

正常犬の超音波パルスドプラ法におけるサンプルボリューム位置と心・大血管内血流波形

誌名	動物の循環器 = Advances in animal cardiology
ISSN	09106537
著者	陰山, 敏昭 武藤, 眞 若尾, 義人 岡本, 卓二 御子柴, リほ 中山, 智宏 渡辺, 俊文 鈴木, 立雄 高橋, 貢
巻/号	27巻1号
掲載ページ	p. 9-18
発行年月	1994年

正常犬の超音波パルスドプラ法における サンプルボリューム位置と心・大血管内血流波形

陰山 敏昭*, 武藤 真*, 若尾 義人, 岡本 卓二*,
御子柴 りほ*, 中山 智宏, 渡辺 俊文, 鈴木 立雄*, 高橋 貢
麻布大学獣医学部外科学第二教室(*), 外科学第一教室

〒229 神奈川県相模原市淵野辺 1-17-71

(1994.9.1受付, 1994.9.20受理)

Doppler Echocardiography in Normal Dog : Relationships Between Sampling Volume Site and Blood Flow Profile

Toshiaki KAGEYAMA, Makoto MUTO, Yoshito WAKAO,
Takuji OKAMOTO, Riho MIKOSHIBA, Tomohiro NAKAYAMA,
Toshifumi WATANABE, Tatsuo SUZUKI and Mitsugi TAKAHASHI

*Department of Veterinary Surgery, School of Veterinary Medicine,
Azabu University, 1-17-71 Fuchinobe, Sagami-hara, Kanagawa 229, Japan*

Abstract. Pulsed Doppler echocardiography was used to determine the differences of the blood flow velocity profiles depending on the site of sample volume. Blood flow profiles were recorded from two sites at the mitral and tricuspid valve area, and from three sites at the aortic and pulmonary valve area in 31 normal conscious dogs. It revealed that there were significant differences in peak velocities across the aortic and pulmonary valves. Ejection time recorded from aortic and pulmonary valves correlated to the heart rate. As a result, it is important to clarify the site of sample volume and heart rate in examining the blood flow velocity profiles.

Key Words : dogs, Doppler echocardiography, pulsed wave Doppler, sample volume

Adv. Anim. Cardiol. 27(1) : 9-18, 1994

今日、超音波における画像診断は容易に実施できる非侵襲的検査として循環器疾患の臨床には必要不可欠な検査の1つとなり、各種方法を用いた報告が数多くなされている。しかし、犬におけるパルスドプラ法の報告は散見されるものの¹⁻⁷⁾、その詳細については明らかになっていない点が多い。

1987年 Gaber^{2,3)}はパルスドプラ法により10kg以下の正常犬群と19kg以上の正常犬群に分類し、鎮静下に流入血流、駆出血流のpeak速度、ならびにE/A比を測定し、2群間の比較

を行った。これをもとに1991年 YuillとO'Grady⁴⁾は連続波ドプラを用い、Gaber^{2,3)}のパルスドプラ値と比較を行い、連続波ドプラの有用性を報告した。また、Brownら⁵⁾はアセプロマジン鎮静下の犬において、駆出血流についてそのpeak速度、駆出時間、拍出量などを報告した。Kirbergerら^{6,7)}は薬物による鎮静を行わず、パルスドプラ法を用い流入・流出血流について報告した。

しかしながら、ヒトにおいてはサンプルボリュームの位置が変化すると、その血流速および

他のパラメータに変化が生じると報告されているが^{8,9)}、犬においてはパルスドブラ法における流入部あるいは流出部のサンプルボリュームの設定位置の相違により各計測値がどのように変化するかは明らかにされていない。そこで我々は、パルスドブラ法を用い、無麻酔犬の左心および右心の流入部および流出部にサンプルボリュームの位置を数カ所設定し、各サンプルボリュームの位置におけるパラメータを比較検討した。

材料および方法

実験材料

実験には一般臨床所見、心電図、胸部単純レントゲン写真により異常を認めない临床上健康な雑種成犬16頭、およびビーグル成犬15頭の計31頭を使用した。体重は5.1~16.0kg (平均10.6kg, 標準偏差2.2kg) で、性別は雄15頭、雌16頭であった。

実験方法

実験には、超音波画像診断装置 (アロカ社製 SSD-830) を用い、探触子は周波数 3.5MHz の電子セクタ探触子 (以下 プローブ) (アロカ社製 UST-5223-3.5) を用いた。心電図を II 誘導にて同期し、パルスドブラ法にて各血流を計測した。ドブラ波形の計測は、供試犬を無麻酔で自作のテーブル上に左側横臥に用手により保定し、左胸壁からプローブを当てて行った。また、プローブの接触面は剪毛し、エコーゼリーを使用した。サンプルボリュームの大きさは各部位ともに 1 mm とし、低周波数除去フィルター (ドブラフィルター) を 400 Hz として連続 4 波形の記録を行った。また、血流とパルスドブラのビーム方向が 30 度以内に角度を保

つように操作すると同時に、角度補正を行った値をデータとして用いた。

1. 左心室流入部

左胸壁よりプローブを当て、左室長軸断面像を描出し、急速流入期の僧帽弁最大開放時に、サンプルボリュームを僧帽弁の弁輪部 (mitral annulus) および弁口部 (mitral orifice) の 2 カ所に設定した。

2. 右心室流入部

左胸壁よりプローブを当て、後大静脈を伴う右室流入路長軸断面を描出し、急速流入期の三尖弁最大開放時に、サンプルボリュームが三尖弁の弁輪部 (tricuspid annulus) および弁口部 (tricuspid orifice) の 2 カ所に位置するように設定した。

3. 左心室駆出部

左室流入と同じ断面の左室長軸断面においてサンプルボリュームを弁直下 (subaortic valve), 弁直上 (supraaortic valve), バルサルバ洞 (Valsalva's antrium) の 3 カ所に設定した。すなわち、弁直下では、サンプルボリュームは常に左室内にあり、収縮末期に大動脈弁に最も近づくように設定した。弁直上では、サンプルボリュームは常に大動脈内にあり、拡張末期に大動脈弁の直上に位置するように設定した。さらにバルサルバ洞では、サンプルボリュームが拡張末期にバルサルバ洞の真中に位置するように設定した。

4. 右心室駆出部

左胸壁よりプローブを当て、大動脈部短軸断面像を描出し、サンプルボリュームを肺動脈弁直下 (subpulmonic), 弁直上 (suprapulmonic), 中間部 (the center of main pulmonary artery, MPA) の 3 カ所に設定した。すなわち、弁直下では、サンプルボリュームは常に右室内にあり、収縮末期に肺動脈に最も近づくように設定

した。弁直上では、サンプルボリュームは常に肺動脈内にあり、拡張末期に肺動脈弁の直上に位置するように設定した。中間部では、サンプルボリュームは拡張末期にMPAの肺動脈弁口と肺動脈分岐部の中間部の主肺動脈内に設定した。

測定項目

各部位で得られた波形から測定した項目は次のとおりである。

1. 流入波形からは 1) 拡張早期血流（以下 E 波）の最高流速(m/sec)：(以下 E-peak), 2) 心房収縮期血流(以下 A 波) の最高流速 (m/sec)：(以下 A-peak), 3) A/E 比=A-peak/E-peak として算出：(以下 A/E 比) ならびに 4) 心拍数(beat/min)：(以下 HR) を測定した。
2. 駆出波形からは 1) 最高流速(m/sec)：(以下 peak), 2) 加速時間(sec)=駆出開始から peak に達するまでの時間：(以下 AT), 3) 駆出時間(sec)=駆出開始から終了までの時間：(以下 ET), 4) AT/ET 比=AT/ET として算出：(以下 AT/ET), 5) 駆出波形の時間速度積分(m)：(以下 TVI) ならびに 6) 心拍数(beat/min)：(以下 HR) を測定した。
3. 検定方法

今回の実験では、流入血流ならびに駆出血流ともにサンプルボリュームの位置による各パラメーターの変化および各パラメーター間の相関の有無について検討した。したがってサンプルボリュームの位置による各パラメーターの変化についての検定は各パラメーターごとにサンプルボリュームの位置を水準として一元配置分散分析法を行い、さらに信頼区間95%と99%にて Scheffe F-test を行った。各パラメーター間

Table 1 Data of Inflow Index.

		E-peak*	A-peak*	A/E	HR
Mitral annulus	mean	0.607	0.421	0.740	97.0
	SD	0.089	0.091	0.240	18.0
	CV	14.7	21.5	32.5	18.6
Mitral orifice	mean	0.701	0.451	0.644	93.9
	SD	0.101	0.105	0.151	18.5
	CV	14.2	23.2	23.5	19.7
Tricuspid annulus	mean	0.432	0.385	0.912	89.6
	SD	0.079	0.109	0.276	20.4
	CV	18.2	28.3	30.2	22.7
Tricuspid orifice	mean	0.571	0.413	0.747	89.8
	SD	0.125	0.104	0.223	22.2
	CV	21.8	25.2	29.9	24.7

*: Both velocities are in m/sec, HR is in beats/min, SD is standard deviation and CV is coefficient of variance.

の相関の有無に関しては相関係数 (r) が0.4以上を相関があるとみなし、0.7以上を高い相関があるとみなした。

結 果

1. 流入波形

1-1) サンプルボリュームの設定位置による各パラメーターの相違

1) E-peak

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における E-peak の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 1 の通りであった。僧帽弁・三尖弁共に弁輪部と弁口部では、弁口部の方が有意に ($p < 0.01$) 高い値を示し、弁輪部・弁口部共に三尖弁よりも僧帽弁の方が有意に ($p < 0.01$) 高い値を示した。(Fig. 1)

2) A-peak

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における A-peak の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 1 の通りであった。

僧帽弁・三尖弁共に弁輪部と弁口部では有意

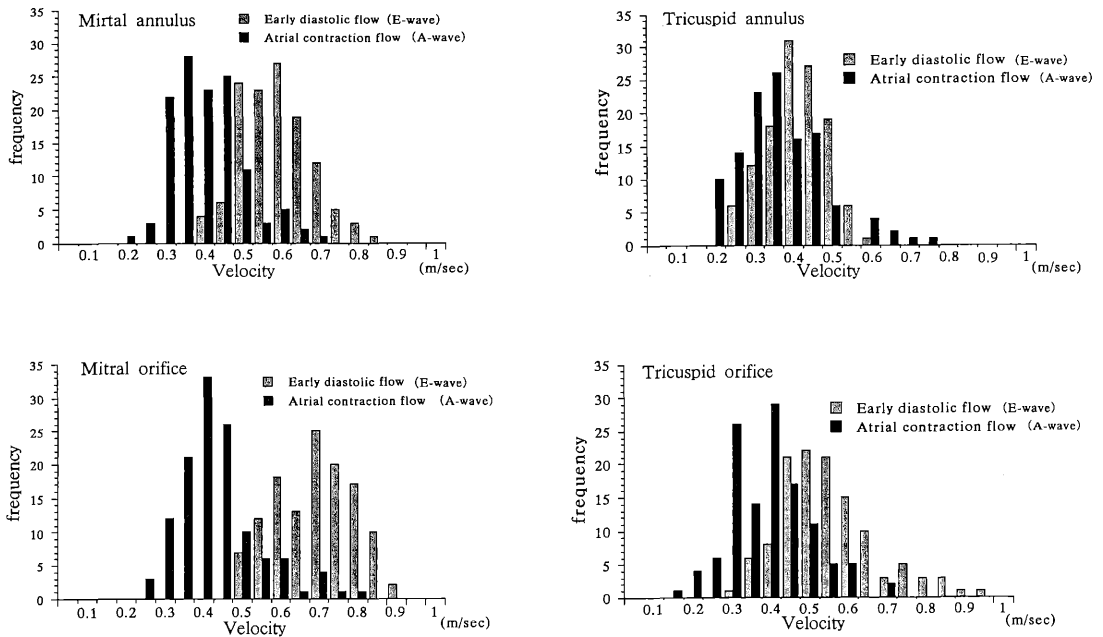


Fig. 1 Histograms showing distributions of E-wave and A-wave peak flow velocity of inflow at mitral annulus(1-1) mitral orifice(1-2), tricuspid annulus(1-3), tricuspid orifice(1-4).

差が認められなかった。弁輪部においては僧帽弁と三尖弁の間に有意差は認められなかった。弁口部では三尖弁よりも僧帽弁の方が有意に ($p < 0.05$) 高い値を示した。(Fig. 1)

3) A/E 比

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における A/E 比の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 1 の通りであった。

僧帽弁弁輪部と弁口部では弁輪部の方が有意に ($p < 0.05$) 高い値を示し、三尖弁弁輪部と弁口部では弁輪部の方が有意に ($p < 0.01$) 高い値を示した。弁輪部・弁口部共に僧帽弁よりも三尖弁の方が有意に ($p < 0.01$) 高い値を示した。

4) 心拍数 (HR)

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置に

おける心拍数 (HR) の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table1の通りであった。

1-2) 各パラメーターの相関

僧帽弁弁輪部において相関がみられた項目は E-peak と HR ($r = 0.58$), A-peak と A/E ($r = 0.48$), A-peak と HR ($r = 0.63$) および A/E と HR ($r = 0.46$) であった。僧帽弁弁口部において相関がみられた項目は E-peak と HR ($r = 0.41$) であった。三尖弁弁輪部において相関がみられた項目は A-peak と HR ($r = 0.55$), A/E と HR ($r = 0.45$) であった。三尖弁弁口部において相関がみられた項目は A/E と HR ($r = 0.44$) であった。

2. 駆出波形

2-1) サンプルボリュームの設定位置による各パラメーターの相違

Table 2 Data of Outflow Index.

	peak*	AT	ET	AT/ET	TVI	HR	
subaortic valve	mean	0.851	0.057	0.182	0.315	0.094	93.7
	SD	0.123	0.012	0.014	0.062	0.013	24.1
	CV	15.1	20.1	7.9	19.6	14.1	25.7
supraaortic valve	mean	1.070	0.051	0.188	0.273	0.125	97.5
	SD	0.134	0.010	0.020	0.043	0.020	25.7
	CV	12.5	18.8	10.6	15.6	16.1	26.3
Valsalva's antrum	mean	1.249	0.053	0.189	0.279	0.144	96.5
	SD	0.147	0.010	0.019	0.050	0.025	22.0
	CV	11.8	19.1	10.3	18.0	17.2	22.8
subpulmonic valve	mean	0.649	0.093	0.200	0.466	0.089	91.2
	SD	0.138	0.019	0.027	0.066	0.015	25.2
	CV	21.3	20.1	13.4	14.2	16.5	27.6
suprapulmonic valve	mean	0.848	0.093	0.213	0.434	0.125	91.9
	SD	0.150	0.018	0.026	0.058	0.022	29.4
	CV	17.7	19.0	12.0	13.4	17.9	31.9
main pulmonary artery	mean	0.928	0.072	0.210	0.343	0.132	91.8
	SD	0.176	0.014	0.023	0.058	0.020	23.4
	CV	19.0	19.7	10.8	16.8	14.9	25.5

* : Velocities are in m/sec. Time is in milliseconds. HR is in beats/min. SD is standard deviation and CV is coefficient of variance.

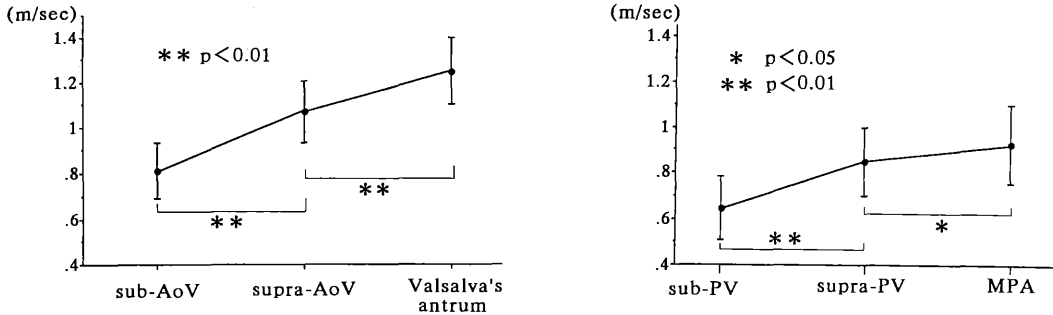


Fig. 2 Comparison of peak velocity in each sample volume site of left outflow tract(2-1) and right outflow tract(2-2). sub-AoV=subaortic valve, supra-AoV=supraaortic valve, sub-PV=subpulmonic valve, supra-PV=suprapulmonic valve, MPA=center of main pumony artery.

1) peak

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における peak の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 2 の通りであった。

大動脈, 肺動脈共にサンプルボリュームの位置が末梢に設定されるにともない有意に速い値を示した (Fig. 2)。弁直上と弁直下共に大動脈の方が肺動脈よりも有意に (p<0.01) 速い値を示した。

2) AT

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における AT の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 2 の通りであった。

大動脈では有意差は認められず, 肺動脈では MPA より弁直下, 弁直上の方が有意に (p<0.01) 時間の延長が見られた。また弁直下, 弁直上共に肺動脈の方が有意に (p<0.01) 大きい値を示した。

3) ET

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置に

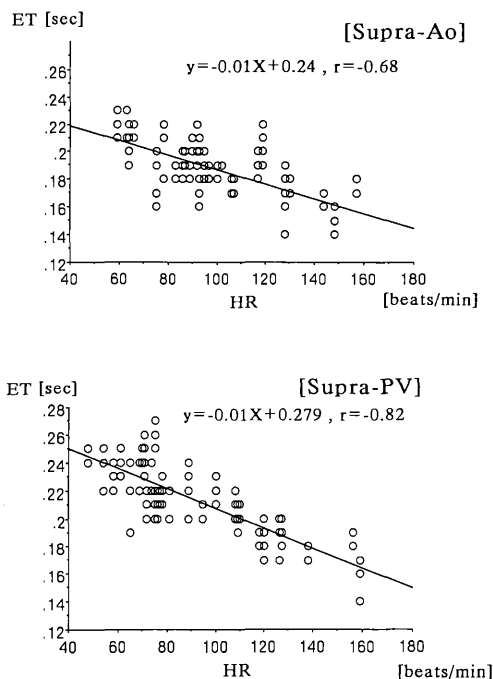


Fig. 3 Relationship between ejection time and heart rate at supraaortic valve(3-1), and suprapulmonic valve(3-2).

における ET の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 2 の通りであった。

大動脈では有意差は認められず、肺動脈では弁直上よりも弁直下の方が有意に ($p < 0.01$) 延長した。また弁直下、弁直上共に肺動脈の方が有意に ($p < 0.01$) 大きい値を示した。

4) AT/ET

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における AT/ET の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 2 の通りであった。

大動脈においては弁直下と弁直上、バルサルバ洞では弁直下の方が有意に ($p < 0.01$) 大きい値を示したが、弁直上とバルサルバ洞の間には有意な差は認められなかった。肺動脈においては弁直下と他の肺動脈の箇所、弁直上と他の肺動脈の箇所では有意差が認められた。すなわち

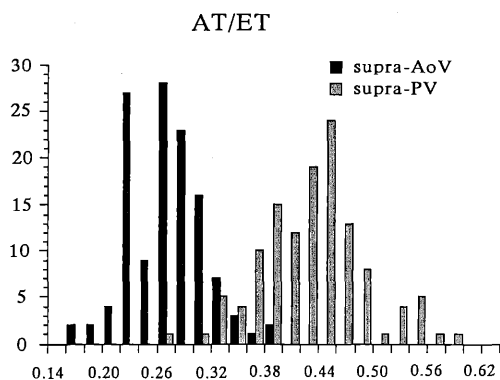


Fig. 4 Histograms showing distributions of AT/ET for supraaortic valve and suprapulmonic valve.

弁直下は弁直上よりも有意に ($p < 0.05$) 大きく、さらに MPA よりも有意に ($p < 0.01$) 大きい値を示し、弁直上も MPA よりも有意に ($p < 0.01$) 大きい値を示した。また弁直下、弁直上共に大動脈と肺動脈では肺動脈の方が有意に ($p < 0.01$) 大きい値を示した (Fig. 4)。

5) TVI

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における TVI の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 2 の通りであった。

大動脈ではサンプルボリュームの位置が動脈内に移行するほど有意に大きい値を示した。肺動脈ではサンプルボリュームの位置が末梢に行くにしたがって大きい値を示したが弁直上と MPA の間には有意差は認められなかった。また弁直下、弁直上共に大動脈と肺動脈の間に有意差は認められなかった。

6) 心拍数 (HR)

サンプルボリュームのそれぞれの設定位置における心拍数 (HR) の平均値と標準偏差ならびに変動係数は Table 2 の通りであった。

各サンプルボリューム全体に有意差は認められず、全ての箇所においても有意差は認められ

なかった。

2-2) 各パラメーターの相関について

大動脈弁直下において相関がみられた項目は peak と TVI ($r=0.73$), AT と AT/ET ($r=0.92$) および ET と HR ($r=-0.50$) であった。大動脈弁直上において相関がみられた項目は AT と AT/ET ($r=0.81$), AT と HR ($r=-0.56$) および ET と HR ($r=-0.68$) (Fig. 3) であった。バルサルバ洞において相関がみられた項目は AT と AT/ET ($r=0.83$), AT と ET ($r=0.41$) および ET と HR ($r=-0.52$) であった。

肺動脈弁直下において高い相関がみられた項目は AT と ET ($r=0.71$), AT と AT/ET ($r=0.73$), peak と ET ($r=-0.54$), peak と TVI ($r=0.59$), peak と HR ($r=0.53$), AT と HR ($r=-0.47$) ならびに ET と HR ($r=-0.68$) であった。肺動脈弁直上において相関がみられた項目は AT と ET ($r=0.7$), AT と AT/ET ($r=0.77$), ET と HR ($r=-0.82$) (Fig. 3), AT と HR ($r=-0.53$) ならびに ET と AHT ($r=0.46$) であった。MPA において相関がみられた項目は peak と TVI ($r=0.73$), AT と AT/ET ($r=0.84$), peak と ET ($r=-0.42$) および AT と ET ($r=0.49$) であった。

考 察

犬はヒトに比べ心臓が小さく、収縮期に房室弁弁輪部は心尖方向へ移動する¹⁰⁾ため、超音波断層装置の画面上で心臓はかなり上下に動く。したがって、心内あるいは大血管内といえども一心周期中、同一部位にサンプルボリュームを設定することは不可能である。したがって、今回のサンプルボリュームの位置設定は心周期中の一定の時相にサンプルボリュームが目的とす

る位置にあるように設定した。

通常、流入血流は、拡張早期血流 (E 波) と心房収縮期血流 (A 波) の 2 峰性の血流波形を示す。E 波の peak 速度について、Gaber^{2,3)} はアセプロマジンとブプリノルフィンの鎮静下において 10kg 以下の群では僧帽弁弁口部が $0.705 \pm 0.069 \text{m/sec}$, 三尖弁弁口部が $0.626 \pm 0.106 \text{m/sec}$, 19kg 以上の群では僧帽弁弁口部が $0.805 \pm 0.144 \text{m/sec}$, 三尖弁弁口部が $0.626 \pm 0.18 \text{m/sec}$ であり、体重が重い群の方が僧帽弁弁口部の peak 速度が速いことを報告している。今回の実験では僧帽弁弁口部の E 波の peak 速度は 10kg 以下の群とほぼ同様の結果となった。また、体重と peak 速度の間に相関はみられなかった。これは今回の実験で用いた供試犬の半数が 10kg 以下であったことによると考えられた。Kirberger ら^{6,7)} は薬物による鎮静を行わず、パルスドプラ法を用い流入・流出血流について報告し、僧帽弁弁口部の E 波の peak 速度は $0.91 \pm 0.15 \text{m/sec}$ であったと述べている。この値は過去の報告に比較してかなり大きく、今回の値と比較しても 0.3m/sec 大きい値を示している。Kirberger らの報告では他の計測部位においても値はかなり高く、標準偏差も我々の値に比較して 1.5~2 倍と高いこと、生後 2 ヶ月~28 ヶ月の犬を用いていることなどから、心拍数の記載はないが、今回の実験とは条件が異なった可能性があるかと推察される。連続波ドプラ法では Yuill と O'Grady⁴⁾ が 20 頭の正常犬 (平均体重 23.2kg) を用い、薬物等による鎮静は行わず、peak 速度を求めている。結果は僧帽弁が $0.862 \pm 0.95 \text{m/sec}$, 三尖弁が $0.689 \pm 0.084 \text{m/sec}$ であると報告している。今回の成績を Yuill と O'Grady の報告と比べると E 波の peak 速度は僧帽弁で約 0.15m/sec , 三尖弁で約 0.1m/sec 遅い結果となった。

A波の peak 速度では Gaber^{2,3)}はアセプロマジンとブプリノルフィンの鎮静下の28頭における成績では、僧帽弁弁口部が $0.538 \pm 0.087\text{m/sec}$ とされているが、三尖弁においては波形は僧帽弁と類似すると述べているのみで具体的な数字は記載がない。

今回の実験における僧帽弁の A 波の peak 速度は、Gaber の報告より 0.09m/sec 低い値であった。また、E 波と A 波とを比較すると (Fig. 1), その速度の分布は、房室弁においたサンプルボリュームのどの部位でも E 波の方が A 波よりも peak 速度は速く、特に僧帽弁弁口部での測定においては、より明確に E 波と A 波の分布が分れた。しかしながら三尖弁では僧帽弁よりも変動率が大きく、その弁輪部では E 波と A 波の速度分布にあまり差異がみられなかった。すなわち、弁輪部と弁口部では A 波の peak 速度は有意な変化が認められず、E 波は弁口部の方が速かったことから、弁輪部の方が A/E 比が大きい結果となった。また、僧帽弁口部では心拍数の増加と共に E 波、A 波の peak 速度は増加した ($r=0.58$) が、A 波の方が増加の程度が大きい ($r=0.63$) ことから、心拍数の増加と共に A/E 比も上昇した ($r=0.46$)。三尖弁では E 波の peak 速度は心拍数と相関しなかったが、A 波の peak 速度が心拍数と共に増加した ($r=0.55$) ことから、心拍数が増加すると A/E 比も上昇した ($r=0.45$)。したがって心拍数に有意差がある場合はその影響を考慮して検討する必要があると考えられた¹¹⁾。さらに、ヒトでは A/E 比に関しては加齢による影響を考慮しなければならないとされており、若齢では E 波が A 波よりも peak 速度が速く、加齢にしたがって A 波は速くなり、E 波は遅くなるという。これは、心室のコンプライアンスが加齢により変化するために血流速度波形も変

化すると考えられている^{12,13)}。

駆出血流では大動脈では収縮中期にピークを有する 1 峰性の波形となり、ピークまでの到達時間 (加速時間) が短く、かつ急激に減速するいわゆる V 字型の波形を示し、肺動脈では収縮前・中期にピークを有する 1 峰性の波形であるが、大動脈に比べピークまでの到達時間はやや遅く、かつゆるやかに減速するいわゆるドーム型の波形を示した。ヒトにおいても基本的には同様であるといわれている¹⁴⁾。また、サンプルボリュームの位置により波形に変化が認められ、大動脈弁直下にサンプルボリュームを設定した場合は、駆出血流に先立って 1 峰性の小さなピークがみられた。この小さなピークは時相的に収縮開始以前より出現していたことから、心房収縮による左室流入の渦流と左室の等容性収縮によって生じた一過性の心基部方向への流れが関与して生じたものであると考えられた¹⁵⁾。また、この小さなピークは大動脈の他の 2ヶ所のサンプルボリュームの位置ではみられなかった。

犬での駆出血流においては peak 速度については Gaber^{2,3)}がアセプロマジンとブプリノルフィンの鎮静下で大動脈弁直上において $1.18 \pm 0.356\text{m/sec}$ 、肺動脈弁直上では $0.998 \pm 0.306\text{m/sec}$ と、Brown ら⁵⁾はアセプロマジン鎮静下で大動脈弁直上では $1.06 \pm 0.21\text{m/sec}$ 、肺動脈弁直上では $0.84 \pm 0.17\text{m/sec}$ と報告しており、連続波ドプラ法を用いた Yuill と O'Grady⁴⁾は大動脈が $1.18 \pm 0.108\text{m/sec}$ 、肺動脈が $0.98 \pm 0.094\text{m/sec}$ と報告している。さらに Kirberger ら^{6,7)}は薬物による鎮静を行わず、パルスドプラ法を用い大動脈が $1.57 \pm 0.33\text{m/sec}$ 、肺動脈が $1.20 \pm 0.20\text{m/sec}$ と報告している。今回の実験においては大動脈弁直上で $1.070 \pm 0.134\text{m/sec}$ 、肺動脈弁直上で $0.848 \pm 0.150\text{m/sec}$ とほぼ Brown らの報告と同様な成績が得

られた。また、サンプルボリュームの位置による変化に関しては大動脈、肺動脈共に弁より末梢に移行するにしたがって有意に速くなる結果が得られた(Fig. 2)。また、大動脈での peak 速度分布は正規分布していた。

加速時間(AT)の分布については大動脈ではほとんど全ての箇所⁸⁾で0.04~0.08secの間に分布していた。また、ピーク時相に関しては大動脈よりも肺動脈の方が有意に遅延した。すなわち、肺動脈ではコンプライアンスが大動脈よりも大きく、血管抵抗が小さいことから波形がドーム型になりATも延長する⁹⁾と考えられた。

駆出時間(ET)についてはBrownら⁵⁾は大動脈弁直上で0.205±0.015sec、肺動脈弁直上で0.219±0.018secと報告している。今回の実験と比較すると大動脈でやや延長し、肺動脈ではほぼ同様の値を示した。ETの分布はBrownらの報告では大動脈弁直上は0.20secが最も多く、その分布範囲は0.18~0.23secで、肺動脈弁直上は0.20~0.22secに分布が多く、その分布範囲は0.18~0.26secと大動脈よりもばらつきが大きく、より大きい値の階級に分布していた。今回の実験でも弁直上は同様の分布となり、大動脈ではサンプルボリュームの位置を変えても、ETの分布はほぼ同じであった。肺動脈では肺動脈弁上と弁下間でETに有意差がみられた。また、ヒトにおいては心拍数とETが逆相関を示すという報告¹⁴⁾もあるが、今回の実験でもFig. 3に示すように大動脈弁上部、肺動脈弁上部の駆出時間と心拍数との関係は大動脈弁上部では $r = -0.68$ 、肺動脈弁上部でも同様に $r = -0.82$ の相関が認められ、心拍数の増加に伴って駆出時間が短縮することが明らかとなった。

AT/ET比は大動脈ではAT、ET共に各サンプルボリューム間で有意差はみられなかった

が、AT/ET比は弁直下のみその値が増加した。また、肺動脈では末梢側に移行するにしたがってAT/ET比が減少する傾向を示した。AT/ET比の分布は各サンプルボリューム全て0.26~0.28の値が最も多く、特にバルサルバ洞ではその1/3がこの階級に集中していた。肺動脈では大動脈よりも明らかにAT/ET比が大きい階級に分布していた(Fig. 4)。また今回の実験ではAT/ET比とpeakはいずれの位置においても相関はみられなかった。

時間速度積分(TVI)においてBrownら⁵⁾は大動脈弁直上は0.146±0.029mで、肺動脈弁直上は0.131±0.028mと報告しており、今回の実験では大動脈、肺動脈共にほぼ同様な値が得られた。

結 論

正常犬の心大血管内血流を超音波パルスドプラ法を用い無鎮静で流入・駆出血流波形をサンプルボリュームの位置を変化させ測定を行い、各サンプルボリューム間でその値を比較した。過去の犬における報告と比較して測定条件の差異、すなわち体重、年齢、保定法、計測断面、計測部位、あるいは測定機種等の相違があることから必ずしも単純なデータの比較は出来ないと考えられた。しかしながら、今回の実験の結果から、サンプルボリュームの設定部位の相違により得られた測定値間に有意な差を認める測定項目があることおよび心拍数による影響などが明らかとなった。したがってパルスドプラ法を用いて心大血管内の血流測定を実施する場合にはサンプルボリュームの位置、心拍数を明確に提示して検討する必要性が示唆された。さらに、年齢、体重等による影響を検討する必要があると考えられた。

要 約

超音波パルスドブラ法におけるサンプルボリュームの設定位置の相違による血流波形の変化を知る目的で、正常犬31頭を用い、薬物による鎮静は行わず、僧帽弁と三尖弁の弁輪部および弁口部（それぞれ2ヵ所）、大動脈弁、肺動脈弁付近（それぞれ3ヵ所）にサンプルボリュームを設定し血流を計測した。その結果、同一弁付近においてもサンプルボリュームの位置が異なると peak 速度等に有意な差が認められることが明らかとなった。また、心拍数の変化と駆出時間には強い相関が認められた。したがって、超音波パルスドブラ法による血流測定に際しては、サンプルボリュームの設定位置および心拍数を明確にする必要があることが示唆された。

文 献

- 1) Hagio, M. and H. Otsuka (1987) : Pulsed Doppler echocardiography in normal dogs and calves and three cases of valvular regurgitation. *Jpn. J. Vet. Sci.* **49**, 1113-1125.
- 2) Gaber, C. E. (1987) : Normal pulsed Doppler flow velocities in adult dogs. *Proc. Am. Coll. Vet. Intern. Med.*, 921.
- 3) Gaber, C. E. (1991) : Doppler Echocardiography. *Probl. Vet. Med.* **3**, 479-499.
- 4) Yuill, C. D. and M. R. O'Grady (1991) : Doppler-derived velocity of blood flow across the cardiac valves in normal dog. *Can. J. Vet Res.* **55**, 185-192.
- 5) Brown, D. J., Knight, D. H. and R. R. King (1991) : Use of pulsed-wave Doppler echocardiography to determine aortic and pulmonary velocity

and flow variables. *Am. J. Vet. Res.* **52**, 543-550.

- 6) Kirberger, R. M., Bland-van den Berg, P. and B. Darazs, (1992) : Doppler echocardiography in the normal dog : Part I, Velocity findings and patterns. *Vet. Radiol. Ultrasound.* **33**, 370-379.
- 7) Kirberger, R. M., Bland-van den Berg, P. and R. J. Grimbeek, (1992) : Doppler echocardiography in the normal dog : Part II, Factor influencing blood flow velocities and a comparison between left and right heart flow. *Vet. Radiol. Ultrasound.* **33**, 370-379.
- 8) 北島 颯, 井上通敏 : 心・大血管における正常血流. 超音波心臓ドブラー法 (北島 颯, 井上通敏 編), 65-84 頁, 丸善, 東京, 1986.
- 9) 赤阪隆史 : 正常像. ドップラー心エコー図テキスト第2版 (坂本二哉, 吉川純一編), 69-109頁, 文光堂, 東京, 1990.
- 10) Tsakiris, A. G., Bernuth, G. V., Rastelli, G. C., Bourgeoise, M. J., Titus, J. L. and E. H. Wood (1971) : Size and motion of the mitral valve annules in anesthetized intact dogs. *J. Appl. Physiol.* **30**, 611-618.
- 11) 永井恒雄, 林千治, 矢沢良光 (1983) : 心室流入部ドブラー血流パターンに及ぼす心拍数変化の影響. 日超音波医学会講演論文集 **43**, 447-448.
- 12) 岩瀬三紀, 稲垣春夫, 井澤英夫, 足立昌由, 上原 晋, 横田充弘, 林 博史 (1990) : 左室及び右室流入血流動態に及ぼす加齢の影響. 日超音波医学会講演論文集 **56**, 193-194.
- 13) 浅井幹夫, 大木崇, 竹村晴光 (1981) : 超音波パルス・ドブラー法による左心室流入血流パターンの正常値 : 特に加齢との関係について. 日超音波医学会講演論文集 **39**, 243-244.
- 14) 池田芳信, 本間真紀子, 菅原真砂子, 安宅芳春, 須藤宏久 (1986) : 超音波パルスドブラー法の臨床応用 (第3報) : 健常者における半月弁口部血流の検討. *Jpn. Cir. J.* **50**(Suppl. 1), 61-62.
- 15) 半谷静雄, 菅原基晃, 石原 昭 (1982) : カテーテル先端型電磁流量計を用いた左室流出路血流速度波形の検討. 呼と循 **30**, 411-418.
- 16) 水重克文, 森田久樹, 千田彰一, 和田 茂, 松尾裕英 (1984) : パルス・ドブラー法による左室流出路前駆出期血流と僧帽弁閉鎖運動の関連に関する検討. *J. Cardiology* **14**, 507-519.