

Signos radiológicos y ecográficos asociados al síndrome de hiperadrenocorticismo en perros.

Aunque el diagnóstico de hiperadrenocorticalismo se confirma habitualmente por test endocrinos, radiología y ecografía aportan datos en los pacientes que permiten realizar una valoración clínica más completa. Este artículo revisa los cambios radiográficos y ecográficos que pueden aparecer en perros con hiperadrenocorticalismo.

Palabras clave: Perro; Cushing; Hiperadrenocorticalismo; Radiología; Ecografía.
AVEPA, vol. 22, nº 3, 2002

M. Gascón*, D. Rodes*, A. Unzueta*,
F. Liste**, F. Llabres***.

* : Departamento de Patología Animal, Servicio de Medicina Interna de Pequeños Animales, Facultad de Veterinaria, Zaragoza.

** : Facultad de Ciencias Experimentales y de la Salud (Veterinaria), Universidad Cardenal Herrera, CEU, Moncada (Valencia).

***: Centre for Small Animal Studies, Animal Health Trust, Newmarket, England.

R

INTRODUCCIÓN

El hiperadrenocorticalismo es un síndrome que engloba un conjunto de alteraciones orgánicas que son consecuencia de los elevados niveles de cortisol en sangre; en un 85-90% de los casos el exceso de cortisol está provocado por un tumor corticotropo hipofisario ó una hiperplasia de hipófisis, el 10-15% restante está provocado por tumores adrenocorticales secretores de cortisol; en algunos casos, un hiperadrenocorticalismo yatrogénico puede ser provocado por un excesivo aporte exógeno de glucocorticoides. El conjunto de síntomas que comprende este síndrome es amplio: poliuria-polidipsia, abdomen péndulo, hepatomegalia, letargia, debilidad muscular, anoestro, obesidad, atrofia muscular, jadeo, atrofia testicular, signos cutáneos (alopecia, comedones, hiperpigmentación, calcinosis cutis). El diagnóstico se realiza habitualmente con los test endocrinos de estimulación con ACTH y el de supresión con dexametasona. Los hallazgos en los análisis de laboratorio para los casos Cushing están ampliamente descritos, tanto para los test hormonales^{1, 2, 3}, como para los datos de bioquímica clínica y hematología^{4, 5}. Radiología y ecografía representan dos métodos de diagnóstico por imagen de uso rutinario en clínica veterinaria de pequeños animales, y aportan datos que ayudan a valorar mucho mejor cambios orgánicos asociados al síndrome de Cushing; en radiología pueden observarse cambios en el tórax y abdomen, e incluso pueden realizarse estudios del tamaño de la hipófisis con contrastes vasculares, mientras que la ultrasonografía permite un examen detallado de las glándulas adrenales para valorar su estructura y tamaño, siendo un complemento idóneo de los test endocrinos citados anteriormente para el diagnóstico del hiperadrenocorticalismo.

En muchas ocasiones la radiología de tórax, abdomen y la ecografía abdominal forman parte de protocolos diagnósticos que tienen por objeto un chequeo general del paciente, y es a partir de los cambios observados en estas técnicas de imagen cuando el clínico empieza a sospechar que el paciente puede sufrir un hiperadrenocorticalismo (los cuadros clínicos iniciales son muchas veces inespecíficos y no permiten sospechar en un primer momento que el animal sufra un síndrome de hiperadrenocorticalismo). Por todo lo anterior, se plantea como objetivo de este trabajo el describir los posibles hallazgos que el clínico puede encontrar en el examen radiológico y ecográfico de un animal con síndrome de hiperadrenocorticalismo, con el convencimiento de que ello contribuirá a un

mayor aprovechamiento de estas técnicas con fines médicos y diagnósticos en el síndrome referido.

EXPLORACIÓN RADIOLÓGICA

La densidad radiológica del tejido adrenal es similar a la de los tejidos circundantes, por lo que la observación de las adrenales es difícil radiológicamente, a ello hay que unir la dificultad añadida por la superposición de las distintas estructuras que rodean a las glándulas adrenales⁶, aunque podemos disminuirla mediante^{7,8} el ayuno, la aplicación de enemas o ejerciendo presión en la zona mediante elementos radiolúcidos. El tamaño mínimo para que una masa adrenal pueda ser detectada en una radiografía parece ser de unos 2 cm de diámetro⁹; la observación radiográfica de adrenales será pues más fácil si tenemos aumento del tamaño de dichas glándulas, como ocurre en los hiperadrenocorticalismos asociados a tumores adrenales (Fig. 1); en un 50% de estos puede haber calcificación adrenal, lo que facilita la detección de las adrenales en exposiciones laterolaterales en el cuadrante cráneo dorsal abdominal, por delante del polo anterior de los riñones; según algunos autores¹⁰, una mineralización difusa de las glándulas adrenales se asocia a procesos neoplásicos, mientras que si es únicamente marginal puede deberse a cambios distróficos en un animal sano, el otro 50% de tumores, no mineralizados, deberá presentar un diámetro superior a 2 cm para poderse localizar con cierta fiabilidad^{4,8}; la hiperplasia de las glándulas adrenales, de tipo funcional y no asociada a tumores adrenales supondría pues el mayor porcentaje de casos de aumento de tamaño adrenal. Algunos autores sugieren la realización de pielografías intravenosas para la detección de masas adrenales, ya que puede haber un incremento de la vascularización de la glándula afectada⁸.

El animal enfermo de hiperadrenocorticalismo suele sufrir molestias motoras, ya que tanto los músculos abdominales como los de las extremidades se encuentran debilitados, mostrando una hiperextensión de las extremidades, lordosis y temblores musculares⁵. Por otro lado, los glucocorticoides aumentan el catabolismo en el tejido óseo y la excreción de calcio urinario, y disminuyen la absorción de calcio por la mucosa intestinal al interferir



Fig. 1. Radiografía abdominal de un perro con hiperadrenocorticalismo. Se aprecia una masa abdominal, localizada cranealmente al riñón izquierdo (flechas grandes), compatible con una glándula adrenal, y un pequeño punto más caudal que puede corresponder a la calcificación de una arteria iliaca (flecha pequeña).



Fig. 2. Esta radiografía corresponde a un animal con poliuria-polidipsia, obeso, y que no sufre síndrome de hiperadrenocorticalismo. Se observa que la radiografía es más plana, con menos contraste, lo que produce una sensación de menor densidad ósea; en la zona de grasa sublumbar aparecen unas líneas blancas que pueden confundirse con una calcificación arterial, pero que posiblemente representan los límites de los compartimentos grasos.

la acción de la vitamina D, lo que produce gradualmente en el animal una osteoporosis e incremento de la fragilidad ósea; esta osteoporosis es especialmente manifiesta a nivel de los cuerpos vertebrales de la región lumbar, y se refleja en una disminución de la densidad radiológica ósea⁴; un aspecto interesante a tener en cuenta es la presencia de una mayor cantidad de grasa en un animal con Cushing, lo que repercute en la técnica radiográfica en un aumento de la exposición y reducción del contraste, con lo que los huesos pueden parecer más radiolúcidos de forma artefactual¹¹ (Fig. 2).

En una placa radiográfica de abdomen se observará un aumento del volumen abdominal, la presencia de hepatomegalia y en algunos animales una vejiga de la orina muy dila-



Fig. 3. Radiografía de un animal con síndrome de hiperadrenocorticalismo. Obsérvese el aspecto péndulo del abdomen y la calcificación arterial, representada por unas líneas blancas en la zona sublumbar (entre el riñón izquierdo y la columna lumbar).

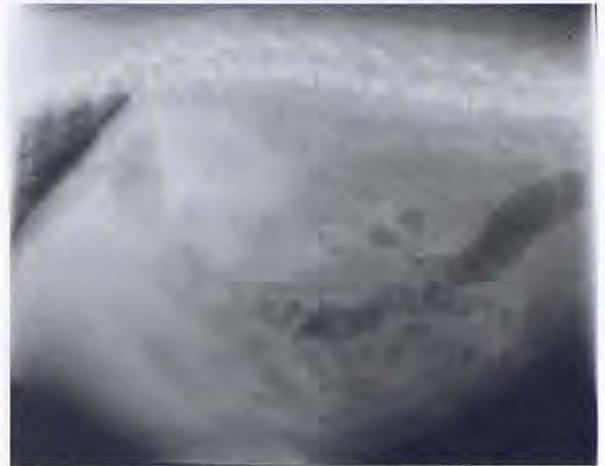


Fig. 4. Radiografía de una animal con síndrome de hiperadrenocorticalismo. Obsérvese la hepatomegalia y el aspecto péndulo del abdomen.

tada, incluso habiendo miccionado momentos antes a la realización de la placa radiográfica, ya que la debilidad muscular puede llegar a originar un incompleto vaciamiento de la misma en cada micción⁴. El abdomen péndulo (Figs. 3 y 4) es uno de los síntomas que presenta un animal afectado de hiperadrenocorticalismo y tiene relación con una redistribución de la grasa corporal, que se acumula en el abdomen mediante mecanismos desconocidos pero relacionados con los cambios que en el metabolismo graso produce el incremento de cortisol en sangre^{5, 12}; este incremento en el depósito de grasas a nivel hepático, junto con un aumento de los depósitos de glucógeno, favorece en estos animales el desarrollo de una hepatomegalia (Fig. 4), con desplazamiento caudal del píloro y un aspecto redondo del borde ventral hepático. La hepatomegalia se presenta en un 80-90% de los perros con síndrome de Cushing. Puede ser desde suave y moderada hasta severa, no encontrándose relación entre la duración del proceso y el grado de hepatomegalia para algunos autores^{4, 8}, aunque si para otros⁷.

La alteración en el metabolismo óseo produce en algunos animales una mineralización ectópica a nivel de pelvis renal, hígado, mucosa gástrica o de las ramas de la aorta abdominal (Figs. 1 y 3)⁵. También podemos detectar calcificación de los anillos traqueales y porciones principales de los bronquios, aunque estos dos últimos hallazgos no suelen ser considerados como significativos si se encuentran en perros de edad avanzada⁴. En ocasiones, en un 10% de perros con Cushing⁴ o en un 30-40%⁵, pueden encontrarse calcificaciones en piel y tejido subcutáneo; estas se

presentan con mayor frecuencia en la línea media de la columna vertebral, parte ventral del abdomen y región inguinal, distribuyéndose a lo largo de las fibras de colágeno y elastina de la dermis y subcutis y pudiendo llegar a sobresalir de la dermis atrófica, palpándose en ocasiones unas concreciones firmes rodeadas de un halo hiperémico⁵; este hallazgo en la exploración clínica es interesante, pero debe valorarse con cuidado en la radiología ya que la simple observación de líneas blancas puede corresponderse a pliegues de piel, que no tendrían ningún significado.

En las placas radiográficas de tórax podemos encontrar cambios que nos permitirán valorar de forma más completa a un paciente con hiperadrenocorticalismo, la posible detección de metástasis en el parénquima pulmonar en casos de adenocarcinomas adrenales es uno de los aspectos que deberemos vigilar. Uno de los hallazgos más comunes es la calcificación de los anillos traqueales, paredes bronquiales y del parénquima pulmonar (Fig. 5), observándose unos septos alveolares marcadamente delgados y cierta tendencia hacia una fibrosis pulmonar, pudiéndose ver igualmente osteoporosis a nivel de las vértebras torácicas. La mineralización del intersticio pulmonar y de los bronquios, puede aparecer en un 40% y 90% de los casos respectivamente y ser en ocasiones confundida con un edema intersticial; este es un dato interesante a nivel clínico, pues un animal con hiperadrenocorticalismo tiene tendencia a sufrir hipertensión sanguínea y puede presentar un grado ligero de cardiomegalia, lo que conduce a algunos clínicos a administrar diuréticos en estos casos.



Fig. 5. Radiografía de un animal con síndrome de hiperadrenocorticalismo. Se observan signos de calcificación bronquial y abundante grasa.

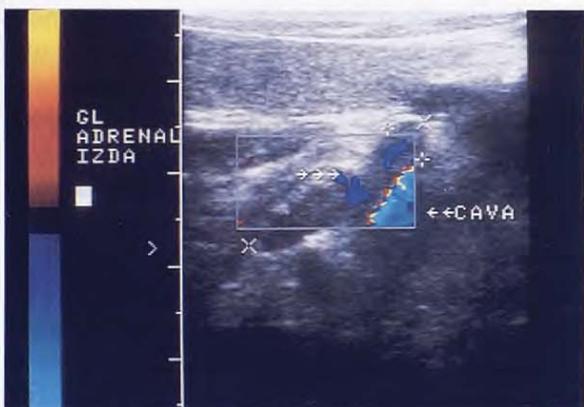


Fig. 6. Corte longitudinal de la glándula adrenal izquierda en un perro Beagle mostrando sus dimensiones (entre x y +) y elementos vasculares. El cuadro rectangular con señal Doppler Color muestra los vasos frénicos abdominales que atraviesan el istmo de la glándula y la vena cava caudal que se dispone paralelamente a ella en este corte. La cabeza del animal se sitúa a la izquierda del observador.

Aunque no sea un hallazgo frecuente, la posible presencia de tromboembolismo pulmonar en casos de hiperadrenocorticalismo puede producir un incremento de la radiolucidez en las zonas distales a la obstrucción tromboembólica a causa de la hipoperfusión⁴, y un aumento del diámetro de la arteria pulmonar obstruida¹⁰. Otra de las consecuencias del ex-



Fig. 7. Corte transversal de la glándula adrenal derecha en un perro Beagle mostrando su diámetro transversal (entre x, 5.4 mm) situada entre la aorta (AO) y la vena cava caudal (CAVA). El flujo vascular es visible gracias a la señal Doppler Color en esta imagen. La señal vascular que se aleja del transductor (en azul) cerca de la aorta corresponde a la arteria renal izquierda. Obsérvese como la glándula derecha contacta con la pared medial de la vena cava caudal. El riñón izquierdo (RD) se encuentra lateralmente a la aorta en esta imagen. La izquierda del animal se sitúa a la izquierda del observador en este corte.

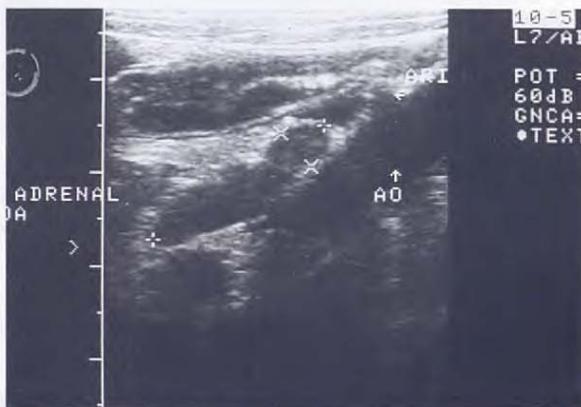


Fig. 8. Corte longitudinal de la glándula adrenal izquierda (entre x y +, indicando su diámetro sagital = 22.4 mm y transversal = 4.8 mm) en un perro Beagle mostrando su típico aspecto bilobulado. Obsérvese su disposición craneal a la arteria renal izquierda (ARI) que sale de la aorta (AO). En el campo cercano al transductor puede apreciarse un asa de intestino delgado. La cabeza del animal se sitúa a la izquierda del observador.

ceso de glucocorticoides es la hipertensión sistémica, lo que supone un aumento del trabajo del miocardio y con ello una posible hipertrofia. Dado que la mayor incidencia de Cushing se produce en perros de avanzada edad, con cierta predisposición a padecer fibrosis valvular y posible insuficiencia cardíaca, la situación de hipertensión se agrava en estos casos, y es más probable el desarrollo de una cardiomegalia izquierda y ocasionalmente de edema pulmonar⁴. Los cambios radiológicos en tórax son pues variados pero a la vez difíciles de valorar por su inespecifici-

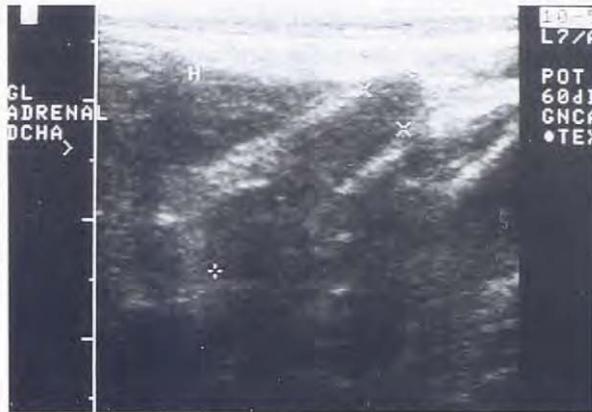


Fig. 9. Corte longitudinal de la glándula adrenal derecha (entre x y +, indicando su diámetro sagital = 24.5 mm y transversal = 4.9 mm) en un perro Beagle. El perfil de un lóbulo hepático se observa cranealmente a la glándula (H). La cabeza del animal se sitúa a la izquierda del observador.



Fig. 10. Imagen ecográfica de una masa heterogénea, de 4 cm. de longitud, bien delimitada de los tejidos circundantes, localizada en la zona anatómica de la glándula adrenal izquierda y que resultó ser un tumor adrenal.



Fig. 11. Imagen ecográfica de una glándula adrenal izquierda hipertrofiada en un animal con síndrome de hiperadrenocorticalismo. Obsérvese la clara diferencia corticomedular con una médula hiperecoica.



Fig. 12. Imagen ecográfica de la glándula adrenal derecha del animal de la Fig. 11. El aspecto ecográfico es similar al de la glándula izquierda, con una clara diferenciación corticomedular.

dad, sobre todo en animales adultos y en aquellos que sufren afecciones cardiovasculares.

EXPLORACIÓN ECOGRÁFICA

La ecografía permite acceder al estudio de las adrenales obteniendo datos sobre su tamaño y estructura; si hace unos años localizar las adrenales ecográficamente quedaba reservado a ecografistas muy cualificados, actualmente con la calidad de los equipos es relativamente sencilla su exploración. Los protocolos para explorar adecuadamente con ecografía las glándulas adrenales y la anatomía topográfica de las mismas en perros están perfectamente descritos^{13, 14}; desde hace unos años también se han desarrollado con éxito técnicas de identificación adrenal basadas en el seguimiento con mar-

cadore vasculares¹⁵. El uso del Doppler permite localizar aún mejor las referencias vasculares (Figs. 6 y 7), determinar si una masa adrenal está muy vascularizada ó hay infiltración de vasos cercanos, como la vena caudal, evitando recurrir a técnicas radiológicas de contraste vascular, que requerirían anestesia y no están exentas de riesgo. No obstante, la ecografía de glándulas adrenales presenta también algunos inconvenientes: La calidad del diagnóstico ecográfico es muy dependiente de la experiencia y del grado de pericia del ecografista. La presencia de gas en el sistema gastrointestinal puede dificultar enormemente la ecografía abdominal; puede ser relativamente difícil encontrar las adrenales normales e incluso hipertrofiadas, especialmente con aparatos antiguos o con transductores de baja frecuencia; la adrenal derecha, especialmente en animales grandes, es mucho más difícil de encontrar que la

izquierda⁶; finalmente, existe el peligro de detectar solamente una de las adrenales, con lo que dejaríamos de detectar un tumor unilateral o un segundo tumor si ambas adrenales están afectadas¹⁶.

La ecogenicidad de las glándulas adrenales normales es uniformemente hipoecoica, y en ocasiones incluso es difícil diferenciarla de estructuras vasculares vecinas (Figs. 8 y 9). En caso de neoplasias, la ecogenicidad se ve alterada de hipo a hiperecoica, incluso mixta (Fig. 10), pero este cambio de ecogenicidad en ocasiones no va asociado a malignidad; el aumento de ecogenicidad se relaciona en ocasiones a focos de mineralización asociados a tumores o glándulas hiperplásicas indistintamente^{17, 18}. El patrón ecográfico que muestra una médula hiperecoica rodeada de una corteza hipoecoica se ha visto tanto en adrenales normales como en adrenales hipertrofiadas⁶ (Figs. 11 y 12).

En lo referente al tamaño, las mediciones de las glándulas adrenales deben hacerse tanto en longitud como en anchura, siendo importante la medición en grosor¹⁴; como referencia pueden ser de utilidad las siguientes medidas normales en perros¹⁹:

Glándula adrenal izquierda:

Longitud: de 10.7 a 50.2 mm.

Grosor polo caudal: de 1.9 a 12.4 mm.

Glándula adrenal derecha:

Longitud: de 10 a 39.3 mm.

Grosor polo caudal: de 3.1 a 12 mm.

El incremento de tamaño de ambas glándulas adrenales se encuentra generalmente cuando hay una hiperplasia dependiente de la pituitaria (PDH) (Figs. 11 y 12), por el contrario, el aumento de tamaño de una sola glándula adrenal se producirá en casos de tumores adrenales²⁰ acompañado en ocasiones por una atrofia de la glándula adrenal contralateral; ocasionalmente los carcinomas adrenales pueden ser bilaterales^{20, 21} y en estos casos la diferenciación con una hiperplasia bilateral será algo más difícil. La invasión de la vena cava caudal por la masa adrenal o la presencia de trombosis venosa es indicativo de un tumor maligno¹⁷.

En caso de detectar un tumor adrenal, la ecografía se convierte en un medio fiable para detectar posibles metástasis en otros órganos, como parénquima hepático, esplénico, o de tejidos próximos a la glándula en caso de carcinomas adrenales. También deberemos de tener cuidado con estructuras próximas, de

aspecto ecográfico similar a las adrenales, que pueden verse alteradas por otros procesos y que nos pueden inducir a confusión, como es el caso de linfadenopatías, en las que los ganglios linfáticos aparecen como estructuras ovales hipoecoicas próximas a la aorta¹³.

Otros órganos abdominales pueden presentar cambios detectables por ecografía en animales con hiperadrenocorticalismo. Podrían aparecer cálculos a nivel de la vejiga de la orina, debido a la elevada excreción de calcio por la orina y las posibles infecciones urinarias favorecidas por los efectos inmunodepresivos de los glucocorticoides⁴. Los cambios estructurales que sufre el hígado en animales con Cushing hacen que este aparezca más grande y con un aumento difuso y homogéneo de la ecogenicidad. El hiperadrenocorticalismo puede producir estados de hipercoagulabilidad y a consecuencia de ello desarrollarse trombosis aórtica²²; en la detección de estos trombos la ecografía, mejor si además lo hacemos con Doppler, puede ser un instrumento útil.

CONCLUSIONES

Bajo nuestro punto de vista, la radiología tiene un valor diagnóstico pobre en los casos de hiperadrenocorticalismo (síndrome de Cushing), sólo en aquellos casos en los que la presencia de signos clínicos compatibles con hiperadrenocorticalismo se asocia a la presencia radiológica de posibles masas adrenales esta técnica tendrá un valor diagnóstico alto; hallazgos radiológicos como los descritos aparecen en muchos animales con poliuria-polidipsia (PU-PD) no asociada a síndrome de Cushing, si bien es cierto que en casos de PU-PD que en principio no parecen clínicamente ser Cushing, la presencia de varios de estos signos (el valor individual de los signos radiográficos descritos, salvo el aumento del tamaño adrenal, es bastante reducido) en un paciente deberían obligar al clínico a descartar el hiperadrenocorticalismo utilizando los test endocrinos adecuados.

La ecografía de glándulas adrenales es más útil para el clínico veterinario, aún considerando los inconvenientes descritos en el texto, aporta más datos diagnósticos y completa los test endocrinos; es bajo, nuestro punto de vista, una prueba obligada tanto en los casos sospechosos de síndrome de Cushing como en los confirmados por los test endocrinos.

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Ruth Dennis, Directora del Animal Health Trust (Centre for Small Animal Studies,

Animal Health Trust, Newmarket, England), por el asesoramiento prestado a Francisco Llabrés en la elaboración de algunas de las imágenes ecográficas contenidas en este artículo.

Summary

Polyuria/Polydipsia (PU/PD) Syndrome is usual in Small Animal Clinical Practice, has a wide differential diagnosis and one of its causes is the hyperadrenocorticalism (Cushing's Syndrome). Animals suffering hyperadrenocorticalism sometimes show a characteristic clinical picture; nevertheless, specific screening test (ACTH response and dexamethasone suppression test) are routinely used for diagnosis; radiology and ultrasonography are usually included in the diagnostical protocol of PU/PD Syndrome, help to a better diagnosis and evaluation of the patient and may show some changes related with hyperadrenocorticalism. This paper revises the radiographic (hepatomegaly, adrenal mineralization, osteoporosis, dystrophic calcification, congestive heart failure, pulmonary embolism) and ultrasonographic (adrenal size and structural changes) changes that one may find in a dog with hyperadrenocorticalism.

Key words: Dog; Cushing's Syndrome; Hyperadrenocorticalism; Radiology; Ultrasonography.

BIBLIOGRAFÍA

- Feldman, E.C.: Distinguishing dogs with functioning adrenocortical tumors from dogs with pituitary-dependent hyperadrenocorticism, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 183: 195-200, 1983.
- Kaplan, A.J.; Peterson, M.E.; Kemppainen, R.J.: Effects of disease on the results of diagnostic tests for use in detecting hyperadrenocorticism in dogs, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 207: 445-451, 1995.
- Reusch, C.E.; Feldman, E.C.: Canine hyperadrenocorticism due to adrenocortical neoplasia, *J. Vet. Intern. Med.*, 5: 3-10, 1991.
- Feldman, E.C.; Nelson, R.W.: Hyperadrenocorticism. *En: Feldman, E.C (ed): Canine and feline endocrinology and reproduction*, W. B. Saunders, Philadelphia, 1996, pp. 187-265.
- Fraser, C.M.: Sistema endocrino. *En: El manual Merck de veterinaria*, Barcelona, Oceano/Centrum, 1993, pp. 302-308.
- Tidwell, A.S.; Penninck, D.G.; Besso, J.G.: Imaging of adrenal gland disorders, *Vet. Clin. North Am. Small Anim. Pract.*, 27: 237-254, 1997.
- Huntley, K.; Fazer, J.; Gibbs, C.: The radiological features of canine Cushing's syndrome: a review of forty-eight cases, *J. Small Anim. Pract.*, 23: 369-380, 1982.
- Penninck, D.G.; Feldman, E.C.; Nyland, T.G.: Radiographic features of canine hyperadrenocorticism caused by autonomously functioning adrenocortical tumors: 23 cases (1978-1986), *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 192: 1604-1608, 1988.
- Voorhout, G.; Stolp, R.; Rijnberk, A. *et al.*: Assessment of survey radiography and comparison with x-ray computed tomography for detection of hyperfunctioning adrenocortical tumors in dogs, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 196: 1799-1803, 1990b.
- Widmer, W.R.; Guptill, L.: Imaging techniques for facilitating diagnosis of hyperadrenocorticism in dogs and cats, *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 206: 1857-1864, 1995.
- Schwarz, T.; Störk, C.K.; Mellor, D. *et al.*, Osteopenia and other radiographic signs in canine hyperadrenocorticism, *J. Small. An. Pract.*, 41: 491-495, 2000.
- West, G.: Diccionario Enciclopédico de Veterinaria, Barcelona, Grass Ediciones, 1985, pp. 235-236.
- Grooters, A.M.; Biller, D.S.; Leveille, R.: Evaluation of routine abdominal ultrasonography as a technique for imaging the canine adrenal glands, *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.*, 130: 457-462, 1994.
- Grooters, A.M.; Biller, D.S.; Merryman, J.: Ultrasonographic parameters of normal canine adrenal glands: comparison to necropsy findings, *Vet. Radiol. Ultrasound.* 36: 126-130, 1995.
- Spaulding, KA.: A review of sonographic identification of abdominal blood vessels and juxtavascular organs, *Vet. Radiol. Ultrasound.*, 38: 4-23, 1997.
- Hoerauf, A.; Reusch, C.: Ultrasonographic characteristics of both adrenal glands in 15 dogs with functional adrenocortical tumors., *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 35: 193-199, 1995.
- Besso, J.G.; Penninck, D.G.; Gliatto, J.M.: Retrospective evaluation of adrenal lesions in 26 dogs, *Vet. Radiol. Ultrasound.*, 38: 448-455, 1997.
- Voorhout, G.; Rijnberk, A.; Sjollem, B.E.: Nephrotomography and ultrasonography for the localization of hyperfunctioning adrenocortical tumors in dogs, *Am. J. Vet. Res.*, 51: 1280-1285, 1990.
- Douglass, J.P.; Berry, C.R.; James, S.: Ultrasonographic adrenal gland measurements in dogs without evidence of adrenal disease, *Vet. Radiol. Ultrasound.*, 38: 124-130, 1997.
- Barthez, P.Y.; Nyland, T.G.; Feldman, E.C.: Ultrasonography of the adrenal glands in the dog, cat, and ferret. *Vet. Clin. North. Am. Small Anim. Pract.*, 28: 1180-1183, 1998.
- Poffenbarger, E.M.; Feeney, D.A.; Hayden, D.W.: Gray-scale ultrasonography in the diagnosis of adrenal neoplasia in dogs: Six cases (1981-1986), *J. Am. Vet. Med. Assoc.*, 192: 228-232, 1988.
- Finn-Bodner, S.; Hudson, J.: Abdominal vascular sonography, *Vet. Clin. North. Am. Small Anim. Pract.*, 28: 887-942, 1998.