

CRONOLOGÍA DE OSIFICACIÓN POSTNATAL DE LA ARTICULACIÓN DE LA RODILLA EN EL GATO SIAMÉS, *FELIS CATUS L.*

Chronology of the postnatal ossification of the knee joint on the siamese cat, *felis catus L.*

VILLA, M.^a I.; VÁZQUEZ, J. M.^a.; MORENO, F.; GIL, F.; LATORRE, R.

Departamento de Anatomía y Embriología, Facultad de Veterinaria, Universidad de Murcia, España.

Recibido: 8-3-91

Aceptado: 5-11-91

RESUMEN

Se realiza un estudio mediante técnicas radiológicas de la cronología de osificación de la articulación de la rodilla en el gato siamés, desde el nacimiento hasta la 25.^a semana de desarrollo postnatal. Para la experiencia hemos utilizado un total de 40 gatos (19 machos y 21 hembras), pertenecientes a 11 camadas, que fueron objeto de diferentes controles: patrón racial, sanitario, dietético, de crecimiento y radiactivo. Se determinó el momento de aparición y la evolución de los núcleos que la integran, así como los fenómenos de fusión que tienen lugar durante este período de tiempo. Los aspectos de la osificación postnatal de la rodilla en el gato siamés fueron comparados con los referidos para el gato común por diferentes autores.

Palabras clave: Radiología, osificación, articulación de la rodilla, gato siamés.

SUMMARY

It is studied the chronology ossification of the knee joint on the Siamese Cat with radiological techniques, from birth to the 25th postnatal week. In this experience we have used 40 kittens (19 males and 21 females), belonging to 11 litters, monitorized for: racial pattern, health, feeding, growth and radioactive dose. It is determined the moment of appearance and the evolution of the centers of ossification which are implicated, as the facts and closure times processes. The ossification aspects of the knee joint in the Siamese Cat were compared with that of the Common Cat.

Key words: Radiology, ossification, knee joint, siamese cat.

INTRODUCCIÓN

Los trabajos sobre cronología de osificación radiográfica surgen en Medicina Veterinaria como una consecuencia de los estudios llevados a cabo en la especie humana por diferentes autores: PYLE/SONTANG (1943), ELGENMARK (1946), GARN *et al.* (1961, 1966) y, más recientemente, OGDEN (1984) y ODITA *et al.* (1985). La mayoría tienen al perro como sujeto de estudio, destacando en este sentido las investigaciones de POMRIASKINSKY-KOBOZIEFF/KOBOKIEFF (1954) y BRESSOU *et al.* (1957) sobre los autópodos torácico y pelviano del pastor alemán, respectivamente, SMITH/ALLOCK (1960) acerca de las fusiones metafisarias en la mano y pie del galgo, CHAPMAN (1965) que analiza la cronología ósea de la raza beagle, GARCÍA-MONTERDE *et al.* (1984) que estudian la aparición de los centros epifisarios y las fusiones metafisarias en el esqueleto apendicular del pastor alemán, YONAMINE (1985) que trabaja sobre el desarrollo esquelético de la raza beagle y BEGON *et al.* (1985) sobre el esqueleto apendicular del fox terrier.

Por el contrario, escaso número de trabajos realizados en el gato doméstico, *Felis catus* L., sobre cronología del desarrollo osteogénico. Sólo los artículos publicados por BRESSOU *et al.* (1959a, 1959b), SMITH (1968, 1969) y BOYD (1968, 1976) estudian radiográficamente la osteogénesis. De ellos, únicamente los de SMITH (1968, 1969) hacen referencia a la cronología osteogénica postnatal de la articulación de la rodilla. Por esta razón, decidimos tomar como especie de estudio el gato. La elección de la raza siamesa se hizo, fundamentalmente, por dos motivos:

1. La importancia creciente que ha ido adquiriendo el gato siamés durante los últimos años como animal de compañía.
2. La mayor incidencia en esta raza de procesos patológicos directamente relacio-

nados con la osteogénesis postnatal o de patologías osteológico-nutricionales, HOLZWORTH (1987).

MATERIAL Y MÉTODOS

Hemos utilizado un total de 40 gatos (19 machos y 21 hembras) de raza siamesa en los que, desde el nacimiento hasta la 25.^a semana de desarrollo postnatal, se estudió la aparición, evolución y procesos de fusión de los núcleos de osificación que integran la rodilla.

Los animales, pertenecientes a 11 camadas, fueron objeto de diferentes controles:

1. Control del patrón racial de los progenitores.
2. Control sanitario y de manejo.
3. Control dietético.
4. Control de crecimiento:

* Análisis del incremento de peso semanal de cada individuo, rechazando aquellos cuya curva de crecimiento estuviera por debajo de los mínimos considerados normales por las Tablas de Incrementos del «Nutrient Requirements in Cats» (1986).

* Análisis cada 5 semanas de los valores hemáticos celulares (eritrocitos y leucocitos totales) y de las constantes hemáticas relacionadas con el metabolismo osteogénico (calcio, fósforo y fosfatasa alcalina presentes en el suero).

5. Control radiactivo:

* Cálculo de la dosis efectiva, al objeto de comprobar la no interferencia de la misma en el crecimiento normal del individuo.

* División de los animales en grupos experimentales para así disminuir al máximo las dosis recibidas.

* Comprobación de los resultados de los grupos experimentales con los obtenidos en los animales testigo.

Los parámetros físicos de las sesiones radiográficas fueron los siguientes:

0-2. ^a semana	2. ^a -5. ^a semana	5. ^a -15. ^a semana	15. ^a -25. ^a semana
Kv-mAs	Kv-mAs	Kv-mAs	Kv-mAs
37-5,12	36-6,4	37-6,4 39-11,52	39-10,24 42-16,00

Los animales se distribuyen en cinco grupos de estudio:

GRUPO A.— Integrado por 17 animales radiografiados entre el nacimiento y la 5.^a semana.

GRUPO B.— Constituido por ocho animales analizados radiográficamente desde la 1.^a a la 25.^a semana. De la 1.^a a la 12.^a semana el control fue semanal y de la 12.^a a la 25.^a quincenal.

GRUPO C.— Integrado por seis animales que fueron analizados semanalmente entre la 1.^a y la 12.^a semana.

GRUPO D.— Formando por siete animales radiografiados semanalmente desde la 10.^a a la 25.^a semana.

GRUPO E.— Dos animales testigo controlados en la 25.^a semana.

Los grupos C, D y E se consideraron a la vez como grupos experimentales y testigo.

El análisis radiográfico se efectuó de forma alternativa sobre ambos miembros con el fin de distribuir las dosis de radiación, haciendo coincidir el haz principal de rayos con la superficie objeto de estudio y colimando al máximo la región expuesta. Para facilitar la interpretación radiográfica en determinados animales menores de tres semanas, hemos utilizado placas y chasis de mamografías. Los controles radiográficos semanales se fueron variando de forma que en algunos animales el control coincidiera con el principio de la semana, y en otros con el final. Las sesiones radiográficas se realizaron sin anestesiarse los animales debido a la proximidad entre ellas. Se tomó esta decisión al observar

que en los animales más jóvenes el período de recuperación resultaba especialmente largo, dos o tres días según la edad y susceptibilidad del individuo, condicionando su crecimiento.

Las posiciones radiográficas utilizadas fueron craneocaudal en extensión y mediolateral en semiflexión. La relación de centros de osificación estudiados es la siguiente:

- * Diáfisis femoral (*Df*)
- * Diáfisis tibial (*Dt*)
- * Diáfisis del peroné (*Dp*)
- * Epífisis distal del fémur (*Edf*)
- * Cóndilos tibiales (*Ctb*) y tuberosidad tibial (*Ttb*)
- * Rótula (*Ro*)
- * Epífisis proximal del peroné (*Epp*)
- * Sesamoideos del M. gastronemio (cabezas lateral y medial) (*Slg*, *Smg*)
- * Sesamoideo del M. poplíteo (*Sp*)

Cada fenómeno osteogénico es analizado en base a tres hechos, fundamentalmente:

1. Aparición radiográfica del núcleo de osificación
 - * Primera aparición
 - * Momento en que está presente en el total de animales
2. Evolución del mismo
3. Procesos de fusión que afectan al núcleo

RESULTADOS

La rodilla presenta en el gato siamés un patrón de osificación muy constante en cuanto al

orden de aparición de los núcleos secundarios que la integran. Sin embargo, como en todas las regiones del esqueleto apendicular de los miembros, pueden existir variaciones temporales de detección radiográfica. Al nacimiento (Fig. 1A) solamente son evidenciadas la diáfisis femoral y la de la tibia y peroné.

Durante la 1.^a semana no observamos nuevos centros de osificación en las radiografías craneocaudales y mediolaterales de la región. A principios de la 2.^a semana (Fig. 1B) se detectan dos núcleos que corresponden a la epífisis distal del fémur y proximal de la tibia (cóndilos tibiales). Estos núcleos fueron observados en el 100% de los animales estudiados durante esta semana. El centro de osificación de la epífisis distal del fémur se identifica en las radiografías mediolaterales como una mancha radiopaca de forma semilunar, ligeramente desplazada hacia la parte caudal de la metáfisis distal. A partir de este único centro se desarrollan todos los accidentes óseos que configuran la extremidad distal del fémur en el adulto: cóndilos, epicóndilos y tróclea femoral. Durante las siguientes semanas se expande en dirección cráneo-proximal, llegando a definir una línea epifisaria completa hacia la 13.^a semana, coincidente con la conformación definitiva de la tróclea y cóndilos femorales.

El núcleo correspondiente a la superficie articular proximal de la tibia se dispone sobre el extremo de la diáfisis a modo de casquete semiesférico que se expande transversalmente para empezar a configurar los tubérculos y áreas intercondilares hacia la 8.^a semana, hacia la 13.^a semana define una línea epifisaria completa. Es importante significar que ambos cóndilos tibiales se desarrollan a partir de este único centro de osificación.

La epífisis proximal del peroné es un núcleo de aparición más tardía y con una alta variabilidad para ser un núcleo epifisario. En algunos animales (Fig. 1F) lo hemos observado durante la 4.^a o 5.^a semana, pero no está presente en el total de gatos hasta la 6.^a (Fig. 1D). Se dispone como un círculo radiopaco sobre la diáfisis fi-

bular, que durante las semanas siguientes a su aparición se expande transversal y proximalmente para definir una línea epifisaria completa hacia la 13.^a semana.

En las radiografías mediolaterales detectamos durante la 5.^a semana (Fig. 1F) el segundo núcleo que conforma la epífisis proximal de la tibia, nos referimos a la tuberosidad tibial. En el 83% de las hembras se observó durante esta semana y en todas a la 6.^a, en los machos su aparición fue más tardía (6.^a o 7.^a semana). Evoluciona proximal y distalmente pero aún no había definido una línea de fusión completa al terminar la experiencia.

La rótula manifiesta los primeros signos de osificación entre la 6.^a y la 7.^a semana (Fig. 2A). Sin embargo, presenta una gran variabilidad de aparición en esta raza, ya que en una de las hembras no se detectó hasta la 10.^a. Evoluciona próximo-distalmente adaptándose al surco troclear hacia la 15.^a-18.^a semana.

A partir de la 9.^a semana (Fig. 2B) observamos claramente en el 50% de los gatos la osificación del sesamoideo de la cabeza lateral del M. gastronemio y está presente en todos durante la 10.^a semana. Experimenta un rápido crecimiento cráneo-caudal, situándose en relación con la línea epifisaria distal del fémur sobre la superficie articular sesamoidea del cóndilo lateral. Es un centro de osificación fácil de identificar en la radiografías craneocaudales y mediolaterales de la región.

El núcleo correspondiente al sesamoideo de la cabeza medial del M. gastronemio es difícil de observar en las radiografías mediolaterales ya que queda superpuesto al de la cabeza lateral. En los animales más precoces se detecta radiográficamente hacia la 17.^a semana (Fig. 2C), y en los menos hacia la 20.^a. Es de significar que, en una de las camadas (10% de los animales), no hemos encontrado signos de osificación por parte de este sesamoideo (Fig. 2D).

Otro centro de osificación presente hacia la cara caudal de la articulación de la rodilla es el correspondiente al sesamoideo del M. poplíteo.

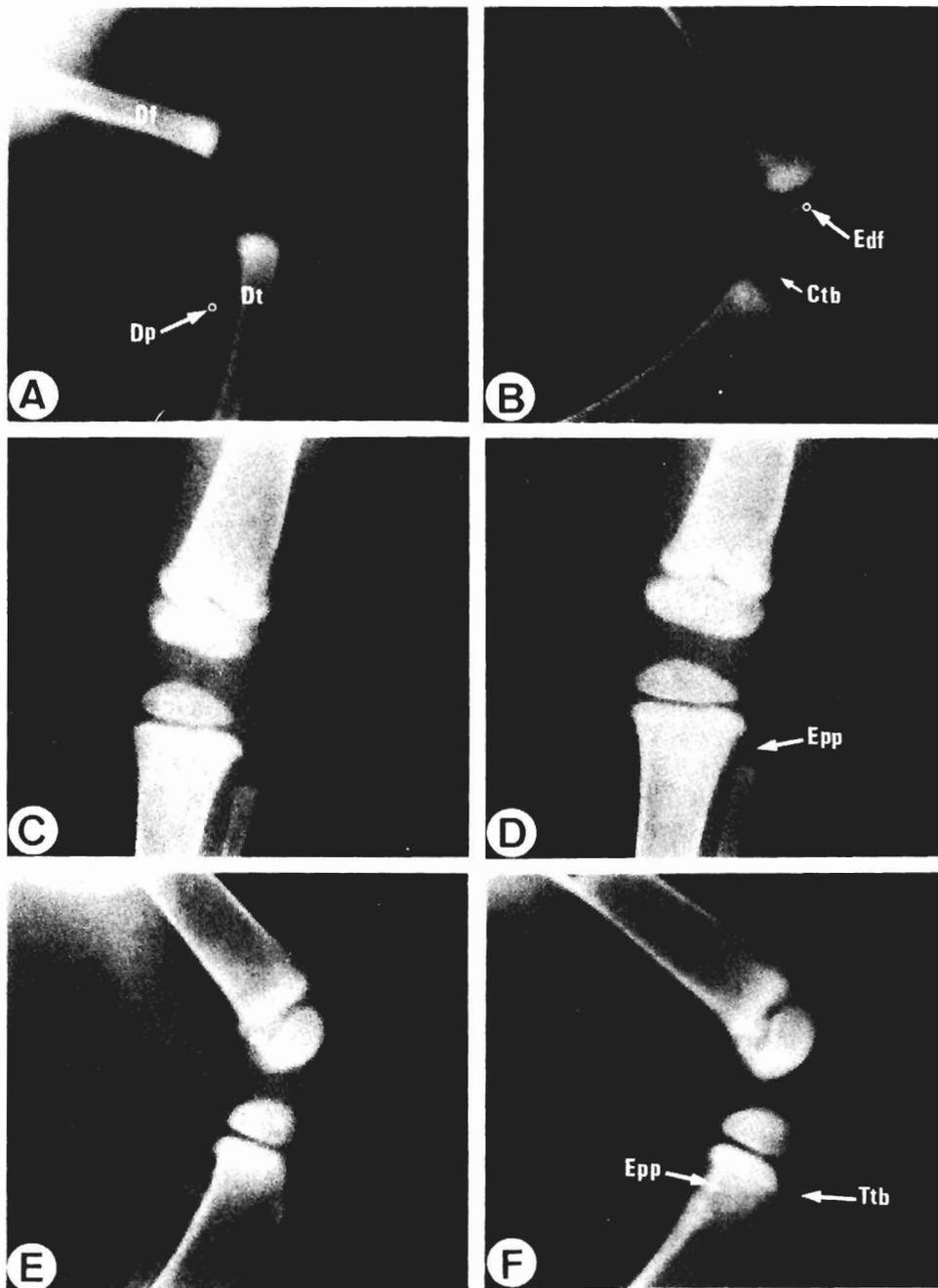


FIGURA 1: Imágenes radiográficas mediolaterales y craneocaudales de la articulación de la rodilla: 1A (nacimiento); 1B (2.ª semana); 1C (5.ª semana); 1D (6.ª semana); 1E (4.ª semana); 1F (5.ª semana).

En las imágenes radiográficas mediolaterales es fácilmente identificable entre la epífisis proximal del peroné y los sesamoideos del M. gastrocnemio. Su aparición suele coincidir con la del sesamoideo medial. Está presente en el 40% de las hembras a finales de la 17.^a semana (Fig. 2E) y durante la 19.^a es constante; en los machos existe retraso de una semana respecto a las hembras.

Aunque todas las líneas epifisarias estaban completamente definidas al terminar la experiencia, excepto la de la tuberosidad tibial, no hemos encontrado fusiones totales en la región de la rodilla (Fig. 2F). Sólo se observa fusión parcial por parte de la epífisis proximal del peroné, en algunos animales, hacia la 25.^a semana.

DISCUSIÓN

Sobre la epífisis distal del fémur, estamos de acuerdo con los diferentes autores consultados que se desarrolla a partir de un único centro de osificación. TICER (1984) señala que en el perro existen núcleos de osificación independientes para los cóndilos y tróclea femorales. SMITH (1968) la observa radiográficamente durante la 1.^a semana en la tercera parte de los animales analizados y en todos a la 2.^a semana.

De los centros de osificación que integran la epífisis proximal de la tibia, coincidimos con SMITH (1968) y BARONE (1976) en que primero se detecta el centro correspondiente a la superficie articular proximal. Lo hemos observado durante la 2.^a semana en todos los animales; para SMITH (1968) no está presente en el 100% de los gatos hasta la 3.^a semana. Hay que resaltar que sólo existe un núcleo de osificación para ambos cóndilos tibiales, resultados acorde con los de GARCÍA MONTERDE *et al.* (1984) al estudiar el perro pastor alemán, y que difieren de los de TICER (1984) y MAYRHOFER (1989). La tuberosidad tibial se evidencia en el 83% de las hembras durante la 5.^a semana. Sin embargo, en los machos puede retrasar su apari-

ción hasta la 7.^a. Estos resultados concuerdan en líneas generales con los aportados por SMITH (1968) para el gato común, aunque existe una mayor precocidad en el gato siamés sobre todo en hembras.

Respecto a la epífisis proximal del peroné, coincidimos con los diferentes autores en que constituye un núcleo de osificación muy tardío y con una alta variabilidad de aparición. En algunos de nuestros animales fue observado durante la 4.^a semana y en otros no se detectó hasta la 6.^a. SMITH (1968) no refiere su aparición hasta la 6.^a o 7.^a semana.

La rótula al tratarse de un sesamoideo es lógico que haga su aparición más tardiamente. SMITH (1968) señala que su detección más constante corresponde a la 8.^a semana, estando siempre presente durante la 9.^a. En nuestros resultados, la rótula tiene una gran variabilidad de aparición pues en una de las hembras no se detectó hasta la 10.^a semana. No obstante, los primeros signos de osificación los hemos observado durante la 6.^a y 7.^a semanas y en la mayoría de los animales estaba presente a la 8.^a.

Por lo que respecta a los sesamoideos de esta región, SMITH (1968) señala que el sesamoideo de la cabeza lateral del M. gastrocnemio aparece en el 50% de los animales a la 10.^a semana y no es constante hasta la 16.^a. En el gato siamés durante la 9.^a semana ya está presente en el 50% de los animales, siendo constante a la 10.^a. El sesamoideo de la cabeza medial del M. gastrocnemio aparece más tarde, radiográficamente lo hemos detectado entre la 17.^a y 20.^a semana. En el gato común su detección es aún posterior, hacia la 22.^a semana (SMITH, 1968). Coincidimos con dicho autor en que se trata de un centro de osificación inconstante, ya que el 10% de los animales radiografiados no presentaban signos de osificación. De hecho SMITH mediante disección y radiografías demostró en animales adultos que puede ser inconstante su presencia en una o en ambas piernas, siendo la incidencia mayor en el gato común (40%) que en el gato siamés. La falta de osificación en

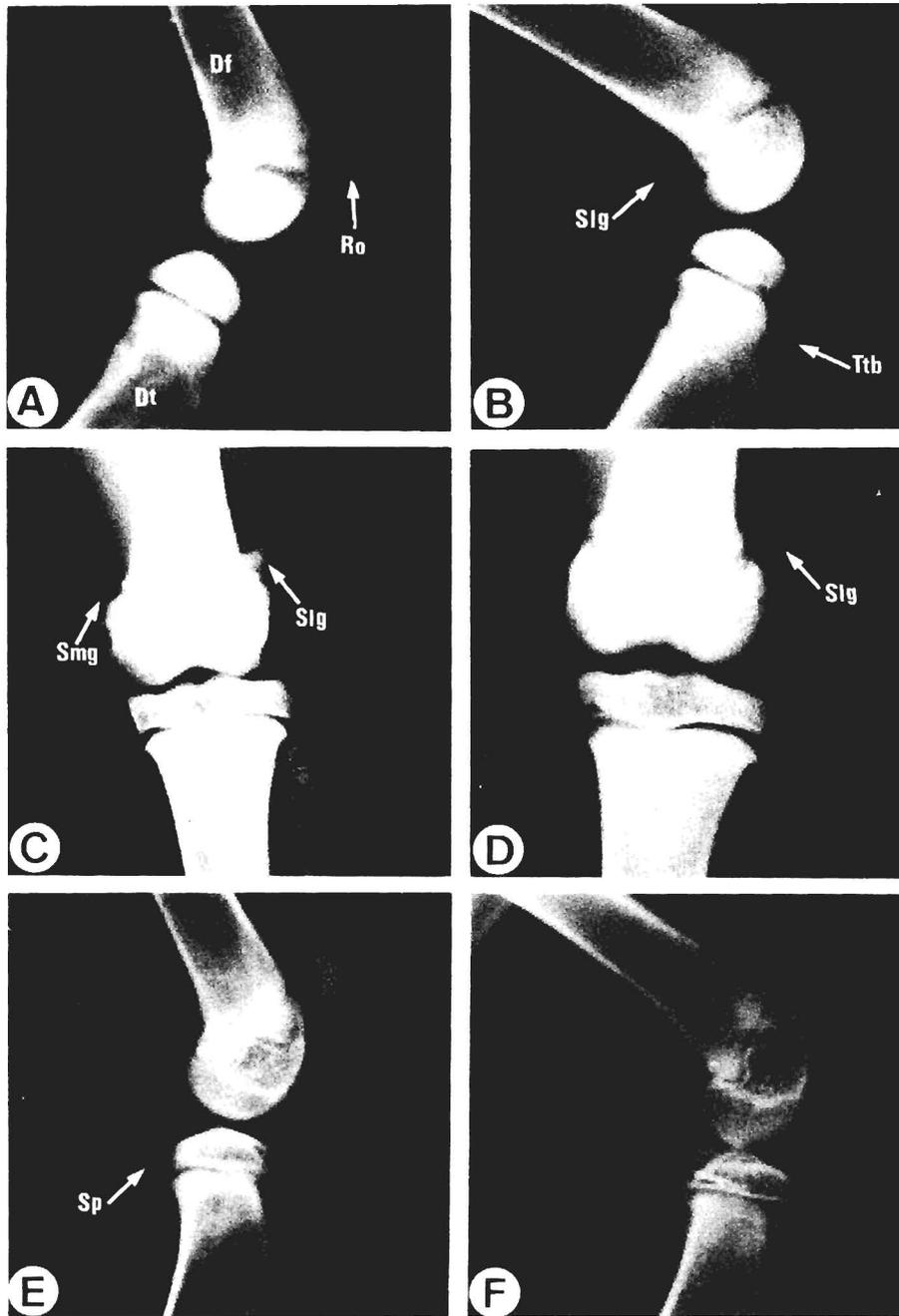


FIGURA 2. Imágenes radiográficas mediolaterales y craneocaudales de la articulación de la rodilla: 2A (7.^a semana); 2B (9.^a semana); 2C (17.^a semana); 2D (25.^a semana); 2E (17.^a semana); 2F (25.^a semana).

algunos sesamoideos de esta región fue puesta también de manifiesto por McCARTHY/WOOD (1989) al estudiar el sesamoideo del M. poplíteo en perros y gatos adultos. Mientras que en gatos la osificación era constante, en perros existía un 16%, principalmente de las razas fox terrier y pastor alemán, que no presentaban indicios de osificación. En nuestros resultados, el sesamoideo del M. poplíteo aparece en el 40% de los animales hacia la 17.^a semana y es constante a la 20.^a. Para SMITH constituye un centro de osificación constante entre la 16.^a y 20.^a semana.

BIBLIOGRAFÍA

- BARONE, R. (1976): Anatomie comparée des mammifères domestiques. Ed. Vigot Freres, Paris.
- BEGON, D.; MIALOT J. P.; GUERIN, C. (1985): Aspects radiographiques du squelette appendiculaire chez le chien en croissance. *Point Vét.*, 17(88): 101-113.
- BOYD, J. S. (1968): Radiographic appearance of the centres of ossification of the limb bones in the feline foetus. *Br. Vet. J.*, 124: 365-370.
- (1976): Studies on the appearance of the centres of ossification of the axial skeleton in the feline foetus. *Zbl. Vet. Med. C. Anat. Hist. Embryol.*, 5: 193-205.
- BRESSOU, C.; POMRIASKINSKY-KOBOZIEFF, N. A.; KOBZIEFF, N. (1957): Etude radiologique de l'osification du squelette du pied du chien aux divers stades de son évolution, de la naissance à l'âge adulte. *Rec. Méd. Vét. Alfort*, 133(8): 449-464.
- BRESSOU, C.; POMRIASKINSKY-KOBOZIEFF, N. A.; KOBZIEFF, N. (1959): Etude radiologique de l'osification du squelette de la main du chat aux divers stades de son évolution, de la naissance à l'âge adulte. *Rec. Méd. Vét. Alfort*, 135(8): 547-563.
- BRESSOU, C.; POMRIASKINSKY-KOBOZIEFF, N. A.; KOBZIEFF, N. (1959): Etude radiologique de l'osification du squelette du pied du chat aux divers stades de son évolution, de la naissance à l'âge adulte. *Rec. Méd. Vét. Alfort*, 135(9): 612-618.
- CHAPMAN, W. C. (1965): Appearance of ossification centers and epiphyseal closures as determined by radiographic techniques. *J. A. V. M. A.*, 147(2): 138-141.
- ELGENMARCK, O. (1946): The normal development of the ossification centres during infancy and childhood. *Acta Paediatr.*, 33: 9-30.
- GARCÍA MONTERDE, J.; AGÜERA, E.; SANDOVAL, J. (1984): La osificación de los miembros del perro: Atlas radiográfico. *Not. Neosán*, 212: 5-61.
- GARN, S. M.; ROHMANN, C. G.; WALLACE, D. K. (1961): Association between alternate sequences of hand-wrist ossification. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 19: 361-364.
- GARN, S. M.; ROHMANN, C. G.; BLUMENTHAL, T. (1966): Ossification sequence polymorphism and sexual dimorphism in skeletal development. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 24: 101-116.
- HOLZWORTH, J. (1987): Diseases of the cat. Vol. 1. W. B. Saunders, Philadelphia.
- MAYRHOFER, E. (1988): Ossification variants in the limb skeleton of the dog. I temporary centres in growing dogs. *J. Vet. Med. Ser. A.*, 35(7): 544-560.
- McCARTHY, P. H.; WOOD, A. K. (1989): Anatomical and radiological observations of the sesamoid bone of the popliteus muscle in the adult dog and cat. *Zbl. Vet. Med. C. Anat. Hist. Embryol.*, 18: 58-65.
- N. R. C. (1986): Nutrient Requirements of Cats. Academy Press, Washington.
- ODGEN, J. A. (1984): Radiology of postnatal skeletal development. *Skeletal Radiol.*, 12: 169-177.
- ODITA, J. C.; OKOLO, A. A.; OMENE, J. A. (1985): Sternal ossification in normal newborn infants. *Pediatr. Radiol.*, 15: 165-167.
- POMRIASKINSKY-KOBOZIEFF, N. A.; KOBZIEFF, N. (1954): Etude radiologique de l'aspect du squelette normal de la main du chien. *Rec. Méd. Vét. Alfort*, 130(10): 617-646.
- PYLE, I.; SONTANG, L. W. (1943): Variability in onset of ossification in epiphyses and short bones of the extremities. *Am. J. Roentgenol Rad. Therapy*, 49: 795-798.
- SMITH, R. N. (1968): Appearance of ossification centres in the kitten. *J. Small. Anim. Pract.*, 9: 497-511.
- (1969): Fusion of ossification centres in the cat. *J. Small. Anim. Pract.*, 10: 523-530.

SMITH, R. N.; ALLOCK, J. (1960): Epyphyseal union in the Greyhound. *Vet. Rec.*, 72: 75-79.

TICER, J. W. (1985): *Radiographic technique en veterinary practice*. W. B. Saunders, Philadelphia.

YONAMINE, H. (1985): *Radiographic studies on the skeletal development in beagle*. Second Depart of Vet. Surg., Nippon Veterinary Zootechnical College.