

GABRIELA PAOLA RIBEIRO BANON

**Mensurações radiográficas computadorizadas da
silhueta cardíaca em cães da raça *Poodle* portadores
de insuficiência valvar mitral**

Tese apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Clínica Cirúrgica
Veterinária da Faculdade de Medicina
Veterinária e Zootecnia da Universi-
dade de São Paulo para obtenção do
título de Doutor em Ciências

Departamento:

Cirurgia

Área de concentração:

Clínica Cirúrgica Veterinária

Orientador:

Prof.^a D.^{ra} Ana Carolina B. de C.
Fonseca Pinto

São Paulo

2012

RESUMO

BANON, G. P. R. **Mensurações radiográficas computadorizadas da silhueta cardíaca em cães da raça *Poodle* portadores de insuficiência valvar mitral.** [Computed-aid radiographic measurements of cardiac silhouette in *Poodle* dogs with mitral valve insufficiency]. 2012. 271 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Avaliaram-se os métodos de mensuração radiográficos, *Vertebral Heart Size* (VHS), o ângulo entre o eixo maior do coração e o esterno (ângulo) e a área cardíaca normalizada (ACN), na triagem de *Poodles* portadores de insuficiência valvar mitral (IVM). Alocou-se um conjunto de 74 imagens radiográficas do tórax de *Poodles* em dois grupos: (I) estruturas cardiopulmonares normais ($n = 18$) e (II) portadores de doença cardíaca ($n = 56$), confirmada pelo ecocardiograma como sendo IVM. De acordo com a classificação do eco, o grupo II foi subdividido em quatro subgrupos: aumento atrial esquerdo (AAE) (IIa) leve ($n = 4$), (IIb) moderado ($n = 7$), (IIc) importante ($n = 28$) e (IId) ausente ($n = 17$). As mensurações foram realizadas na projeção laterolateral direita por um radiologista veterinário experiente (A) e por um iniciante (B). As mensurações de A foram consideradas referência. Para o VHS, houve diferenças significativas entre o grupo I e os grupos II ($P < 0,001$), IIb ($P < 0,05$) e IIc ($P < 0,001$). O limiar ótimo médio foi de $9,85v$ e a precisão média de 78,34%. Houve diferenças significativas nas mensurações entre A e B nos grupos I ($P < 0,05$) e II ($P < 0,001$). Para o ângulo, houve diferenças significativas entre o grupo I e os grupos II ($P < 0,05$) e IIc ($P < 0,05$). O limiar ótimo médio foi de $60,57^\circ$ e a precisão média de 77,57%. Houve diferenças significativas nas mensurações entre A e B nos grupos I ($P < 0,001$) e II ($P < 0,001$). Para a ACN, houve diferenças significativas entre o grupo I e os grupos II ($P < 0,001$), IIb ($P < 0,05$), IIc ($P < 0,001$) e IId ($P < 0,05$). O limiar ótimo médio foi de $18,81v^2$ e a precisão média de 80,42%. Houve diferenças significativas nas mensurações entre A e B nos grupos I ($P < 0,05$) e II ($P < 0,001$). O desempenho do VHS na triagem de *Poodles* portadores de IVM foi regular. Identificou principalmente o aumento cardíaco generalizado. O desempenho do ângulo na triagem foi baixo. Reconheceu somente o aumento cardíaco generalizado. O desempenho da ACN na triagem foi bom. Identificou o AAE específico e alterações precoces na forma do coração. Para determinar o limiar ótimo, favoreceu-se a sensibilidade em detrimento da especificidade. A reprodutibilidade pareceu estar relacionada ao nível de experiência.

Palavras-chave: Cães. Coração. Medidas. Processamento de imagem. Radiografia.

ABSTRACT

BANON, G.P.R. **Computed-aid radiographic measurements of cardiac silhouette in *Poodle* dogs with mitral valve insufficiency.** [Mensurações radiográficas computadorizadas da silhueta cardíaca em cães da raça *Poodle* portadores de insuficiência valvar mitral]. 2012. 271 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

Radiographic measurement methods, *Vertebral Heart Size* (VHS), angle between long axis of the heart and sternum (angle) and normalized cardiac area (NCA), were evaluated in clinical trials of *Poodles* with mitral valve insufficiency (MVI). Seventy four sets of thoracic radiographs of *Poodles* were allotted to two groups: (I) normal cardiopulmonary structures ($n = 18$) and (II) from patients with proven cardiac disease ($n = 56$), confirmed by echocardiography to be caused by MVI. According to ecocardiographic classification, group II was subdivided in four subgroups: (IIa) mild ($n = 4$), (IIb) moderate ($n = 7$), (IIc) severe ($n = 28$) and (IId) absent ($n = 17$) left atrial enlargement (LAE). Measurements were performed by one experienced veterinary radiologist (A) and one trainee (B) in right lateral view. The measurements of A were used as reference. For VHS, there were significant differences between group I and groups II ($P < 0.001$), IIb ($P < 0.05$) and IIc ($P < 0.001$). The optimal threshold value mean was $9.85v$ and the median accuracy of 78.34%. There were significant differences in the measurements between A and B in groups I ($P < 0.05$) and II ($P < 0.001$). For angle, there were significant differences between group I and groups II ($P < 0.05$) and IIc ($P < 0.05$). The optimal threshold value mean was 60.57° and the median accuracy of 77.57%. There were significant differences in the measurements between A and B in groups I ($P < 0.001$) and II ($P < 0.001$). For NCA, there were significant differences between group I and groups II ($P < 0.001$), IIb ($P < 0.05$), IIc ($P < 0.001$) and IId ($P < 0.05$). The optimal threshold value mean was $18.81v^2$ and the median accuracy of 80.42%. There were significant differences in the measurements between A and B in groups I ($P < 0.05$) and II ($P < 0.001$). The VHS' performance in clinical trials of *Poodles* with MVI was regular. It mainly identified generalized cardiac enlargement. The angle's performance in clinical trials was low. It only recognized generalized cardiac enlargement. The NCA's performance in clinical trials was good. It identified specific LAE and early changes in heart shape. To determine optimal threshold, sensitivity was prioritized, to the detriment of specificity. The reproducibility seemed to be related to the level of experience.

Keywords: Dogs. Heart. Image processing. Measures. Radiography.

1 INTRODUÇÃO

Tomar decisões orientadas pela verdade é um dos grandes anseios que move a humanidade. Desde muito cedo e ao longo de toda a vida, o ser humano assume uma disposição de buscar o sentido verdadeiro daquilo que o cerca.

Na medicina, humana e animal, isso também se reproduz, pois tomar decisões e estimar um diagnóstico final são atividades inerentes à profissão. Para os clínicos, verdadeiro significa saber a real condição da doença no paciente, i.e., presente ou ausente (VIEIRA, 2010). Nesse processo de investigação da verdade, conta-se com importantes aliados: os chamados testes de diagnóstico.

Um deles, é o exame radiográfico. Método consagrado de ampla difusão na rotina clínica, em virtude da legitimidade do seu poder diagnóstico e de sua inquestionável utilidade prática. Diante de certas moléstias, o conjunto de dados extraídos das radiografias é ali-cerce para elaboração de uma conclusão diagnóstica (BERRY; THRALL, 2007). Nesses casos, a quantidade de evidências observadas, compatíveis com certa doença, é proporcional à confiança no diagnóstico radiográfico específico (BERRY; THRALL, 2007).

Em outras situações, as informações radiográficas permitem afunilar uma lista, previamente formulada, de diagnósticos diferenciais (BERRY; THRALL, 2007). Indiretamente, isso possibilita a seleção de animais verdadeiramente portadores de certa doença em estudo. Como exemplo, pode-se apontar a triagem de cães acometidos por cardiopatias (MYER; BONAGURA, 1982; LAMB; BOSWOOD, 2002). Nesse tipo de aplicação, explora-se a sensibilidade do exame radiográfico na detecção dos aumentos cardíacos (LOMBARD; SPENCER, 1985).

No conjunto de alterações cardiovasculares que acometem os cães, destaca-se a insuficiência valvar mitral (IVM), tanto por sua alta prevalência (HÄGGSTRÖM et al., 2004; KVART; HÄGGSTRÖM, 2004; STANIN et al., 2005) quanto por sua progressão insidiosa e paulatina em direção à insuficiência cardíaca congestiva (KVART; HÄGGSTRÖM, 2004). Dada a relevância da IVM, sobre os clínicos recai a responsabilidade de um diagnóstico precoce e de cuidados ambulatoriais eficientes, visando à qualidade de vida dos animais.

Nesse cenário, o exame radiográfico do tórax figura junto a outros meios de diagnóstico, com vistas à avaliação completa do sistema cardiovascular. Além de excluir hipóteses preliminares falsas (MYER; BONAGURA, 1982; LAMB; BOSWOOD, 2002), as radiografias torácicas fornecem informações relevantes acerca do prognóstico da doença (FONSECA PINTO; IWASAKI, 2002), do direcionamento terapêutico (HAMLIN, 2005), da resposta ao tratamento instituído (SUTER; LORD, 1971) e da fonte, cardiogênica ou não cardiogênica, originária dos quadros pulmonares (LAMB et al., 2001; LAMB; BOSWOOD, 2002; SOARES et

al., 2004).

Todavia, a avaliação do aumento cardíaco é algo, por vezes, desafiador, já que diversos fatores (SILVERMAN; SUTER, 1975; SUTER; GOMEZ, 1987; BUCHANAN; BÜCHELER, 1995; KEALY; MCALLISTER, 2005) podem imprimir variações idênticas ou muito similares àquelas resultantes de uma verdadeira doença cardiovascular (SUTER; LORD, 1971; BURK, 1983). Esse desafio motivou inúmeros pesquisadores a buscarem métodos quantitativos para conferir objetividade à análise (HAMLIN, 1957; SCHULZE; NÖLDNER, 1957; HAMLIN, 1968a; HAMLIN, 1968b; UHLIG; WERNER, 1969; TOOMBS; OGBURN, 1985; BUCHANAN; BÜCHELER, 1995; FONSECA PINTO et al., 2010).

Por se tratar de uma proposta prática e objetiva (BUCHANAN, 2000), o método desenvolvido por Buchanan e Bücheler (1995) logo atraiu a atenção dos pesquisadores. Nessa proposta, as dimensões cardíacas são equiparadas ao comprimento das vértebras torácicas (BUCHANAN; BÜCHELER, 1995).

Diante do exposto, o gargalo do estado da arte na avaliação radiográfica do coração de cães reside na falibilidade humana em julgar, empiricamente, os aumentos cardíacos e na necessidade crescente de medidas do coração mais precisas. Nesse aspecto, a aplicação de conhecimentos das áreas de processamento de imagem e computação gráfica pode contribuir com soluções promissoras, porém ainda muito pouco exploradas para questões do âmbito veterinário.

Desta feita, nesta pesquisa buscou-se averiguar o desempenho de métodos de mensuração radiográficos da silhueta cardíaca na triagem de cães verdadeiramente portadores de IVM. Para tal, serão considerados três métodos semi-automáticos: *Vertebral Heart Size* (VHS), ângulo entre o eixo maior do coração e o esterno (ângulo) e área cardíaca normalizada (ACN), variáveis quantitativas capazes de exprimir os respectivos atributos, tamanho, posição e forma, do objeto em estudo.

8 CONCLUSÕES

Este capítulo é um convite à síntese. Nele, os principais elementos de informação, considerados no capítulo 7, irão compor as respostas à interrogação: “os métodos de mensuração radiográficos são eficazes no rastreamento de pacientes verdadeiramente portadores de doença cardíaca?” Essa indagação é feita levando em conta a valorização da sensibilidade dos métodos em detrimento da especificidade.

A partir de três elementos-chave, capacidade de detectar o AAE, precisão para discriminar cães verdadeiramente cardiopatas (numa escala graduada entre pobre, leve e moderada), e reprodutibilidade, bem como, do cotejo dos índices de desempenho (numa escala crescente que vai de péssimo a excelente, passando por: baixo, regular e bom) para rastrear e do uso combinado dos métodos entre si, conclui-se que:

- O desempenho do VHS na triagem de *Poodles* portadores de doença cardíaca (no caso, IVM) é regular. Detecta o AAE quando há envolvimento das demais câmaras cardíacas. A intensidade com que os distingue nas duas categorias disjuntas é leve (precisão de 78,34%). O limiar ótimo sugerido é $9,85v$.
- O desempenho do ângulo para rastreá-los é baixo. Detecta o AAE quando há envolvimento das demais câmaras cardíacas. A intensidade com que os distingue nas duas categorias é pobre (precisão de 77,57%). O limiar ótimo sugerido é $60,57^\circ$.
- O desempenho da ACN para rastreá-los é bom. Detecta o AAE específico e alterações precoces na forma do coração. A intensidade com que os distingue nas duas categorias é moderada (precisão de 80,42%). O limiar ótimo sugerido é $18,81v^2$. É o método que possui os melhores índices do desempenho discriminante.
- Não foi observada uma reprodutibilidade satisfatória, quando comparadas as medidas realizadas por dois observadores com diferentes níveis de experiência em radiodiagnóstico.
- A combinação ângulo e ACN não agrega ganho significativo ao desempenho discriminante.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, J. A. Acquired valvular disease. In: TILLEY, L. P.; GOODWIN, J.-K. (Ed.). **Manual of canine and feline cardiology**. 3. ed. St. Louis: Saunders Elsevier, 2001. p. 113–136.
- AMBERGER, C.; GLARDON, O.; LOMBARD, C. W. Validité des examens complémentaires dans l' évaluation de l' insuffisance cardiaque par endocardiose mitrale: étude à partir de 106 cas. **Pratique Medicale and Chirurgicale de l' animal de Compagnie**, v. 30, n. 6, p. 659–670, 1995.
- ARMBRUST, L. J. Digital images and digital radiographic image capture. In: BERRY, C. R.; THRALL, D. E. (Ed.). **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 5. ed. Saint Louis: Elsevier Saunders, 2007. p. 22–37.
- BANON, G. J. F. **Formal introduction to digital image processing**. São José dos Campos: INPE, 2000. Disponível em: <http://urlib.net/dpi.inpe.br/banon/1999/06.21.09.31>. Acesso em: 03 jan. 2012.
- BANON, G. P. R.; FONSECA PINTO, A. C. B. C.; BANON, G. J. F.; BARONI, C. O.; GOLDFEDER, G. T.; PELLEGRINO, A. Comparison between automatic approach of the vertebral heart size and normalized cardiac area to assess left atrial enlargement in Poodles with mitral insufficiency. In: ACVR ANNUAL SCIENTIFIC MEETING, 2011, Albuquerque. **Abstracts...** Harrisburg: American College of Veterinary Radiology (ACVR), 2011. p. 25.
- BAVEGEMS, V.; CAELENBERG, A. V.; DUCHATEAU, L.; SYS, S. U.; BREE, H. V.; RICK, A. D. Vertebral heart size ranges specific for Whippets. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 46, n. 5, p. 400–403, 2005.
- BERRY, C. R.; THRALL, D. E. Introduction to radiographic interpretation. In: **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 5. ed. Saint Louis: Elsevier Saunders, 2007. p. 78–92.
- BOND, B. R. Valvular disease. In: LEIB, M. S.; MONROE, W. E. (Ed.). **Practical Small Animal Internal Medicine**. Philadelphia: W.B. Saunders, 1997. p. 177–199.
- BUCHANAN, J. W. Radiology of the heart. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ANIMAL HOSPITAL ASSOCIATION, 35., 1968, Las Vegas. **Proceedings...** [S.l.]: American Animal Hospital Associated, 1968. p. 34–45.
- _____. Radiology of the heart: seminar synopsis. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN ANIMAL HOSPITAL ASSOCIATION, 39., 1972, Las Vegas. **Proceedings...** [S.l.]: American Animal Hospital Associated, 1972. p. 78.
- _____. Prevalence of cardiovascular disorders. In: FOX, P. R.; SISSON, D.; MÖISE, N. S. (Ed.). **Textbook of canine and feline cardiology: principles and clinical practice**. 2. ed. Philadelphia: Saunders, 1999. p. 457–470.
- _____. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 30, n. 2, p. 379–393, 2000.

BUCHANAN, J. W.; BÜCHELER, J. Vertebral scale system to measure canine heart size in radiographs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 206, n. 2, p. 194–199, 1995.

BURK, R. L. Radiographic examination of the cardiopulmonary system. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 13, n. 2, p. 241–258, 1983.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. Inferência para duas populações. In: BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. (Ed.). **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. p. 361–398.

_____. Medidas-resumo. In: BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A. (Ed.). **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010. p. 35–67.

CARDOSO, M. J. L.; CALUDINO, J. L.; MELUSSI, M. Mensuração do tamanho cardíaco pelo método VHS (vertebral heart size) em cães sadios da raça American Pit bull terrier. **Ciência Rural, Santa Maria**, v. 41, n. 1, p. 127–131, 2011.

CASTRO, M. G.; TÔRRES, R. C. S.; ARAÚJO, R. B.; MUZZI, R. A. L.; SILVA, E. F. Avaliação radiográfica da silhueta cardíaca pelo método vertebral heart size em cães da raça Yorkshire terrier clinicamente normais. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 63, n. 4, p. 850–857, 2011.

CHAUI, M. Buscando a verdade. In: GUIZZO, J. (Ed.). **Convite à filosofia**. 9. ed. São Paulo: Ática, 1997. p. 94–98.

CHOISUNIRACHON, N.; KAMONRAT, P. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of Shih-tzus. In: CHULALONGKORN UNIVERSITY VETERINARY SCIENCE ANNUAL CONFERENCE, 7., 2008, Bangkok. **Proceedings...** Bangkok: Faculty of Veterinary Science, Chulalongkorn University, 2008. p. 60.

COMMIOT, P. **Contribution à l'interprétation des radiographies du coeur du chien**. 1981. 146 p. Tese (Doutorado) — Ecole Nationale Vétérinaire d'Alfort, Alfort, 1981.

DARKE, P. G. G.; BONAGURA, J. D.; KELLY, D. F. Mitral valve disease. In: DARKE, P. G. G.; D, B. J.; KELLY, D. F. (Ed.). **Color atlas of veterinary cardiology**. London: Mosby-Wolfe, 1996. p. 57–65.

_____. Radiografia cardíaca. In: MORAIS, H. A. (Ed.). **Atlas ilustrado de cardiologia veterinária**. São Paulo: Manole, 2000. p. 32–36.

DAVISON, A. C. Bayesian models. In: DAVISON, A. C. (Ed.). **Statistical models**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003a. p. 565–644.

_____. Estimation and hypothesis testing. In: DAVISON, A. C. (Ed.). **Statistical models**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003b. p. 300–352.

_____. Uncertainty. In: DAVISON, A. C. (Ed.). **Statistical models**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003c. p. 52–93.

_____. Variation. In: DAVISON, A. C. (Ed.). **Statistical models**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003d. p. 15–51.

- DOUGLAS, P. S. The left atrium. A biomarker of chronic diastolic dysfunction and cardiovascular risk. **Journal of the American College Cardiology**, v. 42, n. 7, p. 1206–1207, 2003.
- DOUGLAS, S. W.; WILLIAMSON, H. D. Canine radiography: thorax. In: DOUGLAS, S. W.; WILLIAMSON, H. D. (Ed.). **Principles of veterinary radiography**. 3. ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1980. p. 218–222.
- DYCE, M. K.; SACK, O. W.; WENSING, G. C. J. Alguns fatos e conceitos básicos. In: DYCE, M. K.; SACK, O. W.; WENSING, G. C. J. (Ed.). **Tratado de anatomia veterinária**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1997. p. 2–32.
- EFRON, B. Bootstrap methods: Another look at the jackknife. **The Annals of statistics**, v. 7, n. 1, p. 1–26, 1979.
- ESTRADA, A. H.; GERLACH, T. J.; SCHMIDT, M. K.; SIEGAL-WILLOTT, J. L.; ATKINS, A. L.; GILDER, J. V.; CITINO, S. B.; PADILLA, L. R. Cardiac evaluation of clinically healthy captive maned wolves (*Chrysocyon brachyurus*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 40, n. 3, p. 478–486, 2009.
- ETTINGER, S. J.; SUTER, P. F. Acquired valvular and endocardial heart disease. In: ETTINGER, S. J.; SUTER, P. F. (Ed.). **Canine cardiology**. London: W.B. Saunders, 1970a. p. 321–382.
- _____. Radiographic examination. In: ETTINGER, S. J.; SUTER, P. F. (Ed.). **Canine cardiology**. London: W.B. Saunders, 1970b. p. 40–101.
- FALCÃO, A. X.; UDUPA, J. K.; SAMARASEKERA, S.; SHARMA, S.; HIRSCH, B. E.; LOTUFO, R. d. A. User-steered image segmentation paradigms: Live wire and live lane. **Graphical Models and Image Processing**, v. 60, p. 233–260, 1998.
- FERNANDEZ, E. L.; MORAES, F. M. G.; ARNAUT, L. S.; BURGESE, L. F.; STERMAN, F. A.; PINTO, A. C. B. C. F. Avaliação radiográfica da silhueta cardíaca através do método de mensuração (VHS) em cães das raças Golden retriever e Labrador retriever clinicamente normais. In: CONGRESSO PAULISTA DE CLÍNICOS VETERINÁRIOS DE PEQUENOS ANIMAIS, 5., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Anclivepa, 2005. p. 158.
- FONSECA, A. C. B. C. **Estudo dos métodos radiográficos de avaliação da silhueta cardíaca em cães clinicamente normais**. 1999. 73 p. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.
- FONSECA PINTO, A. C. B. C.; BANON, G. P. R. Application of the vertebral heart size (VHS) method in thoracic radiographs of Poodles with normal and enlarged hearts. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 51, n. 2, p. 187, 2010.
- FONSECA PINTO, A. C. B. C.; BANON, G. P. R.; BARONI, C. O.; GOLDFEDER, G. T.; PELLEGRINO, A. Comparison of two radiographic heart measurement methods in Poodles: vertebral heart size and normalized cardiac area. In: EUROPEAN VETERINARY DIAGNOSTIC IMAGING, 2010, Giessen. **Abstracts...** [S.l.], 2010. p. 122.

FONSECA PINTO, A. C. B. C.; IWASAKI, M. Métodos radiográficos de avaliação cardíaca em cães. **Veterinária Notícias**, v. 8, n. 1, p. 67–75, 2002.

_____. Avaliação radiográfica da silhueta cardíaca pelo método de mensuração VHS (vertebral heart size) em cães da raça Poodle clinicamente normais. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 41, p. 261–267, 2004.

FRANKEN, A.; LARSSON, M. H. M. A. L.; PEREIRA, L. Estudo retrospectivo das cardiopatias diagnosticadas em cães de 1988 a 1992 na FMVZ-USP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MEDICINA VETERINÁRIA, 23., 1994, Olinda. **Anais...** Recife: Sociedade Pernambucana de Medicina Veterinária, 1994. p. 414.

GAILLOT, H.; BEGON, D. La radiographie en cardiologie. **Recueil de Médecine Vétérinaire**, v. 171, n. 4/5, p. 269–285, 1995.

GAY, R. Exame clínico do sistema cardiovascular. In: RADOSTITS, O. M.; MAYHEW, I. G. J.; HOUSTON, D. M. (Ed.). **Exame clínico e diagnóstico em veterinária**. Rio de Janeiro: Guanaba Koogan, 2002. p. 191–226.

GHADIRI, A.; AVIZEH, R.; RASEKH, A.; YADEGARI, A. Radiographic measurement of vertebral heart size in healthy stray cats. **Journal of Feline Medicine and Surgery**, v. 10, p. 61–65, 2008.

GINNEKEN, B. v.; ROMENY, B. M. t. H.; VIERGEVER, M. A. Computer-aided diagnosis in chest radiography: a survey. **IEEE Transactions on Medical Imaging**, v. 20, n. 12, p. 1228–1241, 2001.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. Reconhecimento e interpretação. In: GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. (Ed.). **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. p. 407–470.

GRECO, A.; MEOMARTINO, L.; RAIANO, V.; FATONE, G.; BRUNETTI, A. Effect of left vs. right recumbency on the vertebral heart score in normal dogs. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 49, n. 5, p. 454–455, 2008.

GUGLIELMINI, C.; DIANA, A.; PIETRA, M.; TOMMASO, M. D.; CIPONE, M. Use of the vertebral heart score in coughing dogs with chronic degenerative mitral valve disease. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 71, n. 1, p. 9–13, 2009.

GÜLANBER, E. G.; GÖNENCI, R.; KAYA, Ü.; AKSOY, Ö.; BIRICIK, H. S. Vertebral scale system to measure heart size in thoracic radiographs of Turkish shepherd (Kangal) dogs. **Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences**, v. 29, p. 723–726, 2005.

HÄGGSTRÖM, J.; HANSSON, K.; KARLBERG, B. E.; KVART, C.; MADEJ, A.; OLSSON, K. Effects of long-term treatment with enalapril or hydralazine on the renin-angiotensin-aldosterone system and fluid balance in dogs with naturally acquired mitral valve regurgitation. **American Journal of Veterinary Research**, v. 57, n. 11, p. 1645–1652, 1996.

HÄGGSTRÖM, J.; PEDERSEN, H. D.; KVART, C. New insights into degenerative mitral valve disease in dogs. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 34, n. 5, p. 1209–1226, 2004.

HAMLIN, R. L. The x-ray shadow of the normal canine heart: a preliminary report. **Speculum**, v. 34, p. 6–7, 1957.

_____. Radiographic anatomy of heart and great vessel an in healthy living dog. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 153, n. 11, p. 1436–1445, 1960.

_____. Analysis of the cardiac silhouette in dorsoventral radiographs from dogs with heart disease. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 153, n. 11, p. 1446–1460, 1968a.

_____. Prognostic value of changes in the cardiac silhouette in dogs with mitral insufficiency. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 153, n. 11, p. 1436–1445, 1968b.

_____. Normal cardiovascular physiology. In: FOX, P. R.; SISSON, D.; MÖISE, N. S. (Ed.). **Textbook of canine and feline cardiology: principles and clinical practice**. 2. ed. Philadelphia: Saunders, 1999. p. 25–37.

_____. Geriatric heart diseases in dogs. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 35, n. 3, p. 597–615, 2005.

HANLEY, J. A.; MCNEIL, B. J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve. **Radiology**, v. 143, n. 1, p. 29–36, 1982.

_____. A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from same cases. **Radiology**, v. 148, n. 3, p. 839–843, 1983.

HANSSON, K.; HÄGGSTROM, J.; KVART, C.; LORD, P. Interobserver variability of vertebral heart size measurements in dogs with normal and enlarged hearts. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 46, n. 2, p. 122–130, 2005.

HANSSON, K.; HÄGGSTRÖM, J.; KVART, C.; LORD, P. Reader performance in radiographic diagnosis of signs of mitral regurgitation in Cavalier king charles spaniels. **Journal of Small Animal Practice**, v. 50, n. 1, p. 44–53, 2009.

HARADA, M.; KOIE, H.; IWAKI, S.; SATO, T.; KANAYAMA, K.; TAIRA, M.; SAKAI, T. Establishment of vertebral heart scale in the growth period of the japanese macaque (*Macaca fuscata*). **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 72, n. 4, p. 503–505, 2010.

HOLMES, R. A.; SMITH, F. G.; LEWIS, R. E.; KERN, D. M. The effects of rotation on the radiographic appearance of the canine cardiac silhouette in dorsal recumbency. **Veterinary Radiology**, v. 26, n. 3, p. 98–101, 1985.

JEKEL, J. F.; KATZ, D. L.; ELMORE, J. G. Entendendo os erros em medicina clínica. In: **Epidemiologia, bioestatística e medicina preventiva**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 114–128.

KEALY, J. K.; MCALLISTER, H. O tórax. In: KEALY, J. K.; MCALLISTER, H. (Ed.). **Radiologia e ultra-sonografia do cão e do gato**. 3. ed. Barueri: Manole, 2005. p. 149–251.

KEENE, B. W. Chronic valvular disease in the dog. In: FOX, P. R. (Ed.). **Canine and feline cardiology**. New York: Churchill Livingstone, 1988. p. 409–418.

KIRBERGER, R. M.; LOBETTI, R. G. Radiographic aspects of Pneumocystis carinii pneumonia in the miniature Dachshund. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 39, n. 4, p. 313–317, 1998.

KITTLESON, M. D.; KIENLE, R. D. Radiography of the cardiovascular system. In: KITTLESON, M. D.; KIENLE, R. D. (Ed.). **Small animal cardiovascular medicine**. St. Louis: Mosby, 1998. p. 47–71.

KRAETSCHMER, S.; LUDWIG, K.; MENESES, F.; NOLTE, I.; SIMON, D. Vertebral heart scale in the Beagle dog. **Journal of Small Animal Practice**, v. 49, p. 240–243, 2008.

KRUGER, R. P.; TOWNES, J. R.; HALL, D. L.; DWYER, S. J.; LODWICK, G. S. Automated radiographic diagnosis via feature extraction and classification of cardiac size and shape descriptors. **IEEE Transactions on Biomedical Engineering**, v. 19, n. 3, p. 174–186, 1972.

KVART, C.; HÄGGSTRÖM, J. Cardiopatia valvular adquirida. In: ETTINGER, S. J.; FELDMAN, E. C. (Ed.). **Tratado de medicina interna veterinária: doenças do cão e do gato**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. p. 833–846.

LAMB, C. R.; BOSWOOD, A. Role of survey radiography in diagnosing canine cardiac disease. **Continuing Education Article**, v. 24, n. 4, p. 316–326, 2002.

LAMB, C. R.; BOSWOOD, A.; VOLKMAN, A.; CONNOLLY, D. J. Assessment of survey radiography as a method for diagnosis of congenital cardiac disease in dogs. **Journal of Small Animal Practice**, v. 42, p. 541–545, 2001.

LAMB, C. R.; TYLER, M.; BOSWOOD, A.; SKELLY, B. J.; CAIN, M. Assessment of the value of the vertebral heart scale in the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. **Veterinary Record**, v. 146, p. 687–690, 2000.

LAMB, C. R.; WIKELEY, H.; BOSWOOD, A.; PFEIFFER, D. U. Use of breed-specific ranges for the vertebral heart scale as an aid to the radiographic diagnosis of cardiac disease in dogs. **Veterinary Record**, v. 148, p. 707–711, 2001.

LARSSON, M. H. M. A. L.; BARBUSCI, L. O. D.; SOARES, E. C.; YAMATO, R. J. Estudo ecocardiográfico das cardiopatias mais frequentemente diagnosticadas em espécimes caninos. **Revista Brasileira de Ciência Veterinária**, v. 7, 2000.

LAVIN, L. M. Small animal soft tissue. In: LAVIN, L. M. (Ed.). **Radiography in veterinary technology**. Philadelphia: W. B. Saunders, 1994. p. 225–227.

LITSTER, A. L.; BUCHANAN, J. W. Vertebral scale system to measure heart size in radiographs of cats. **Journal of American Veterinary Medical Association**, v. 216, n. 2, p. 210–214, 2000.

LOMBARD, C. W.; SPENCER, C. P. Correlation of radiographic, echocardiographic, and electrocardiographic signs of left heart enlargement in dogs with mitral regurgitation. **Veterinary Radiology**, v. 26, n. 3, p. 89–97, 1985.

LORD, P. F.; SUTER, P. F. Radiology. In: FOX, P. R.; SISSON, D.; MÖISE, N. S. (Ed.). **Textbook of canine and feline cardiology: principles and clinical practice**. 2. ed. Philadelphia: Saunders, 1999. p. 107–129.

MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. d. Inferência estatística: estimação. In: MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. d. (Ed.). **Noções de probabilidade e estatística**. 7. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010a. p. 221–258.

_____. Inferência estatística: testes de hipóteses. In: MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. d. (Ed.). **Noções de probabilidade e estatística**. 7. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010b. p. 259–308.

_____. Tópicos especiais. In: MAGALHÃES, M. N.; LIMA, A. C. P. d. (Ed.). **Noções de probabilidade e estatística**. 7. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010c. p. 309–368.

MAÏ, W. Cães e gatos: aspecto radiográfico normal do coração. **A Hora Veterinária**, v. 23, n. 133, p. 69–73, 2003.

MARIN, L. M.; BROWN, J.; MCBRIEN, C.; BAUMWART, R.; SAMII, V. F.; COUTO, C. G. Vertebral heart size in retired racing Greyhounds. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 48, n. 4, p. 332–334, 2007.

MEDRONHO, R. A.; PEREZ, M. A. Testes diagnósticos. In: MEDRONHO, R. A.; CARVALHO, D. M.; BLOCK, D. M.; LUIZ, R. R.; WERNECK, G. L. (Ed.). **Epidemiologia**. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 259–270.

MEYER, P. L. Amostras e distribuições amostrais. In: MEYER, P. L. (Ed.). **Probabilidade: aplicações à estatística**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009a. p. 310–328.

_____. Introdução à probabilidade. In: MEYER, P. L. (Ed.). **Probabilidade: aplicações à estatística**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009b. p. 1–25.

_____. Variáveis aleatórias unidimensionais. In: MEYER, P. L. (Ed.). **Probabilidade: aplicações à estatística**. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2009c. p. 66–96.

MYER, C. W.; BONAGURA, J. D. Survey radiography of the heart. **Veterinary Clinics of North America: Small Animal Practice**, v. 12, n. 2, p. 213–237, 1982.

NAKAMORI, N.; DOI, K.; SABETI, V.; MACMAHON, H. Image feature analysis and computer-aided diagnosis in digital radiography: Automated analysis of sizes of heart and lung in chest images. **Medical Physics**, v. 17, n. 3, p. 342–350, 1990.

NETER, J.; WASSERMAN, W. **Applied linear statistical models: regression, analysis of variance, and experimental designs**. Illinois: Richard D. Irwin, 1974.

ONUMA, M.; KONDO, H.; ONO, S.; UEKI, M.; SHIBUYA, H.; SATO, T. Radiographic measurement of cardiac size in 64 ferrets. **Journal of Veterinary Medical Science**, v. 71, n. 3, p. 355–358, 2009.

- ONUMA, M.; ONO, S.; ISHIDA, T.; SHIBUYA, H.; SATO, T. Radiographic measurement of cardiac size in 27 rabbits. **The Journal of Veterinary Medical Science**, v. 72, n. 4, p. 529–531, 2010.
- OWENS, J. M. The heart. In: OWENS, J. M. (Ed.). **Radiographic interpretation for the small animal clinician**. Baltimore: Williams & Wilkins, 1982. p. 117–134.
- PEREIRA, J. C. R. A coisa como um conjunto de coisas. In: PEREIRA, J. C. R. (Ed.). **Bioestatística em outras palavras**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2010. p. 41–95.
- PRADA, D. G. **Avaliação ecocardiográfica do átrio esquerdo de cães sadios utilizando-se do modo-M convencional e do modo bidimensional**. 2008. 78 p. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- RECUM, A. F. V.; POIRSON, J. P. Eine vereinfachte röntgenographische methode zur messung der herzvergrößerung beim hund. **Kleintier Praxis**, v. 3, p. 82, 1971.
- RHODES, W. H.; PATTERSON, D. F.; DETWEILER, D. K. Radiographic anatomy of the canine heart- Part II. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 143, n. 2, p. 137–148, 1963.
- ROELLINGER JR., F. X.; KAHVECI, A. E.; CHANG, J. K.; HARLOW, C. A.; DWYER, S. J.; LODWICK, G. S. Computer analysis of chest radiographs. **Computer Graphics and Image Processing**, v. 2, p. 232–251, 1973.
- ROOT, C. R.; BAHR, R. J. The heart and great vessels. In: THRALL, D. E. (Ed.). **Textbook of veterinary diagnostic radiology**. 4. ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 2002. p. 402–419.
- RUEHL, W. W.; THRALL, D. E. The effect of dorsal versus ventral recumbency on the radiographic appearance of the canine thorax. **Veterinary Radiology**, v. 22, n. 1, p. 10–16, 1981.
- SALSBURG, D. O computador gira em torno de si mesmo. In: **Uma senhora toma chá...: como a estatística revolucionou a ciência no século XX**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009a. p. 232–238.
- _____. O ídolo com pés de barro. In: **Uma senhora toma chá...: como a estatística revolucionou a ciência no século XX**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009b. p. 237–251.
- _____. O Mozart da matemática. In: **Uma senhora toma chá...: como a estatística revolucionou a ciência no século XX**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009c. p. 121–130.
- SCHOBER, K. E.; MAERZ, I.; LUDEWIG, E.; STERN, J. A. Diagnostic accuracy of electrocardiography and thoracic radiography in the assessment of left atrial size in cats: Comparison with transthoracic 2-dimensional echocardiography. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 21, p. 709–718, 2007.
- SCHULZE, W.; NÖLDNER, H. Röntgenologische fernaufnahmen des hundeherzens und versuch ihrer deutung mit hilfe einer linearen mebmethode. **Archiv fuer Experimentelle Veterinärmedizin**, v. 11, p. 442–458, 1957.

SCHUMACHER, J.; SNYDER, P.; CITINO, S. B.; BENNETT, R. A.; DVORAK, L. D. Radiographic and electrocardiographic evaluation of cardiac morphology and function in captive cheetahs (*Acinonyx jubatus*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 34, n. 4, p. 357–363, 2003.

SILVERMAN, S.; SUTER, P. F. Influence of inspiration and expiration on canine thoracic radiographs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 166, n. 5, p. 502–510, 1975.

SISSON, D. Acquired valvular heart disease in dogs and cats. In: BONAGURA, J. D. (Ed.). **Cardiology**. New York: Churchill Livingstone, 1987. p. 59–116.

SISSON, D.; KVART, C.; DARKE, P. G. G. Acquired valvular heart disease. In: FOX, P. R.; SISSON, D.; MÖISE, N. S. (Ed.). **Textbook of canine and feline cardiology: principles and clinical practice**. 2. ed. Philadelphia: Saunders, 1999. p. 536–561.

SLEEPER, M. M.; BUCHANAN, J. W. Vertebral scale system to measure heart size in puppies. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 13, p. 265, 1999.

_____. Vertebral scale system to measure heart size in growing puppies. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 219, n. 1, p. 57–59, 2001.

SOARES, E. C. **Doença valvar crônica: diagnósticos clínico-epidemiológico, radiográfico, eletrocardiográfico e ecocardiográfico**. 2001. 120 p. Dissertação (Mestrado) — Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

SOARES, E. C.; LARSSON, M. H. M. A.; PINTO, A. C. B. C. F. Aspectos radiográficos da doença valvar crônica. **Ciência Rural (Santa Maria)**, v. 34, n. 1, p. 119–124, 2004.

SOARES, E. C.; LARSSON, M. H. M. A.; YAMATO, R. J. Chronic valvular disease: correlation between clinical, electrocardiographic, radiographic and echocardiographic aspects in dogs. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 57, n. 4, p. 436–441, 2005.

STANIN, D.; SKRLIN, B.; SEHIC, M.; RADISIC, B. Radiological analysis of mitral insufficiency among dogs in Croatia. **Veterinarski Arhiv**, v. 75, n. 4, p. 329–337, 2005.

STEPIEN, R. L.; BENSON, K. G.; FORREST, L. J. Radiographic measurement of cardiac size in normal ferrets. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 40, n. 6, p. 606–610, 1999.

SUTER, P. F. Cardiac diseases. In: SUTER, P. F. (Ed.). **Thoracic radiography. A text atlas of thoracic diseases of the dog and cat**. Switzerland: [s.n.], 1984a. p. 365–367.

_____. Normal radiographic anatomy and radiographic examination. In: SUTER, P. F. (Ed.). **Thoracic radiography. A text atlas of thoracic diseases of the dog and cat**. Switzerland: [s.n.], 1984b. p. 1–45.

SUTER, P. F.; GOMEZ, J. A. Cardiac diseases. In: SUTER, P. F.; GOMEZ, J. A. (Ed.). **Diseases of the thorax: radiographic diagnosis**. Ames: Iowa State University Press, 1987. p. 57–68.

SUTER, P. F.; LORD, P. F. A critical evaluation of the radiographic findings in canine cardiovascular. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 158, n. 3, p. 358–371, 1971.

TAYLOR, D. **O grande livro do cão**. Porto: Editora civilização, 2004. 264 p.

TAYLOR, D. H.; SITNIKOW, K. L. The diagnosis of canine cardiac disease. **Journal of Small Animal Practice**, v. 9, p. 589–595, 1968.

TOAL, R. L.; LOSONSKY, J. M.; COULTER, D. B.; DENOVELLIS, R. Influence of cardiac cycle on the radiographic appearance of the feline heart. **Veterinary Radiology**, v. 26, n. 2, p. 63–69, 1985.

TOOMBS, J. P.; OGBURN, P. N. Evaluating canine cardiovascular silhouettes: Radiographic methods and normal radiographic anatomy. **Continuing Education Article**, v. 7, n. 7, p. 579–587, 1985.

TOUSSAINT, G. T. Bibliography on estimation of misclassification. **IEEE Transactions on Information Theory**, IT-20, n. 4, 1974.

UHLIG, V. K.; WERNER, J. Eine röntgenographische methode zur messung der herzvergrößerung beim hund. **Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift**, v. 6, p. 110–112, 1969.

VIEIRA, S. Outras estatísticas. In: **Bioestatística: tópicos avançados**. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 199–220.

WEBSTER, N.; ADAMS, V.; DENNIS, R. The effect of manual lung inflation vs. spontaneous inspiration on the cardiac silhouette in anesthetized dogs. **Veterinary Radiology and Ultrasound**, v. 50, n. 2, p. 172–177, 2009.

WONNACOTT, T. H.; WONNACOTT, R. J. Estimativa por intervalo. In: WONNACOTT, T. H.; WONNACOTT, R. J. (Ed.). **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980a. p. 177–214.

_____. Teste de hipóteses. In: WONNACOTT, T. H.; WONNACOTT, R. J. (Ed.). **Introdução à Estatística**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1980b. p. 215–246.

WORKING, H.; HOTELLING, H. Applications of the theory of error to the interpretation of trends. **Journal of the American Statistical Association**, v. 24, p. 73–85, 1929a.

_____. Stability in competition. **The Economic Journal**, v. 39, p. 41–57, 1929b.

WORTMAN, J. A.; CHANG-WINTERKORN, P.; KNIGHT, D. H.; JACOBS, G. J. Receiver operating characteristic curve analysis of the utility of thoracic radiographs for the diagnosis of feline cardiac disease. **Veterinary Radiology**, v. 28, n. 4, p. 121–126, 1987.

WYBURN, R. S.; LAWSON, D. D. Simple radiography as an aid to the diagnosis of heart disease in the dog. **Journal of Small Animal Practice**, v. 8, p. 163–170, 1967.

ZARDO, K. M.; PROVASI, A. Aferições dos valores de VHS (vertebral heart size) para cães da raça teckel sem evidências clínicas de doença cardíaca. **Clínica Veterinária**, v. 15, n. 88, p. 80–86, 2010.