados.....	16
7. Discusión.....	24
8. Limitaciones de nuestro estudio.....	28
9. Ventajas y utilidad.....	29
10. Conclusión.....	30
11. Bibliografía.....	31
12. Anexo.....	35

***Agradecimientos,***

*A mi tutor, Pablo Baliño Remiro por haberme guiado y aconsejado durante todo el proyecto.*

*A mi familia y amigos por haberme ayudado y por su apoyo incondicional*

## **1. RESUMEN**

El presente estudio es un estudio observacional descriptivo transversal se encarga de estudiar como influyen en la densidad mineral ósea la edad, el tipo de ciclo menstrual, el tipo de deporte y las hormonas cortisol y testosterona. Para ello se ha realizado un análisis donde se han dividido a las atletas dependiendo de si son mayores o menores de 30 años, si practican deporte de impacto, fuerza o ingravidez y si tienen ciclo menstrual natural o artificial. La población de estudio fueron 40 deportistas de élite de la provincia de Castellón. A las atletas se les realizó un estudio densitométrico del calcáneo con el densitómetro SONOST 3000. Las variables densitométricas estudiadas fueron el BQI, el T-Score y el Z-Score. La relación entre las variables y la calidad ósea se analizó mediante estudios T-Student, ANOVA de un factor y correlación de Pearson. De las 40 deportistas del estudio, únicamente 4 y 6 deportistas tenían valores de T-Score y Z-Score en rango de osteopenia respectivamente. La única variable con significación estadística en nuestro estudio fue la edad, afirmando que cuanto mayor edad, menor calidad del hueso, pese a que se consigue el pico máximo de densidad mineral ósea a los 30 años. El tipo de deporte, tipo de ciclo menstrual y el cortisol y la testosterona no tienen significación estadística, pese a que en los resultados se puede observar una tendencia donde se puede intuir la influencia de estas variables en la densidad ósea de las deportistas de alto rendimiento.

### **PALABRAS CLAVE**

- Densidad mineral ósea
- Calidad ósea
- Contracepción hormonal
- Ciclo menstrual
- Deporte
- Rendimiento deportivo

## **2. ABSTRACT**

The present study is a descriptive cross-sectional observational study that aims to investigate the influence of age, type of menstrual cycle, type of sport, and the hormones cortisol and testosterone on bone mineral density. For this purpose, an analysis was conducted where athletes were divided based on whether they were above or below 30 years of age, whether they engaged in impact, strength, or weightlessness sports, and whether they had a natural or artificial menstrual cycle. The study population consisted of 40 elite athletes from the province of Castellón. Densitometric study of the calcaneus was performed on the athletes using the SONOST 3000 densitometer. The densitometric variables studied were BQI, T-Score, and Z-Score. The relationship between the variables and bone quality was analyzed using T-Student tests, one-way ANOVA, and Pearson correlation. Out of the 40 athletes in the study, only 4 and 6 athletes had T-Score and Z-Score values within the osteopenia range, respectively. The only variable that showed statistical significance in our study was age, indicating that bone quality decreases with increasing age, despite reaching peak bone mineral density at the age of 30. The type of sport, type of menstrual cycle, cortisol, and testosterone did not show statistical significance, although the results suggest a trend that hints at the influence of these variables on bone density in high-performance athletes.

### **KEYWORDS**

- Bone mineral density
- Bone quality
- Hormonal contraception
- Menstrual cycle
- Sports
- Sports performance

### **3. EXTENDED SUMMARY**

**INTRODUCTION:** Women's high-performance sports have been a discriminated field of study until relatively recently. Therefore, the factors that can influence the performance of female athletes are not fully understood, as women have factors that do not have an impact on men, such as the menstrual cycle. The menstrual cycle and hormonal contraception influence the physical and psychological health of athletes. In turn, this impact on the athletes' health can affect their physical performance. Hormonal contraception significantly affects women's bodies by altering hormone levels. These hormones, in turn, are involved in complex metabolic processes that help maintain the athlete's health. The decision to use or not use hormonal contraception is usually made in consultation with the athlete's high-performance sports team. The demanding requirements placed on elite athletes cause physical and psychological stress, which negatively affects their health, even leading to hormonal level modifications and affecting the athletes' bone quality. Bone health involves many factors, including genetics, the type of sport practiced, the intake of toxins, and hormones such as vitamin D, cortisol, and testosterone. Peak bone mineral density is reached around the age of 30. Bone quality can be measured using standardized indices such as BQI, T-Score, and Z-Score. Hormonal contraception has a detrimental effect on bones by decreasing IGF-1 synthesis and increasing oxidative stress. These effects of hormonal contraception are more significant at younger ages and depend on the type of hormone used, dosage, and concentration. On the other hand, cortisol and testosterone are hormones that have negative and positive influences, respectively. The main objective of this study is to clarify how the type of menstrual cycle, age, and type of sport practiced affect the bone health of high-performance female athletes. It also aims to elucidate the influence of cortisol and testosterone hormones on bone quality.

**METHODS:** We conducted a descriptive cross-sectional observational study. The study population consisted of 40 high-performance female athletes from the province of Castellón. The athletes were divided into several groups based on their age, type of menstrual cycle, and type of sport practiced. Densitometric data were collected using the SONOST 3000 densitometer. The equipment provided us with the BQI, T-Score, and Z-Score values for each athlete. The results of the

densitometric study were analyzed using SPSS Statistics. Descriptive analyses were performed using the software, and to assess the significance of age, type of menstrual cycle, and type of sport, several T-Student tests and one-way ANOVA were conducted. Correlation coefficients were also calculated between the densitometric variables and cortisol and testosterone. Finally, a regression analysis confirmed the results.

**RESULTS:** The only variable in the study that showed statistical significance was the age of the athletes. It was found that older age is associated with lower bone quality in athletes. On the other hand, the type of menstrual cycle, type of sport practiced, cortisol, and testosterone were statistically significant. Therefore, they do not have an impact on the bone quality of the athletes. Despite obtaining these statistical results, we observed that these variables do influence the bone mineral density of the athletes, showing a trend. Impact sports have better bone quality than strength sports, and strength sports have better bone quality than weightless sports. Natural menstrual cycles have higher levels of bone quality than artificial cycles with hormonal contraception. Only 4 and 6 athletes, respectively, had bone mineral density values in the osteopenia range for the T-Score and Z-Score. Finally, we observed a trend in bone mineral density levels based on testosterone and cortisol. Testosterone positively influences bone quality, increasing as hormone levels rise. On the other hand, higher levels of cortisol are associated with poorer bone quality.

**DISCUSSION:** The results obtained in this study were compared with existing literature to clarify the influence of variables on the bone quality of high-performance female athletes. The age of the athletes influences bone quality at an early age, even though peak bone quality is reached around the age of 30. The observed trend in the remaining variables is supported by the literature found and several research studies. It confirms the trend of results regarding the type of menstrual cycle, where natural cycles have higher levels of bone mineral density compared to artificial cycles. Furthermore, the literature supports the trend of results regarding the type of sport, confirming that the type of sport does indeed influence the bone quality of athletes. Impact sports have higher bone quality compared to strength sports and weightless sports, as they stimulate bone remodeling. It is also worth noting that the existing literature supports the trend of



the influence of cortisol and testosterone hormones, describing that higher levels of testosterone are associated with greater bone mineral density, while higher levels of cortisol are associated with poorer bone quality. It should be emphasized that the results of our study have been influenced by the small sample size, the age of athlete selection, the cross-sectional design, and the similarity of densitometric parameters among themselves.

#### **4. INTRODUCCIÓN**

El deporte de alto rendimiento es un campo en el que se exige una increíble cantidad de esfuerzo a los deportistas, tanto a nivel físico como psicológico. Los efectos que producen las hormonas en los deportistas masculinos, está ampliamente descrito. En cambio, en mujeres deportistas, los efectos hormonales en relación con su ciclo menstrual (CM), no han sido objeto de estudio debido a su menor participación y mayor complejidad<sup>(1,2)</sup>. Es importante remarcar que las variaciones hormonales a lo largo del ciclo influyen tanto a nivel funcional como psicológico, pudiendo condicionar el estado de la atleta afectando por tanto el rendimiento deportivo<sup>(3)</sup>. A pesar de que la visión de la mujer como deportista de élite ha cambiado sustancialmente en las últimas décadas, sigue existiendo todavía un vacío de conocimiento de como las variaciones hormonales a lo largo del CM pueden llegar a afectar el estado de salud y rendimiento deportivo en estas mujeres<sup>(4)</sup>.

El CM es un proceso fisiológico que ocurre con una periodicidad mensual desde la menarquia hasta la menopausia, y está al mando de la fertilidad y la concepción. El promedio de duración es de 28 días. Este proceso está modulado por hormonas como el estradiol (E2) y la progesterona (PG), con fluctuaciones a lo largo del ciclo<sup>(5)</sup>. La fase folicular, desde el inicio de la menstruación hasta la ovulación, dura unos 14 días, es el momento en el que comienza la maduración de nuevos folículos ováricos; en esta fase los niveles de PG están bajos mientras que los de E2 presentan un incremento gradual, desde los niveles bajos hasta antes de la ovulación donde sus niveles son máximos. Todo este proceso se regula positivamente gracias a la hormona foliculoestimulante (FSH) hipofisaria. La ovulación dura unos instantes y es el momento en el que se expulsa el óvulo maduro para ser fecundado por el espermatozoide. Para que esta fase se produzca, intervienen la FSH y hormona luteinizante (LH) que presenta un pico en el momento de la ovulación. Por último, la fase lútea ocurre desde el día posterior a la ovulación hasta el día antes de la menstruación y se caracteriza por la preparación del útero para la implantación del ovocito fecundado; esto sucede gracias a la formación del cuerpo lúteo en el ovario, que tiene la singularidad de producir E2 y en mayor medida PG, la cual llega a su concentración máxima en esta etapa del ciclo. Es durante esta última fase del

ciclo en la que se dan los síntomas premenstruales, que se caracterizan por alteraciones del sistema neuromuscular, cardiovascular, respiratorio y otras algias que podrían afectar al rendimiento deportivo<sup>(5,6,7)</sup>.

Cuando hablamos de ciclo artificial o contracepción, este se caracteriza principalmente por una inhibición continua de las hormonas hipofisarias evitando así la ovulación, y por tanto el embarazo. Pero este no es el único objetivo de la contracepción hormonal (CH), ya que gracias a estos se disminuyen las concentraciones de E2 y PG y por tanto se reducen los síntomas premenstruales y menstruales en la mujer, las metrorragias y una gran cantidad de enfermedades del aparato genital femenino<sup>(8,9)</sup>. A pesar del gran número de sistemas de CH y del tipo de hormonas que utilizan, los efectos secundarios de la CH en el deporte no están del todo claros, aunque si encontramos en la literatura, autores que demuestran que no existen diferencias significativas en el rendimiento deportivo entre las deportistas que utilizan CH y las que no, aunque sí existen alteraciones de la mineralización ósea<sup>(4,8,9,10,11)</sup>.

En el deporte de élite es imprescindible una adherencia muy alta a los programas de entrenamiento, alimentación, competiciones, etc., repercutiendo directamente en el bienestar psíquico y fisiológico de la atleta. Es bastante común entre las atletas, la toma de CH para llegar en las mejores condiciones físicas posibles a la competición o para llegar a las exigencias del ambiente profesional<sup>(9,11)</sup>. Alrededor de un tercio de las deportistas de alto rendimiento toman anticoncepción hormonal y pasan de un ciclo ovulatorio natural a un ciclo anovulatorio artificial. Varios estudios afirman que hay un mayor uso de la CH en estas mujeres que en las deportistas amateur, sin embargo, también es cierto que las razones de este uso, por orden decreciente de importancia es: evitar la concepción, llegar en las mejores condiciones a las competiciones y entrenamientos y para evitar los efectos negativos del ciclo hormonal, como la dismenorrea o el sangrado abundante<sup>(4,9)</sup>.

En “aproximadamente un 50%” de las ocasiones, la decisión de empezar con la anticoncepción hormonal es consensuada con el equipo médico del club y con su entrenador, fundamentalmente para regular el tiempo del ciclo y evitar los síntomas que puedan interferir en llegar en las condiciones óptimas a las competiciones<sup>(4)</sup>.

Las deportistas de élite sufren un estrés físico y psicológico que puede llegar a producir alteraciones menstruales. La intensa actividad física a la que están sometidas las deportistas puede asociarse con diferentes patologías entre las que cabe destacar las alteraciones de la densidad mineral ósea (DMO), debido principalmente a factores hormonales y nutricionales<sup>(12,13)</sup>. La amenorrea y la oligomenorrea pueden provocar pérdida de tejido óseo en mujeres postpuberales, debido a una disfunción hipotalámica, ya que este órgano regulador localizado en el encéfalo anula la función reproductora de la mujer para priorizar el aporte de energía a funciones orgánicas que se necesitan para preservar órganos más importantes para la vida<sup>(14)</sup>. Este desorden sumado a la DMO alterada por un proceso de desmineralización y la baja disponibilidad energética que pueden tener, se conoce como triada atlética femenina. La baja disponibilidad de energía se puede dar por tres razones principalmente: trastornos alimentarios, dieta intensamente restrictiva o periodos largos de alto gasto energético<sup>(13,15)</sup>.

A este respecto, los E2 tienen un papel clave en el mecanismo de remodelación y resorción ósea, influyendo directamente en la fisiopatología de la osteoporosis una vez alcanzada la menopausia<sup>(16)</sup>. La DMO no es un valor fijo y constante en las personas, esta varía dependiendo de las condiciones del individuo, sobre todo desde la adolescencia hasta alcanzar su pico máximo. Algunos factores que influyen en la DMO final son: la genética, la dieta, el deporte y tipo de del mismo, la medicación, las hormonas, la alimentación, calcio, vitamina D la ingesta de tóxicos como el alcohol y el tabaco<sup>(12,17)</sup>. La densidad del hueso está directamente relacionada con la fortaleza máxima del mismo<sup>(12)</sup>. Aunque no hay un consenso firme sobre la edad a la que se alcanza el máximo de DMO en las personas, un importante número de estudios coinciden en que este pico se alcanza entre los 25 y los 30 años, donde entra en una fase de estabilidad en el que la resorción y la formación de hueso son equivalentes, para posteriormente llegar a la quinta década de la vida en la cual la densidad del hueso va disminuyendo gradualmente<sup>(12,17,18,19)</sup>. El pico máximo de DMO es la cantidad máxima de hueso que se acumula durante la maduración esquelética y la consolidación posterior en la edad adulta temprana<sup>(16)</sup>.

Existe una relación estrecha entre CM, energía disponible y la DMO. Una concentración baja de E2 puede influir en la fisiología del hueso, a favor de la resorción ósea, ya que aumenta la actividad osteoclástica<sup>(20)</sup>. Por otro lado, la disponibilidad energética disminuida junto a las alteraciones hormonales, implican alteraciones metabólicas que tienen efectos deletéreos en el hueso. El hito más importante es la disminución del factor de crecimiento insulínico 1 (IGF-1), que tiene un papel imprescindible en el remodelado y formación del hueso, gracias a la estimulación de los osteoblastos. Esta proteína tiene un papel clave en la adquisición del pico máximo de DMO<sup>(21,22)</sup>. Asimismo, la testosterona estimula el remodelado óseo al estimular los osteoblastos e inhibir los osteoclastos, por una vía diferente a la de IGF-1. Además, gracias a la enzima aromatasa, se pueden transformar en estradiol, que también es un factor fundamental en la salud ósea<sup>(23)</sup>. Por último, el cortisol aumenta sus concentraciones basales en las mujeres amenorreicas o con alteraciones menstruales, provocando un efecto resorptivo en el hueso, debido a que inhiben la producción, proliferación, maduración y actividad de los osteoblastos<sup>(22)</sup>. Todo este desequilibrio a favor de la resorción ósea provoca una desmineralización ósea, pudiendo repercutir en las deportistas a corto y largo plazo.

De las diferentes variables utilizadas para medir la calidad del hueso, destacan el T-Score y el Z-Score. El primero de ellos, la medida se basa en el número de desviaciones estándar por arriba o por debajo de la DMO media en adultos jóvenes sanos del mismo sexo (alrededor de entre 20 y 40 años). En el segundo caso, el Z-Score es una escala que mide el número de desviaciones estándar por encima o debajo de la media de la DMO en la población de la misma edad y sexo de la paciente, o deportista en nuestro caso. Los datos de ambos parámetros se pueden dividir en 3 categorías: si son mayores de -1 tienen una DMO normal, si tiene un valor entre -1 y -2,5 de desviación estándar, se encuentra en rango de osteopenia, mientras que si es menor de -2,5 la paciente se encuentra en osteoporosis<sup>(18,24)</sup>.

Ambos parámetros densitométricos están basados en la densidad mineral del hueso estimada a través del Bone Quality Index (BQI), que se fundamenta en la correlación que existe entre la reducción de la intensidad de pulso de ultrasonidos representado por *Broadband Ultrasound Attenuation* (BUA) y la

velocidad de la onda de pulso al atravesar el hueso, representado por *Speed of Sound* (SOS), mediante la fórmula “ $BQI = \alpha \times SOS + \beta \times BUA$ ”<sup>(25)</sup>.

Diferentes metaanálisis y estudios experimentales afirman que el uso de CH puede tener efectos deletéreos para las consumidoras de estos, no solo a nivel orgánico como el aumento de peso, sino también a nivel anímico con cierto ánimo depresivo en algunos casos<sup>(4,9)</sup>. Uno de los efectos adversos más importante a nivel orgánico es en el hueso, ya que disminuyen la densidad del mismo por diferentes mecanismos, como el aumento del estrés oxidativo y la disminución de la síntesis hepática de IGF-1, que es una hormona de que tiene un papel clave en la formación del hueso. Estos efectos perjudiciales para la DMO están relacionados con el tipo de CH, su concentración y la dosis<sup>(10,26,27)</sup>. Estos efectos desfavorables afectan principalmente a las adolescentes y adultas jóvenes, debido a que es cuando todavía está el hueso en formación<sup>(16,26,27)</sup>.

Pese a lo descrito con anterioridad, la relación entre la fluctuación hormonal menstrual como factor modulador del rendimiento físico, con especial foco en la calidad ósea, están todavía lejos de ser elucidado. Presentamos con el siguiente proyecto los siguientes objetivos e hipótesis, con el fin de esclarecer los factores que influyen en la DMO de las deportistas de alto rendimiento.

#### **4.1 Descripción de los objetivos del trabajo**

El presente trabajo se engloba dentro de un proyecto de investigación más amplio “Influencia de las etapas del CM en el estado de forma de la condición física en las mujeres deportistas”, en el que se pretende esclarecer algunos factores que influyen en la DMO de las deportistas de élite. Dentro de este proyecto, la hipótesis y objetivos de estudio que se plantean fueron:

#### **HIPÓTESIS GENERAL**

Estudio de la influencia de la edad, tipo de ciclo y tipo de deporte en la calidad/densidad ósea de las deportistas de élite. El ciclo artificial y los deportes en gravedad 0 junto a una edad superior tienen un efecto perjudicial sobre la calidad ósea de las deportistas.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- 1) Evidenciar si existen diferencias significativas en la calidad ósea de las deportistas en relación al uso de contracepción hormonal.
- 2) Conocer si los niveles hormonales de cortisol y testosterona repercuten en la calidad ósea de las deportistas.

## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**

### **5.1 Población de estudio y comité de ética**

Un total de 40 deportistas participaron en el estudio. El intervalo de edad de las participantes va desde los 18 años hasta los 40 años, con una media de 27,52. Estas atletas fueron divididas en 2 grupos en función de la edad a la que se alcanza el pico máximo de DMO, que es sobre los 30 años, por lo tanto, se dividieron en deportistas menores de 30 años y mayores o igual a esta edad.

El total de mujeres deportistas se clasificaron en 3 grupos según el tipo de CM: 14 deportistas usan anticoncepción hormonal y por lo tanto tienen un ciclo anovulatorio artificial, 19 mujeres tienen un ciclo natural ovulatorio y 7 tienen un ciclo natural anovulatorio.

Además, la otra variable más relevante del estudio es el tipo de deporte. Las atletas practican hasta 10 tipos de deportes diferentes, pero los hemos agrupado en 3 categorías para aumentar la fiabilidad del estudio: 25 deportistas realizan deporte de impacto, 12 deporte fuerza y 3 deporte en gravedad cero.

El estudio se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki, aprobada por el comité ético local de la Universidad Jaume I (CD/77/2020), y registrado en [Clinical.Trials.gov](https://clinicaltrials.gov) (ID: NCT05576740). Todas las participantes proporcionaron su consentimiento por escrito antes de la investigación. El documento de aprobación se encuentra en el Anexo 1.

### **5.2 Diseño del estudio**

Nos encontramos frente a un estudio observacional descriptivo transversal al que pertenecen 40 deportistas de alto rendimiento de la provincia de Castellón. Este estudio forma parte del proyecto mayor llamado “Influencia de las etapas del CM en el estado de forma de la condición física en las mujeres deportistas”. Nuestro estudio va enfocado a las deportistas de alto rendimiento deportivo. Tendremos en cuenta la edad, el tipo de deporte, tipo de CM y anticoncepción hormonal, niveles de cortisol y testosterona e intentaremos evidenciar su influencia sobre las variables densitométricas BQI, T-score y Z-score, que sirven para ver la calidad ósea de las deportistas.

Los criterios de inclusión de nuestro estudio fueron:



- Sexo femenino
- Mujeres de entre 18 a 40 años de edad
- Deportistas de élite reconocida en el BOE
- Mujeres con ciclos menstruales regulares (de entre 23 a 38 días de duración)

Los criterios de exclusión fueron:

- Negativa a participar en el estudio
- Cualquier enfermedad o trastorno metabólico existente
- Embarazo o lactancia materna
- Uso regular de medicamentos o suplementos dietéticos que puedan afectar a los resultados, excluyendo CH

### **5.3 Procedimiento**

Para realizar el análisis densitométrico de las deportistas, estas se citaron en un espacio habilitado de forma escalonada, donde tras comprobar sus datos personales, se procedió a tallar, pesar y calcular su IMC. A continuación, se introdujeron los datos demográficos en el densitómetro y tras ajustar la temperatura del equipo y siguiendo las instrucciones del fabricante, se procedió al análisis de la DMO en el pie derecho desnudo de la atleta. El equipo nos dio el resultado del SOS, BUA, T-score, Z-score y BQI de cada deportista. Son estas últimas 3 variables densitométricas son las que vamos a utilizar en este estudio.

El densitómetro utilizado fue un SONOST 3000 (Microcaya, 1985, Bilbao, España), gracias al cual podemos estimar la densitometría ósea del calcáneo o talón por ultrasonidos. Este densitómetro es ampliamente utilizado en el ámbito de la investigación, pero no está validada para diagnóstico clínico, ya que para este campo se necesita una valoración más completa, valorando estructuras como la cadera y la columna lumbar de las pacientes.

### **5.4 Variables densitométricas**

**BQI (Bone Quality Index)** → Es la correlación entre la reducción de la intensidad de pulso de ultrasonidos y la velocidad de la onda del pulso al atravesar el hueso, que refleja la densidad mineral del hueso<sup>(25)</sup>. Este parámetro que se representa

como una constante de cuyo error de precisión debido a temperatura está compensado.

Se calcula gracias al BUA (Broadband Ultrasound Attenuation) y el SOS (Speed of Sound)

- **BUA** → Parámetro que refleja la densidad y estructura del hueso por análisis de la reducción de la intensidad de pulso de ultrasonidos al atravesar el hueso.
- **SOS** → Velocidad de la onda de ultrasonidos al través del hueso que refleja la DMO.

**T-score** → es una escala que mide el número de desviaciones estándar por arriba o debajo de la DMO media en adultos jóvenes y sano del mismo sexo, entre 20-40 años<sup>(18)</sup>.

**Z-score** → es una escala que mide el número de desviaciones estándar por encima o por debajo de la media de la DMO en la población de la misma edad y sexo que el paciente<sup>(18)</sup>.

## 5.5 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics, versión 28 (SPSS Inc., 1975, Chicago, IL) para Windows.

La medida de tendencia central utilizada en el presente trabajo fue la media aritmética, que se define como la suma de los datos dividida por el número de casos. La medida de dispersión de los datos utilizada fue el error estándar de la media (SEM), calculado con la desviación típica de las muestras.

Empezando con el análisis descriptivo, vamos a realizar una tabla comparando las distintas frecuencias de cada uno de los datos, tanto en valor absoluto (n) como en su porcentaje respectivo de la muestra (%) para las variables edad, tipo de CM y tipo de deporte que practican las atletas de nuestro estudio. Para la variable edad también se ha añadido el SEM.

Lo primero que tuvimos que comprobar de nuestro estudio es la distribución de nuestras variables. Para ello utilizamos el test de normalidad de Shapiro-Wilk, ya que es el más fiable para tamaños muestrales menores de 50, como es nuestro

caso. Podemos afirmar que la edad y las variables densitométricas BQI, T-Score y Z-Score siguen una distribución normal y podremos utilizar pruebas paramétricas para ver su relación.

Se han realizado distintos T-Test para valorar la significación entre la edad y las tres variables densitométricas. A su vez, para las otras dos variables independientes como son el tipo de ciclo y el tipo de deporte de competición, se han realizado ANOVA de un factor para ver si la relación entre las variables es significativa. Gracias a estos exámenes estadísticos, se pueden contrastar las hipótesis nulas de los efectos sobre la densidad del hueso de las variables independientes.

Asimismo, el análisis de las variables densitométricas, BQI, T-Score y Z-Score se han evaluado de forma independiente respecto al tipo de ciclo natural o artificial en una tabla descriptiva. En el grupo de ciclo natural, se han agrupado los grupos de deportistas con ciclo ovulatorio y anovulatorio natural.

También hay dos gráficos de dispersión que muestran la correlación de las dos hormonas estudiadas en el estudio y la calidad ósea de las deportistas.

Para finalizar, se realiza un análisis de regresión para corroborar nuestros resultados, siendo este tipo de análisis más directo para visualizar la significación de todas nuestras variables.

## 6. RESULTADOS

Un total de 40 mujeres de la provincia de Castellón son las participantes del estudio, con una edad comprendida en un rango entre 19 y 38 años, siendo la media de 27,52 años y un SEM de 0,842.

En la **Tabla 1** se puede observar cómo se dividen estas atletas según sean mayor o menor de 30 años. Un 62% de las mujeres tienen menos de 30 años con una media de 24,08 años y un SEM de 0,565, mientras que el 38% restante tiene 30 años o más con una media de 33,2 años y un SEM de 0,8. A su vez, vamos distribuir a las deportistas según el tipo de CM y el tipo de deporte que practican en tres subgrupos: el 49% de las atletas tiene un ciclo natural ovulatorio, el 34% tienen un ciclo artificial con toma de CH y un 17% están en un ciclo natural anovulatorio; si bien el deporte de impacto es el más practicado con una proporción del 62%, le sigue el deporte centrado en la fuerza con un 30% y finalmente el deporte en gravedad 0 con un 8%.

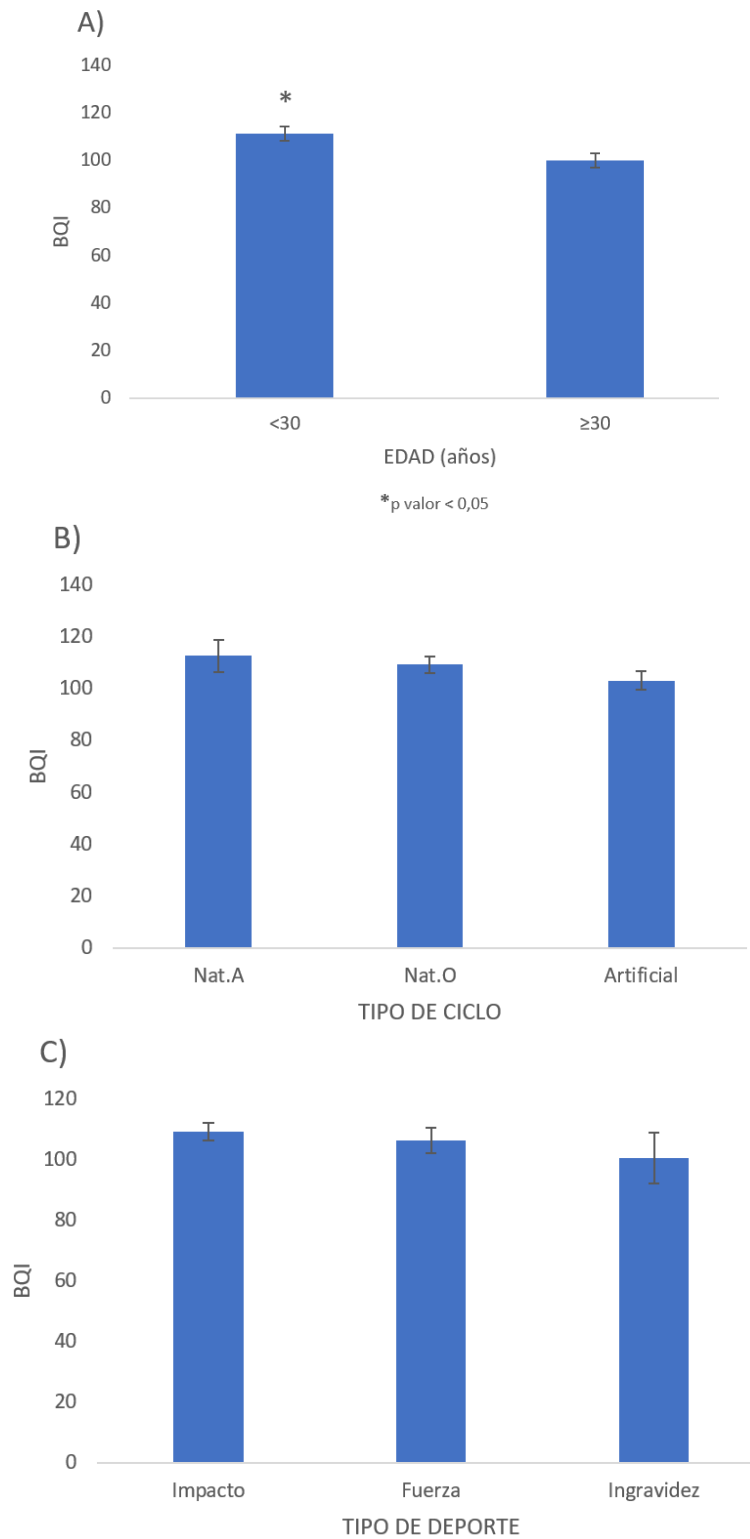
**Tabla 1. Datos descriptivos de la edad, tipo de ciclo menstrual y tipo de deporte que practican las deportistas de élite de 19-38 años del estudio.**

Participantes (n=40), SEM <sup>a</sup> , f(%)			
		n ± SEM	%
EDAD	< 30 años	25 ± 0,565	62
	≥ 30 años	15 ± 0,8	38
TIPO DE CICLO	Natural ovulatorio	19	49
	Natural anovulatorio	7	17
	Artificial	14	34
TIPO DE DEPORTE	Impacto	25	62
	Fuerza	12	30
	Ingravidez	3	8

<sup>a</sup>SEM: Estándar Error of the Mean (Error estándar de la media)

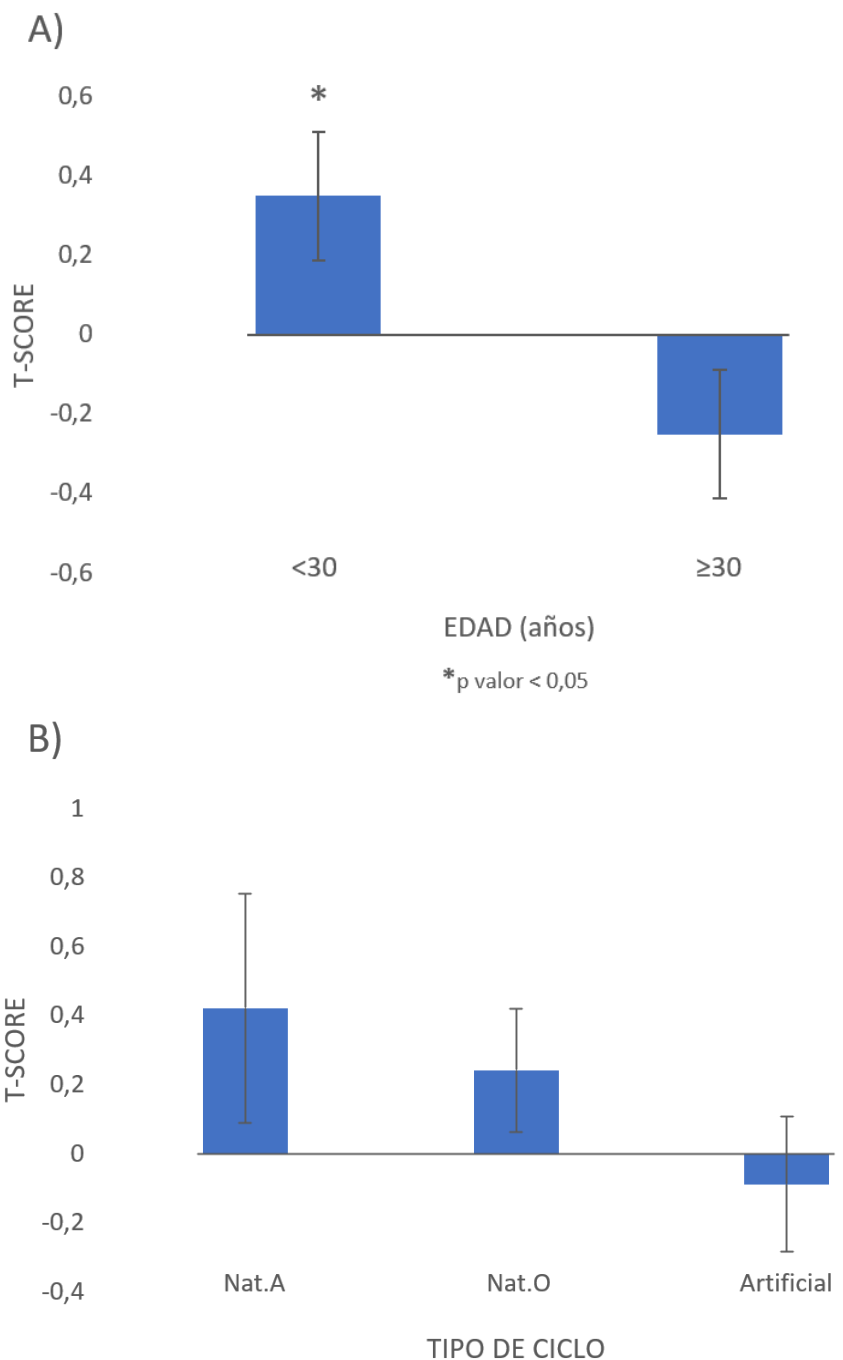
En la **Figura 1** se representa el BQI en función de las variables independientes de edad, tipo de ciclo y el tipo de deporte que practica la deportista. En el panel A, se ha realizado un T-Student en el cual sí que se han encontrado diferencias significativas entre el grupo de deportistas menores de 30 años y mayores de 30

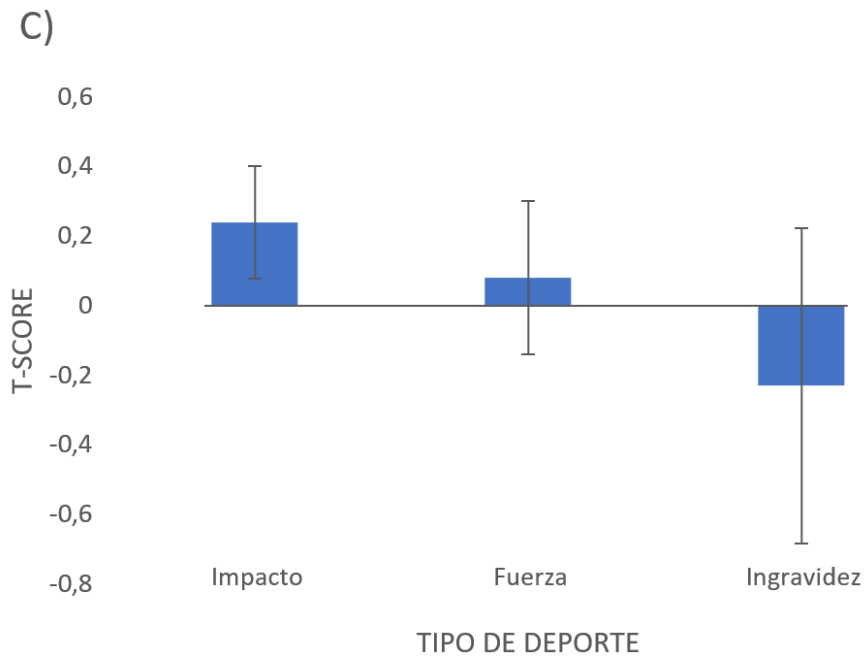
años ( $t = 2,423$ ,  $p < 0,05$ ). En los paneles B y C se llevó a cabo una prueba ANOVA de un factor, el cual no fue estadísticamente significativo para las variables tipo de CM y de deporte.



**Figura 1. Comparación de las variables edad, tipo de ciclo y tipo de deporte con el BQI**

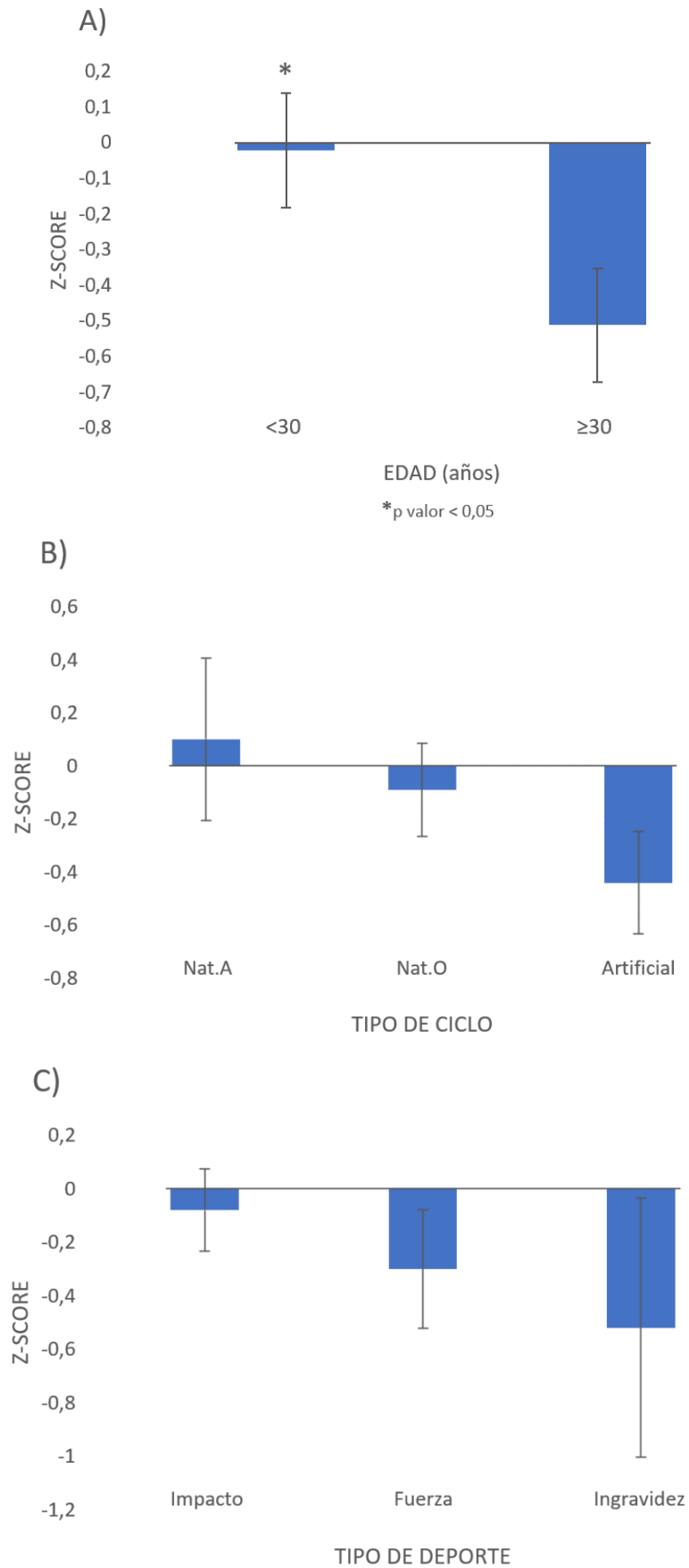
En la **Figura 2** se representa la relación entre la variable T-Score con las variables edad, tipo de CM y tipo de deporte practicado. Al igual que en el caso anterior, en el panel A se ha realizado un T-Test para ver el grado de significación entre el T-Score y las atletas menores y mayores de 30 años. El resultado presentó una significación estadística entre ambos grupos de edad ( $t = 2,425$ ,  $p < 0,05$ ). Por otro lado, en los paneles B y C se realizó un ANOVA de un factor entre T-Score y tipo de ciclo y tipo de deporte, que resultó no significativo para ambos grupos.





**Figura 2. Comparación de las variables edad, tipo de ciclo y tipo de deporte con el T-Score**

En la **Figura 3** comparamos el Z-Score con la edad, tipo de ciclo y tipo de deporte. Del mismo modo que en los dos casos anteriores, en la gráfica A se analizó un T-Student, con el cual se ha demostrado que existen diferencias significativas entre ambos grupos de edad ( $t = 1,965$ ,  $p < 0,05$ ). En los paneles B y C se realizó un análisis ANOVA de un factor entre el tipo de CM y el tipo de deporte, que no fue estadísticamente significativo en ninguno de los dos casos.



**Figura 3. Comparación de las variables edad, tipo de ciclo y tipo de deporte con el Z-Score**

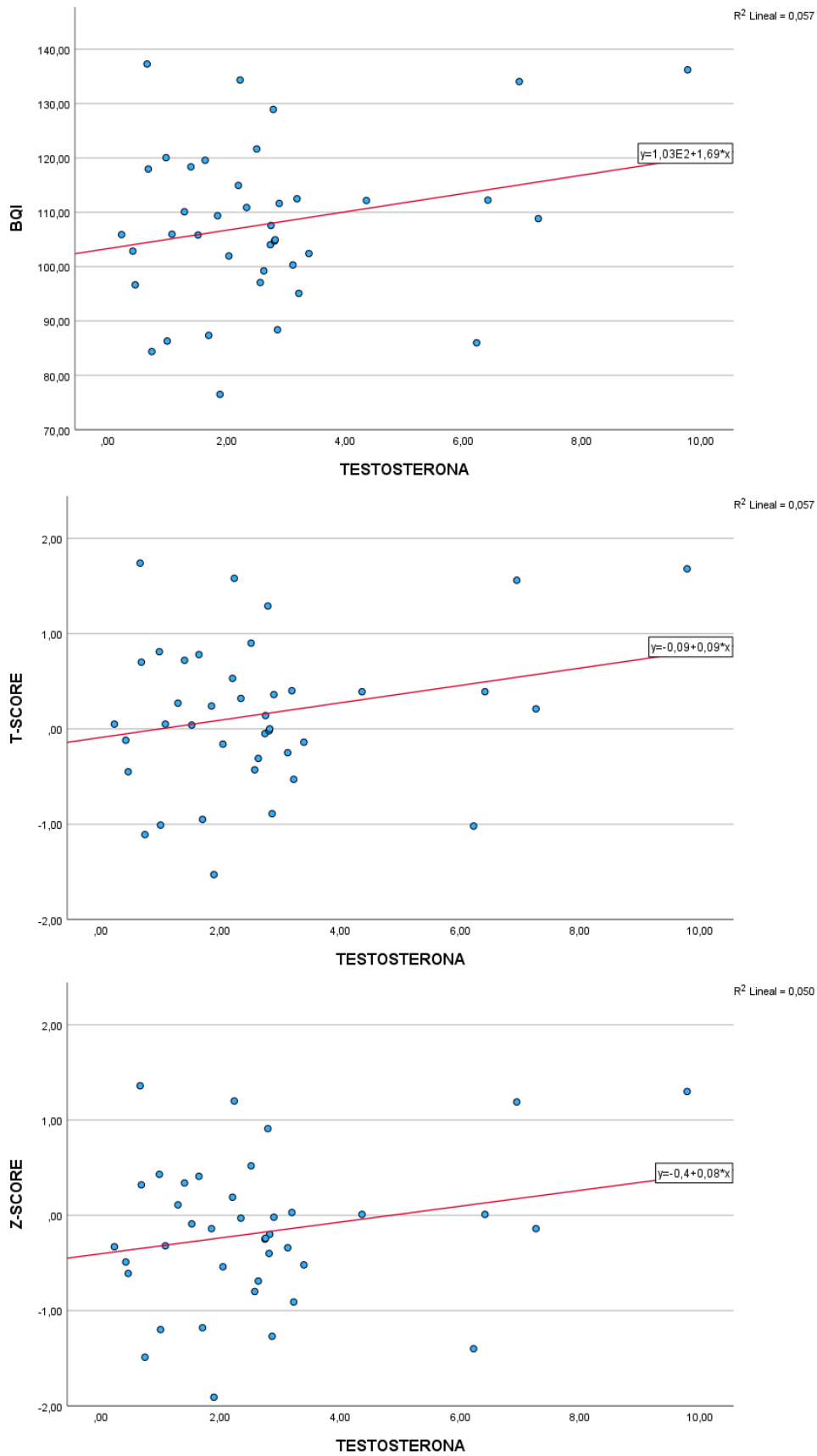


En la **Tabla 2** se representan los dos grupos de tipo de CM y la relación con la calidad ósea. Por un lado, presentamos los datos correspondientes al ciclo natural (natural ovulatorio y anovulatorio), y por otro lado el ciclo artificial. Del total de atletas, el 66% presentan un CM natural y el 34% restante ciclo artificial. El BQI para el grupo de ciclo natural y artificial fue de  $110,31 \pm 2,885$  y  $103,31 \pm 3,65$  respectivamente. El ciclo natural, respecto al T-Score y Z-Score, 24 y 23 deportistas de 26 presentaron un valor normal de forma respectiva, mientras que solamente 2 y 3 atletas presentaron osteoporosis. En ningún caso se encontró ninguna deportista con valores dentro del rango de osteoporosis. En relación con el ciclo artificial, los valores de T-Score y Z-Score muestran como 12 y 11 deportistas de 14 presentan valores normales de DMO respectivamente, únicamente 2 y 3 atletas presentaron osteopenia y ninguna osteoporosis.

**Tabla 2. Datos descriptivos de la calidad ósea en ciclo natural y artificial o contracepción hormonal**

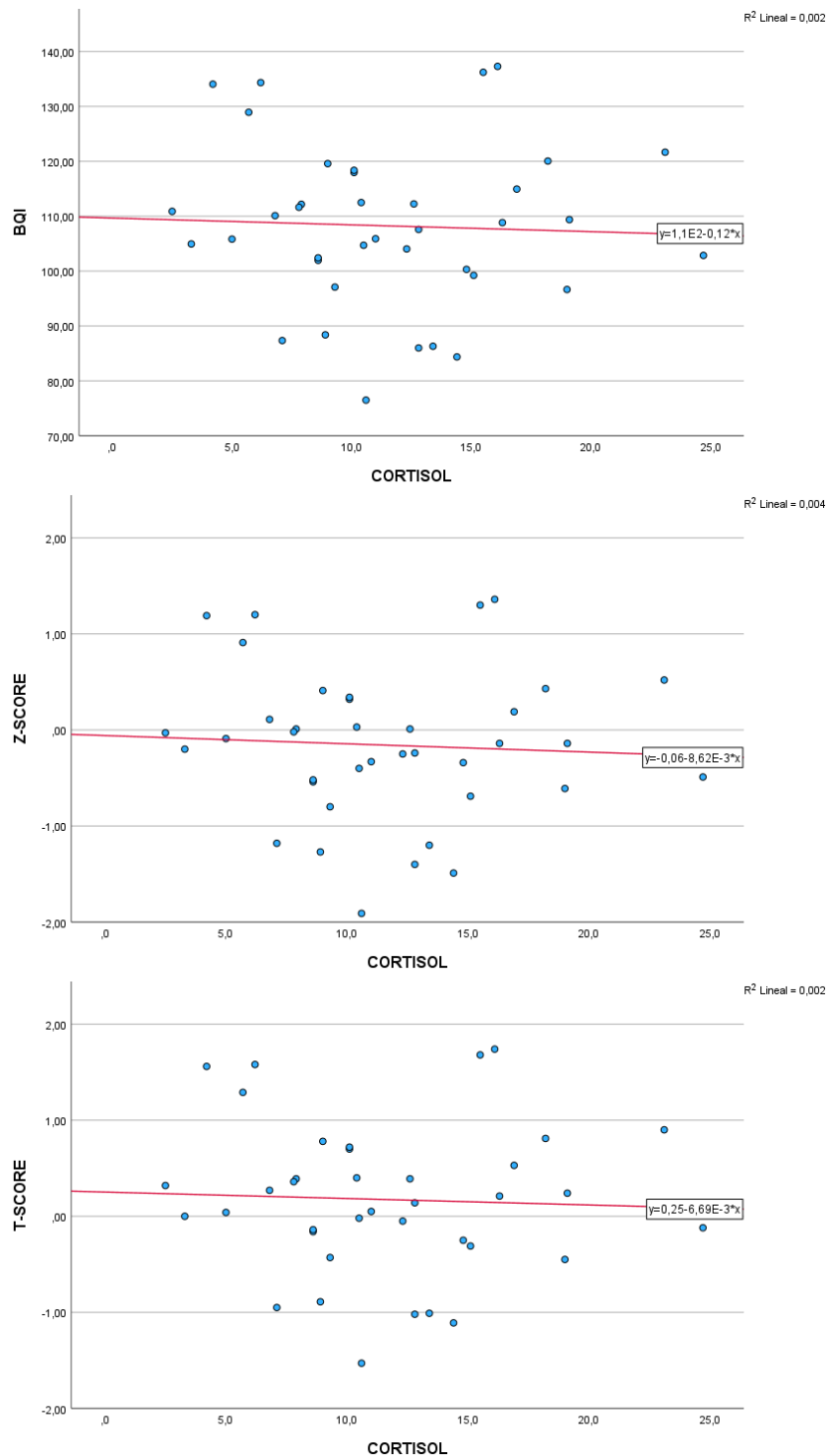
		NATURAL	ARTIFICIAL
<b>n</b>		26	14
<b>%</b>		66	34
<b>BQI (media) <math>\pm</math> SEM</b>		$110,31 \pm 2,885$	$103,31 \pm 3,65$
<b>T-SCORE</b>	<b>Normal</b>	24	12
	<b>Osteopenia</b>	2	2
<b>Z-SCORE</b>	<b>Normal</b>	23	11
	<b>Osteopenia</b>	3	3

En la **Figura 4** se representa la relación entre las tres variables densitométricas y el nivel de testosterona. En los gráficos de dispersión se puede observar una tendencia positiva de la DMO en relación con los niveles de testosterona, sin embargo, al realizar una prueba de correlación entre estas variables, el resultado es no significativo.



**Figura 4. Gráfico de dispersión de las variables densitométricas en función de los niveles de testosterona.**

En la **Figura 5** se representa la relación entre las variables que miden la calidad ósea y el nivel de cortisol. En los gráficos de dispersión se puede comprobar que existe una ligera tendencia negativa de la densidad del hueso en función de los niveles de cortisol, pero, no existe ningún resultado estadísticamente significativo en las pruebas de correlación entre las distintas variables.



**Figura 5. Gráfico de dispersión de las variables densitométricas en función de los niveles de cortisol.**

## **7. DISCUSIÓN**

En nuestro estudio, se han utilizado las variables densitométricas BQI, T-Score y Z-Score ampliamente utilizadas en investigación, ya que representan con mucha fiabilidad y sencillez la densidad del hueso<sup>(18,24,28)</sup>.

Hay que recordar que tanto T-Score y Z-Score son variables que miden el número de desviaciones estándar respecto a la población de referencia (entre 20-40 años para T-Score y edad de la paciente en Z-Score) y que estas dos se calculan gracias al BQI, que mide la DMO. Hay que tener en cuenta que, si hacemos un análisis de correlación entre estas tres variables, esta es muy cercana al 1. Esto quiere decir que están representando parámetros a priori muy similares. Esto explica parte de los resultados, ya que la presente investigación está dirigida a mujeres con una edad comprendida entre 18 y 40 años y estos son los rangos de edad de referencia que definen el parámetro T-Score. Además una variable deriva de la otra.

Respecto a la edad y la calidad ósea, resultados del presente estudio demuestran que a mayor edad de la deportista menor calidad ósea. Este efecto es paradójico con lo descrito en la literatura, ya que diferentes autores han demostrado que existe un pico máximo de DMO que se alcanza a los 30 años aproximadamente, con un periodo de estabilidad hasta la quinta década de la vida. A partir de este momento la calidad ósea disminuye y es cuando aumenta la incidencia de enfermedades óseas a medida que el tiempo pasa. Esto se debe a que, a mayor edad, los niveles de testosterona, IGF-1 y estrógenos disminuyen<sup>(2,10,20,24)</sup>. Por lo tanto, se reducen los factores que favorecen el remodelado óseo. Teniendo en cuenta que las deportistas de nuestro estudio están próximas a la edad de pico máximo de calidad ósea, los resultados del presente estudio son llamativos. Es por esto que los resultados de las deportistas menores de 30 años que presentan valores de calidad ósea dentro del rango de osteopenia, cercanos al de osteoporosis, deberían ser analizados mediante un estudio densitométrico más completo.

En relación con el tipo de CM de las deportistas y la calidad ósea, nuestro estudio concluye que todas las atletas tienen una salud ósea similar, independientemente de si tienen un ciclo artificial o natural. Pese a estos

resultados, podemos ver una tendencia de los resultados, que señalan que aquellas deportistas con ciclo artificial tienen menor DMO que aquellas con ciclo natural, confirmando nuestra hipótesis inicial. Dentro de este último grupo, en nuestro estudio las atletas con ciclo natural anovulatorio tienen mayor calidad ósea que aquellas con ciclo natural ovulatorio.

La literatura existente respalda la tendencia de nuestro estudio, donde podemos observar en las **Figuras 1, 2 y 3**, donde se puede comprobar que las atletas con ciclo artificial tienen una DMO reducida respecto a aquellas deportistas con CM natural. Además, nuestros datos pueden haberse visto influenciada por el escaso tamaño muestral. Otro factor que puede influir en la variabilidad de nuestros datos y por tanto a no encontrar un efecto significativo, sería el no tener un diagnóstico previo de la causa responsable del ciclo anovulatorio. Esta limitación puede ser significativa ya que hay diversas causas como el hipogonadismo hipogonadotrópico, la anorexia nerviosa, el SOP, etc. que pueden modificar los niveles hormonales. En el caso del SOP, los niveles de testosterona son superiores a las cifras normales y como se puede observar en el estudio, esta hormona está presente en el remodelado y la adquisición de DMO.

Respecto al uso de CH entre deportistas, y en especial entre deportistas de élite, está ampliamente descrito en la literatura, que el uso es superior en comparación a las deportistas amateur<sup>(4)</sup>. Los resultados de nuestro estudio vuelven a dar una relación estadísticamente no significativa entre esta variable y la DMO. En este caso, encontramos también una tendencia en los datos que indica que las atletas que utilizan anticonceptivos, tienen una menor calidad ósea. No obstante, en nuestra investigación, no existe ninguna deportista con valores de T-Score o Z-Score en rango de osteoporosis, mientras que los casos de osteopenia se dividen por partes iguales en ambos tipos de ciclo, sin ser los resultados aparentemente significativos. Diversos autores demuestran el efecto deletéreo que tiene la CH sobre la densidad mineral del hueso a largo plazo. La anticoncepción hormonal repercute en diversas vías del metabolismo óseo, aumentando la actividad de los osteoclastos e inhibiendo o mermando la actividad de los osteoblastos. Este efecto se traduce en una mayor resorción ósea frente al remodelado y formación del hueso<sup>(29,30)</sup>. A este respecto, un número considerable de estudios señalan que la hormona utilizada en la CH, la

cantidad y la vía de uso de la misma tienen importancia en la repercusión ósea a largo plazo<sup>(10,26,27)</sup>. Sin embargo, en el presente estudio no se recogen estos datos, por lo que podría interferir en los resultados obtenidos.

En cuanto al tipo de deporte y la relación con la DMO de las deportistas de alto rendimiento, el presente estudio afirma que no hay relación significativa entre las dos variables. Pese a esto, podemos comprobar en nuestro estudio como aquellas atletas que practican deportes de impacto como fútbol, baloncesto, triatlón o atletismo son las que mayor cantidad de mineralización y calidad ósea tienen, seguidas de aquellas que practican deporte de fuerza o estático, donde englobamos a aquellas que practican halterofilia o crossfit. En último lugar, la peor calidad ósea de la investigación se encuentra en las deportistas que realizan deporte en ingravidez o gravedad cero, como es la natación.

Si comparamos estos resultados con diversos metaanálisis e investigaciones publicados en la literatura vemos que sí que existe una relación entre el tipo de deporte practicado y calidad ósea. Esto se debe a que el deporte de impacto favorece la neoformación de hueso, que se va adaptando a las necesidades del organismo ya que está sometido a mayores cargas funcionales que estimulan la función de los osteoblastos<sup>(31,32,33)</sup>.

Por otro lado, el deporte en gravedad 0 no tiene este estímulo que favorezca el remodelado óseo y, aunque los músculos sí están en tensión constante, los huesos no. Se ha demostrado como la DMO de las personas que practican este tipo de deportes suelen tener valores inferiores a las personas que practican deporte de impacto. Para poner un ejemplo, cuando las personas se encuentran en el espacio, estas ven su DMO reducida drásticamente por no tener estímulos considerados de impacto durante largos periodos de tiempo. Entre los deportes de impacto y los deportes considerados de gravedad cero, encontramos al deporte que se focaliza sobre todo en la fuerza. En este caso, las deportistas presentan valores intermedios de calidad ósea situados entre los dos anteriormente descritos, pero más cercanos al deporte de impacto que de ingravidez. El tamaño muestral vuelve a ser un factor limitante en nuestro estudio, además, la mala distribución de nuestra muestra puede influenciar en los resultados, ya que hay muy pocas deportistas que practican deporte en ingravidez, un total de 3, mientras que en deporte de impacto tenemos a 25

atletas. Esta diferencia muestral puede contribuir a que nuestros resultados no tengan significación estadística a pesar de la tendencia observada y de lo descrito en la literatura existente.

Por último, pese a que nuestros resultados sobre las hormonas cortisol y testosterona concluyan que no existe relación significativa con la densidad del hueso de las deportistas, sí que se puede comprobar en los gráficos de dispersión de las **Figuras 5 y 6** que existe una correlación positiva en relación a la DMO y la testosterona, mientras que por otro lado existe una correlación negativa respecto al cortisol. Esta tendencia está justificada por la literatura, que afirma que, a mayores niveles de testosterona, mayor nivel de DMO ya que estimula el remodelado óseo, al estimular los osteoblastos e inhibir los osteoclastos, además de que gracias a la enzima aromatasa, se pueden transformar en estradiol, que también es un factor fundamental en la salud ósea<sup>(23)</sup>. En cambio, a mayores niveles de cortisol, la calidad ósea es menor. Este efecto se debe a que esta hormona inhibe la formación y función de los osteoblastos<sup>(22,34,35)</sup>. Debido a que nuestro tamaño muestral es bastante reducido, puede que haya supuesto una limitación en los hallazgos respecto a estas hormonas. Además, podemos afirmar que, al ser un estudio transversal, nuestros resultados se ven influenciados también, debido a que hay que tener en cuenta que estas dos hormonas no solo participan en el metabolismo óseo del organismo y que, por tanto, pueden fluctuar dependiendo el momento específico en el que se encuentre la atleta, aumentando los niveles de cortisol en periodos de estrés o con unos niveles de testosterona superiores a los normales debido a que padece síndrome de ovario poliquístico (SOP). Como afirma los estudios bibliográficos, a corto plazo estas dos hormonas no tienen una repercusión muy significativa en la salud ósea, sus efectos son más bien a largo plazo con niveles hormonales mantenidos por encima de la normalidad.

## **8. LIMITACIONES DE NUESTRO ESTUDIO**

En primer lugar, al tratarse de un estudio transversal, cada una de las deportistas estaba en una situación concreta, lo que pudo afectar en la recogida de datos hormonales, ya que los niveles de DMO en función de estas hormonas se modifican a medio-largo plazo. Si fuera un estudio prospectivo durante años, se podría corroborar mejor nuestra hipótesis al poder comprobar cómo se modifican los niveles de calidad del hueso a lo largo del tiempo.

En segundo lugar, el rango de edad de las deportistas es muy similar entre ellas, con una media de 27,52. Esta distribución supone que nuestros parámetros de medida de la calidad ósea tengan resultados similares entre sí, ya que trabajan en el mismo rango de edades. El T-Score compara a la paciente con la media de calidad ósea de la población del mismo sexo entre 20 y 40 años, que es concretamente nuestro rango de edad en el estudio. Mientras que el Z-Score compara la DMO de la paciente respecto a su grupo de edad del mismo sexo.

En tercer lugar, nuestro tamaño muestral es reducido y ha condicionado los resultados del análisis estadístico. Una de las mayores implicaciones que tiene nuestro limitado tamaño muestral es que, si los grupos se distribuyen de manera irregular, los resultados pueden verse afectados por valores tan escasos en algún grupo. En nuestro caso esto ha ocurrido en el tipo de deporte, que tenemos al grupo de gravedad cero con solo tres deportistas.

Respecto a la toma de anticonceptivos, no sabemos la temporalidad de la atleta tomando CH. Esto supone que no sepamos con certeza el nivel de implicación que puede llegar a tener esta variable en todas las pacientes del estudio que toman CH, ya que como demuestra la literatura, los efectos perjudiciales de la toma de anticonceptivos hormonales en la calidad ósea son a medio-largo plazo.

El tipo de análisis densitométrico es una limitación a la hora de darles un resultado de certeza a las deportistas, ya que al acabar el análisis con el equipo de densitometría se daba un valor estimado de DMO en el calcáneo en función del valor del BQI, T-Score y el Z-Score. Los resultados de nuestro estudio no están validados para diagnóstico clínico, ya que para confirmar o descartar una osteopenia, tendría que valorarse la DMO de la columna lumbar y de la cadera de cada una de ellas.



## **9. VENTAJAS DEL ESTUDIO Y UTILIDAD**

La importancia fundamental de nuestro campo de estudio es ayudar a mejorar el rendimiento deportivo y salud ósea de nuestras deportistas de alto rendimiento deportivo. Conocer los factores que influyen en el remodelado óseo y saber qué factores son perjudiciales para el mismo, puede ayudar a las deportistas y a su equipo técnico a reconfigurar los entrenamientos y estilos de vida para estar en condiciones óptimas durante su etapa deportiva y, más importante, durante toda su vida.

Aunque el interés de nuestro estudio radica fundamentalmente en el ámbito deportivo, no por estar enfocado a este entorno significa que no tenga relevancia a nivel general. El concepto general de la investigación es el estudio de la salud ósea, por lo que los resultados pueden aplicarse al resto de la población para ayudar a afrontar ciertas patologías, como puede ser una enfermedad tan prevalente como la osteoporosis. Hay que recordar que, aunque la osteoporosis afecta mayoritariamente a mujeres, los hombres no quedan eximidos de padecerla, por lo que saber las hormonas implicadas y el tipo de deporte que ayuda a fortalecer y aumentar la DMO es de gran importancia para toda la población. Tener un buen conocimiento de salud ósea puede derivar en una reducción en el número de fracturas futuras, reduciendo el coste que suponen este tipo de fracturas a la Sanidad Pública, pero, sobre todo, para aumentar los años de calidad de vida de las personas<sup>(36)</sup>.

Dos ventajas que tiene nuestro estudio son su reducido coste económico y la sencillez de la realización de las pruebas. Estos dos factores hacen de nuestra investigación un posible comienzo de un estudio de mucha más envergadura permitiendo que los resultados se extrapolasen a nivel general con mucha más fiabilidad, tanto en el entorno deportivo como en la población general.

## **10. CONCLUSIÓN FINAL**

- La edad es un factor importante en la salud ósea de las deportistas, que establece que a mayor edad menor calidad ósea
- El ciclo menstrual artificial con la toma de CH no tiene relación con la calidad ósea, pese a demostrar una tendencia opuesta en los resultados.
- El tipo de deporte no influye en la calidad ósea, pese a los resultados paradójicos del presente estudio y la literatura encontrada. El deporte en gravedad 0 supone una menor DMO que en las deportistas que practican deportes de impacto.
- El cortisol y la testosterona no influyen en la calidad ósea de las deportistas, a pesar de observar una tendencia en los resultados que explicarían lo contrario.

En la actualidad, existen evidencias suficientes para demostrar como las variables propuestas en nuestro estudio afectan a la salud ósea de las deportistas de alto rendimiento, sin embargo, es conveniente realizar trabajos de investigación para corroborar estos resultados y poder aplicarlos de forma general a toda la población y, en concreto a las deportistas de élite. Nuevos avances en este campo podrían significar unos mejores resultados deportivos en nuestras atletas, llevando incluso a las mismas a competiciones mucho más ambiciosas.

## **11. BIBLIOGRAFÍA**

1. Collado-Boira E, Baliño P, Boldo-Roda A, Martínez-Navarro I, Hernando B, Recacha-Ponce P, et al. Influence of female sex hormones on ultra-running performance and post-race recovery: Role of testosterone. *Int J Environ Res Public Health*. 2021;18(19):10403. doi: 10.3390/ijerph181910403
2. Costello JT, Bieuzen F, Bleakley CM. Where are all the female participants in Sports and Exercise Medicine research? *EJSS (Champaign)*. 2014;14(8):847–51. doi: 10.1080/17461391.2014.911354
3. Bruinvels G, Burden R, Brown N, Richards T, Pedlar C. The prevalence and impact of heavy menstrual bleeding (menorrhagia) in elite and non-elite athletes. *PLoS One*. 2016;11(2):e0149881. doi: 10.1371/journal.pone.0149881
4. Martin D, Sale C, Cooper SB, Elliott-Sale KJ. Period prevalence and perceived side effects of hormonal contraceptive use and the menstrual cycle in elite athletes. *Int J Sports Physiol Perform*. 2018;13(7):926–32. doi: 10.1123/ijsp.2017-0330
5. Schmalenberger KM, Tauseef HA, Barone JC, Owens SA, Lieberman L, Jarczok MN, et al. How to study the menstrual cycle: Practical tools and recommendations. *Psychoneuroendocrinology*. 2021;123(104895):104895. doi: 10.1016/j.psyneuen.2020.104895
6. Draper CF, Duisters K, Weger B, Chakrabarti A, Harms AC, Brennan L, et al. Menstrual cycle rhythmicity: metabolic patterns in healthy women. *Sci Rep*. 2018;8(1):14568. doi: 10.1038/s41598-018-32647-0
7. Julian R, Hecksteden A, Fullagar HHK, Meyer T. The effects of menstrual cycle phase on physical performance in female soccer players. *PLoS One*. 2017;12(3):e0173951. doi: 10.1371/journal.pone.0173951
8. Elliott-Sale KJ, McNulty KL, Ansdell P, Goodall S, Hicks KM, Thomas K, et al. The effects of oral contraceptives on exercise performance in women: A systematic review and meta-analysis. *Sports Med*. 2020;50(10):1785–812. doi: 10.1007/s40279-020-01317-5

9. Clarke AC, Bruinvels G, Julian R, Inge P, Pedlar CR, Govus AD. Hormonal contraceptive use in football codes in Australia. *Front Sports Act Living*. 2021;3:634866. doi: 10.3389/fspor.2021.634866
10. Allaway HCM, Misra M, Southmayd EA, Stone MS, Weaver CM, Petkus DL, et al. Are the effects of oral and vaginal contraceptives on bone formation in young women mediated via the growth hormone-IGF-I axis? *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:334. doi: 10.3389/fendo.2020.00334
11. Forsyth J, Reilly T. The effect of menstrual cycle on 2000-m rowing ergometry performance. *Eur J Sport Sci*. 2008;8(6):351–7. doi: 10.1080/17461390802308644
12. Chevalley T, Rizzoli R. Acquisition of peak bone mass. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2022;36(2):101616. doi: 10.1016/j.beem.2022.101616
13. Nazem TG, Ackerman KE. The female athlete triad. *Sports Health*. 2012;4(4):302–11. doi: 10.1177/1941738112439685
14. Warren MP, Perlroth NE. The effects of intense exercise on the female reproductive system. *J Endocrinol*. 2001;170(1):3–11. doi: 10.1677/joe.0.1700003
15. Coelho AR, Cardoso G, Brito ME, Gomes IN, Cascais MJ. The female athlete triad/relative energy deficiency in sports (RED-S). *Rev Bras Ginecol Obstet*. 2021;43(5):395–402. doi: 10.1055/s-0041-1730289
16. Rozenberg S, Bruyère O, Bergmann P, Cavalier E, Gielen E, Goemaere S, et al. How to manage osteoporosis before the age of 50. *Maturitas*. 2020;138:14–25. doi: doi.org/10.1016/j.maturitas.2020.05.004
17. Kuba VM, Castro ABS, Leone C, Damiani D. Osteometabolic profile and bone mass in the transition phase: ethnic differences in Brazilians treated with somatropin during childhood. *J Pediatr (Rio J)*. 2023;99(2):168–73. doi: 10.1016/j.jpmed.2022.08.001
18. Sheu A, Diamond T. Bone mineral density: testing for osteoporosis. *Aust Prescr*. 2016;39(2):35–9. doi: 10.18773/austprescr.2016.020

19. Karlsson, Magnus K., and Björn E. Rosengren. "Exercise and Peak Bone Mass." *Current Osteoporosis Reports*, vol. 18, no. 3, Apr. 2020, pp. 285–90. doi: 10.1007/s11914-020-00588-1
20. De Souza MJ, West SL, Jamal SA, Hawker GA, Gundberg CM, Williams NI. The presence of both an energy deficiency and estrogen deficiency exacerbate alterations of bone metabolism in exercising women. *Bone*. 2008;43(1):140–8. doi: 10.1016/j.bone.2008.03.013
21. Dixit M, Poudel SB, Yakar S. Effects of GH/IGF axis on bone and cartilage. *Mol Cell Endocrinol*. 2021;519(111052):111052. doi: 10.1016/j.mce.2020.111052
22. Alliston T. Biological regulation of bone quality. *Curr Osteoporos Rep*. 2014;12(3):366–75. doi: 10.1007/s11914-014-0213-4
23. Mohamad N-V, Soelaiman I-N, Chin K-Y. A concise review of testosterone and bone health. *Clin Interv Aging*. 2016;11:1317–24. doi: 10.2147/CIA.S115472
24. Jurczyk MU, Dziekan K, Wszolek K, Chmaj-Wierzchowska K. Skeletal system evaluation using RTG absorptiometry in women with bone mineral density disorders. *Prz Menopauzalny*. 2020;19(1):11–7. doi: 10.5114/pm.2020.95301
25. Analizador de densitometría ósea Sonost 3000. Microcaya.com. Disponible en: <https://www.microcaya.com/productos/equipos-de-analisis/densitometria-osea/47-sonost-3000>
26. Bachrach LK. Hormonal contraception and bone health in adolescents. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2020;11:603. doi: 10.3389/fendo.2020.00603
27. Hadji P, Colli E, Regidor P-A. Bone health in estrogen-free contraception. *Osteoporos Int*. 2019;30(12):2391–400. doi: 10.1007/s00198-019-05103-6
28. Mäkitie O, Zillikens MC. Early-onset osteoporosis. *Calcif Tissue Int*. 2022;110(5):546–61. doi: 10.1007/s00223-021-00885-6

29. Rudolph SE, Caksa S, Gehman S, Garrahan M, Hughes JM, Tenforde AS, et al. Physical activity, menstrual history, and bone microarchitecture in female athletes with multiple bone stress injuries. *Med Sci Sports Exerc.* 2021;53(10):2182–9. doi: 10.1249/MSS.0000000000002676
30. Fleischer SH, Freire AK, Brown K, Creer A, Eggett DL, Fullmer S. Association of short-term changes in menstrual frequency, medication use, weight and exercise on bone mineral density in college-aged women. *Int J Environ Res Public Health.* 2022;19(16):10363. doi: 10.3390/ijerph191610363
31. Dieli-Conwright CM, Courneya KS, Demark-Wahnefried W, Sami N, Lee K, Sweeney FC, et al. Aerobic and resistance exercise improves physical fitness, bone health, and quality of life in overweight and obese breast cancer survivors: a randomized controlled trial. *Breast Cancer Res.* 2018;20(1):124. doi: 10.1186/s13058-018-1051-6
32. Benedetti MG, Furlini G, Zati A, Letizia Mauro G. The effectiveness of physical exercise on bone density in osteoporotic patients. *Biomed Res Int.* 2018;2018:4840531. doi: 10.1155/2018/4840531
33. Goolsby MA, Boniquit N. Bone health in athletes: The role of exercise, nutrition, and hormones. *Sports Health.* 2017;9(2):108–17. doi: 10.1177/1941738116677732
34. Compston J. Glucocorticoid-induced osteoporosis: an update. *Endocrine.* 2018;61(1):7–16. doi: 10.1007/s12020-018-1588-2
35. Cannarella R, Barbagallo F, Condorelli RA, Aversa A, La Vignera S, Calogero AE. Osteoporosis from an endocrine perspective: The role of hormonal changes in the elderly. *J Clin Med.* 2019;8(10):1564. doi: 10.3390/jcm8101564
36. Daly RM, Dalla Via J, Duckham RL, Fraser SF, Helge EW. Exercise for the prevention of osteoporosis in postmenopausal women: an evidence-based guide to the optimal prescription. *Braz J Phys Ther.* 2019;23(2):170–80. doi: 10.1016/j.bjpt.2018.11.011

## 12. ANEXO 1: COMITÉ DE ÉTICA



Beatriz Susana Tomás Mallén, secretaria de la Comisión Deontológica de la Universitat Jaume I de Castellón de la Plana,

CERTIFICO; que la Comisión Deontológica de la Universitat Jaume I ha emitido informe sobre la tesis doctoral de Paula Recacha Ponce, con número de expediente "CD/77/2020" INFLUENCIA DE LAS ETAPAS DEL CICLO MENSTRUAL EN EL ESTADO DE FORMA DE LA CONDICIÓN FÍSICA EN MUJERES DEPORTISTAS, presentado por Eladio Joaquin Collado Boira, por considerar que cumple con las normas deontológicas exigidas.

Castellón de la Plana, 14 de enero de 2021