

Avaliação dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar com ecocardiografia Doppler pulsátil em cães clinicamente sadios¹

Lilian C. Petrus^{2*}, Valéria M.C. Oliveira³, Guilherme G. Pereira³
e Maria Helena M.A. Larsson³

ABSTRACT.- Petrus L.C., Oliveira V.M.C., Pereira G.G. & Larsson M.H.M.A. 2010. [Evaluation of aortic and pulmonary valves flow with pulsed-wave Doppler echocardiography in healthy dogs.] Avaliação dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar com ecocardiografia Doppler pulsátil em cães clinicamente sadios. *Pesquisa Veterinária Brasileira* 30(7):586-592. Departamento de Clínica Médica, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Av. Professor Dr. Orlando Marques de Paiva 87, São Paulo, SP 05508-270, Brazil. E-mail: lilipetrus@hotmail.com

This study evaluated aortic (AO) and pulmonary (Pul) valves flow with pulsed-wave Doppler by qualitative (presence of valvar insufficiency and characteristic of flow profile) and quantitative analysis, and the following echocardiographic parameters were obtained: peak (PV) and mean (MV) velocities, velocity-time integral (VTI), acceleration (AT) and ejection (ET) time. Thirty dogs were studied, and to be considered normal, physical, laboratory, electrocardiographic, echocardiographic (uni and bidimensional mode) exams, thoracic radiography, and measurement of the blood pressure were accomplished, and the following echocardiographic parameters were obtained: AO PV= 1.22 ± 19.38 m/s; AO MV= 0.72 ± 0.08 m/s; AO VTI= 0.14 ± 0.02 m; AO AT= 38.80 ± 11.29 ms; AO ET= 197.90 ± 24.77 ms; Pul PV= 0.95 ± 0.18 m/s; Pul MV= 0.63 ± 0.10 m/s; Pul VTI= 0.13 ± 0.02 m; Pul AT= 70.97 ± 18.87 ms; Pul ET= 203.70 ± 28.98 ms. Heart rate presented negative correlation with AO VTI, AO ET, Pul VTI, Pul AT, Pul ET, and the variable weight had positive correlation with AO VTI, AO AT, AO ET, Pul VTI, Pul ET, differently from the gender, that had no influence on the evaluated parameters. The comparison of aortic and pulmonary valves flow demonstrated AO PV and AO MV higher than Pul PV and Pul MV, respectively, AO VTI higher than Pul VTI, and Pul AT higher than AO AT.

INDEX TERMS: Doppler echocardiography, pulsed-wave Doppler, healthy dogs.

RESUMO.- Avaliaram-se com Doppler pulsátil os fluxos das valvas aórtica (AO) e pulmonar (Pul) por meio de análise qualitativa (presença de regurgitações valvares e características do espectro avaliado) e quantitativa, com obtenção de parâmetros ecocardiográficos como velocidades máxima (V. Max.) e média (V. Me.), integral de velocidade (VTI), tempo de aceleração (TA) e ejeção (TE), de 30 cães considerados clinicamente sadios por meio de exames físico, laboratoriais, eletrocardiográfico, ecocardiográfico (modos uni e bidimensional), radiográfico de tórax e mensuração da pres-

ção arterial sistêmica. Obtiveram-se os seguintes resultados para os referidos parâmetros: V.max. AO= $1,22 \pm 19,38$ m/s; V. Me. AO= $0,72 \pm 0,08$ m/s; VTI AO= $0,14 \pm 0,02$ m; TA AO= $38,80 \pm 11,29$ ms; TE AO= $197,90 \pm 24,77$ ms; V. Max. Pul= $0,95 \pm 0,18$ m/s; V. Me. Pul= $0,63 \pm 0,10$ m/s; VTI Pul= $0,13 \pm 0,02$ m; TA Pul= $70,97 \pm 18,87$ ms; TE Pul= $203,70 \pm 28,98$ ms. Em apenas três animais observou-se regurgitação pulmonar. Alguns parâmetros apresentaram correlação negativa com a variável frequência cardíaca (VTI AO, TE AO, VTI Pul, TA Pul, TE Pul); outros correlação positiva com a variável peso (VTI AO, TA AO, TE AO, VTI Pul, TE Pul,) e não se observou influência da variável sexo na maioria dos parâmetros avaliados. Na comparação entre os dois fluxos, observaram-se V. Max. AO e V. Me. AO maiores que V. Max. Pul. e V. Me. Pul., respectivamente, VTI AO maior que VTI Pul, e TA AO menor que TA Pul.

TERMOS DE INDEXAÇÃO: Ecodopplercardiografia, Doppler pulsado, cães hígidos.

¹ Recebido em 24 de julho de 2009.

Aceito para publicação em 24 de fevereiro de 2010.

² Rua Americo Brasiliense 1349, Apto 104, Chácara Santo Antônio, São Paulo, SP 04715-003, Brasil. *Autor para correspondência: lilipetrus@hotmail.com

³ Departamento de Clínica Médica, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, Av. Professor Dr. Orlando Marques de Paiva 87, São Paulo, SP 05508-270.

INTRODUÇÃO

A ecocardiografia Doppler complementa as informações de função e dimensão cardíacas, obtidas pelos modos uni e bidimensional, por meio de dados de hemodinâmica, importantes para avaliação clínica dos pacientes e que, anteriormente, eram obtidos apenas por angiografia e cateterização cardíaca (Thomas & Sisson 1999, Darke et al. 2000). Esta habilidade da ecocardiografia Doppler em estimar a velocidade do fluxo de sangue de forma não-invasiva abriu novas áreas de investigação para a detecção e quantificação de várias lesões cardíacas. Para tanto, há a necessidade do conhecimento dos valores normais para cada espécie estudada e da influência de diversos fatores, como sexo, peso e frequência cardíaca em condições fisiológicas, para compreender o que ocorre nas diferentes cardiopatias. Na Medicina Veterinária alguns trabalhos já foram publicados com este propósito, como a avaliação dos valores de velocidade e as características dos fluxos (Brown et al. 1991, Yull & O'Grady 1991, Kirberger et al. 1992a), a interação de variáveis fisiológicas como peso e frequência cardíaca (Brown et al. 1991, Kirberger et al. 1992b), sexo, raça e idade (Kirberger et al. 1992b) com os valores obtidos.

Uma das utilidades da ecocardiografia Doppler é a de complementar a avaliação da função sistólica cardíaca, por meio da avaliação dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar. Estudos realizados em humanos (Gardin et al. 1993, Imamura et al. 1993) mostraram que a ecocardiografia Doppler tem a vantagem de refletir, quantitativamente, a função de todo o ventrículo esquerdo, enquanto a fração de encurtamento do ventrículo esquerdo, medida pelo modo unidimensional, reflete o valor da função de uma área específica do coração. Estudos em humanos (Campos Filho et al. 1991, Kitabake et al. 1983, Miguéres et al. 1990, Miyahara et al. 2001) e cães (Uehara 1993) mostraram que a ecocardiografia Doppler pulsátil é um método não-invasivo útil na análise do fluxo sistólico de ejeção do ventrículo direito. Nos trabalhos em humanos, a análise quantitativa mostrou ótima correlação entre o tempo de aceleração da artéria pulmonar, medida pelo Doppler pulsátil, e os métodos invasivos de mensuração da pressão da artéria pulmonar (Miguéres et al. 1990, Campos Filho et al. 1991), mesmo em baixos níveis de hipertensão pulmonar (Miguéres 1990).

Não há estudos publicados no Brasil sobre parâmetros de ecocardiografia Doppler em cães normais. Além disso, a maioria dos trabalhos publicados em cães é realizado em animais sedados. Portanto, objetivou-se no presente estudo a avaliação das velocidades de pico de ejeção, velocidade média, tempo de ejeção, tempo de aceleração, diferenças qualitativas e quantitativas dos fluxos aórtico e pulmonar em cães hígidos, não sedados.

MATERIAL E MÉTODOS

Estudaram-se 30 animais da espécie canina, de raças diferentes, clinicamente sadios, sendo 13 machos e 17 fêmeas não prenhes, com idades entre dois e sete anos e peso corpóreo variando de 4,4 a 33,3 quilos (kg) (média 16,07±8,829 kg), selecionados pelo Serviço de Cardiologia do Hospital Veteri-

nário da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo (FMVZ/USP) (Quadro 1).

Quadro 1. Descrição dos cães submetidos à avaliação dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar com Doppler pulsátil, segundo sexo, definição racial, idade e peso. São Paulo, 2006

Animal	Sexo	Raça	Idade (anos)	Peso (kg)
1	Macho	Yorkshire	05	4,4
2	Fêmea	Yorkshire	05	5,1
3	Macho	Lhasa-Apso	02	6,3
4	Macho	Lhasa-Apso	03	6,5
5	Fêmea	Fox Paulistinha	02	7,9
6	Fêmea	Sdr ^a	02	9,4
7	Fêmea	Beagle	02	9,8
8	Fêmea	Schnauzer	03	9,8
9	Fêmea	Schnauzer	03	5,3
10	Fêmea	Sdr	05	10,0
11	Fêmea	Sdr	05	10,1
12	Macho	Sdr	04	11,1
13	Fêmea	Sdr	03	11,8
14	Macho	Sdr	02	12,0
15	Fêmea	Sdr	05	12,6
16	Fêmea	Cocker Spaniel	04	15,4
17	Fêmea	Sdr	04	16,1
18	Macho	Sdr	02	16,9
19	Macho	Sdr	02	17,7
20	Macho	Cocker Spaniel	05	18,0
21	Macho	Sdr	04	18,7
22	Macho	Springer Spaniel	07	20,0
23	Fêmea	Sdr	05	22,3
24	Fêmea	Sdr	02	24,3
25	Fêmea	Sdr	02	25,5
26	Fêmea	Boxer	06	27,3
27	Fêmea	Pastor Canadense	02	30,7
28	Macho	Golden Retriever	03	31,4
29	Macho	Sdr	04	32,5
30	Macho	Labrador	05	33,3

^a Sem definição racial.

Os animais selecionados foram previamente submetidos aos exames físico, radiográfico, eletrocardiográfico e à mensuração da pressão arterial sistêmica. Realizou-se também avaliação da pressão arterial sistêmica. Realizou-se também avaliação renal (exame de urina tipo I, determinação de uréia e creatinina séricas), avaliação hepática (dosagens séricas de alanina aminotransferase, fosfatase alcalina, proteína total, albumina e bilirrubinas), hemograma completo e pesquisa de antígeno de *Dirofilaria immitis*. O exame ecocardiográfico foi realizado em aparelho HITACHI®, modelo EUB 515-A, equipamento compacto com recursos para estudo em modo B, modo M e Doppler (pulsátil, colorido e contínuo) e transdutor de alta densidade multi-frequencial (3,5 e 5 Mhz), seguindo as recomendações da *Echocardiography Committee of Specialty of Cardiology – American College of Veterinary Internal Medicine* (Thomas et al. 1993), *American Society of Echocardiography* (Boon 1998a) e autores consultados (Bonagura 1983, Bonagura 1994, Boon 1998b, Moïse & Fox 1999, Bonagura & Fuentes 2004).

Cada animal foi posicionado em decúbito lateral esquerdo, com o transdutor sobre o tórax (Bonagura 1983, O'Grady et al. 1986, Thomas et al. 1993, Boon 1998b), posição em que foi realizada a análise de imagens, através da janela para-esternal direita, para-esternal esquerda cranial e caudal.

Primeiramente, procedeu-se à análise qualitativa do coração em modo bidimensional e, posteriormente, à análise quan-

tativa em modo unidimensional, para assim descartar os animais com alterações valvares ou miocárdicas.

A avaliação do fluxo da valva pulmonar foi realizada colocando-se o transdutor no 3º espaço intercostal do hemitórax esquerdo, janela para-esternal esquerda, corte longitudinal da via de saída de ventrículo direito. Primeiramente, foi realizada uma avaliação com Doppler colorido para detecção de regurgitação da valva pulmonar, sendo confirmada a presença ou ausência de insuficiência posteriormente com Doppler pulsátil. Em seguida, o volume de amostragem do Doppler pulsátil foi posicionado dentro da artéria pulmonar, perto das cúspides valvares, para obter o fluxograma do local analisado.

A avaliação do fluxo da valva aórtica foi realizada colocando-se o transdutor no 5º espaço intercostal do hemitórax esquerdo, janela para-esternal esquerda corte apical cinco câmaras, com o volume de amostragem posicionado o mais perto possível das cúspides valvares, no interior da aorta ascendente. Anteriormente a isso, foi realizada a avaliação com Doppler colorido para detecção de regurgitação aórtica, sendo confirmada a presença ou ausência de insuficiência, posteriormente com Doppler pulsátil.

Os parâmetros avaliados nos fluxos das valvas aórtica e pulmonar foram:

C_1) velocidade máxima (em metros por segundo): medida colocando-se o cursor no pico máximo do fluxo analisado e calculado pelo *software* instalado no aparelho ecocardiográfico HITACHI EUB 515-A;

C_2) velocidade média (em metros por segundo): é a velocidade principal durante o período de fluxo;

C_3) integral de velocidade (em metros) (*Velocity Time Integral* ou VTI): área abaixo do fluxo avaliado que representa a distância que o volume de sangue percorre;

C_4) tempo de aceleração (em milissegundos): tempo do início do fluxo até o pico máximo do fluxo avaliado;

C_5) tempo de ejeção (em milissegundos): tempo que vai do início até o final do fluxo;

C_6) frequência cardíaca: medida pela distância entre dois ciclos cardíacos, e calculado por meio de *software* instalado no aparelho ecocardiográfico HITACHI EUB 515-A.

As medidas foram feitas para cada animal e cada valva, a partir de 3 a 5 ciclos cardíacos consecutivos e o resultado considerado foi a média dos valores obtidos. Quando necessário, realizou-se a correção do ângulo do feixe de ultra-som. Os índices avaliados foram obtidos eletronicamente após traçar, manualmente com o cursor, o contorno do espectro analisado e calculado pelo *software* instalado no aparelho ecocardiográfico HITACHI EUB 515-A. O valor de área valvar para obtenção do volume sistólico foi feita medindo-se a distância do ponto de inserção das cúspides valvares e calculado automaticamente pelo aparelho ecocardiográfico.

Os valores dos parâmetros ecocardiográficos obtidos neste estudo foram submetidos à análise estatística descritiva, para o cálculo do valor médio e do desvio padrão, utilizando-se programa estatístico (MINITAB® 1992).

Os dados foram submetidos à avaliação de normalidade (distribuição gaussiana) pelo método de Kolmogorov e Smirnov. A partir daí, foi realizado o cálculo do coeficiente de correlação entre as variáveis peso e frequência cardíaca com os parâmetros avaliados. Os dados paramétricos foram avaliados pelo coeficiente de correlação de Pearson (r_p) e os dados não paramétricos pelo coeficiente de correlação de Spearman (r_s).

Foi também realizada a comparação entre as médias de todos os parâmetros avaliados nos dois fluxos valvares, bem

como a comparação das médias dos fluxos aórtico e pulmonar de machos e fêmeas. Os dados paramétricos foram avaliados pelo teste t de Student (levando-se em consideração desvios padrões diferentes) e os dados não paramétricos avaliados pelo teste U de Mann-Whitney.

RESULTADOS

Algumas características foram observadas durante a análise qualitativa entre os dois fluxos avaliados. Ambos os fluxos eram negativos, sendo que o fluxo da valva aórtica (Fig.1) apresentou uma aceleração rápida e uma desaceleração mais lenta, diferente do fluxo da valva pulmonar (Fig.2), que apresentou uma aceleração e desaceleração ocorrendo em intervalos de tempos semelhantes. Foi observada a presença de regurgitação pulmonar em apenas três animais, enquanto não foi observado nenhum caso de regurgitação da valva aórtica.



Fig.1. Avaliação com Doppler pulsátil do fluxo da valva aórtica do animal 19, com o contorno do espectro obtido e a mensuração da área valvar através do diâmetro do vaso.



Fig.2. Avaliação com Doppler pulsátil do fluxo da valva pulmonar do animal 08, com o contorno do espectro obtido e a mensuração da área valvar através do diâmetro do vaso.

Quadro 2. Valores, média e desvio padrão dos parâmetros do fluxo da valva aórtica avaliados com Doppler pulsátil, em 30 cães clinicamente saudáveis. São Paulo, 2005

Animal	Fluxo da valva aórtica						Fluxo da valva pulmonar					
	V. Max. ⁽¹⁾ (m/s) ⁽²⁾	V. Me. ⁽³⁾ (m/s) ⁽²⁾	VTI ⁽⁴⁾ (m) ⁽⁵⁾	TA ⁽⁶⁾ (ms) ⁽⁷⁾	TE ⁽⁸⁾ (ms) ⁽⁷⁾	FC ⁽⁹⁾ (bpm) ⁽¹⁰⁾	V. Max. ⁽¹⁾ (m/s) ⁽²⁾	V. Me. ⁽³⁾ (m/s) ⁽²⁾	VTI ⁽⁴⁾ (m) ⁽⁵⁾	TA ⁽⁶⁾ (ms) ⁽⁷⁾	TE ⁽⁸⁾ (ms) ⁽⁷⁾	FC ⁽⁹⁾ (bpm) ⁽¹⁰⁾
1	1,28	0,75	0,14	28	182	89	1,16	0,70	0,13	62	185	70
2	1,02	0,60	0,09	19	153	100	0,88	0,58	0,11	85	198	100
3	1,20	0,68	0,13	28	187	108	0,92	0,65	0,12	54	190	127
4	1,29	0,76	0,13	44	175	82	1,21	0,84	0,11	62	140	121
5	1,32	0,83	0,12	16	133	141	1,17	0,68	0,12	53	166	128
6	1,41	0,84	0,19	36	227	82	0,81	0,58	0,14	120	254	82
7	0,99	0,60	0,10	24	176	122	0,75	0,54	0,11	79	150	119
8	1,24	0,75	0,13	32	180	120	0,97	0,64	0,13	95	204	121
9	0,85	0,55	0,09	38	170	123	0,81	0,56	0,11	47	201	123
10	1,29	0,72	0,14	47	191	121	1,06	0,67	0,12	66	192	129
11	1,24	0,70	0,16	47	225	77	0,72	0,42	0,05	53	142	151
12	1,40	0,79	0,14	24	187	114	1,26	0,75	0,12	37	169	114
13	1,36	0,75	0,13	32	184	138	1,22	0,79	0,15	56	190	138
14	1,28	0,76	0,16	39	208	87	1,20	0,74	0,15	62	210	87
15	1,14	0,64	0,13	48	214	77	0,82	0,55	0,13	48	214	77
16	1,10	0,65	0,12	49	187	114	0,67	0,50	0,09	89	187	114
17	1,38	0,80	0,17	51	219	84	0,79	0,56	0,12	86	229	97
18	1,26	0,71	0,13	31	189	135	0,87	0,61	0,13	62	213	135
19	1,33	0,78	0,14	53	188	100	1,18	0,78	0,15	69	199	118
20	1,14	0,69	0,14	51	207	103	0,79	0,56	0,12	70	221	103
21	0,98	0,57	0,13	46	228	95	0,73	0,56	0,14	111	244	95
22	1,12	0,66	0,14	51	213	110	0,77	0,57	0,11	68	205	118
23	1,26	0,72	0,15	28	209	80	1,03	0,67	0,15	98	226	92
24	1,29	0,88	0,16	29	184	90	0,75	0,52	0,11	78	215	96
25	1,19	0,73	0,17	44	234	68	0,96	0,67	0,15	67	224	72
26	1,37	0,83	0,18	34	224	105	1,09	0,65	0,14	61	223	105
27	1,14	0,65	0,15	55	232	99	0,82	0,50	0,12	71	244	116
28	1,23	0,78	0,18	55	235	97	0,93	0,65	0,14	85	224	97
29	1,22	0,78	0,15	49	199	104	1,09	0,75	0,17	63	231	104
30	1,13	0,71	0,14	36	197	123	0,94	0,72	0,16	72	220	123
Média	1,26	0,72	0,14	38,80	197,90	102,90	0,95	0,63	0,13	70,97	203,70	109,10
Desvio Padrão	0,13	0,08	0,02	11,29	24,77	19,38	0,18	0,10	0,02	18,87	28,98	20,03

(¹) V. Max. = velocidade máxima; (²) m/s = metros por segundo; (³) V. Me. = velocidade média; (⁴) VTI = integral de velocidade; (⁵) m = metros; (⁶) TA = tempo de aceleração; (⁷) MS = milissegundos; (⁸) TE = tempo de ejeção; (⁹) FC = frequência cardíaca; (¹⁰) bpm = batimentos por minuto.

Os valores de velocidade máxima, velocidade média, integral de velocidade, tempo de aceleração e tempo de ejeção estão dispostos no Quadro 2.

Os valores brutos individuais de velocidade máxima e média do fluxo da valva aórtica foram maiores que os valores de velocidade máxima e média do fluxo da valva pulmonar, em todos os animais. As médias de velocidade máxima e média da artéria aorta foram estatisticamente maiores que as médias das velocidades máxima e média da artéria pulmonar ($p < 0,0001$ e $p = 0,0003$, respectivamente). Os valores das velocidades máxima e média de ambos os fluxos não tiveram correlação estatisticamente significativa com frequência cardíaca ou peso.

Os valores de integral de velocidade e tempos de ejeção aórtico e pulmonar mostraram correlação negativa com frequência cardíaca (Fig.3-6, respectivamente) e correlação positiva com o peso do animal. Já a média dos valores de integral de velocidade aórtica foi estatisticamente maior que a média dos valores de integral de velocidade pulmonar ($p = 0,0230$). No atinente ao tempo de ejeção, não hou-

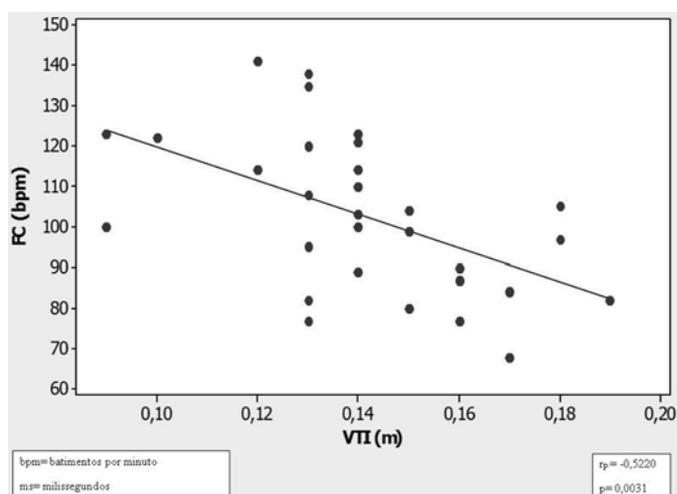


Fig.3. Correlação entre frequência cardíaca (FC) e integral de velocidade (VTI) do fluxo da valva aórtica avaliado com Doppler pulsátil, em cães clinicamente saudáveis. São Paulo, 2005.

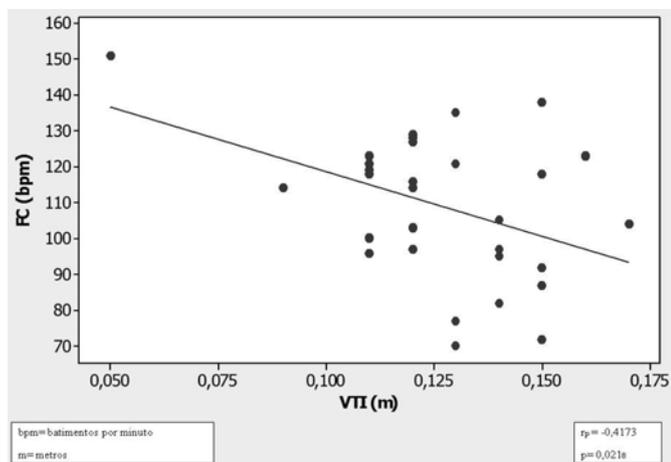


Fig.4. Correlação entre frequência cardíaca (FC) e integral de velocidade (VTI) do fluxo da valva pulmonar avaliado com Doppler pulsátil, em cães clinicamente saudios. São Paulo, 2005.

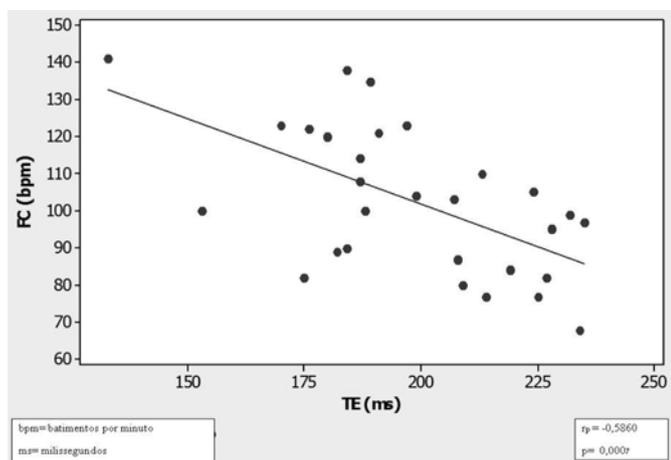


Fig.5. Correlação entre frequência cardíaca (FC) e tempo de ejeção (TE) do fluxo da valva aórtica avaliado com Doppler pulsátil, em cães clinicamente saudios. São Paulo, 2005.

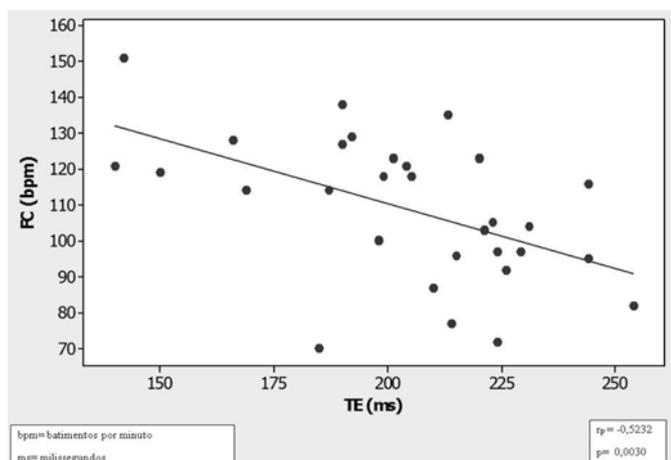


Fig.6. Correlação entre frequência cardíaca (FC) e tempo de ejeção (TE) do fluxo da valva pulmonar avaliado com Doppler pulsátil, em cães clinicamente saudios. São Paulo, 2006.

ve diferenças estatisticamente significantes entre os dois fluxos avaliados ($p=0,4110$).

Quanto ao tempo de aceleração, observou-se que o tempo de aceleração pulmonar foi estatisticamente maior do que o tempo de aceleração aórtico ($p<0,0001$). O tempo de aceleração pulmonar teve uma correlação negativa com frequência cardíaca ($r=-0,3736$), sendo que o mesmo não ocorreu com tempo de aceleração aórtico ($r=-0,2921$). Considerando-se o peso do animal, houve uma correlação positiva apenas com tempo de aceleração aórtico ($r=0,5104$).

Não foram observadas, diferenças estatisticamente significantes entre as médias das variáveis dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar, entre machos e fêmeas, exceção feita às médias de velocidade média do fluxo da artéria pulmonar que foram estatisticamente menores em fêmeas do que em machos ($p=0,0120$).

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A habilidade da ecocardiografia Doppler em estimar a velocidade do fluxo de sangue de forma não-invasiva abriu novas áreas de investigação para a detecção e quantificação de várias lesões cardíacas. Para tanto, há a necessidade do conhecimento dos valores normais para cada espécie estudada e da influência de diversos fatores, como sexo, peso e frequência cardíaca em condições fisiológicas, e com isso entender o que acontece nas diferentes cardiopatias.

Na avaliação qualitativa dos fluxos das valvas aórtica e pulmonar, observou-se fluxo negativo e presença de regurgitação pulmonar em apenas três animais (animais número 14, 21 e 24), o que não constitui uma alteração funcional importante, já que nenhum desses animais apresentou sopro audível à auscultação ou aumento de câmaras cardíacas direitas. Nenhum dos animais deste estudo apresentou regurgitação aórtica.

Em humanos, a presença de fluxo regurgitante já foi descrita nas quatro valvas cardíacas (Kostucki et al. 1986, Van Dijk et al. 1994). Estes fluxos regurgitantes nunca devem se estender mais do que um centímetro acima do fechamento da valva (Kostucki et al. 1986) e, na ausência de lesões estruturais (Van Dijk et al. 1994), podem ser considerados fisiológicos. Em cães clinicamente normais, alguns trabalhos foram publicados com resultados divergentes. Brown et al. (1991) encontraram insuficiência da valva pulmonar em 54% dos animais avaliados, insuficiência aórtica em 11% e, em ambas as valvas, 1,4%. Porém, segundo Kirberger et al. (1992^a), numa avaliação das quatro valvas cardíacas, foi observada regurgitação leve apenas da valva mitral. Outro estudo, também das quatro valvas cardíacas, foi observada insuficiência valvar pulmonar (70% dos casos) e tricúspide (50% dos casos), mas nenhum caso de regurgitação das valvas do lado esquerdo do coração (Yull & O'Grady 1991). Estas diferenças podem ser explicadas pois a definição de regurgitação valvar varia muito de autor para autor: alguns acreditam que só pode ser considerada regurgitação quando o sinal ocupa toda a sístole ou diástole; para outros uma regurgi-

tação leve ocupa apenas uma porção do ciclo cardíaco (Yull & O'Grady 1991). Outra provável causa da divergência de resultados pode ser as diferentes técnicas utilizadas para a detecção do fluxo regurgitante: Doppler pulsátil ou Doppler contínuo, sendo este último mais sensível na detecção dos fluxos regurgitantes.

Os valores individuais de velocidade máxima do fluxo da valva aórtica foram sempre maiores que os valores individuais de velocidade máxima do fluxo da valva pulmonar, sendo que a média destes valores, incluindo também a média dos valores obtidos para velocidade média, foram estatisticamente maiores no fluxo da valva aórtica do que no fluxo da valva pulmonar ($p < 0,0001$ e $p = 0,0003$, respectivamente). Estes resultados corroboram com aqueles obtidos em pesquisas realizadas anteriormente com cães (Brown et al. 1991, Kirberger et al. 1992b), bem como em humanos (Gardin et al. 1984), devido ao fato de que a resistência na circulação sistêmica é, geralmente, quatro a cinco vezes maior do que a resistência da circulação arterial pulmonar.

Não houve correlação entre os valores de velocidade de ambos os fluxos com frequência cardíaca e peso do animal, corroborando observações anteriores de Brown et al. (1991).

Conforme previsto na avaliação qualitativa, verificou-se que o tempo de aceleração do fluxo da valva aórtica é estatisticamente menor do que tempo de aceleração do fluxo da valva pulmonar ($P < 0,0001$). Não foram encontrados estudos com avaliação destes parâmetros em cães sadios. A grande importância, com relação ao tempo de aceleração do fluxo sistólico pulmonar está na avaliação da hipertensão pulmonar. Alguns trabalhos já foram publicados, tanto na Medicina Humana (KitabakE et al. 1983, Isobe et al. 1986, Miguéres et al. 1990, Campos Filho et al. 1991, Miyahara et al. 2001) quanto na Medicina Veterinária (Uehara 1993), mostrando uma estreita correlação entre tempo de aceleração do fluxo pulmonar e pressão arterial pulmonar. Sabe-se que, à medida que ocorre incremento nos níveis de pressão arterial pulmonar média, há encurtamento gradual e proporcional do tempo de aceleração (Isobe et al. 1986, Campos Filho et al. 1991, Uehara 1993). Tais fatos sugerem aceleração anormalmente rápida da velocidade de fluxo sistólico pulmonar, devido principalmente à diminuição da capacitância da circulação pulmonar e, conseqüentemente, aumento da impedância ao livre fluxo sanguíneo (Campos Filho et al. 1991). Além disso, a relação entre tempo de aceleração e tempo de ejeção do fluxo da valva pulmonar apresenta-se bastante reduzida em pacientes humanos com hipertensão pulmonar e tem, também, uma alta correlação com os níveis de pressão arterial pulmonar média (Isobe et al. 1986, Kitabake et al. 1983, Miguéres et al. 1990, Campos Filho et al. 1991, Miyahara et al. 2001).

Evidenciou-se uma correlação positiva entre peso e tempo de aceleração do fluxo aórtico ($r_s = 0,5104$, $p = 0,0040$), o mesmo não ocorrendo com o fluxo pulmonar. Porém, o valor do coeficiente de correlação para peso e tempo de aceleração do fluxo pulmonar encontra-se no limite entre

presença ou inexistência de correlação (coeficiente de correlação limite = 0,30), sendo considerado, por outros autores, como uma correlação de baixo grau (Dawson & Trapp 2001). Com relação à frequência cardíaca, verificou-se uma correlação negativa com o tempo de aceleração do fluxo pulmonar ($r_s = -0,3736$; $P = 0,0420$), porém não foi observada correlação estatisticamente significativa com o tempo de aceleração do fluxo aórtico ($r_s = -0,2921$; $P = 0,1173$). O coeficiente de correlação para tempo de aceleração do fluxo aórtico e frequência cardíaca também se encontra no limite entre presença ou inexistência de correlação, mas pode ser considerada uma correlação negativa de baixo grau, segundo Dawson & Trapp (2001). Acredita-se que a frequência cardíaca influa minimamente sobre o tempo de aceleração do fluxo aórtico, por ser um sistema de alta pressão. O contrário pode acontecer também com o fluxo pulmonar; por se tratar de um fluxo com aceleração e desaceleração, que ocorrem em valores de tempo semelhantes, alterações na frequência cardíaca que levem à alteração no tempo de ejeção também atuarão sobre essas variáveis. Não foram encontrados trabalhos que comprovem estas suposições, portanto, são necessários outros estudos sobre o assunto para que seja possível chegar a conclusões mais significativas.

Outro parâmetro avaliado foi o tempo de ejeção. Verificou-se que o aumento da frequência cardíaca causa uma redução, estatisticamente significativa, do tempo de ejeção do fluxo da valva aórtica ($r_p = -0,5860$; $P = 0,0007$) e do fluxo da valva pulmonar ($r_p = -0,5232$; $P = 0,0030$). Esta observação é importante, pois a redução do tempo de ejeção causa uma redução da área abaixo do espectro do fluxo avaliado. Com isso, há também uma redução da integral de velocidade, que está diretamente relacionada com o volume sistólico, fato verificado, pois com o aumento da frequência cardíaca há também redução na integral de velocidade aórtica ($r_p = -0,5220$; $p = 0,0031$) e na integral de velocidade pulmonar ($r_p = -0,4173$; $p = 0,0218$). Além disso foi observada uma correlação positiva entre peso e tempo de ejeção dos fluxos aórtico ($r_s = 0,6494$; $p = 0,0001$) e pulmonar ($r_s = 0,6682$; $p < 0,0001$) e entre peso e integral de velocidade aórtica ($r_s = 0,5442$; $p = 0,0019$) e pulmonar ($r_s = 0,4665$; $p = 0,0094$). Com estes resultados, pôde-se perceber interação entre os parâmetros tempo de ejeção e integral de velocidade, muito importantes na avaliação da função sistólica ventricular.

Realizou-se, ainda, uma comparação entre as médias dos valores de machos e fêmeas, não sendo encontrada nenhuma diferença estatisticamente significativa entre as variáveis, exceção feita à média de velocidade média do fluxo da artéria pulmonar, que foi menor em fêmeas do que em machos ($p = 0,0120$). Estes achados mostram que não há influência significativa da variável "sexo" nos parâmetros avaliados.

Portanto, conclui-se que a ecocardiografia Doppler é de grande valia para complementar as informações obtidas pelas imagens ecocardiográficas e, mesmo com algumas limitações, ela pode fornecer dados importantes so-

bre hemodinâmica, de forma não-invasiva, facilitando a avaliação clínica de animais cardiopatas.

REFERÊNCIAS

- Bonagura J.D. 1983. M-Mode echocardiography. *Vet. Clin. North Am., Small Anim. Pract.* 13(2):299-319.
- Bonagura J.D. 1994. Echocardiography. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 204(4):516-522.
- Bonagura J.D. & Fuentes V.L. 2004. Ecocardiografia, p.884-925. In: Ettinger S.J. & Feldman E.C. (Eds), *Tratado de Medicina Interna Veterinária*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Boon J.A. 1998a. Evaluation of size, function, and hemodynamics, p.151-260. In: Boon J.A. (Ed.), *Manual of Veterinary Echocardiography*. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Boon J.A. 1998b. The echocardiographic examination, p.35-150. In: Boon J.A. (Ed.), *Manual of Veterinary Echocardiography*. Williams and Wilkins, Baltimore.
- Boon J.A., Wingfield W.E. & Miller C.W. 1983. Echocardiography indices in the normal dog. *Vet. Radiol.* 24(5):214-221.
- Brown D.J., Knight, D.H. & King, R.R. 1991. Use of pulsed-wave Doppler echocardiography to determine aortic and pulmonary velocity and flow variables in clinically normal dogs. *Am. J. Vet. Res.* 52(4):543-550.
- Campos Filho O., Andrade J.L., Carvalho A.C.C., Luna Filho B., Pfeferman A., Arroyo J.B., Leão L.E.V. & Martinez Filho E.E. 1991. Avaliação da pressão arterial pulmonar em adultos pela ecodoppler cardiografia. *Arq. Bras. Cardiol.* 56(4):261-268.
- Darke P., Bonagura J.D. & Kelly D.F. 2000. Cateterização cardíaca e angiocardiografia, p.52-56. In: Darke P., Bonagura J.D., Kelly D.F. *Atlas ilustrado de cardiologia veterinária*. Manole, São Paulo.
- Gardin J.M., Burn C.S., Childs W.J. & Henry W.L. 1984. Evaluation of blood flow velocity in the ascending aorta and main pulmonary artery of normal subjects by Doppler echocardiography. *Am. Heart J.* 107(2):310-319.
- Gardin J.M., Iseri L.T., Elkayam U., Tobis J., Childs W., Burn C.S. & Henry W.L. 1993. Evaluation of dilated cardiomyopathy by pulsed Doppler echocardiography. *Am. Heart J.* 106(5):1057-1065.
- Imamura Y., Hirai H., Harada M., Tokuyama A., Yoshinuma M., Degawa T., Nishizawa S., Yabuki S., Machii K. & Yamaguchi T. 1993. Evaluation of left ventricular systolic function by pulsed Doppler echocardiography in patients with acute myocardial infarction. *J. Cardiol.* 23(3):231-240.
- Isobe M., Yazaki Y., Takaku F., Koizume K., Hara K., Tsuneyoshi H., Yamaguchi T. & Machii K. 1986. Prediction of pulmonary arterial pressure in adults by pulsed Doppler echocardiography. *Am. J. Cardiol.* 57(4):316-321.
- Kirberger R.M., Van Der Berg P.B. & Darazs, B. 1992a. Doppler echocardiography in the normal dog. Part I. Velocity findings and flow patterns. *Vet. Radiol. Ultrasound* 33(6):370-379.
- Kirberger R.M., Van Der Berg P.B. & Grimbeek R.J. 1992b. Doppler echocardiography in the normal dog: part II. Factors influencing blood flow velocities and a comparison between left and right heart blood flow. *Vet. Radiol. Ultrasound* 33(6):380-386.
- Kitabake A., Inoue M., Asao M., Masayama T., Tanouche J., Morita T., Mishima M., Uematsu M., Shimazu T., Hori M. & Abe H. 1983. Noninvasive evaluation of pulmonary hypertension by a pulsed Doppler technique. *Circulation* 68(2):302-309.
- Kostucki W., Vandenbossche J.I., Friart A. & Englert M. 1986. Pulsed Doppler regurgitant flow patterns of normal valves. *Am. J. Cardiol.* 58(3):309-313.
- Lombard C.W. 1984. Normal values of the canine M-mode echocardiogram. *Am. J. Vet. Res.* 45(10):2015-2018.
- Miguéres M., Escamilla R., Coca F., Didier A. & Krempf M. 1990. Pulsed Doppler echocardiography in the diagnosis of pulmonary hypertension in COPD. *Chest* 98(2):280-285.
- Miyahara Y., Ikeda S., Yoshinaga T., Yamaguchi K., Nishimura-Shirono E., Yamasa T., Hamabe S., Nakamura K. & Kohno S. 2001. Echocardiographic evaluation of right cardiac function in patients with chronic pulmonary diseases. *Jpn. Heart J.* 42(4):483-493.
- Moise N.S. & Fox P.R. 1999. Echocardiography and Doppler imaging, p.130-171. In: Fox P.R., Sisson D. & Moise N.S. (Eds), *Textbook of Canine and Feline Cardiology: Principles and clinical practice*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- O'Grady M.R., Bonagura J.D., Powers J.D. & Herring D.S. 1986. Quantitative cross-sectionalechocardiography in the normal dog. *Vet. Radiol.* 27(2):34-49.
- Thomas W.P., Gaber C.E., Jacobs G.J., Kaplan P.M., Lombard C.W., Moise N.S. & Moses B.L. 1993. Recommendations for standards in transthoracic two-dimensional echocardiography in the dog and cat. *J. Vet. Intern. Med.* 7(4):247-252.
- Thomas W.P. & Sisson D. 1999. Cardiac catheterization an angiocardiography, p.173- 191. In: Fox P.R., Sisson D. & Moise N.S. (Eds), *Textbook of Canine and Feline Cardiology: Principles and clinical practice*. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Uehara Y. 1993. An attempt to estimate the pulmonary artery pressure in dogs by means of pulsed Doppler echocardiography. *J. Vet. Med. Sci.* 55(2):307-312
- Van Dijk A.P., Van Oort A.M. & Daniels O. 1994. Right-sided valvular regurgitation in normal children determined by combined colour-coded and continuous-wave Doppler echocardiography. *Acta Paediatr.* 38(2):200-203.
- Yuill C.D.M. & O'Grady M.R. 1991. Doppler-derived velocity of blood flow across the cardiac valves in the normal dog. *Can. J. Vet. Res.* 55(2):185-192