

## **ENSAYO DE COMPRESIÓN EN LA MITAD DE LA DIÁFISIS DEL HUESO TIBIA DE PERRO**

Rita Cecilia Fioretti Fessia<sup>1</sup>, Alicia Rolando Giordano<sup>2</sup>, Ada Mónica Galán Macagno<sup>3</sup>, Rosana Maricel Moine<sup>4</sup>, Pablo Gerardo Varela Farah<sup>5</sup>, María Soledad Gigena Álvarez<sup>6</sup>, Matías Francisco Varela Díaz<sup>7</sup>, Facundo Ubaldo Bonino<sup>8</sup>, Rolando Javier Quinteros<sup>9</sup>, José Natali Osimani<sup>10</sup>

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

2 Profesora Titular, Biología Celular y Embriología, FAV, UNRC, Río Cuarto Argentina.

3 Profesora Adjunta, Anatomía Veterinaria, FAV, UNRC, Río Cuarto Argentina.

4 Profesora Adjunta, Anatomía Veterinaria, FAV, UNRC, Río Cuarto Argentina.

5 Profesor Asociado, Laboratorio Ensayo de Materiales, Fac. Ing. UNRC.

6 Jefe de trabajos prácticos, Anatomía Veterinaria, FAV, UNRC, Río Cuarto.

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

8 Ayudante de Primera, Área Matemática-Estudios básicos y Agropecuarios, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Argentina.

9 Ayudante de Primera, Área Matemática-Estudios básicos y Agropecuarios, FAV, Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), Río Cuarto, Argentina.

10 Profesor Titular, Anatomía Veterinaria, FAV, UNRC, Río Cuarto Argentina.

[cfioretti@ayv.unrc.edu.ar](mailto:cfioretti@ayv.unrc.edu.ar)

## **Resumen**

Las cargas que los huesos soportan durante la locomoción requieren adaptaciones y necesitan pruebas mecánicas que establezcan su resistencia ante fuerzas externas. Determinar características mecánicas del material óseo es un punto crítico. El objetivo del trabajo es aportar conocimientos de características biomecánicas del hueso tibia de perros de diferente talla, edad y sexo, mediante la determinación del comportamiento mecánico ante cargas de compresión en la mitad de su diáfisis. Se trabajó con huesos tibias provenientes de 30 perros mestizos adultos de 1,5 a 13 años. A los huesos izquierdos se les practicó una osteotomía transversal en la parte media de la diáfisis y se obtuvieron muestras de altura=diámetro, a las cuales se les aplicó el ensayo de compresión. Las variables en estudio fueron sometidas a análisis estadísticos. Los valores promedio obtenidos fueron: fuerza  $10,61 \text{ KN} \pm 2,91$ , deformación  $1,40 \text{ mm} \pm 0,30$ . Se observó que tibias provenientes de animales de talla grande presentaron una resistencia significativamente mayor ante la compresión que aquellas de animales de talla chica ( $p=0,0146$ ). Las tibias de perros machos presentaron una mayor resistencia ante la compresión que aquellas provenientes de hembras ( $p=0,11$ ). El comportamiento biomecánico de la tibia de caninos es de importancia clínica, ortopédica y quirúrgica.

**Palabras Clave:** tibia, ensayo de compresión, biomecánica, perro.

## **Introducción**

El hueso realiza funciones fundamentales dotando al organismo de una estructura rígida y articulada para facilitar el sostén y la locomoción mediante su integridad mecánica, protege órganos vitales y es reserva de minerales esenciales para el metabolismo. Es un tejido complejo, cuyas propiedades son producto de la asociación de una morfología macroscópica y microestructural. El hueso es capaz de evolucionar modificando sus propiedades en función del tipo de sollicitaciones a que se vea sometido<sup>1,2</sup>. Además puede regenerarse en caso de fractura, o por el contrario, alterar

sus propiedades mecánicas ante procesos patológicos graves, o simplemente por la edad. Pero las leyes de la mecánica se han formulado utilizando modelos y abstracciones que en la mayoría de los casos no son precisamente fáciles de aplicar a los elementos biológicos. Es necesario estudiar el tejido óseo desde tres puntos de vista completamente diferentes, considerando por una parte su estructura, por otra el material constitutivo, y por último el sistema biológico del que forma parte<sup>3</sup>. Las exigencias y las cargas que los huesos reciben durante la locomoción necesitan de resistencias mecánicas y elásticas. Su organización debe permitir que el esqueleto sea sólido, elástico y liviano para desplazarse durante la marcha, carrera y saltos, pero también, si es necesario, responder a cargas inesperadas. También representa un tejido adaptativo y evolutivo en función de la edad, del sexo y de las exigencias físicas e, incluso, hormonales y metabólicas<sup>4</sup>. Se reconoce una verdadera "calidad ósea", sinónimo de la resistencia de cada hueso a la deformación excesiva y a la fractura, la cual resulta de la integración de la calidad mecánica del material mineralizado y la calidad arquitectónica del diseño del hueso<sup>5</sup>. Las propiedades mecánicas del hueso no son valores únicos que se puedan definir de forma precisa ya que las funciones de los diferentes huesos varían, y por consecuencia también varía su micromorfología. Éstas dependen de factores tales como la distribución mineral, el arreglo estructural, las variaciones entre individuos (edad, sexo, patologías, etc.) y la función mecánica del hueso del cual provenga la muestra<sup>6,7,8</sup>. La variedad de factores involucrados, su efecto en el comportamiento mecánico y la diversidad de métodos de evaluación de las propiedades, se han traducido en una amplia dispersión de los datos reportados, a la vez que conlleva diversas idealizaciones en su modelado<sup>9</sup>.

Las aplicaciones de la física en la medicina son cada día más variadas y en algunos campos indispensables; por ejemplo, en ortopedia, cardiología, cirugía general, diagnósticos, etc.

La determinación de las características mecánicas del material óseo, es un punto crítico en la definición de un modelo numérico que permita predecir su comportamiento mecánico, así como su evolución ante posibles variaciones estructurales<sup>10</sup>.

La utilidad de contar con información precisa acerca de las propiedades mecánicas del hueso se vincula con la necesidad de diseñar prótesis, desarrollar materiales ortopédicos, evaluar deterioro del hueso por edad o por agentes patógenos, así

también al momento de definir procedimientos terapéuticos. La región de la pierna del perro presenta importancia clínica, ortopédica y quirúrgica fundamentando el desarrollo de este trabajo.

## **Objetivos**

- Determinar características mecánicas estáticas mediante la obtención de la curva fuerza (carga) - deformación, del tercio medio de la diáfisis del hueso tibia izquierdo aislado de perro.
- Comparar resistencia del tercio medio de la diáfisis de la tibia sometidos a ensayo de compresión entre perros de diferente talla, edad y sexo.

## **Materiales y métodos:**

Este trabajo se realizó con piezas anatómicas (huesos tibias) con acuerdo de la *Comisión de Bioética de la Universidad Nacional de Río Cuarto*. Se utilizaron los huesos tibia de perro en condiciones aisladas. Se trabajó con huesos provenientes de 30 animales mestizos adultos jóvenes (cuyas edades oscilaron entre 1,5 y 13 años). Se aislaron por desarticulación fémorotibiopatelar y tarsocrural ambas tibias y se liberaron de sus partes blandas. Los procedimientos citados se llevaron a cabo en la cátedra de Anatomía Veterinaria del Departamento de Anatomía Animal de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC. Los huesos se mantuvieron envueltos en gasa humedecida con solución fisiológica y se conservaron a -20 C° hasta su montaje para el ensayo mecánico, preservando de esta manera las propiedades óseas (Yeni et. al., 1997)(Fig. 1).

Las tibias del miembro izquierdo se osteotomizaron transversalmente en la mitad su diáfisis, utilizando para ello una amoladora con disco de corte específico. La elección de lateralidad (derechos o izquierdos) para el hueso osteotomizado responde sólo a un fin metodológico de trabajo. El método empleado para determinar el comportamiento del hueso sometido a carga mecánica fue el *ensayo estático de compresión*. Se utilizó para el ensayo una máquina universal de ensayos estáticos y dinámicos servohidráulica AMSLER 6PZD 1406 la cual proporciona curvas de fuerza - deformación con 16 datos

por segundo (8 datos de fuerza y 8 datos de deformación). Se trabajó con muestras cilíndricas con una relación de altura igual al diámetro, extraídas de la mitad de la diáfisis del hueso tibia. Cada muestra se colocó entre una placa y un dispositivo cilíndrico para realizar la compresión. La maquinaria específica para este tipo de ensayo se encuentra en el Laboratorio de Ensayo de Materiales (L.E.M.) de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Río Cuarto. Cada muestra se colocó entre una placa y un dispositivo cilíndrico para realizar la compresión. Los ensayos se estandarizaron con parámetros de Escala de F (carga) en KN (kilogramo Newton); Escala de L (deformación) en mm y Tiempo en minutos. Los valores correspondientes a nuestro ensayo fueron Escala de F=30 KN; Escala de L= 10 mm y Tiempo= 31 minutos (Fig. 2).

Las variables en estudio se sometieron a análisis estadísticos específicos, descriptivos e inferenciales, mediante el empleo del programa estadístico InfoStat versión 2009. Se realizó una estadística descriptiva tabulando los valores de tendencia central (media) y de dispersión (desvío estándar) para las variables cuantitativas fuerza y deformación. Los análisis estadísticos inferenciales consistieron en pruebas de correlación lineal simple. Con fines exploratorios, se obtuvieron gráficos de barras para la fuerza del hueso tibia versus talla y sexo del animal.

## **Resultados y Discusión**

Los valores obtenidos para la variable fuerza (KN) fueron: Media=10,61; DE= 2,91; E.E= 0,53; Mín.= 5,58 y Máx. 16,30.

Los valores obtenidos para la variable deformación (mm) fueron: Media=1,40; DE= 0,30; E.E= 0,06; Mín.= 0,89 y Máx. 2,00.

En la figura 3 se muestra una curva de fuerza-deformación representativa de los resultados obtenidos a partir de los ensayos mecánicos. Se observa en ella la representación gráfica de la respuesta mecánica a la compresión del hueso tibia izquierdo N° 02 proveniente de un animal macho de 10 años, de talla chica. La curva muestra en la región elástica lineal una pendiente importante, demostrando la rigidez estructural del hueso. Se observa que el punto de transición entre la región elástica y la región plástica de la curva, en el cual se incluye el límite elástico aparente, se

encuentra aproximadamente cuando la aplicación de la fuerza (carga) es de 10,37 KN con una deformación de 1,17 mm.

La influencia que ejerce la variable talla sobre la fuerza que soporta el hueso tibia izquierdo en la mitad de su diáfisis, se muestra en la figura 4. Se observa que la tibia que proviene de animales de talla grande presenta una resistencia significativamente mayor ante la compresión que aquella que proviene de animales de talla chica ( $p=0,0146$ ). No se observan diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la deformación del hueso ( $p=0,22$ ) versus la talla del animal. La influencia que ejerce la variable sexo sobre la fuerza que soporta el hueso tibia izquierdo en la mitad de su diáfisis se muestra en la figuras 5. Se observa que la tibia que proviene de perros machos presenta una mayor resistencia ante la compresión que aquella que proviene de hembras ( $p=0,11$ ), mientras que entre machos y hembras no se observaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la deformación de las tibias ( $p=0,53$ ).

El análisis estadístico correspondiente a la fuerza de la tibia versus la edad del animal mostró un coeficiente de correlación ( $r$ ) de 0,78 y la deformación de la tibia versus la edad del animal mostró un  $r = 0,80$ .

## **Conclusiones**

- ✓ Los huesos tibias de animales de talla grande presentan una mayor resistencia promedio ante la compresión que los huesos de animales de talla chica.
- ✓ No hay diferencias estadísticamente significativas en la deformación soportada por las tibias entre animales de talla grande y talla chica ante la prueba de compresión.
- ✓ Ante la prueba de compresión en la mitad de la diáfisis de la tibia no existen diferencias estadísticamente significativas de resistencia y deformación óseas entre sexos.

## Bibliografía:

1. Cristofolini L, Conti G, Juszczak M, Cremonini S, VanSintJan S, Viceconti M. Structural behaviour and strain distribution of the long bones of the human lower limbs. *Journal of Biomechanics*. 2010; 43: 826–835.
2. Bonneya H, Colston BJ and Goodman AM. Regional variation in the mechanical properties of cortical bone from the porcine femur. *Medical Engineering & Physics*. 2011; 33 (4):513-520.
3. Roschger P, Paschalis EP, Fratzl P, Klaushofer K. Bone mineralization density distribution in health and disease. *Bone*. 2008; 42:456–66.
4. Reina N, Laffosse JM. Biomecánica del hueso: aplicación al tratamiento y a la consolidación de las fracturas. *EMC-Aparato locomotor*. 2014; 47(3):1-18 [Artículo E – 14-630].
5. Ferretti JL. Calidad ósea: Propiedades materiales y arquitectónicas de los huesos. *Actualización osteología*. 2006; 2 (1): 22-25.
6. Nordin M, Frankel VH. Biomecánica básica del sistema musculoesquelético. Madrid. McGraw-Hill Interamericana. 2004. 3º Edición. Cap. 1 y 2. Pág. 5-150.
7. Natali J. 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*. 2008; 26 (4): 791-797.
8. Plischuk M, Inda AM, Errecalde AL. Modificaciones de la estructura ósea del fémur proximal. Análisis de una muestra esquelética. *Rev Argent Radiol*. 2014; 78(1):42-48.
9. Dimitriou DT, Tsai B, Yue HE, Rubash Y, Kwon GL. Side-to-side variation in normal femoral morphology: 3D CT analysis of 122 femurs. *Revue de Chirurgie Orthopédique et Traumatologique*. 2016; 102 (1) Pag. 60.
10. Markel MD, Sielman E. Radiographic study of homotypic variation of long bone in dogs. *American Journal of Veterinary Research*. 1993; 54 (12): 2000-2003.

## ANEXOS



Fig. 1. Preservación del hueso tibia de perro en gasa humedecida con solución fisiológica. El rectángulo indica la zona de la mitad de la diáfisis a evaluar.



Fig. 2. Muestra ósea de la mitad de la diáfisis de la tibia N° 2 sometida a compresión.

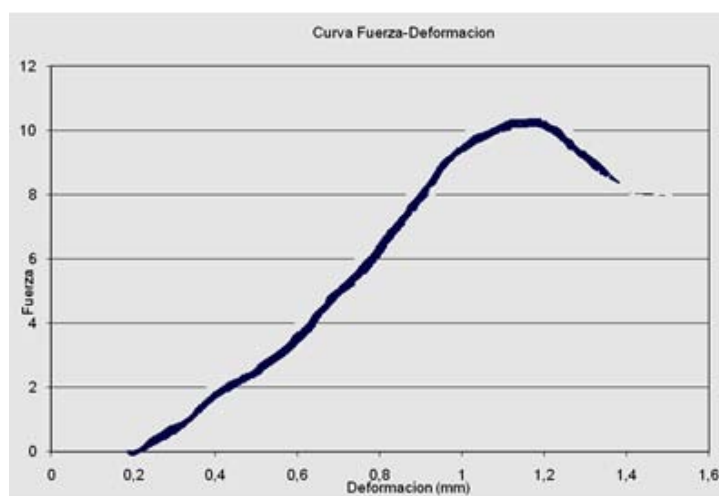


Fig. 3. Curva de fuerza (KN) - deformación (mm) del hueso tibia N° 2, sometido a prueba de compresión.

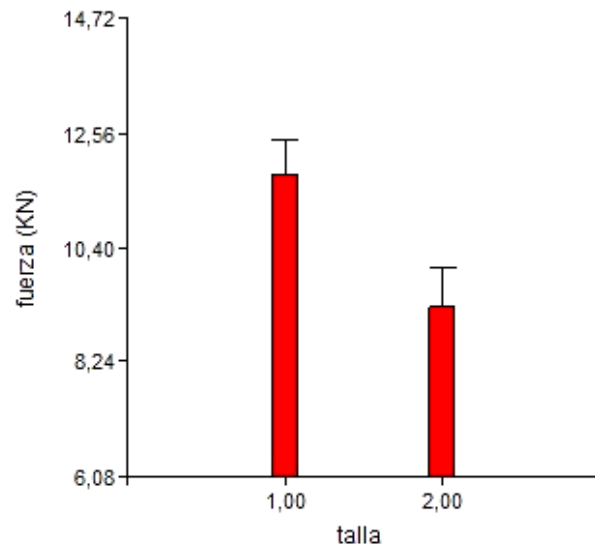


Fig. 4. Gráfico de barras de la fuerza vs. talla. Tibia de perro.

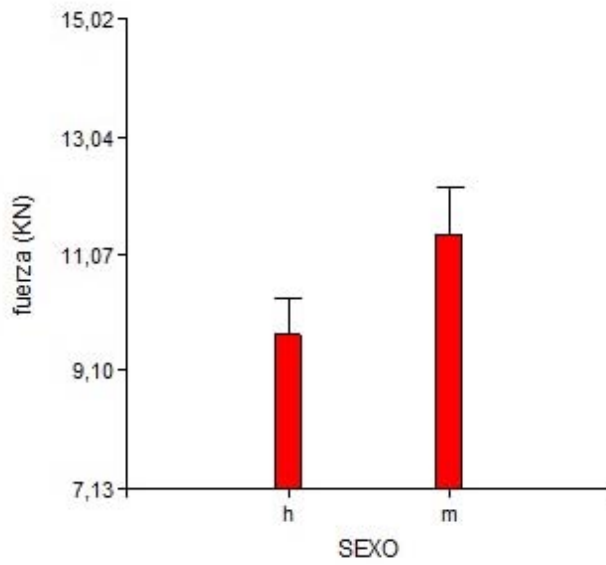


Fig. 5. Gráfico de barras de la fuerza vs. sexo. Tibia de perro.