

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA FALANGE PROXIMAL DEL DEDO DE LA MANO DEL CABALLO

Rosana Maricel Moine¹, Rita Cecilia Fioretti Fessia², Ada Mónica Galán Macagno³, María Soledad Gigena Álvarez⁴, Pablo Gerardo Varela Farah⁵, Mario Salvi Fasano⁶, Rafael Audap Souvie⁷, Matías Francisco Varela Diaz⁸, Silvana Gonzalez Sanchez⁹. José Natali Osimani¹⁰.

1 Profesora Asociada, Anatomía Veterinaria, FAV, UNRC, Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

2 Ayudante de Primera, Anatomía Veterinaria, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

3 Profesora Asociada, Anatomía Veterinaria, FAV, UNRC, Río Cuarto, Córdoba Argentina.

4 Jefe de Trabajos Prácticos, Anatomía Veterinaria, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

5 Profesor Titular, Laboratorio de Ensayo de Materiales, Fac. Ingeniería, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

6 Profesor Adjunto, Patología Quirúrgica, FAV, UNRC, Río Cuarto Argentina

7 Ayudante de Primera, Patología Quirúrgica, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

8 Ayudante de Primera, Anatomía Veterinaria, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

9 Ayudante de Primera, Anatomía Veterinaria, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Córdoba, Argentina.

Resumen

Las enfermedades del sistema músculo-esquelético producen incapacidad física de los equinos. El estudio morfológico del tejido óseo refleja la importancia de aportar conocimientos para este problema. Los objetivos planteados fueron: determinar las características morfológicas de la falange proximal del dedo de la mano en equinos mestizos criollos, en distintos grupos etarios, aplicables a la clínica animal. Se estudiaron las falanges proximales de 10 caballos mestizos criollos, en dos grupos etarios. Se tomó peso y longitud del hueso y se practicó una osteotomía transversal en la parte media de la diáfisis y se midió: espesor cortical y áreas del hueso. Los datos fueron analizados mediante análisis descriptivo e inferencial, usando el paquete estadístico InfoStat. Se observaron diferencias entre áreas, el área total es mayor que el área cortical y ésta última mayor que la cavidad medular. El área cortical depende del peso del hueso ($R^2=0,75$, $p<0,0001$) y de la longitud ($r= 0.86$). El área total depende del peso ($R^2= 0,70$, $P<0,0026$), el 70 % del área total está explicada por el peso del hueso. El cuadrante medial resultó ser el de mayor espesor (0,83 cm). El área cortical en los animales de G2 es mayor que en los animales de G1.

Palabras claves: equino, falange proximal, morfología.

Introducción

Las enfermedades relacionadas con el sistema músculo-esquelético representan la causa más común de incapacidad física y afectan a cientos de equinos. El estudio morfológico del tejido óseo refleja la importancia de aportar conocimientos para este problema.

Las alteraciones del aparato locomotor producen posiblemente el grupo de enfermedades más frecuentes dentro de la clínica equina. En las últimas décadas esta frecuencia de presentación se ha visto considerablemente aumentada con el uso del caballo como animal de deporte y de trabajo, estos usos exigen sobre-esfuerzo del aparato locomotor. El desarrollo del sistema esquelético es un importante requerimiento para un potencial de caballo de competición y trabajo ^{1 2 3}.

Una de las principales funciones del esqueleto es proporcionar un sistema de palancas para ser usado en la locomoción. En este sentido los miembros son partes esenciales en la locomoción, y para ello se estructuran como columnas de soporte y como órganos de impulsión. Los miembros torácicos sostienen en mayor medida el peso corporal, ya que el 60% del peso del caballo se encuentra apoyado en ellos debido a la posición craneal del centro de la gravedad. Los miembros torácicos están sometidos a un mayor esfuerzo biomecánico, estando obligados a especializarse en el apoyo⁴.

La falange proximal de la mano soporta bastante carga entre los huesos del miembro torácico, posee las características de un hueso largo, articula a proximal con el hueso metacarpiano III del cual recibe toda la carga de compresión y junto con los huesos sesamoideos proximales forman una articulación muy móvil, articulación metacarpofalángica. A distal articula con la falange media que, por el contrario constituyen una articulación poco móvil. En consecuencia, la extremidad proximal de la falange proximal, por fundamentos anatómicos y biomecánicos está más expuesta a injurias. La falange proximal no recibe inserciones tendinosas relevantes, el tendón del músculo extensor digital común lo hace débilmente en la cara dorsal y el músculo flexor digital superficial por su cara palmar. Sin embargo, sí es relevante la estrecha relación que existe entre este hueso y los ligamentos sesamoideos (oblicuos, cruzados y cortos), estos se originan de los huesos sesamoideos proximales y se insertan en la cara palmar de la primera falange.

Las fracturas de la falange proximal se producen con frecuencia y se clasifican en dos grandes grupos: conminutas y no conminutas⁵. La causa podría ser una combinación de compresión longitudinal junto con la rotación lateral a medial asincrónica de la falange proximal, o por torsión en relación con el metacarpo o metatarso⁶. Las fracturas de la falange proximal ocurren en diferentes partes del hueso dependiendo del tipo de estrés aplicado. Los tipos de fracturas más comunes son las fracturas "chip" (astilla) en la superficie dorsal proximal y en espiral o longitudinales del cuerpo⁷.

Varios autores han realizado estudio de las propiedades morfológicas del tejido óseo, donde se estudiaron las propiedades morfométricas del metacarpiano III en equinos y observaron que a un incremento de área total, lo acompaña un incremento mayor de área cortical que de área medular, durante los primeros 5

años de vida^{8 9 10}. Al igual que otros, quienes encontraron que el área cortical aumenta claramente entre 1 y 5 años de edad al igual que el área total¹¹. El área total aumenta principalmente a expensas del crecimiento del área cortical, el aumento de la corteza se puede atribuir a la adaptación de las cargas de tensión y compresión. Además, en estudios morfométricos realizados sobre huesos de perro, se observaron que las variables sexo y edad influyen en el área cortical^{12 13 14}. También se estudiaron las falanges proximales y se observaron que a mayor peso de las mismas, mayor es el tamaño de su área cortical¹⁵.

Consecuentemente con lo descripto, el propósito de este trabajo es brindar información sobre las propiedades morfométricas, de la falange proximal de la mano del caballo. Con ello se ofrecerá un aporte anatómico significativo de la morfología de la falange proximal de la mano del caballo, aplicable a la clínica animal.

Objetivos:

- Aportar conocimientos morfológicos de la falange proximal del dedo de la mano en equinos mestizos criollos aplicables a la clínica animal.
- Determinar las propiedades morfométricas de la falange proximal en la parte media de la diáfisis en equinos mestizos criollos en diferentes grupos etarios.

Materiales y métodos

Se estudiaron las falanges proximales del dedo de la mano, provenientes de 10 equinos (n. total=10), mestizos-criollos, con edades que oscilaron entre 18 meses y 5 años y que no presentaban problemas aparentes de aplomo. Para un mejor estudio se dividió al conjunto de animales en dos grupos etarios: G1: (18 meses-2 años), G2: (2-5 años) la edad se determinó por cronometría dentaria. Las muestras se obtuvieron del frigorífico General Pico (Las Higueras). Una vez extraídas las falanges proximales se conservaron congeladas a - 20° C hasta el procesamiento. Posteriormente se liberó a los huesos de todos los tejidos blandos, por disección convencional.

Se pesaron las falanges proximales, con balanza marca Ohaus (2610 g Tara, sensibilidad 0,1 g), posteriormente se midió la longitud con regla milimétrica (escala 300 mm), y el diámetro latero-medial y dorso-palmar del hueso, estas dos últimas medidas se tomaron con calibrador milimétrico (escala 0,02 mm) en la parte media de la diáfisis. Se seccionó en forma transversal la parte media de la diáfisis de la falange proximal derecha, con sierra sinfín. Se midió con

calibrador milimétrico (escala 0,02 mm) el espesor de sus paredes en los cuadrantes: dorsal, palmar, medial y lateral. Se evaluó el área total, cortical y cavidad medular, en la parte media de la diáfisis de la falange proximal, con calibrador milimétrico (escala 0,02 mm).

Los datos fueron analizados mediante análisis descriptivo, varianza, correlación y regresión lineal, usando el paquete estadístico InfoStat (2009), bajo licencia de la FCA de la UNC, Argentina.

Resultados

Las medidas de tendencia central de cada variable tomadas en la falange proximal se muestran en la Tabla 1. Se observa en ella el peso y la longitud del hueso; el diámetro dorso- palmar y latero-medial del hueso, el espesor de los cuadrantes, el diámetro de la cavidad medular dorso-palmar y latero-medial, las áreas: total, cortical, y de la cavidad medular en la parte media de la diáfisis. Podemos apreciar que el diámetro latero-medial del hueso y de la cavidad medular es mayor que el diámetro dorso-palmar tanto del hueso como de la cavidad medular. El espesor de la cortical del cuadrante medial en el tercio medio de la diáfisis, es mayor que el espesor de los otros tres cuadrantes. El área total es mayor que el área cortical y ésta última a su vez es mayor que la cavidad medular.

En el Gráfico de Barras de la fig. 1 se muestra la media para las tres categorías de la variable área en la parte media de la diáfisis de la falange proximal, observándose que el área total es mayor que el área cortical y ésta última a su vez es mayor que la cavidad medular.

En el Gráfico de Barras de la fig. 2 se muestra la media del área cortical en la parte media de la diáfisis de la falange proximal para las dos categorías de la variable edad, donde se observa mayor área cortical en los animales de dos a cinco años (G2) que en los animales de dieciocho meses a dos años (G1).

En el análisis de correlación para las variables área total vs. peso ($r = 0.88$) y área cortical vs. longitud ($r = 0.86$), se muestra que hay asociación entre las variables área total y peso; y área cortical con longitud, a nivel poblacional trabajando con un nivel de significación de $P < 0,05$). El análisis de regresión lineal de las variables área total vs. peso del hueso, los coeficientes de regresión

con sus estadísticos asociados y el análisis de la varianza se muestran en las tablas: II, III, IV, respectivamente. La fig. 3 representa la recta de regresión de dichas variables. Se muestra que el área total depende linealmente del peso del hueso ($R^2= 0,70$, $P<0,0026$), a medida que aumenta el área total aumenta el peso del hueso.

En la fig. 3 se muestra la recta de regresión para la variable área total en función del peso de la falange proximal. Las variables área total y peso están correlacionadas positivamente ($r= 0,70$) podemos observar que el 70 % del área total está explicada por el peso del hueso.

Conclusiones

El aparato locomotor del caballo está conformado anatómicamente por diversas estructuras del sistema musculo-esquelético. Los huesos, articulaciones, músculos, tendones y ligamentos interactúan de manera armónica durante la locomoción. Tanto los tejidos blandos como el tejido óseo están diseñados para resistir fuerzas de manera repetitiva de distinta intensidad, sin sufrir cambios en su estructura y funcionamiento. Sin embargo, cada tejido tiene una capacidad de resistencia determinada que depende de su composición, ubicación anatómica y función¹⁶.

Los miembros del caballo son partes esenciales en la locomoción, y para ello se estructuran como columnas de soporte y como órganos de impulsión. Son importantes tanto en el equilibrio como en la actividad locomotora. Para cumplir su función, los miembros están constituidos por sólidos radios óseos, debidamente articulados y con disposiciones angulares compensadas. El miembro torácico, la soporta gran parte del peso, tiene como principal función la transmisión de fuerzas en ambos sentidos⁴. Las propiedades morfométricas de la falange proximal de la mano del caballo están íntimamente relacionadas con las propiedades biomecánicas y estructurales del hueso. El hueso contrarresta las cargas mediante adaptaciones en su geometría que involucra una actividad continua y coordinada de construcción y destrucción¹⁷.

Los resultados de este trabajo muestran que el peso promedio de la falange proximal es de 160,40 g, valor superior a lo observado en 2019 en la falange proximal de equinos mestizos criollos (151,53 g)¹⁵. El valor promedio de longitud de la falange proximal encontrado en este estudio es: 9,58 cm. Siendo este valor similar al encontrado por dicho autor en equinos mestizos criollos: 9,43 cm.

Las diferencias de peso están relacionadas con las distintas edades, pesos corporales, sexo y actividades de los animales muestreados¹¹.

Este trabajo muestra que el diámetro latero-medial del hueso y de la cavidad medular es mayor que el diámetro dorso-palmar tanto del hueso como de la cavidad medular al igual que lo observado por otros autores ^{15 8 9 10}. Las diferencias entre las medidas dorso-palmares y las medidas latero-mediales del hueso y de la cavidad medular parecen deberse a la forma del hueso, que está en relación con los patrones de ejercicio que el animal experimenta¹¹. Considerando el espesor de la cortical tomada en la parte media de la diáfisis de la falange proximal, se observa que el cuadrante medial presenta un espesor mayor (0,83 cm) mayor que los otros tres cuadrantes. Este valor coincide con estudios anteriores donde el cuadrante de mayor espesor es el medial, éste presentó un valor promedio de 0,76 cm ¹⁵. El aumento del espesor puede ser atribuido a una adaptación de las cargas que aumentan con la velocidad del ejercicio y para contrarrestar las tensiones y fuerzas de compresión¹⁷. Los cuadrantes dorsal y lateral son similares siendo menor el cuadrante palmar, probablemente se deba a los tejidos blandos que lo rodean.

En este trabajo los valores promedios observados en la superficie de sección de la mitad de la diáfisis del hueso son para área total: 8,57 cm²; área cortical 5,83 cm² y área medular 2,74 cm². Ellos son similares a los publicados en 2019, en un estudio en la primera falange de equinos, que fueron: 7,86 cm²; 5,12 y 2,75 cm² para área total, cortical y medular respectivamente ¹⁵. Observándose que el área total es mayor que el área cortical y ésta última a su vez es mayor que la cavidad medular.

A un incremento de área total, lo acompaña un incremento mayor de área cortical que de área medular, durante los primeros 5 años de vida ^{8 9 10}.

El área total aumentó principalmente a expensas del crecimiento del área cortical, el aumento de la corteza se puede atribuir a la adaptación de las cargas de tensión y compresión.

Se observó asociación entre área cortical y peso ($r= 0.88$) y área cortical con longitud del hueso ($r= 0.86$) a nivel poblacional trabajando con un nivel de significación de $P < 0,05$), concuerda con otros autores ^{15 13 14}. Se apreció una mayor área cortical en los animales de G2 (dos- cinco años) que en los de G1 (dieciocho meses a dos años), la edad del animal influye en el tamaño de área cortical.

Se observa que el área total depende linealmente del peso del hueso ($R^2= 0,70$, $P<0,0026$), a medida que aumenta el área total aumenta el peso del hueso. Las variables área total y peso están correlacionadas positivamente ($r= 0,70$) podemos observar que el 70 % del área total está explicada por el peso del hueso. El tamaño del área cortical depende del peso, longitud del hueso y edad de los animales ($P<0001$), el área total depende del peso de la falange proximal. En los primeros 5 años de vida hay un crecimiento mayor del área cortical que el crecimiento simultáneo producido en el de área medular. La

morfología del hueso tiene mucha importancia en la resistencia a la fractura de los huesos¹⁸.

Bibliografía

1. GLADE M, BELLING T. Growth plate cartilage metabolism, morphology and biomechanical composition in over and underfed horses. *Growth*. 1984; 48: 473.
2. BIGOT G, BOUDIZI A, RUMELHART C, MARTIN-ROSSET W. Evolution during growth of the mechanical properties of the cortical bone in equine cannon-bones. *Med. Eng. Phys.* 18(1). 1996; 79-87.
3. NIELSEN R, POTTER G, GREENE L, MORRIS E, MURRAYGERZIK M, SMITH W, MARTIN M. Response of Young Horse in Training to Varying Concentration of Dietary Calcium and Phosphorus. Vol. 18. 1998; 397-404.
4. AGÜERA E, J.SANDOVAL. Anatomía Aplicada del Caballo. HarcourtBrace, España. 1999
5. STASHAK TS. Adams: Lameness in horses. Quinta edición.. Bs. As., Argentina: Intermédica. 2004; 135, 312, 613, 695.
6. ADAMS D. Lameness in horse. Edit. Lea and Febiger.18-21, 1987; 596-599, 612-614.
7. THRALL DE. Manual de diagnóstico radiológico veterinario. Cuarta edición. Bs. As., Argentina: Intermédica. 1986.
8. MOINE R, RIVERA C, VIVAS A, FERRARIS G, GALAN A, NATALI J. Morfometría y determinación de calcio y fósforo en la parte media de la diáfisis del metacarpiano III en yeguas mestiza con criollo. *Arch. Med. Vet. Chile*. ISSN 0301 – 732X. XXXIII, N° 1. 2001; 63 - 68.
9. MOINE R, GALÁN M, VIVAS A, FIORETTI C, VARELA M, BONINO F, QUINTEROS R, NATALI J. Propiedades Morfológicas en la Parte Media de la Diáfisis del Hueso Metacarpiano III de Equino Mestizo Criollo. *Int. J. Morphol. Chile*. ISSN 0717 – 9502. 33 (3). 2015; 955-961.
10. GALAN A, RIVERA C, MOINE R, FERRARIS G, GIGENA S, NATALI J. Propiedades morfométricas del metacarpiano III de potrillos mestizos. *Revista chilena de Anatomía*. Chile. ISSN 0716 – 9868. 20(3). 2002; 285-290.
11. NUNAMAKER D, BUTTERWERCK D, PROVOST M. Some geometric of third metacarpal bone: a comparision between the thoroughbred and standardbred racehorses. *Journal of Veterinary Research*, 22(2). 1989; 129-134.
12. NATALI J, WHEELER J T, KOHL R, VARELA P. Comparación de las Características Mecánicas Estáticas del Fémur Aislado de Perro, con y sin la Colocación de una Placa de Ortopedia Fabricada en polipropileno. *Int. J. Morphol. Chile*. ISSN 0717 – 9502. 26(4). 2008; 791-797.

13. FIORETTI C, GALÁN A, MOINE R, VARELA M, VARELA P, MOUGUELAR H, GIGENA S, BONINO F, QUINTEROS R, NATALI J. Características Mecánicas Dinámicas de la Tibia Aislada de Perro Sometida a Prueba de Impacto. Int. J. Morphol. Chile. ISSN 0717 – 9502. 31 (2). 2013; 562-569.
14. FIORETTI R, MOINE R, VARELA M, VARELA P, GALÁN A, GIGENA S, MOUGUELAR H, GONZALEZ SANCHEZ S, NATALI, J. Densidad mineral ósea y resistencia ante la prueba de compresión en la mitad de la diáfisis del hueso fémur de perro”. Ab Intus. ISSN 1234-5678. Vol. 1, (1).2018; 43-52.
15. NATALI J, FIORETTI R, MOINE R, GIGENA S, MOUGUELAR H, VARELA M, VARELA P, GONZALEZ SANCHEZ S, QUINTEROS R, GALÁN A. Morfología y comportamiento biomecánico de la falange proximal de la mano del caballo mestizo criollo. Ab Intus. 56-62. ISSN 2618-2734. Vol. 3, (2). 2019; 43-52.
16. SOUTHWOOD L, MCLWAITH C. Arthroscopic removal of abaxial fracture fragments involving a portion of the base of the proximal sesamoid bone in horses. J. Am. Vet. Med. Assoc. 217(2). 2000; 236-240.
17. CURREY J. D. The mechanical properties of materials and the structure of bone. In: The Mechanical Adaptation of Bone. University Press. Princeton, USA. 1984; 3-37.
18. YENI Y, BROWN C, WANG Z, NORMAN T. The influence of bone morphology on fracture toughness of the human femur and tibia. Bone. 21(5). 1997; 453-459.

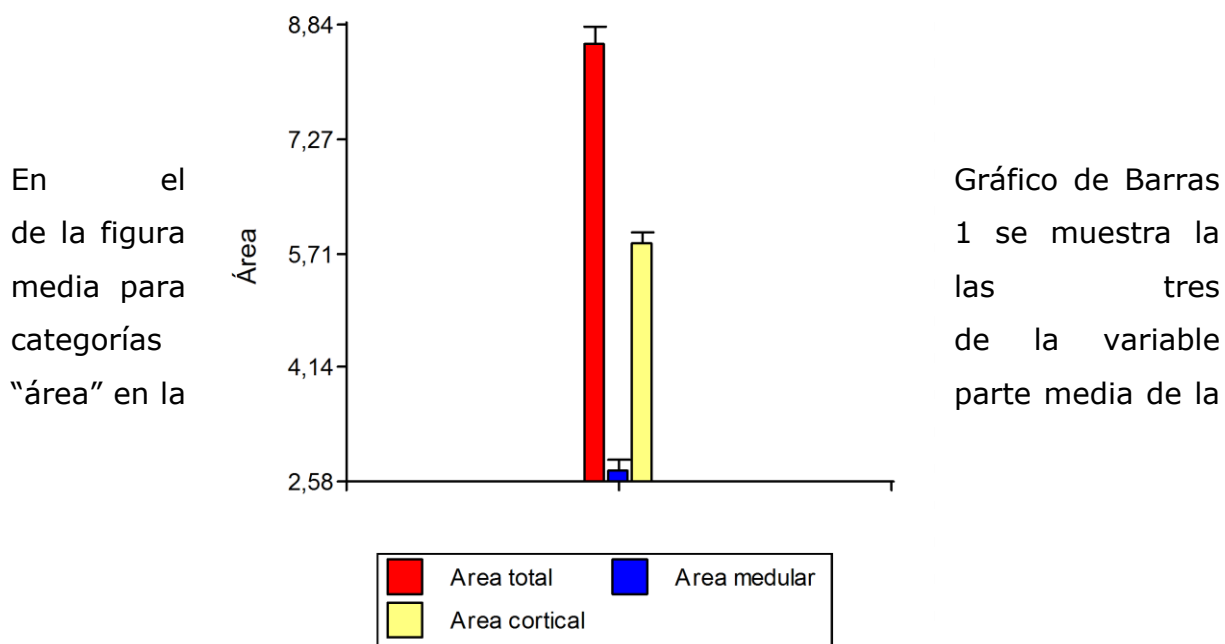
Anexos

Las medidas de tendencia central de cada variable tomadas en la falange proximal se muestran en la Tabla 1.

Tabla I. Medidas resumen de la falange proximal. (n=10).

Variables	n	Media	D.E	Mín.	Máy.
Peso del hueso (g,)	10	160,40	18,76	138,0	193,00
Longitud del hueso (cm.)	10	9,58	0,49	9,00	10,50
<u>Parte media de la diáfisis</u>					
Diámetro D/P del hueso	10	2,79	0,13	2,62	3,00
Diámetro L/M del hueso	10	3,82	0,21	3,59	4,20
Espesor cuadrante dorsal	10	0,67	0,08	0,54	0,77
Espesor cuadrante palmar	10	0,64	0,08	0,55	0,79
Espesor cuadrante lateral	10	0,69	0,08	0,57	0,82
Espesor cuadrante medial	10	0,83	0,09	0,72	0,98
Diám. cav. med. D/P	10	1,42	0,13	1,29	1,60
Diám. cav. med. L/M	10	2,31	0,20	2,00	2,69
Área total	10	8,57	0,76	7,54	9,92
Área cav. medular	10	2,74	0,47	2,20	3,61
Área cortical	10	5,83	0,44	5,22	6,53

Referencias: Diám. = diámetro; cav. = cavidad; med. = medular; D/P= dorso-palmar; L/M= latero-medial.



diáfisis de la falange proximal.

Fig. 1: Diagrama de Barras para las áreas: total, cavidad medular y cortical en la parte media de la diáfisis de la falange proximal. (n= 10).

En el Gráfico de Barras de la fig. 2 se muestra la media del área cortical en la parte media de la diáfisis de la falange proximal para las dos categorías de la variable edad.

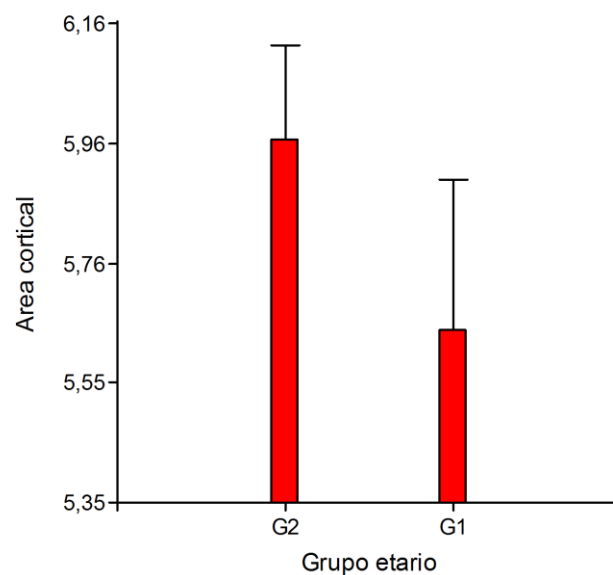


Fig. 2: Gráfico de Barras para área cortical vs. edad en la parte media de la diáfisis de la falange proximal. (n= 10).

El análisis de regresión lineal de las variables área total vs. peso del hueso, los coeficientes de regresión con sus estadísticos asociados y el análisis de la varianza se muestran en las tablas: II, III, IV, respectivamente.

Tabla II. Análisis de regresión para las variables área total vs. peso. Coeficiente de determinación. (n=10).

Variable	n	R ²
Área cortical (cm ²)	10	0,70

Tabla III. Coeficientes de regresión y estadísticos asociados para la variable peso(n=10).

Coef	Est.	E.E.	LI(95%)	LS(95%)	T	p-valor
Peso (g)	0,03	0,001	0,02	0,05	4,31	0,0026

Tabla IV. Análisis de la varianza para la variable peso. (n=10).

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3,68	1	3,68	18,55	0,0026
Peso hueso/gr.	3,68	1	3,68	18,55	0,0026
Error	1,59	8	0,20		
Total	5,26	9			

En la fig. 3 se muestra la recta de regresión para la variable área total en función del peso de la falange proximal.

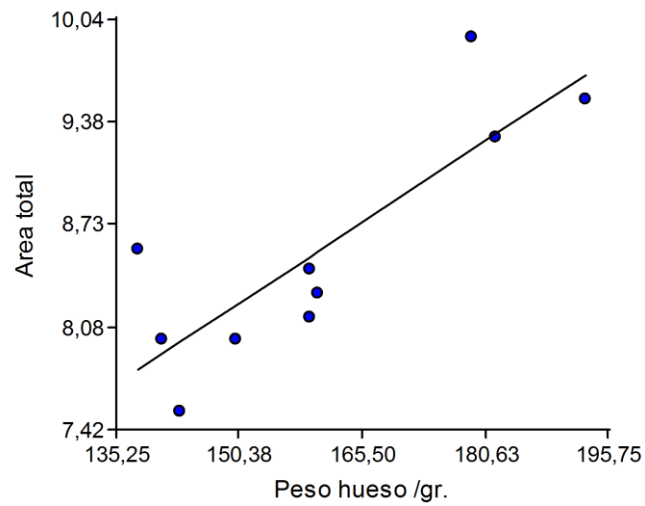


Fig. 3: Regresión lineal simple para la variable área total (cm²) vs. peso (g). (n=10).