

犬糸状虫症の肺静脈血流に関する臨床的研究

柴田武志

犬糸状虫症の肺静脈血流に関する臨床的研究

柴田武志

外科学第一講座

目次

第I章	緒言	1
第II章	経食道ドプラ心エコー法(T E E)と経胸壁ドプラ心エコー法(T T E)による肺静脈血流速波形の比較	7
第1節	実験材料および方法	7
第1項	供試犬	7
第2項	実験方法	8
第3項	測定方法ならびに測定項目	8
第2節	実験成績	10
第3節	小括	14
第III章	犬糸状虫症における肺静脈血流速および心機能の変化	17
第1節	実験材料ならびに方法	17
第1項	供試犬	17
第2項	実験方法	17
第3項	測定方法ならびに測定項目	19
第2節	実験成績	23
第1項	気管支食道動脈径、大動脈径、心内圧ならびに大動脈・肺動脈圧の測定	23
第3節	小括	38
第IV章	考察	41

第 V 章	結論	47
	謝辭	49
	参考文献	50

第 I 章 緒 言

犬糸状虫 (*Dirofilaria immitis*)の寄生に伴う病変は、主に心、肺、肝および腎などの主要臓器にみられ、寄生状態によって宿主は多彩な臨床症状を発現する。特に、肺動脈の循環障害は犬糸状虫の寄生によって器質的な病変から機能的な病変へと移行する。器質的な肺動脈の病変は、犬糸状虫が肺動脈内に寄生し肺動脈の内膜を刺激して血管内膜の肥厚を起こす[32]。また、虫体の多数寄生あるいは死滅虫体による肺動脈塞栓によって肺循環の血流障害が生じ、その病態が進行すると全身的な循環障害に進展し腹水、運動不耐性、肝障害あるいは腎障害等がみられる [31, 35]。

犬糸状虫の寄生に起因して起こる肺動脈の循環障害は、右心に対して前負荷（肺動脈血管抵抗）となり、右室圧の上昇や肺高血圧症を起こす。この場合、右室はつねに Starling の法則 [5, 29] によって心収縮力の増強や心肥大に先立って心拡張により、肺動脈への駆出を保持する。しかし、右室圧の上昇がその範囲を超えて進行した場合、右室不全が生じて最終的には鬱血性心不全を招く。

犬糸状虫の寄生に起因する肺高血圧は、生存虫体による肺動脈血流の障害や、虫体による肺動脈内膜の損傷による血管壁の増殖性肥厚が原因として考えられる。Rawlings [30] らは、犬に対し実験的に右心房から犬糸状虫の成虫およびミクロフィラリアを注入し、肺動脈や右室圧の変化を検討した結果、対照犬との間に有意な差が認められなかったことを確認し、犬糸状虫の寄生に起因する

肺高血圧は、虫体自体よりも虫体の寄生によって起こる血管壁の増殖性肥厚が、肺動脈循環障害の大きな要因であると考察している。

犬糸状虫に起因する肺動脈病変に関して、Adcock [1] らは、実験的に虫体を移植し、虫体の刺激によって起こる肺動脈の血栓形成や内膜損傷の炎症像を観察し、肺動脈の内膜および中膜に増殖性の病変が生じることを報告した。その他にも、犬糸状虫による肺動脈内皮の絨毛状突起物の形成ならびに突起物周囲に渦状に配列する内皮細胞の増生が報告されている [3, 10, 32]。また、内皮細胞間に生じた間隙の内膜下層に、白血球や血小板の付着が観察され、病態の進行に伴った内膜および中膜の肥厚も報告されている [1, 5, 33, 34]。

血管壁が肥厚する要因として、虫体の刺激で損傷した血管壁に付着した血小板の活性により、血栓形成が進展すると同時に、血栓形成後において血小板からの放出反応物質である成長因子 (platelet derived growth factor, PDGF) の放出が、平滑筋細胞の有糸分裂を刺激することによって、平滑筋細胞を増殖させ肺動脈血管の中膜を肥厚させることが知られている [9, 14]。この中膜の肥厚に加え、前述した内膜の炎症に起因する増殖性病変により、最終的に肺動脈血管腔が狭窄や閉塞することによって、肺動脈の循環障害を起こす結果となる。

肺の血液循環は肺胞でガス交換が行われる肺動脈系と、肺に栄養を供給する気管支食道動脈系の2系統で支配されているが、何らかの原因で肺動脈が狭窄または閉塞し、肺動脈血流が減少または途絶した場合、気管支食道動脈が拡張

または増生し、途絶した肺動脈末梢の血流を補い、肺実質が壊死に陥るのを防御するために、気管支食道動脈－肺動脈吻合 (broncho-pulmonary(B-P) shunt) が形成されることが報告されている [13, 20, 40, 43] 。

小谷 [12] らの正常犬における B-P shuntに関する報告では、心臓と肺を取り出して行った肺動脈造影では肺動脈のみが、また、気管支食道動脈造影では、気管支食道動脈のみが造影され、X線写真上において内径25 μ の細肺動脈まで造影剤が充填されていたことから、それ以上の太い B-P shuntはないと報告している。しかし、犬の実験的な肺動脈塞栓症や犬肺吸虫症の肺鋳型標本においては、発達した B-P shuntの存在が報告されており[12, 41, 43]、また、Liu [17] らおよび小谷 [12] らは、犬糸状虫症の肺動脈および気管支食道動脈の造影において、気管支食道動脈と同時に肺静脈が造影された所見や、閉塞した肺動脈周辺に発達した気管支食道動脈造影像が認められると報告している。一方、医学領域においては、肺の炎症性疾患、肺線維症、無気肺、肺塞栓症、肺梗塞、肺腫瘍および肺動脈弁狭窄症において、気管支食道動脈の拡張増生や B-P shuntの形成がみられるとする報告がある [13, 37] 。これらのことから、肺の循環障害を伴う肺動脈の病変においては、気管支食道動脈が代償的に発達して、肺循環の血流量を補っているものと推察される。

気管支食道動脈の血流量については、これまでいくつかの異なる方法により測定されているが [4, 6, 15, 16, 18, 39, 42] 、正常犬における気管支食道動脈の血流量は、心拍出量の約1～4%であると報告されている。また、実験的に左

肺の動・静脈を結紮し、肺循環障害を作成した場合、気管支食道動脈の血流量が増加する [42]。このことから肺動脈の循環障害が生じた場合、気管支食道動脈の血流量が増加することから、犬糸状虫によって肺動脈に閉塞や狭窄性の病変が生じた場合においても、B-P shuntを介して気管支食道動脈から肺静脈に血液が流入し、肺循環を代償するものと考えられる。また、気管支食道動脈の血流量と、肺動脈圧との間には相関関係がみられる [42] ことから、肺動脈圧が高いほど気管支食道動脈の血流量が多くなる傾向がみられる。犬糸状虫症の場合においても肺動脈循環障害が重度なものほど、気管支食道動脈から肺静脈へ流入する血流量が増加するものと考えられる。

気管支食道動脈の代償による肺静脈の血流量を観察する方法として、肺静脈血流速波形が観測されるが、肺静脈の血流速波形は、心周期にともない特異的な波形を示すことが知られており、その規定因子として、Morkin [19] らは、肺静脈血流速波形は肺血管床を通じて、右心系からの圧の伝播によるものであると報告した。しかし、その後、Rajagopalan [25-27] らによって、肺静脈圧波形は右心系の影響を受けず、一心周期における左房内圧の変化によって規定されると報告し、現在では左心機能の変化が肺静脈血流速の波形に影響を及ぼすものと考えられている [22, 23, 36]。しかしながら、これらの研究は、正常な実験動物によるものであり、臨床的には医学および獣医学の面でも詳細に肺静脈血流速についての検討がなされていない。しかし、近年、超音波ドプラ法の進歩にともない、肺静脈血流速を超音波の特長的な波形として観察できる

ようになった。Keren [11] らは胸壁からのドプラ心エコー法により肺静脈血流速度波形は、心室収縮期と心室拡張期に同期して出現する2相性の波形を表現すると報告している。ドプラ心エコー法によって肺静脈血流速度波形を抽出する場合、心尖部から左室長軸断層像で観察するとされているが、肺静脈の解剖学的位置ならびにサンプル部位までの距離が遠いなどの理由で、臨床医学の領域では食道からのドプラ心エコー法によるアプローチが普及している。経食道ドプラ心エコー法は、食道内に探触子を挿入することから、食道に接した左房および僧帽弁領域の血流情報の検討に優れており、詳細な肺静脈の血流速度動態が観察できる。

筆者は犬糸状虫症における肺静脈血流速度と心機能の変化に関する研究を実施するに当たり、肺静脈血流速度の観察方法について検討し、ついで、犬糸状虫症における肺静脈血流速度と心機能との関連性について検討を加えることとした。

犬の肺静脈血流速度をドプラ心エコー法で観察する場合、医学の臨床で行われている経食道ドプラ心エコー法を犬に応用することも可能である。しかし、保定や経食道探触子の侵入時に全身麻酔を必要とすることから、肺静脈血流速度ならびに心機能が麻酔によって影響されると同時に、必ずしも臨床的に簡便な方法ではない。そこで、犬の肺静脈血流速度をドプラ心エコー法で観察する方法として、無麻酔で経胸壁的にアプローチすることが有利であると考え、経食道ドプラ心エコー法との比較を行って経胸壁ドプラ心エコー法による肺静脈血流速度の観測方法を確立することとした。ついで、経胸壁ドプラ心エコー法を用いて

犬糸状虫症における肺静脈血流速の変化と心機能との関連について検討し、とくに犬糸状虫の寄生にともなって、肺動脈の循環障害が生じた場合、気管支食道動脈の B-P shuntによる肺静脈血流量の変化と、心機能の変動について検討を加え、犬糸状虫症における肺循環の血行動態を明らかにすることとした。

第Ⅱ章 経食道ドプラ心エコー法（TEE）と経胸壁ドプラ心エコー法（TTE）による肺静脈血流速波形の比較

犬糸状虫症では、死滅虫体による肺塞栓症または生存虫体の血管内膜刺激に起因する血管内膜ならびに中膜の増殖性病変により、肺循環抵抗が増大して肺高血圧が生じる。この肺動脈循環障害が起こると、肺動脈血流を代償して気管支食道動脈が拡張または増生して、途絶した肺動脈末梢の血流を補うと共に、肺実質に栄養を供給して肺の壊死を防止するために B-P shunt が形成される。したがって、肺循環障害を発現する犬糸状虫の多数寄生や死滅虫体による肺動脈塞栓症あるいは肺動脈の増殖性病変は、気管支食道動脈の発達を促進し、肺静脈血流にさまざまな変化を及ぼすものと考えられる。

そこで肺静脈血流速をドプラ心エコー法により計測する場合、臨床的に有利な経胸壁ドプラ心エコー法の有用性を明らかにする目的で、経食道ドプラ心エコー法との比較検討を行った。

第1節 実験材料および方法

第1項 供試犬

供試犬は胸部X線、マイクロフィラリア検査、聴診、心電図・心音図検査および超音波検査において、胸部ならびに循環動態に異常所見の認められなかったビーグル犬5頭（平均体重 9.9 ± 3.3 kg）と雑種成犬9頭（平均体重 12.1 ± 1.1 kg）を使用した。

第2項 実験方法

供試犬は、前日より絶食とし、実験当日に麻酔前投薬として硫酸アトロピン 0.025mg/kgを皮下投与し、15分後にマスクによって100%酸素を5分間吸入させたのちに導入麻酔を行った。導入麻酔には、チオペンタールナトリウム（ラボナール®）25mg/kgを静脈内に投与し、知覚反射が消失した時点で気管チューブを挿管し、吸入麻酔器に接続して、ハロセン（ハロタン®）による吸入麻酔（OF麻酔）によって維持麻酔を行った。維持麻酔の濃度については、心機能に及ぼす影響を考慮して、麻酔深度を約1 Macに調節し、心拍数や呼吸数が安定していることを確認したのち、経食道探触子を食道内に挿入し、経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法により肺静脈の血流速を計測した。

肺静脈血流速の計測には、日立メディコ社製セクタ電子走査型超音波断層装置EUB-565Aを使用した（Fig. 1）。経食道ドプラ心エコー法では、探触子を同社製の7.5 MHzで、走査方向が直行する2つの探触子を備えたbi-plane型を用いた。経胸壁ドプラ心エコー法では、同社製の電子セクタ型5 MHzを用いた（Fig. 2）。また、計測時には時相確認のために、心電図の標準肢誘導の第II誘導をEUB-565Aに接続して同時記録した。

第3項 測定方法ならびに測定項目

供試犬を仰臥位に保定して経食道ドプラ心エコー法（Transesophageal echocardiography：TEE）で計測を行った。また、同一の供試犬を使用して左側横臥位に保定し、経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法（Trans-

thoracic echocardiography : T T E) による計測を行った。

1. 仰臥位で経食道ドプラ心エコー法による肺静脈血流速の計測

供試犬を仰臥位に保定し、経食道ドプラ心エコー法により肺静脈血流速、右前葉肺静脈血流速、右後葉肺静脈血流速および左室流入血流速を計測した。肺静脈血流速は、僧帽弁が抽出される位置から探触子の引き抜き操作により肺静脈血流速を抽出し、カラードプラ画面で左房に流入する血流速シグナルから、右前葉肺静脈血流速および右後葉肺静脈血流速を抽出して計測した (F i g . 3) 。また、経食道探触子の操作により、僧帽弁が抽出される位置で左室流入血流速を計測した (F i g . 4) 。血流速計測にあたってサンプルボリュームの位置は、右前葉肺静脈血流速計測および右後葉肺静脈血流速計測においては、肺静脈左房開口部とし、左室流入血流速計測においては、僧帽弁輪部とした。

測定項目は、右前葉肺静脈血流速と右後葉肺静脈血流速で S 波流速 (P V S) 、 D 波流速 (P V D) および心拍数 (H R) を計測した。ただし、S 波が S₁ 波と S₂ 波に分離して抽出された場合は、血流速が速い方の波形を S 波流速 (P V S) とした。左室流入血流速では、E 波流速 (V E) 、 A 波流速 (V A) および心拍数 (H R) を計測した。また、それぞれの測定値は、4 波形を計測しその平均値とした。

2. 左側横臥位で経食道ドプラ心エコー法ならびに経胸壁ドプラ心エコー法による肺静脈血流速の計測

供試犬を左側横臥位に保定して、経食道ドプラ心エコー法による計測法は、

仰臥位の場合と同様の方法で行った。経胸壁ドプラ心エコー法による計測は、左側心尖アプローチによる左室長軸断層像のカラードプラ画面で、左房流入血流速度シグナルにより、右前葉肺静脈血流速度および右後葉肺静脈血流速度を抽出して計測した（F i g. 5）。左室流入血流速度は、左側心尖アプローチによる左室長軸断層像で計測した。この場合のサンプルボリュームの位置は、仰臥位と同様に右前葉肺静脈血流速度計測および右後葉肺静脈血流速度計測では、肺静脈左房開口部、左室流入血流速度計測では僧帽弁輪部とした。

測定項目は、仰臥位による経食道ドプラ心エコー法と同様の項目を計測した。

ただし、経食道ドプラ心エコー法および経胸壁ドプラ心エコー法において右前葉肺静脈血流速度は、右肺の前葉と中葉からの合流した血流速度であり、右後葉肺静脈血流速度は右肺の後葉と副葉からの合流した血流速度であるが、本実験では便宜的にこれらをそれぞれ右前葉肺静脈血流速度および右後葉肺静脈血流速度とした。また、この場合、左側横臥位経食道ドプラ心エコー法と、経胸壁ドプラ心エコー法による計測を行った供試犬は同一個体で行った。

第2節 実験成績

1. 経食道ドプラ心エコー法の体位による肺静脈血流速度と左室流入血流速度の 相関

仰臥位と左側横臥位における経食道ドプラ心エコー法による肺静脈血流速度のA波、S波およびD波の血流速度波形は、層流波形として明瞭に抽出することができた。また、S波においては、S₁波とS₂波に分離して観察された個体が

みられた (F i g. 6)。同一の供試犬で経食道ドプラ心エコー法による仰臥位と左側横臥位で体位の相違による右前葉肺静脈血流速計測値、右後葉肺静脈血流速計測値および左室流入血流速計測値の相関について検討した。その結果、仰臥位における経食道ドプラ心エコー法による右前葉肺静脈の血流速計測値は、 $P V S_1$ が19.5~41.0 cm/s、平均 32.8 ± 9.9 cm/s (N=4)であり、 $P V S_2$ は20.0~36.8 cm/s、平均 27.5 ± 7.0 cm/sであった。 $P V D$ は25.8~50.3 cm/s、平均 40.0 ± 12.0 cm/sであり、HRは81~151 beets/min、平均 119.5 ± 29.3 beets/min であった (T a b l e 1)。

右後葉肺静脈の血流速計測値は、 $P V S_1$ が12.3~35.0 cm/s、平均 23.9 ± 9.6 cm/s (N=4)であり、 $P V S_2$ は10.3~49.8 cm/s、平均 30.1 ± 12.8 cm/sであった。 $P V D$ は14.5~49.0 cm/s、平均 31.3 ± 11.6 cm/sであり、HRは80~165 beets/min、平均 118.7 ± 32.4 beets/min (N=7)であった (T a b l e 2)。

左室流入血流速の計測値は、 $V E$ が21.0~68.1 cm/s、平均 41.4 ± 14.9 cm/s (N=12)であり、 $V A$ は24.6~52.2 cm/s、平均 34.9 ± 9.5 cm/s であった。 A/E は0.40~1.62 cm/s、平均0.92 cm/sであり、HRは71~133 beets/min、平均 109.0 ± 19.8 beets/min であった (T a b l e 3)。仰臥位と左側横臥位の体位による相関係数を算出してみると、右前葉肺静脈血流速においてS波流速 ($P V S$) の相関では、相関係数 $r = -0.778$ を示し、D波流速 ($P V D$) の相関では、相関係数 $r = 0.449$ を示した (F i g. 7)。右後葉肺静脈血流

速においてS波流速の相関では、相関係数 $r = 0.486$ を示し、D波流速の相関では、相関係数 $r = 0.348$ を示した (F i g. 8)。これらの相関係数から、右前葉肺静脈の血流速計測値と、右後葉肺静脈血流速計測値において、仰臥位と左側横臥位の体位の変化による相関関係は認められなかった。

左室流入血流速におけるE波流速(V E)との相関では、相関係数 $r = 0.789$ 、A波流速(V A)との相関では、相関係数 $r = 0.551$ 、A波流速/E波流速(A/E)との相関では、相関係数 $r = 0.863$ を示した (F i g. 9)。これらの相関係数から、左室流入血流速の計測値においても仰臥位と左側横臥位の体位の変化によってE波流速およびA波流速/E波流速に正の相関関係が認められたが、A波流速には、相関関係は認められなかった。

2. 経食道ドプラ心エコー法および経胸壁ドプラ心エコー法の肺静脈血流速と左室流入血流速の相関

左側横臥位経食道ドプラ心エコー法による肺静脈血流速波形は、A波、S波およびD波流速であり、層流波形として明瞭に抽出することができた。一方、経胸壁ドプラ心エコー法による波形では、麻酔下で呼吸や保定が安定していたことから、S波およびD波流速の血流速波形は、共に明瞭に抽出され、層流波形として抽出された個体も多く観察された。しかし、A波流速の血流波形は、明瞭に抽出することが困難な個体もみられた。

同一個体を用いて左側横臥位における経食道ドプラ心エコー法と、経胸壁ドプラ心エコー法による右前葉肺静脈血流速計測値、右後葉肺静脈血流速計測値

および左室流入血流速を計測したのち、両者の相関について検討した。

左側横臥位における経食道ドプラ心エコー法による右前葉肺静脈の血流速計測値は PVS_2 が $14.5\sim 42.8$ cm/s、平均 28.5 ± 11.8 cm/s ($N=4$) であり、 PVD は $18.0\sim 23.0$ cm/s、平均 20.1 ± 2.3 cm/s で、 HR は $74\sim 119$ beets/min、平均 97.3 ± 22.1 beets/min であった (Table 4)。

右後葉肺静脈血流速計測値は PVS_2 が $16.5\sim 38.0$ cm/s、平均 26.9 ± 8.1 cm/s ($N=7$) であり、 PVD は $17.8\sim 46.5$ cm/s、平均 32.3 ± 10.8 cm/s で、 HR は $71\sim 124$ beets/min、平均 93.7 ± 21.3 beets/min であった (Table 5)。

左室流入血流速の計測値は、 VE が $19.0\sim 52.3$ cm/s、平均 36.5 ± 12.0 cm/s ($N=12$) であり、 VA は $25.0\sim 43.5$ cm/s、平均 34.5 ± 6.2 cm/s であった。 A/E は $0.62\sim 1.47$ cm/s、平均 1.00 cm/s であり、 HR は $75\sim 119$ beets/min、平均 96.3 ± 15.6 beets/min であった (Table 6, Fig. 10)。

同一個体を用いて左側横臥位で経胸壁ドプラ心エコー法による右前葉肺静脈の血流速計測値は PVS_2 が $23.8\sim 59.5$ cm/s、平均 42.1 ± 14.7 cm/s ($N=4$) であり、 PVD は $26.8\sim 48.8$ cm/s、平均 36.6 ± 9.2 cm/s で、 HR は $63\sim 112$ beets/min、平均 93.3 ± 22.3 beets/min であった (Table 7)。

右後葉肺静脈血流速の計測値は PVS_2 が $15.3\sim 31.8$ cm/s、平均 25.5 ± 6.5 cm/s ($N=7$) であり、 PVD は $21.3\sim 56.0$ cm/s、平均 33.3 ± 11.9 cm/s で、 HR は $71\sim 125$ beets/min、平均 93.1 ± 21.6 beets/min であった (Table 8)。

左室流入血流速の計測値は、 VE が $20.5\sim 74.0$ cm/s、平均 38.9 ± 16.0 cm/s

(N=12)であり、VAは26.0~44.3 cm/s、平均 36.2 ± 5.7 cm/sであった。A/Eは0.60~1.69 cm/s、平均1.02 cm/sであり、HRは78~118 beats/min、平均 97.3 ± 15.4 beats/minであった (Table 9)。経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法における計測値で両者の相関について検討した。その結果、経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法による右前葉肺静脈血流速のS波流速では、相関係数 $r = 0.944$ を示し、D波流速では、相関係数 $r = 0.903$ を示した (Fig. 11)。右後葉肺静脈血流速においてS波流速では、相関係数 $r = 0.799$ を示し、D波流速では、相関係数 $r = 0.848$ を示した (Fig. 12)。このことから経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法で右前葉肺静脈血流速と右後葉肺静脈血流速では正の良好な相関が認められた。

経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法における左室流入血流速のE波流速では、相関係数 $r = 0.914$ 、A波流速では、相関係数 $r = 0.774$ 、A波流速/E波流速では、相関係数 $r = 0.882$ を示した (Fig. 13)。このことから、経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法の左室流入血流速では正の良好な相関関係が認められた。

第3節 小 括

1. 体位による経食道ドプラ心エコー法の肺静脈血流速と左室流入血流速の相関

経食道ドプラ心エコー法によって、仰臥位と左側横臥位の体位で右前葉肺静

脈血流速、右後葉肺静脈血流速および左室流入血流速を計測し、その計測値から両者の相関を算出した結果、仰臥位と左側横臥位における右前葉肺静脈血流速と右後葉肺静脈血流速の相関では、右前葉肺静脈血流速のS波流速のみに負の相関が認められ、右前葉肺静脈血流速のD波流速および右後葉肺静脈血流速のS波流速とD波流速には、相関関係が認められなかった。このことによって、仰臥位と左側横臥位の体位の相違によって、肺静脈血流速に影響を及ぼすことが明らかとなった。その理由は、体位が変化することにより胸腔内の心臓および肺の位置が移動することによって、肺静脈径の変化や各肺葉の循環血流量に変化が生じる結果、両者の相関が得られなかったものと考えられた。

左室流入血流速においては、E波流速およびA波流速/E波流速に良好な相関関係が認められたが、A波流速には相関が認められなかったことから、仰臥位と左側横臥位の体位の変化により、左室流入血流速においては、特に心房収縮に伴うA波流速に体位の変化による影響があるものと考えられた。ドプラ心エコー法による肺静脈の血流速は、体位の変化によって胸腔内の心臓や肺の位置移動をまねき、左房からの左室への流入血流速は、仰臥位では上方に流入し、左側横臥位では下方に流入することとなる。また、左室への流入方向の違いや心臓および肺の移動にともなって、肺静脈の径が変化することによる影響も考えられる。しかし、左室流入血流速でE波流速やA波流速/E波流速では、正の良好な相関が認められていることから、左室流入血流速は、肺静脈血流速ほど大きな影響は受けないものと考えられる。

このことから仰臥位と左側横臥位の体位の相違によって、肺静脈血流速に変化が生じることが明らかとなり、超音波ドプラ心エコー法によって肺静脈血流速を測定するには、一定に固定した体位とすることが必要であることが判った。

2. 経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法の肺静脈血流速と左室流入血流速の相関

経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法による肺静脈ならびに左室流入血流速について比較し、獣医臨床に有利なドプラ心エコー法の選択について検討した。

その結果、右前葉肺静脈血流速計測値ならびに右後葉肺静脈血流速計測値の相関では、S波流速とD波流速の両者で正の良好な相関が認められた。また、左室流入血流速におけるE波流速、A波流速ならびにA波流速/E波流速の相関を算出した結果、経食道ドプラ心エコー法および経胸壁ドプラ心エコー法との間で、正の良好な相関関係が認められた。このことから、経胸壁ドプラ心エコー法は、経食道ドプラ心エコー法のように詳細な波形を抽出することはできないが、S波流速ならびにD波流速においては、信頼性の高い肺静脈血流速波形を抽出できることが明らかとなり、獣医臨床において無麻酔で経胸壁ドプラ心エコー法の応用が可能であることが確認された。

第Ⅲ章 犬糸状虫症における肺静脈血流速および心機能の変化

第Ⅱ章の実験結果から、犬の肺静脈血流速をドプラ心エコー法で計測する場合、経食道ドプラ心エコー法に比較して、体位を統一した条件下であれば、経胸壁ドプラ心エコー法が実際の臨床応用に有利であることが確認された。そこで本章では、実際的な臨床応用の立場から、犬糸状虫症によって、虫体の多数寄生や肺動脈の増殖性病変あるいは死滅虫体の動脈塞栓によって、気管支食道動脈の発達した場合の肺静脈血流速がどのような肺動脈血流速を示すのか、また、それによって心機能にいかなる影響を及ぼすかについて検討することとした。

第1節 実験材料ならびに方法

第1項 供試犬

本実験には、胸部X線検査、マイクロフィラリア検査、聴診、心電図・心音図検査および超音波検査において、異常所見の認められなかったビーグル種の成犬5頭（体重平均 9.7 ± 1.6 kg）を正常群とし、マイクロフィラリア検査陽性で、胸部X線により主肺動脈および左右の肺動脈の膨隆が観察され、明らかに犬糸状虫症と診断された雑種成犬14頭（体重平均 11.2 ± 1.2 kg）を犬糸状虫症群とした。

第2項 実験方法

1. 気管支食道動脈、大動脈造影および心内圧測定法

気管支食道動脈の造影は、犬糸状虫症群の供試犬で、前日より絶食し、実験当日に麻酔前投薬として硫酸アトロピン（硫酸アトロピン®）0.025mg/kgを皮下注射し、15分後にマスクによって100%O₂を5分間吸入させたのちに麻酔導入を行った。導入麻酔は、チオペンタールナトリウム（ラボナール®）25mg/kgを投与し、知覚反応が消失した時点で気管チューブ挿管し、吸入麻酔器に接続して、ハロセン（ハロタン®）による吸入麻酔（OF麻酔）によって維持を行った。麻酔安定後、左頸部切開により左外頸動脈および左外頸静脈を確保し、気管支食道動脈の分岐に挿入しやすいように、先端を細く加工したカテーテルを左外頸動脈より挿入して、気管支食道動脈をヨード系造影剤（イソペーク®）を注入することによって造影した。気管支食道動脈造影にあたっては、造影剤注入の際、注入速度や注入量の違いにより、気管支食道動脈径が変化する可能性があるため、1回の注入は、造影剤3mlのone shot注入とした。

ついで、気管支食道動脈造影剤用のカテーテルを、大動脈弓の部位まで引き抜き、大動脈に造影剤5mlを注入して大動脈造影を行った。また、X線透視下で左頸動脈および左頸静脈より左室と肺動脈にそれぞれカテーテルを留置し、そのカテーテルをトランスデューサーに接続して、左室圧ならびに肺動脈圧の測定を行った。

2. 犬糸状虫症に起因する気管支食道動脈の発達程度による分類

気管支食道動脈造影および大動脈造影のX線写真で、それぞれの血管横径を計測すると同時に、これらの計測値から算出した気管支食道動脈径／大動脈径

(BA/Ao)によって、犬糸状虫症に起因する気管支食道動脈の発達程度を計測し、軽度発達群と発達群とに分類した。

3. 超音波心エコー法による肺静脈血流速および心機能の計測

正常群および犬糸状虫症群のドプラ心エコー計測には、日立メディコ社製セクタ電子走査型超音波断層装置EUB-165を使用し(Fig. 1)、探触子は、同社製電子セクタ型7.5MHz(EUP-S33)およびステアラブル2.5MHz(EUP-SD300A)を使用した。また、計測時には時相確認のために、心電図の標準肢誘導の第II誘導でEUB-165に接続し、画面上に同期させて計測を行った。

左側横臥位で経胸壁ドプラ心エコー法(PD)により肺静脈血流速、左室流入血流速、大動脈血流速および右室流入血流速を2.5MHzのプロープによって計測した。また、犬糸状虫症群で右室流入血流速に逆流が認められた個体については、2.5MHzのプロープによる連続波ドプラ法(CW)によって逆流速度の計測を行った。さらに、右側横臥位で経胸壁ドプラ心エコー法により、肺動脈血流速を2.5MHzのプロープを用いて計測を行い、逆流の認められた個体については、2.5MHzのプロープによる連続波ドプラ法によって逆流速度の計測を行った。左室M-modeおよび左室偏心率の計測には7.5MHzのプロープを用いた。

第3項 測定方法ならびに測定項目

1. 気管支食道動脈、大動脈造影および心内圧の測定

(1) 気管支食道動脈径の計測 (Bronchial Artery diameter : BAd)

犬糸状虫症群における気管支食道動脈の造影所見から、X線写真上で気管支食道動脈の大動脈分岐部の径をノギスを用いて計測した。

(2) 大動脈径計測 (Aorta diameter:Aod)

犬糸状虫症群における大動脈の造影所見から、X線写真上で気管支食道動脈の分岐部における大動脈径の径をノギスを用いて計測した。

(3) 心内圧測定

肺動脈と左室に留置した血圧測定用カテーテルをトランスデューサーに接続し、ポリグラフによってモニターしながら記録した。麻酔濃度は、約1 Macとし、麻酔が安定した時点で測定を行った。圧波形の解析には、Softoron ECG Processorを用い、連続9波形の平均値を計測値とした。計測項目は、肺動脈収縮期圧 (P A s)、肺動脈拡張期圧 (P A d)、平均肺動脈圧 (P A m)、右室収縮期圧 (R V s)、右室拡張期圧 (R V d)、右室拡張末期圧 (R V E D P)、右室内圧の変化率の最大値 (R V m a x d p / d t)、左室収縮期圧 (L V s)、左室拡張期圧 (L V d)、左室拡張末期圧 (L V E D P)、左室内圧の変化率の最大値 (L V m a x d p / d t)、大動脈収縮期圧 (A o s)、大動脈拡張期圧 (A o d) および平均大動脈圧 (A o m) を計測した。

2. 超音波心エコー法による肺静脈血流速および心機能の計測

(1) 肺静脈血流速の計測

肺静脈血流速の計測方法は、左側横臥位で経胸壁ドプラ心エコー法で左側心

尖アプローチによる左室長軸断層像にて、右前葉肺静脈血流速および右後葉肺静脈血流速の計測を行った。計測項目は、S波流速、D波流速、血流速の時間速度積分値 (Time Velocity Integral: TVI)、S波流速の時間速度積分値 / (S波流速時間速度積分値 + D波流速時間速度積分値) ($T_s / (T_s + T_d)$) および心拍数 (HR) を計測した。また、それぞれの計測値は、連続4波形の平均値とした。

(2) 左室流入血流速計測

左室流入血流速の計測方法は、肺静脈血流速の測定と同様に左側心尖アプローチによる左室長軸断層像にて、左室流入血流速を計測した。計測項目は、E波流速、A波流速、A波流速 / E波流速、加速時間 (AT)、流入時間 (ET) および心拍数 (HR) を計測した。また、それぞれの計測値は、連続4波形の平均値とした。

(3) 大動脈血流速計測

左室流入血流速計測と同様に、左側心尖アプローチによる左室長軸断層像にて、サンプルボリュームの位置を大動脈弁口部として計測した。計測項目は、ピーク血流速 (V_p)、平均速度 (V_m)、加速時間 (AT)、駆出時間 (ET)、加速時間 / 駆出時間 (AT / ET)、加速度 (Acc)、血流速の時間速度積分値 (Time Velocity Integral: TVI) および心拍数を計測した。それぞれの計測値は、連続4波形の平均値とした。

(4) 右室流入血流速計測

左側心尖からの四腔断層像にて、サンプルボリュームの位置を三尖弁口部として計測した。計測項目は、E波流速、A波流速、A波流速／E波流速、加速時間、流入時間および心拍数を計測した。それぞれの計測値は、連続4波形の平均値とした。

(5) 肺動脈血流速計測

右側横臥位に保定し経胸壁ドプラ心エコー法で、右側胸壁アプローチによる短軸断層像（大動脈弁レベル）にて、サンプルボリュームの位置を肺動脈弁口部として計測した。計測項目は、ピーク血流速、平均速度、加速時間、駆出時間、加速時間／駆出時間、加速度、血流速の時間積分値および心拍数を計測した。それぞれの計測値は、連続4波形の平均値とした。

(6) M-modeの計測（左室短軸断層像）

右側胸壁アプローチによる左室短軸断層像（乳頭筋レベル）にて、左室拡張末期径（LVE d D）、左室収縮末期径（LVE s D）、左室後壁拡張末期径（LVPW d）、左室後壁収縮末期径（LVE W s）、心室中隔拡張期厚（IVS d）、心室中隔収縮期厚（IVS s）、心拍数（HR）、左室拡張末期容積（LVEDV）、左室収縮末期容積（LVESV）、Stroke Volume（SV）、Ejection Fraction（EF）およびFractional Shortening（FS）を計測した。それぞれの計測値は、連続3波形の平均値とした。

(7) 偏心率（B／A）の計測

右側胸壁アプローチによる左室短軸断層像（乳頭筋レベル）にて、心室中隔

と左室後壁乳頭筋間径（A）と、それに直角に交わる最大横径（B）から、左室内径の比を偏心率（ B/A ）として算出した。計測は、心電図上のT波の終わりを収縮期径（S）、R波を拡張期径（D）とし、収縮期および拡張期に計測を行った。

（8）左房径／大動脈径計測（ LA/Ao ）

右側胸壁アプローチからの傍胸骨左室短軸像によるM-mode計測によって、正常群および犬糸状虫症群それぞれ5頭の左房径および大動脈径を計測し、両者の成績から左房径／大動脈径（ LA/Ao ）を算出した。

3. 統計処理

各群の計測値は Mann-Whitney U test、Paired t test、一元配置分散分析および Kruskal-Wallis 検定を行い、危険率5%または1%以下をもって有意とした。

第2節 実験成績

第1項 気管支食道動脈径、大動脈径、心内圧ならびに大動脈・肺動脈圧の測定

（1）気管支食道動脈径ならびに大動脈径の測定

犬糸状虫症群14頭について、気管支食道動脈ならびに大動脈造影を行って、そのX線写真の造影像から、気管支食道動脈の分岐部におけるそれぞれの血管横径を測定し、気管支食道動脈径／大動脈径（ B/A ）を算出し、その比が0.25未満を軽度発達群、0.25以上を発達群として分類した（Fig. 14, 15）。

その結果、軽度発達群は4頭で、気管支食道動脈径は2.15~2.70 mm、平均2.39±0.23 mmであり、大動脈径は11.10~14.85 mm、平均12.61±1.60 mmであった。気管支食道動脈径/大動脈径は0.15~0.24、平均0.19であった。

発達群の10頭では、気管支食道動脈径が2.90~4.40 mm、平均3.71±0.53 mmであった。大動脈径は8.55~14.35 mm、平均12.07±1.52 mmであり、気管支食道動脈径/大動脈径は0.25~0.37、平均0.31であった (Table 10)。気管支食道動脈の発達程度について、軽度発達群と発達群とでは有意($P < 0.05$)な差がみられたが、しかし、大動脈径については有意差はみられなかった。また、気管支食道動脈径と大動脈径の比では、有意 ($P < 0.05$) な差がみられた。

(2) 大動脈径、左房径ならびに左房径/大動脈径の測定

正常群5頭における大動脈径は15.0~19.9 mm、平均17.2±1.8 mmであり、左房径は150.0~158.0 mm、平均152.5±3.2 mmであった。左房径/大動脈径は0.76~1.00であり、平均値は0.88であった。

発達群5頭における大動脈径は15.5~20.9 mm、平均17.9±2.5 mmであり、左房径は187.0~353.0 mmで、平均230.0±69.6 mmであった。また、左房径/大動脈径は1.02~1.28で、平均値は1.18であった (Table 11, Fig. 16)。正常群と気管支食道動脈発達群における大動脈径については、正常群に比較して発達群で有意 ($P < 0.01$) な差が認められた (Fig. 17)。

(3) 心内圧の測定

正常群5頭における左室収縮期圧は80.2~152.3 mmHg、平均116.1±25.8

mmHg、右室収縮期圧は21.1~33.6 mmHg、平均 28.9 ± 5.3 mmHg、左室拡張末期圧は1.7~16.6 mmHg、平均 9.8 ± 5.7 mmHg、右室拡張末期圧0.5~10.1 mmHg、平均 4.9 ± 4.8 mmHg、左室内圧変化率の最大値は1827~3429、平均2679.0、右室内圧変化率の最大値は407~1089、平均592.4であった(T a b l e 1 2, 1 5)。

軽度発達群の4頭では、左室収縮期圧が86.0~108.6mmHg、平均 100.8 ± 10.1 mmHg、右室収縮期圧は21.4~27.1mmHg、平均 24.1 ± 2.3 mmHg、左室拡張末期圧は3.4~8.6 mmHg、平均 6.2 ± 2.5 mmHg、右室拡張末期圧は0.4~6.7 mmHg、平均 4.2 ± 2.7 mmHg、左室内圧の変化率の最大値は1230~1930、平均1569、右室内圧の変化率の最大値は401~729、平均602.8であった(T a b l e 1 3, 1 6)。

発達群9頭の左室収縮期圧は84.6~140.1 mmHg、平均 108.1 ± 16.9 mmHg、右室収縮期圧は17.3~39.3 mmHg、平均 27.3 ± 8.0 mmHg、左室拡張末期圧は2.2~17.6 mmHg、平均 7.1 ± 4.8 mmHg、右室拡張末期圧は-1.3~3.4mmHg、平均 1.6 ± 1.7 mmHg、左室内圧の変化率の最大値は1387~3055、平均2157、右室内圧の変化率の最大値は461~1114、平均665.1であった(T a b l e 1 4, 1 7)。正常群と軽度発達群ならびに発達群における右室収縮期圧については、正常群と比較して軽度発達群で有意($P < 0.05$)な差が認められた。また、右室拡張期については発達群で有意($P < 0.01$)な差が認められた。

(4) 大動脈圧の測定

正常群5頭における大動脈収縮期圧は 81.8~146.1 mmHg、平均 112.6 ± 22.8 mmHg であり、大動脈拡張期圧は43.1~111.2 mmHg、平均 77.2 ± 24.6 mmHgであった。また、平均大動脈圧は55.8~122.5 mmHg であり、平均値は 88.7 ± 23.8 mmHgであった (Table 12)。

軽度発達群の4頭では、大動脈収縮期圧が90.7~106.9 mmHg、平均 101.7 ± 7.5 mmHg であり、大動脈拡張期圧は73.8~78.9 mmHg、平均 76.3 ± 2.3 mmHgであった。また、平均大動脈圧は81.6~93.3 mmHgで、平均値は 89.0 ± 5.1 mmHgであった (Table 13)。

発達群9頭の大動脈収縮期圧は 85.4~153.7 mmHg、平均 112.4 ± 20.6 mmHg であり、大動脈拡張期圧は64.1~126.9 mmHg、平均 86.9 ± 19.9 mmHgであった。また、平均大動脈圧は75.8~137.7 mmHg、平均は 100.0 ± 19.0 mmHg であった (Table 14)。正常群と軽度発達群ならびに発達群における大動脈圧の計測値においては、有意 ($P < 0.05$) な差は認められなかった。

(5) 肺動脈圧の測定

正常群5頭における肺動脈収縮期圧は18.5~27.5 mmHg、平均 23.5 ± 3.6 mmHg、肺動脈拡張期圧 4.7~14.7 mmHg、平均 10.0 ± 4.0 mmHg、平均肺動脈圧は10.4~19.0 mmHg、平均 14.5 ± 3.6 mmHg であった (Table 15)。

軽度発達群4頭の肺動脈収縮期圧は18.3~27.8 mmHg、平均 23.2 ± 3.9 mmHg、肺動脈拡張期圧は 4.0~9.7 mmHg、平均 7.9 ± 2.6 mmHg、平均肺動脈圧は 11.1~19.0 mmHg、平均 15.1 ± 3.2 mmHg であった (Table 16)。

発達群 9 頭の肺動脈収縮期圧は 16.9~38.9 mmHg、平均 26.5 ± 7.2 mmHg、肺動脈拡張期圧は 3.4~15.7 mmHg、平均 9.0 ± 4.7 mmHg、平均肺動脈圧は 10.3~25.3 mmHg、平均 17.9 ± 5.4 mmHg であった (Table 17)。正常群と軽度発達群における肺動脈圧の計測値においては、肺動脈拡張期圧に有意 ($P < 0.05$) な差が認められた。発達群においてはすべての計測値において有意な差は認められなかった。

(6) 左室 M-mode による心室収縮期と拡張期の測定

正常群 5 頭における左室拡張末期径は 26.7~32.8 mm、平均 29.3 ± 2.5 mm であり、左室収縮末期径は 13.9~20.8 mm、平均 18.1 ± 2.7 mm であった。左室後壁拡張末期径は 6.6~9.5 mm、平均 8.4 ± 1.2 mm であり、左室後壁収縮末期径は 10.5~15.4 mm、平均 12.2 ± 1.9 mm であった。心室中隔拡張期径は 5.6~8.3 mm、平均 7.1 ± 1.3 mm であり、心室中隔収縮期径は 9.7~13.1 mm、平均 10.7 ± 1.4 mm であった。心拍数は 79~114 beets/min、平均 90.0 ± 14.1 beets/min であった。

軽度発達群の 4 頭では左室拡張末期径が 28.9~32.7 mm、平均 31.4 ± 1.7 mm であり、左室収縮末期径は 18.4~19.5 mm、平均 18.9 ± 0.6 mm であった。左室後壁拡張末期径は 6.8~10.6 mm、平均 8.5 ± 1.7 mm であり、左室後壁収縮末期径は 9.5~14.8 mm、平均 11.8 ± 2.2 mm であった。心室中隔拡張期径は 6.0~8.9 mm、平均 7.1 ± 1.3 mm であり、心室中隔収縮期径は 10.1~13.1 mm、平均 11.2 ± 1.3 mm であった。心拍数は 96~135 beets/min、平均 116.0 ± 17.4 beets/min であった。

発達群の10頭では左室拡張末期径が26.4~38.4 mm、平均 32.8 ± 3.8 mmであり、左室収縮末期径は12.7~22.8 mm、平均 19.4 ± 3.3 mmであった。左室後壁拡張末期径は7.0~12.1 mm、平均 9.0 ± 1.6 mmであり、左室後壁収縮末期径は8.9~14.3 mm、平均 11.3 ± 2.0 mmであった。心室中隔拡張期径は5.1~10.1 mm、平均 7.7 ± 1.3 mmであり、心室中隔収縮期径は9.3~15.6 mm、平均 11.6 ± 1.8 mmであった。心拍数は73~133 beets/min、平均 97.3 ± 17.3 beets/minであった (Table 18, Fig. 18)。この場合、正常群に比較して気管支食道動脈軽度発達群と発達群では、いずれの計測値においても有意($P < 0.01$)な差が認められなかった。また、軽度発達群と発達群のいずれの計測値においても有意($P < 0.01$)な差が認められなかった。

(7) 左室M-modeによる収縮と拡張期の容積と駆出量の測定

正常群5頭の左室拡張末期容積は26.3~43.4 ml、平均 33.4 ± 7.0 mlであり、左室収縮末期容積は4.9~14.0 ml、平均 10.2 ± 3.5 mlであった。1回拍出量は18.5~31.1 ml/beet、平均 23.1 ± 4.7 ml/beetで、心拍出量は1.55~2.45 l/min、平均 2.04 ± 0.38 l/minであった。前方駆出率は59.4~81.1%、平均 69.1 ± 7.8 %であり、左室内径短縮率は30.9~47.9%、平均 38.1 ± 6.3 %であった。心拍数は79~114 beets/min、平均 90.0 ± 14.1 beets/minであった。

軽度発達群の4頭では左室拡張末期容積が32.0~43.3 ml、平均 39.3 ± 5.1 mlであり、左室収縮末期容積は10.4~11.9 ml、平均 11.2 ± 0.8 mlであった。

1回拍出量は21.6~32.8 ml/beet、平均 28.1 ± 4.8 ml/beetであり、心拍出量

は2.07~3.76 l/min、平均 3.28 ± 0.81 l/minであった。前方駆出率は67.8~75.4 %、平均 71.3 ± 3.2 %であり、左室内径短縮率は36.4~43.1 %、平均 39.4 ± 2.9 %であった。心拍数は96~135 beets/min、平均 116.0 ± 17.4 beets/minであった。

発達群10頭の左室拡張末期容積は25.7~63.6 ml、平均 44.0 ± 12.9 mlであり、左室収縮末期容積は3.9~17.9 ml、平均 12.5 ± 4.7 mlであった。1回拍出量は20.9~51.7 ml/beet、平均 31.2 ± 9.9 ml/beetであり、心拍出量は2.19~4.31 l/min、平均 2.93 ± 0.61 l/minであった。前方駆出率は63.0~84.3 %、平均 71.6 ± 7.4 %であり、左室内径短縮率は33.2~52.3 %、平均 40.3 ± 6.6 %、心拍数は73~133 beets/min、平均 97.3 ± 17.3 beets/minであった (Table 19)。正常群に対し軽度発達群ならびに発達群においてはいずれの計測値においても有意 ($P < 0.01$) な差が認められたと同時に、軽度発達群と発達群の間においても有意 ($P < 0.05$) な差が認められた。

(8) 右前葉肺静脈血流速の測定

正常群5頭におけるS波流速は24.5~38.0 cm/s、平均 29.6 ± 5.5 cm/sであり、D波流速は38.7~50.6 cm/s、平均 42.7 ± 4.8 cm/sであった。S波時間速度積分値は0.03~0.04 m、平均 0.03 ± 0.004 mであり、D波時間速度積分値は0.05~0.06 m、平均 0.06 ± 0.01 mであった。S波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値) は0.33~0.44、平均0.37であり、心拍数は75~139 beets/min、平均 106.8 ± 29.1 beets/minであった。

軽度発達群の4頭ではS波流速が26.9~46.5 cm/s、平均 39.1 ± 8.9 cm/sであり、D波流速は31.1~57.4 cm/s、平均 48.5 ± 12.3 cm/sであった。S波時間速度積分値は0.02~0.06 m、平均 0.05 ± 0.02 mで、D波時間速度積分値は0.05~0.07 m、平均 0.06 ± 0.01 mであった。S波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値) は0.29~0.50、平均0.44であり、心拍数は83~127beats/min、平均 110.5 ± 19.7 beats/minであった。

発達群10頭ではS波流速が42.6~92.6 cm/s、平均 59.3 ± 17.0 cm/sであり、D波流速は39.0~91.1 cm/s、平均 60.4 ± 16.1 cm/sであった。S波時間速度積分値は0.05~0.15 m、平均 0.08 ± 0.03 mであり、D波時間速度積分値は0.05~0.13 m、平均 0.09 ± 0.03 mであった。S波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値) は、0.35~0.75、平均0.48で、心拍数は72~130beats/min、平均 104.8 ± 20.6 beats/minであった (Table 20, Fig. 19)。

S波流速は正常群と軽度発達群で有意 ($P < 0.05$) な差が認められ、正常群と発達群においても有意 ($P < 0.01$) な差が認められた。また、軽度発達群と発達群とにおいても有意 ($P < 0.05$) な差が認められた (Fig. 20)。

D波流速は正常群と発達群で有意 ($P < 0.05$) な差が認められ、S波時間速度積分値、D波時間速度積分値、S波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値) はいずれも正常群と発達群とで有意 ($P < 0.05$) な差が認められた (Fig. 21)。

(9) 右後葉肺静脈血流速の測定

正常群5頭のS波流速は23.2~39.0 cm/s、平均 29.2 ± 6.3 cm/sであり、D波流速は40.0~60.9 cm/s、平均 49.0 ± 7.7 cm/sであった。S波時間速度積分値は0.03~0.06 m、平均 0.04 ± 0.01 mであり、D波時間速度積分値は0.07~0.09 m、平均 0.08 ± 0.01 mであった。S波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値)は0.30~0.43、平均0.36であり、心拍数は68~145 beets/min、平均 107.8 ± 27.8 beets/minであった。

軽度発達群の4頭ではS波流速が30.1~34.2 cm/s、平均 33.0 ± 1.9 cm/sであり、D波流速は40.7~46.4 cm/s、平均 42.7 ± 2.7 cm/sであった。S波時間速度積分値は0.04~0.07 m、平均 0.05 ± 0.01 mであり、D波時間速度積分値は0.05~0.07 m、平均 0.07 ± 0.01 mであった。S波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値)は0.36~0.58、平均0.43であり、心拍数は86~126 beets/min、平均 106.5 ± 17.3 beets/minであった。

発達群10頭のS波流速は27.7~61.3 cm/s、平均 36.1 ± 9.9 cm/sであり、D波流速は30.7~50.6 cm/s、平均 38.8 ± 6.7 cm/sであった。S波時間速度積分値は0.04~0.07 m、平均 0.05 ± 0.01 mであり、D波時間速度積分値は0.05~0.09 m、平均 0.07 ± 0.01 mであった。S波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値)は0.36~0.54平均0.44であり、心拍数は78~122 beets/min、平均 104.4 ± 17.5 beets/minであった (Table 21, Fig. 22)。

S波流速は正常群、軽度発達群ならびに発達群とで有意差は認められず、D波流速では正常群と発達群の間で有意 ($P < 0.05$) な差が認められた。また、S波時間速度積分値では有意差が認められず、D波時間速度積分値ならびにS波時間速度積分値 / (S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値) では正常群と発達群とで有意 ($P < 0.05$) な差が認められた。さらに右前葉肺静脈血流ならびに右後葉肺静脈血流にも有意 ($P < 0.05$) な差が認められた (Fig. 23, 24, 25)。

(10) 左室流入血流速の測定

正常群5頭のE波流速は47.7~90.4 cm/s、平均 64.7 ± 16.4 cm/sであり、A波流速は36.3~61.9 cm/s、平均 46.1 ± 10.1 cm/sであった。A波流速 / E波流速は0.51~0.88、平均0.70であり、加速時間は43.0~57.0 m/s、平均 51.9 ± 5.7 m/sであった。流入時間は201~581 m/s、平均 394.6 ± 140.2 m/sであり、心拍数は76~149 beets/min、平均 102 ± 28.5 beets/minであった。

軽度発達群4頭ではE波流速が46.6~58.5 cm/s、平均 51.2 ± 5.1 cm/sであり、A波流速は47.6~59.4 cm/s、平均 53.2 ± 5.6 cm/sであった。A波流速 / E波流速は0.84~1.17、平均1.04であり、加速時間は47.8~82.3 m/s、平均 60.5 ± 15.2 m/sであった。流入時間は257~391 m/s、平均 298.5 ± 62.1 m/sであり、心拍数は90~129 beets/min、平均 112 ± 16.2 beets/minであった。

発達群10頭のE波流速は36.1~60.8 cm/s、平均 48.4 ± 8.1 cm/sであり、A波流速は43.7~70.1 cm/s、平均 52.5 ± 6.9 cm/sであった。A波流速 / E波流速

は0.81~1.46、平均1.10であり、加速時間は38.0~90.0 m/s、平均55.2±14.8 m/sであった。流入時間は200~658 m/s、平均343.6±129.0 m/sであり、心拍数は63~139 beets/min、平均101.1±19.6 beets/minであった (Table 22, Fig. 26, 27)。正常群と軽度発達群における左室流入血流速の計測値においては、E波流速/A波流速に有意 ($P < 0.05$) な差が認められた。また、発達群においてもE波流速/A波流速に有意 ($P < 0.01$) な差が認められた。

(11) 大動脈血流速の測定

正常群5頭の最高流速は99.1~138.0 cm/s、平均114.6±15.7 cm/sであり、平均流速は66.0~88.3 cm/s、平均77.2±8.4 cm/sであった。加速時間は33.0~48.0 m/s、平均39.0±5.9 m/sであり、駆出時間は143~193 m/s、平均173.2±20.0 m/sであった。加速時間/駆出時間は0.17~0.29、平均0.22であり、加速度は21.5~39.8 m/s²、平均30.9±7.4 m/s²であった。時間速度積分値は0.11~0.14 m、平均0.13±0.01 mであり、心拍数は79~122 beets/min、平均88.4±18.8 beets/minであった。

軽度発達群4頭の最高流速は95.9~101.0 cm/s、平均99.1±2.21 cm/sであり、平均流速は65.3~68.0 cm/s、平均66.9±1.3 cm/sであった。加速時間は37.0~47.0 m/s、平均42.3±5.0 m/sであり、駆出時間は159~178 m/s、平均167±8.8 m/sであった。加速時間/駆出時間は、0.21~0.29で、平均0.25であり、加速度は21.5~29.9 m/s²、平均25.3±3.9 m/s²であった。時間速度積

分値は0.11~0.12 m、平均 0.11 ± 0.01 mであり、心拍数は91~120 beets/min、平均 109.5 ± 13.0 beets/minであった。

発達群10頭の最高流速は71.8~145.0 cm/s、平均 99.8 ± 19.0 cm/sであり、平均流速は55.0~92.7 cm/s、平均 65.9 ± 10.9 cm/sであった。加速時間は31.0~64.0 m/s、平均 44.1 ± 10.5 m/sであり、駆出時間は170~203 m/s、平均 181.5 ± 12.1 m/sであった。加速時間/駆出時間は0.17~0.35、平均0.24であり、加速度は11.4~32.7 m/s²、平均 24.1 ± 7.1 m/s²であった。時間速度積分値は0.09~0.16 m、平均 0.12 ± 0.02 mであり、心拍数は63~111 beets/min、平均 95.1 ± 18.2 beets/minであった (Table 23, Fig. 28)。

大動脈平均血流速は正常群に比較して軽度発達群および発達群において低下が認められた (Fig. 29)。

(12) 右室流入血流速の測定

正常群5頭のE波流速は27.9~49.4 cm/s、平均 39.1 ± 8.3 cm/sであり、A波流速は31.6~61.0 cm/s、平均 43.3 ± 11.5 cm/sであった。A波流速/E波流速は、0.78~1.23、平均1.11であり、加速時間は57~138 m/s、平均 87.6 ± 32.7 m/sであった。流入時間は247~558 m/s、平均 383 ± 111.6 m/sであり、心拍数は79~136 beets/min、平均 103.8 ± 20.7 beets/minであった。

軽度発達群4頭ではE波流速が37.5~50.5 cm/s、平均 42.9 ± 5.6 cm/sであり、A波流速は44.0~66.6 cm/s、平均 55.3 ± 11.0 cm/sであった。A波流速/E波流速は1.01~1.55で、平均1.29であり、加速時間は75.5~105.0 m/s、

平均 91.7 ± 12.3 m/sであった。流入時間は279~374 m/s、平均 328.5 ± 38.9 m/sであり、心拍数は99~127 beets/min、平均 112.8 ± 11.4 beets/minであった。

発達群10頭のE波流速は35.8~71.8 cm/s、平均 45.2 ± 10.4 cm/sであり、A波流速は43.4~75.0 cm/s、平均 52.3 ± 9.0 cm/sであった。A波流速/E波流速は0.92~1.43で、平均1.17であり、加速時間は41~85 m/s、平均 62.9 ± 14.3 m/sであった。流入時間は231~655 m/s、平均 374.8 ± 133.5 m/sであり、心拍数は67~134 beets/min、平均 100.2 ± 23.6 beets/minであった (Table 24)。

右室流入加速時間が正常群と発達群で有意な($P < 0.05$) 差が認められた (Fig. 30)。

(13) 肺動脈血流速の測定

正常群5頭の最高流速は85.8~137.0 cm/s、平均 106.4 ± 18.7 cm/sであり、平均流速は58.2~93.3 cm/s、平均 73.1 ± 12.9 cm/sであった。加速時間は48.3~100.0 m/s、平均 81.3 ± 20.1 m/sであり、駆出時間は162~228 m/s、平均 195.0 ± 29.9 m/sであった。加速時間/駆出時間は0.29~0.54、平均0.41であり、加速度は8.6~21.5 m/s²、平均 14.2 ± 4.9 m/s²であった。時間速度積分値は0.12~0.16 m、平均 0.14 ± 0.02 mであり、心拍数は81~152 beets/min、平均 105.6 ± 29.0 beets/minであった。

軽度発達群4頭の最高流速は65.8~106.0 cm/s、平均 89.8 ± 17.0 cm/sであり、平均流速は45.6~71.5 cm/s、平均 61.0 ± 11.0 cm/sであった。加速時間は

37.0~95.5 m/s、平均 71.9 ± 24.8 m/sであった。駆出時間は165~215 m/s、平均 182.8 ± 23.7 m/sであり、加速時間/駆出時間は、0.22~0.51で、平均0.39であり、加速度は8.38~29.2 m/s²、平均 15.0 ± 9.64 m/s²であった。時間速度積分値は0.09~0.12 m、平均 0.11 ± 0.01 mであり、心拍数は97~138beats/min、平均 118.8 ± 17.0 beats/minであった。

発達群9頭の最高流速は84.5~148.0 cm/s、平均 104.2 ± 24.3 cm/sであり、平均流速は53.9~101.0 cm/s、平均 69.1 ± 14.6 cm/sであった。加速時間は31.8~70.7 m/s、平均 50.8 ± 15.3 m/sであり、駆出時間は168~213 m/s、平均 183.9 ± 14.7 m/sであった。加速時間/駆出時間は0.06~0.41、平均0.25であり、加速度は12.0~31.5 m/s²、平均 23.2 ± 7.0 m/s²であった。時間速度積分値は0.10~0.18 m、平均 0.13 ± 0.03 m、心拍数は83~126 beats/min、平均 108.9 ± 12.2 beats/minであった (Table 25, Fig. 31)。

肺動脈血流速の加速時間、加速時間/駆出時間、加速度ならびに時間速度積分値で、正常群と発達群で有意差 ($P < 0.05$) が認められたが、その他の計測値では有意差が認められなかった (Fig. 32)。

(14) 偏心率 (B/A) の測定

正常群5頭における収縮期の心室中隔-左室後壁乳頭筋間径 (A) は18.5~22.7 cm、平均 20.4 ± 1.6 cmであり、(A)と直角に交わる最大横径 (B) は18.2~21.7 cm、平均 20.0 ± 1.4 cmであった。(A)と直角に交わる最大横径/心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は0.91~1.06、平均0.98であった。拡張期の心室中

隔-左室後壁乳頭筋間径は29.8~35.0 cm、平均 32.0 ± 2.4 cmであり、(A)と直角に交わる最大横径は31.7~38.4 cm、平均 33.9 ± 3.0 cmであった。(A)と直角に交わる最大横径/心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は1.04~1.10、平均1.07であった。

軽度発達群4頭の収縮期における心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は15.0~30.4 cm、平均 21.5 ± 6.6 cmであり、(A)と直角に交わる最大横径は19.5~28.5 cm、平均 21.8 ± 4.5 cmであった。(A)と直角に交わる最大横径/心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は0.89~1.54、平均1.17であった。拡張期における心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は29.7~38.5 cm、平均 33.7 ± 3.8 cm、(A)と直角に交わる最大横径は35.4~39.7 cm、平均 37.1 ± 2.0 cmであった。(A)と直角に交わる最大横径/心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は0.91~1.27、平均1.11であった。

発達群10頭の収縮期における心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は10.2~22.0 cm、平均 17.5 ± 3.3 cmであり、(A)と直角に交わる最大横径は13.3~28.6 cm、平均 21.0 ± 4.9 cmであった。(A)と直角に交わる最大横径/心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は1.02~1.51、平均1.19であった。拡張期における心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は23.1~35.0 cm、平均 31.2 ± 3.5 cmであり、(A)と直角に交わる最大横径は27.9~51.9 cm、平均 39.0 ± 6.6 cmであった。(A)と直角に交わる最大横径/心室中隔-左室後壁乳頭筋間径は1.00~1.65、平均1.25であった。偏心率は、正常群では収縮期に比較して拡張期に増加しているのに対

し、軽度発達群では大部分の例で低下し、発達群では増加するものと低下するものがみられ、一定の傾向は認められなかった (Table 26, Fig. 33, 34)。

第3節 小 括

第II章の実験成績で、臨床的に経胸壁ドプラ心エコー法が有利であることが確認されたことから、本章では経胸壁ドプラ心エコー法を用いて、正常群と犬糸状虫症群について肺静脈血流速ならびに左心系と右心系の心機能を計測し、両者について比較検討を行った。

1. 肺静脈血流速の変化

右前葉肺静脈血流速では、正常群に比較して犬糸状虫症群においては、経胸壁ドプラ心エコーのS波流速およびD波流速が高値を示し、時間速度積分値においてもS波流速およびD波流速が高値を示した。右後葉肺静脈血流速を計測した結果、S波流速では、両群の間で血流速や時間速度積分値に有意な差は認められなかった。一方、D波流速では、犬糸状虫症群で、D波流速およびD波の時間速度積分値が低値を示した。しかしながら、S波流速には、有意な差は認められなかった。また、犬糸状虫症の軽度発達群と肺動脈閉塞性病変が重度な発達群の間には、S波流速およびD波流速に有意な差が認められなかった。

2. 経胸壁ドプラ心エコーおよび心内圧測定による心機能検査

(1) 左心機能の変化

経胸壁ドプラ心エコー法による計測の結果、犬糸状虫症の左室流入血流速に

においてA波流速／E波流速が高値を示したことから、拡張終期の急速流入障害によって心房収縮に伴う流入血流速の増加が認められた。加えて、犬糸状虫症群に偏心率が高値を示す傾向がみられ、また、左室の変形が認められたことから、犬糸状虫症群では左室の拡張機能が低下する傾向が示唆された。

さらに、X線検査において右室の拡大や肺動脈の膨隆が認められない気管支食道動脈の軽度発達群においても、左室の拡張機能の低下が示唆された。

S波時間速度積分値／（S波時間速度積分値＋D波時間速度積分値）を算出した結果、気管支食道動脈の正常群と発達群の間に、右前葉肺静脈血流速および右後葉肺静脈血流速において有意な上昇が認められた。S波時間速度積分値／（S波時間速度積分値＋D波時間速度積分値）の増加は、S波時間速度積分値の成分が、D波時間速度積分値に対して増加したことを示し、犬糸状虫症では心房機能のReservoir 機能の亢進が認められた。

以上のことから、左室の拡張機能が低下することによって、心室拡張終期の急速流入（E波流速）障害により、同一時相の血流速である肺静脈血流速のD波流速に対しても影響を及ぼしているものと考えられた。

（2）右心機能の変化

肺動脈血流速波形を解析した結果、犬糸状虫症の発達群において加速時間および加速時間／駆出時間が低値を示した。この両者の有意な低下は、平均肺動脈圧と負の相関関係が認められることから、犬糸状虫症の発達群で肺動脈圧の上昇が示唆された。

右室圧および肺動脈圧を測定した結果、正常群に比較して犬糸状虫症群で有意な圧の上昇は認められなかった。しかし、犬糸状虫症で発達群の X 線所見による肺動脈の膨隆や右室の拡大および前述したドプラー心エコー法の所見からは、後負荷の増大による肺高血圧症を反映している所見がみられた。よって三尖弁逆流を経胸壁ドプラー心エコー法により計測した逆流のピーク速度を、簡易 Bernulli の式より圧較差を算出した結果、三尖弁では 23.8 mmHg、42.3 mmHg、5.69 mmHg、3.0 mmHg、50.6 mmHg、42.3 mmHg を示した。この圧較差の結果から、犬糸状虫症群の右室圧は正常値よりも高値を示していることが明らかとなった。

以上、経胸壁ドプラー心エコー法による計測で、正常犬に比較して、犬糸状虫症群においては明らかに右室圧や肺動脈圧の増加を示すことが確認された。

第IV章 考 察

犬糸状虫症では、死滅虫体による肺塞栓および虫体の肺動脈内膜刺激に起因する中膜や内膜の増殖によって、肺動脈血管腔における閉塞性の病変が発現し、それが原因となって肺高血圧が発現し、さまざまな臨床症状を発現する。この肺動脈の閉塞性病変は、主として右後葉に多くみられ [1]、肺動脈の樹脂鑄型標本による報告からも、右後葉に対し樹脂の流入障害が多く認められている [41]。このような犬糸状虫症における肺動脈循環障害が発現すると、気管支食道動脈が発達する。本実験による気管支食道動脈造影像からも、後葉における気管支食道動脈像の著しい発達が認められた。正常な状態における気管支食道動脈は、大動脈、肋間動脈および内胸動脈から分岐し、気管支壁および肺動脈や肺静脈の血管壁の周囲に網状に分布し、栄養を供給している [20]。一方で、気管支食道動脈の血流は、その血流量の $1/3$ が、短い気管支食道動脈と肺静脈を介して左房へ流入し、 $2/3$ が、気管支食道動脈から気管支食道静脈へ移行したのち、奇静脈を介して右房へ流入する [20]。加えて、気管支食道動脈から直接毛細血管前性の吻合を介し、肺動脈へ流入する経路も考えられている [8]。このような正常下における気管支食道動脈の血液循環に対し、犬糸状虫症における気管支食道動脈は、肺実質の虚血性障害および肺動脈循環障害においては、途絶した肺動脈末梢の血流を補うために肺動脈との間に毛細血管前性吻合 (broncho-plummonary(B-P) shunt) が形成される [12, 43]。

このことから、犬糸状虫症では、肺動脈の閉塞性病変による循環障害の影響が、肺からの流出血流である肺静脈血流に影響をおよぼしているものと考えられる。さらに、大動脈より、分岐する気管支食道動脈の拡張増生や B-P shunt の形成により、多量の血流が肺静脈へ流入し、肺静脈血流に影響をおよぼしていると考えられる。

ドプラ心エコー法を用いた肺静脈血流速波形について、A 波、S 波および D 波の各血流速波形の規定因子や各種心疾患、加齢に対する肺静脈血流速の影響に関する報告が多くみられるが [2, 7, 21, 24, 28]、肺病変における肺静脈血流速の影響に関しては、獣医学のみならず医学領域においてもその報告は少ない。そこで本実験では、犬糸状虫症による肺循環動態の変化について、肺静脈血流速に対する影響をドプラ心エコー法を用いて観察を試みた。

肺静脈血流速を超音波心エコー法によって観察する方法として、医学領域では経食道ドプラ心エコー法が用いられている。その理由としては、探触子が左房の背面に接した食道内にあるため、経胸壁ドプラ心エコー法の欠点であったサンプルボリュームへの距離や、肺による超音波の減弱および肺静脈血流速に対する入射角の問題が解決されたことによる。したがって、肺静脈血流速波形が明瞭に描出でき、詳細に検討できるようになった。しかし、獣医学では、医学領域と同様に経食道ドプラ心エコー法を応用するにあたっては、保定や経食道探触子の保護の問題から、医学臨床の場合と異なり麻酔下で行う必然性があり、麻酔薬の影響なども考えると、臨床的にはかならずしも簡便的確な方法で

はない。よって第Ⅱ章において経食道ドプラ心エコー法と、経胸壁ドプラ心エコー法による肺静脈血流速波形を比較検討して、無麻酔下でも行える経胸壁ドプラ心エコー法の有用性について考察を行った。

仰臥位と左側横臥位の経食道ドプラ心エコー法による肺静脈血流速の相関関係を観察した結果、S波流速およびD波流速に相関関係は認められなかった。また、左側横臥位での経食道ドプラ心エコー法および経胸壁ドプラ心エコー法による肺静脈血流速の相関関係を観察した結果、A波流速およびD波流速に相関関係が認められた。これらのことから、経胸壁ドプラ心エコー法による肺静脈血流速波形は、経食道ドプラ心エコー法のようにA波およびS₁波とS₂波を明瞭に描出できないものの、S波流速およびD波流速に関しては信頼性のある波形であることが確認された。また、犬における仰臥位では、経胸壁ドプラ心エコー法による計測が困難なことから、左側横臥位で経胸壁ドプラ心エコー法を用いて計測を行うことにより、肺静脈血流速波形の比較検討が可能であることが判った。

このことから経胸壁ドプラ心エコー法を用いて、右前葉肺静脈血流速および右後葉肺静脈血流速の計測を行うとともに、左心系および右心系の血流速についても計測を行った。また、気管支食道動脈の発達程度により、犬糸状虫症群を2群に分類して右前葉肺静脈血流速および右後葉肺静脈血流速を計測した結果、犬糸状虫症群では正常群に比較して左房内還流量が増大することが示唆された。犬糸状虫症では、死滅虫体による肺塞栓症や肺動脈の閉塞性病変の進

行にともない、肺動脈の血流が障害され、肺病変が重度な部位では血流が遮断され、肺病変が重度である右肺の後葉から流入する肺静脈血流が大きく減少することが考えられる。しかし、右前葉肺静脈血流速では、正常群に比較して犬糸状虫症群の、S波流速およびD波流速が高値を示し、時間速度積分値においてもS波流速およびD波流速が高値を示したことは気管支食道動脈のB-P shuntにより肺静脈への還流量が増大したことを意味する。

犬糸状虫症群における気管支食道動脈の軽度発達群と発達群における右前葉肺静脈血流速および右後葉肺静脈血流速の比較では、右前葉肺静脈血流速では、発達群のS波時間速度積分値が高値を示し、D波流速とD波の時間速度積分値には、有意差が認められなかった。また、右後葉肺静脈血流速、S波流速およびD波流速においても有意差は認められなかった。

これらの結果から、気管支食道動脈の発達群では、右後葉肺動脈の閉塞性病変が進行することにより、肺動脈血管抵抗が増加したために、右前葉肺静脈血流のS波流速が高値を示したと考えられ、右後葉肺静脈血流速は、進行した肺病変に対する気管支食道動脈の血流が流入したことによって肺静脈血流量が増加したものと考えられた。このことから、右前葉肺静脈血流速および右後葉肺静脈血流速を計測をすることによって、犬糸状虫症における肺動脈の閉塞性病変の進行を評価する一手段となる可能性が示唆された。

ドプラ心エコー法による左心機能の評価に関しては、犬糸状虫症では左室拡張能の低下傾向が示唆された。左室流入血流速計測により、A波流速/E波流

速が高値を示したことから、拡張終期の急速流入の障害により、心房収縮に伴う流入血流の増加が認められた。この拡張終期の流入障害を起こす理由として、犬糸状虫症における心室中隔壁厚の増加 [4] による心室中隔のコンプライアンスの低下や偏心率の値が高値を示したことから、右室の拡大による左室方向への心室中隔の圧迫が、左室の拡張能に影響をおよぼしているものと考えられた。また、左室拡張能の低下により、犬糸状虫症の左室拡張末期圧が高値を示した報告がみられるが [38, 42]、本実験では左室拡張末期圧は高値を示さなかった。このことは肺循環障害をもつ犬糸状虫症に対するハロセン吸入麻酔薬の循環器抑制の影響が強く発現したためと考えられた。

犬糸状虫症における肺高血圧を増大させる原因は、肺動脈の内膜や中膜の増殖による閉塞性病変が主因であるとされている。一方、若尾 [41] らは、肺高血圧の 1 要因として犬糸状虫症の進行にともない発達する気管支食道動脈の血流の影響について報告している。この報告の中で奥村らは、気管支食道動脈の血流に対し、遮断や流入量の増加を試みた結果、それぞれ肺動脈圧の減少や増加が認められ、気管支食道動脈の血流量は、肺動脈圧に直接的に影響を及ぼし、肺高血圧を助長していると考察している。

本実験による成績においても、正常群に比較して犬糸状虫症群では左心機能の低下が示唆されたが、肺の閉塞性病変による気管支食道動脈の発達が異なる軽度発達群と発達群においては、左房内還流量や左心機能に大きな差は認められなかった。したがって、肺動脈循環障害の進行に伴う左房への還流量の増加

は、気管支食道動脈の血流が流入することによって、左房内還流量の減少を代償していると考えられた。さらに、軽度発達群と発達群の左心機能に大きな差が認められなかったことから、軽度発達群と発達群の体循環血流量は大きな変動がみられないものと考えられた。

これらのことから、肺動脈の閉塞性病変の進行に伴う肺高血圧は、気管支食道動脈の代償血流が、肺動脈抹消および肺静脈へ還流することにより、助長されているものと考えられた。

第V章 結 論

犬糸状虫症では、死滅虫体による肺動脈塞栓や肺動脈の内膜および中膜の増殖性病変により肺高血圧を示す。このような肺循環障害では、気管支食道動脈が著しく発達し、B-P shuntを介して多量の血流が肺静脈へ流入する。そこで筆者は、肺動脈閉塞性病変や気管支食道動脈からの血液流入が、肺静脈血流や心機能にどのような影響をおよぼしているかを知るために、肺静脈血流速と心機能についてドプラ心エコー法によって検討した結果、以下の成績が得られた。

1. 左側横臥位における経食道ドプラ心エコー法と経胸壁ドプラ心エコー法の肺静脈血流速に良好な相関関係が認められ、経胸壁ドプラ心エコー法による肺静脈の血流を示すS波流速およびD波流速を測定することによって、臨床的に肺静脈血流速を計測できることが確認された。

2. 経胸壁ドプラ心エコー法による犬糸状虫症の右前葉肺静脈血流速の増大は、右後葉肺動脈の塞栓および肺動脈腔の狭窄による肺動脈血管抵抗の増加に起因するものであり、右後葉肺静脈血流速の増大は、気管支食道動脈からB-P shuntを介した血流が肺静脈に流入することによるものであり、また、これらの肺静脈血流の増大によって肺高血圧が助長されることが判った。

3. 犬糸状虫症においては、右前葉肺静脈血流ならびに気管支食道動脈のB-P shuntによる代償血流によって肺静脈血流が増大し、左房内還流量が増加することが確認され、左房内還流量の増大が左心負荷を発現し、肺高血圧は右

心負荷を発現して心不全に至ることが判った。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、終始御懇篤な御指導を賜った麻布大学獣医学部外科学第一講座 高橋 貢教授、若尾義人教授ならびに渡辺俊文助教授に深甚なる感謝の意を表します。また、論文の御校閲を賜った麻布大学獣医学部放射線学講座 菅沼常德教授、獣医学部実験動物学講座 二宮博義教授に深謝致します。さらに本研究を遂行するにあたり、御援助を戴いた外科学第一講座学部研究生諸氏に深謝致します。最後に、本論文のまとめに多大なる御協力を戴きました近江智代野氏に厚く御礼申し上げます。

参考文献

1. Jerry A.L. 1961. Pulmonary arterial lesions in canine dirofilariasis. Am.J.Vet.Res. 22:655-662.
2. Klein A.L. 1991. Transesophageal doppler echocardiography of pulmonary venous flow: A new marker of mitral regurgitation severity. J.A.C.C. 18:518-526.
3. Crissman R.S., Ross J.N.Jr. 1983. Electron microscopy of intimal lesions in the pulmonary trunk of a dog with dirofilaria immitis. J.Submicrosc.Cytol. 15:509-517.
4. Fishman A.P. 1958. The "effective" pulmonary collateral blood flow in man. J.Clini.Investi. 37:1071-1085.
5. Hennigar G.R., Ferguson R.W. 1957. Pulmonary vascular sclerosis as a result of dirofilaria immitis infection in dogs. J.Am.Vet.Med. Assoc. 121:336-341.
6. 原沢道美, 村尾裕史, 半田 昇. 1967. 気管支循環系の調節機能について. 肺と心. 104:154-164.
7. Kuecherer H.F. 1990. Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed doppler echocardiography pulmonary vein flow. Circulation. 82:1127-1139.
8. Szidon J.P., Ingram R.H., Fishman A.P. 1968. Origin of the pulmonary venous flow pulse. Am.J.Physio. 214:10-14.
9. Keith J.C., Schaub R.G., Rawlings C.A. 1983. Early arterial injury-induced myointimal proliferation in canine pulmonary arteries. Am.J.Vet.Res. 44:181-186.
10. Munnell J.F., Weldom J.S., Lewis R.E., Thrall D.E., Call J.W.M. 1980. Intimal lesions of the pulmonary artery in dogs with experimental dirofilariasis. Am.J.Vet.Res. 41:1108-1112.
11. Keren Gad. 1985. Pulmonary venous flow pattern-its relationship to cardiac dynamics. Circulation. 71:1105-1112.
12. 小谷猛保, 富村 保, 望月 宏. 1976. 死後血管造影法による犬糸状虫症の肺循環障害に関する病理学的研究. 日獣学誌. 38:459-511.
13. 小林紘一, 中山光男, 加藤良一. 1988. 急性肺障害と気管支循環. 日胸疾会誌. 26:341-346.

14. 久米章司, 山中 学, 苅家利承, 田部 章. 1982. 血小板の代謝系と血栓形成. 日本臨床. 40:683-694.
15. Cudkowicz L. 1959. Bronchial arterial blood flow. Clin.Sci. 19:1-15.
16. Cudkowicz L, Calabresi M, Robert G.N. 1959. The simultaneous estimation of right and left ventricular outputs applied to a study of the bronchial circulation in patients with chronic lung disease. Am.Heart J. 58:743-749.
17. Liu S.K. 1969. Pulmonary collateral circulation in canine dirofilariasis. Am.J.Vet.Res. 30:1723-1735.
18. Harasawa M. 1965. Bronchomotor activity and bronchial arterial system vascular resistance. Circulation. 47:285-294.
19. Eugene M., Collins J.A., Goldman H.S. 1965. Pattern of blood flow in the pulmonary veins of the dog. J.Appli.Physio. 20:1118-1128.
20. 村田喜代史, 伊藤春海, 藤堂義郎. 1984. 気管支動脈循環の血管構築. 臨放. 29: 941-948.
21. Rick N.A. 1990. Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transesophageal doppler echocardiography. Circulation. 81:1488-1497.
22. 小川 聡. 1990. 肥大および拡大心肺静脈血流速波形に関する研究. 四国医誌. 46:143-156.
23. 小川 聡. 1990. 左心不全時の肺静脈血流速波形に関する検討. 日超講演集. 56 :181-182.
24. 小川 聡. 1990. 肺静脈血流速波形における収縮期波の規定因子に関する検討. 日超講演集. 57:329-330.
25. Rajagopalan B. 1979. Blood flow in pulmonary veins: I Studies in dog and man. Circ.Res. 13:667-676.
26. Rajagopalan B. 1979. Blood flow in pulmonary veins: II The influence of events transmitted from the right and left sides of the heart. Circ. Res. 13:677-683.
27. Rajagopalan B. 1979. Blood flow in pulmonary veins: III Simultaneous measurements of their dimensions, intravascular pressure and flow. Circ. Res. 13:684-692.
28. Castello R. 1991. Evaluation of pulmonary venous flow by transesophageal echocardiography in subject with a normal heart: comparison with transthoracic echocardiography. J.A.C.C. 18:65-71.

29. Rawlings C.A., Lewis R.E. 1977. Right ventricular enlargement in heartworm disease. Am.J.Vet.Res. 38:1801-1805.
30. Clarence R.A. 1980. Acute response of pulmonary blood flow and right ventricular function to dirofilaria immitis adults and microfilaria. Am.J.Vet.Res. 41:244-249.
31. Clarence R.A. 1980. Cardiopulmonary function in the dog with dirofilaria immitis infection: During infection and after treatment. Am.J.Vet.Res. 41:319-325.
32. Schaub R.G. and Rawlings C.A. 1980. Pulmonary vascular response during phases of canine heartworm disease: Scanning electron microscopic study. Am.J.Vet.Res. 41:1082-1089.
33. Schaub R.G., Keith J.C., Rawlings C.A. 1983. Effect of acetylsalicylic acid on vascular damage and myointimal proliferation in canine pulmonary arteries subjected to chronic injury by dirofilaria immitis. Am.J.Vet.Res. 44:449-454.
34. Schaub R.G., Rawlings C.A., Keith J.C. Jr. 1981. Platelet adhesion and myointimal proliferation in canine pulmonary arteries. Am.Assoc.Path. 104:13-22.
35. Jackson R.F. 1969. The venae cavae or liver failure syndrome of heartworm disease. J.Am.Vet.Med.Assoc. 154:384-385.
36. 坂井久憲. 1991. 肺静脈還流波形および左房機能に及ぼす心嚢ならびに左室急性心筋虚血の影響. 山口医学. 40:327-341.
37. 鈴木謙三. 1990. 肺循環障害の画像診断 - 気管支食道動脈造影 - . 呼吸. 9:166-172.
38. 竹村直行. 1989. 肺動脈内寄生の犬糸状虫による心機能の変化. 日獣会誌. 42:771-773.
39. 丹羽明博. 1990. 肺静脈血流に及ぼす心拍数および心収縮力の影響. 日超講演集. 57:321-322
40. 内野文弥. 1955. 肺血管系の形態学的研究 1. 実験的犬肺吸虫症の肺血管系および気管支の合成樹脂鑄型標本所見. 日疾会誌. 44:229-242.
41. 若尾義人, 奥村 敦, 二宮博敏, 高橋 貢. 1992. 犬糸状虫症に起因する肺高血圧症の成因について - 気管支食道動脈の発達が肺動脈に及ぼす影響 - . Jpn.J.Electrocardiology. 12:134-141.

42. Henry W.M. 1955. Magnitude and time of development of the collateral circulation to the lung after occlusion of the left pulmonary artery. Circ.Res. 111:422-424.
43. 神徳 甫. 1957. 肺血管系の形態学的研究 1. 石松子栓塞症における肺血管系の変化について. 日本体質学雑誌. 22:39-45.

Table 1 仰臥位の経食道ドプラ心エコー法(T E E)
による右前葉肺静脈血流速の計測値

	T E E			
	P V S ₁	P V S ₂	P V D	H R
No. 1	39.8	25.5	50.3	81
No. 6	41.0	27.5	49.5	151
No. 13	19.5	36.8	25.8	117
No. 14	31.0	20.0	34.5	129
mean	32.8	27.5	40.0	119.5
S. D.	9.9	7.0	12.0	29.3

Remarks : P V S₁(cm/s) : S₁波流速
P V S₂(cm/s) : S₂波流速
P V D (cm/s) : D 波流速
H R (beets/min) : 心拍数

Table 2 仰臥位の経食道ドプラ心エコー法(T E E)
 による右後葉肺静脈血流速の計測値

	T E E			
	P V S ₁	P V S ₂	P V D	H R
No. 1	27.0	42.0	49.0	80
No. 2	—	27.8	30.5	165
No. 6	—	49.8	41.0	154
No. 8	21.3	30.0	26.5	95
No. 9	35.0	27.8	35.3	134
No. 10	12.3	10.3	14.5	99
No. 14	—	23.0	22.5	104
mean	23.9	30.1	31.3	118.7
S. D.	9.6	12.8	11.6	32.4

Remarks : P V S₁(cm/s) : S₁波流速
 P V S₂(cm/s) : S₂波流速
 P V D (cm/s) : D 波流速
 H R (beats/min) : 心拍数

Table 3 仰臥位の経食道ドプラ心エコー法(T E E)
による左室流入血流速の計測値

	T E E			
	V E	V A	A / E	H R
No. 1	31.0	25.0	0.81	71
No. 2	48.8	34.7	0.71	120
No. 3	68.1	27.4	0.40	132
No. 4	54.2	38.7	0.71	126
No. 5	64.1	45.7	0.71	114
No. 6	37.0	49.0	1.32	133
No. 7	42.0	24.6	0.58	85
No. 8	27.1	28.4	1.04	86
No. 9	42.0	31.8	0.75	105
No. 10	21.0	28.0	1.32	105
No. 11	32.1	52.2	1.62	122
No. 12	29.3	33.3	1.13	109
mean	41.4	34.9	0.92	109
S. D.	14.9	9.5		19.8

Remarks : V E (cm/s) : E 波流速
V A (cm/s) : A 波流速
A / E : A 波流速 / E 波流速
H R (beats/min) : 心拍数

Table 4 左側横臥位の経食道ドプラ心エコー法(T E E)
 による右前葉肺静脈血流速の計測値

	T E E		
	P V S ₂	P V D	H R
No. 1	14.5	18.5	74
No. 6	25.8	23.0	119
No. 13	31.0	18.0	113
No. 14	42.8	20.8	83
mean	28.5	20.1	97.3
S. D.	11.8	2.3	22.1

Remarks : P V S₂(cm/s) : S₂波流速
 P V D (cm/s) : D 波流速
 H R (beats/min) : 心拍数

Table 5 左側横臥位の経食道ドプラ心エコー法(T E E)
による右後葉肺静脈血流速の計測値

	T E E		
	P V S ₂	P V D	H R
No. 1	22.8	24.8	78
No. 2	32.0	46.5	124
No. 6	35.0	42.0	109
No. 8	20.0	31.8	76
No. 9	38.0	40.0	114
No. 10	16.5	23.3	71
No. 14	23.8	17.8	84
mean	26.9	32.3	93.7
S. D.	8.1	10.8	21.3

Remarks : P V S₂(cm/s) : S₂波流速
P V D (cm/s) : D 波流速
H R (beats/min) : 心拍数

Table 6 左側横臥位の経食道ドプラ心エコー法(T E E)
による左室流入血流速の計測値

	T E E			
	V E	V A	A / E	H R
No. 1	27.0	26.0	0.97	75
No. 2	50.0	41.7	0.83	115
No. 3	52.3	32.5	0.62	119
No. 4	50.1	39.2	0.78	97
No. 5	43.2	36.7	0.84	110
No. 6	24.4	35.9	1.47	105
No. 7	29.7	25.7	0.87	79
No. 8	30.2	34.3	1.13	85
No. 9	50.8	43.5	0.85	111
No. 10	19.0	25.0	1.27	85
No. 11	33.5	38.4	1.14	78
No. 12	28.2	34.6	1.22	97
mean	36.5	34.5	1.00	96.3
S. D.	12.0	6.2		15.6

Remarks : V E (cm/s) : E波流速
V A (cm/s) : A波流速
A / E : A波流速 / E波流速
H R (beats/min) : 心拍数

Table 7 左側横臥位の経胸壁ドプラ心エコー法(TTE)による右前葉肺静脈血流速の計測値

	T E E		
	P V S ₂	P V D	H R
No. 1	23.8	26.8	63
No. 6	40.0	48.8	112
No. 13	45.0	33.8	108
No. 14	59.5	37.0	90
mean	42.1	36.6	93.3
S. D.	14.7	9.2	22.3

Remarks : P V S₂(cm/s) : S₂波流速
P V D (cm/s) : D 波流速
H R (beets/min) : 心拍数

Table 8 左側横臥位の経胸壁ドプラ心エコー法(TTE)
による右後葉肺静脈血流速の計測値

	T E E		
	P V S ₂	P V D	H R
No. 1	25.3	22.0	71
No. 2	30.5	56.0	125
No. 6	28.0	35.0	106
No. 8	15.3	35.3	73
No. 9	31.8	36.8	114
No. 10	18.0	21.3	80
No. 14	29.8	26.5	83
mean	25.5	33.3	93.1
S. D.	6.5	11.9	21.6

Remarks : P V S₂(cm/s) : S₂波流速
P V D (cm/s) : D 波流速
H R (beats/min) : 心拍数

Table 9 左側横臥位の経胸壁ドプラ心エコー法(TTE)による左室流入血流速の計測値

	T T E			
	V E	V A	A / E	H R
No. 1	28.0	26.0	0.91	78
No. 2	53.1	39.1	0.73	118
No. 3	74.0	44.3	0.60	118
No. 4	58.6	38.5	0.65	99
No. 5	43.2	41.8	0.96	115
No. 6	20.5	34.7	1.69	100
No. 7	32.2	31.8	0.99	82
No. 8	29.6	28.4	0.95	82
No. 9	41.7	40.3	0.96	111
No.10	23.0	32.0	1.41	83
No.11	29.8	40.8	1.36	83
No.12	33.6	36.4	1.08	99
mean	38.9	36.2	1.02	97.3
S. D.	16.0	5.7		15.4

Remarks : V E (cm/s) : E波流速

V A (cm/s) : A波流速

A / E : A波流速 / E波流速

H R (beets/min) : 心拍数

Table 10 気管支食道動脈径および大動脈径の計測値

		Bronchial artery	Aorta	Bronchial artery/Aorta
軽 度 発 達 群	No. 15	2.30	14.85	0.15
	No. 16	2.15	12.05	0.18
	No. 17	2.42	12.45	0.19
	No. 18	2.70	11.10	0.24
	mean	2.39	12.61	0.19
	S. D.	0.23	1.60	

		Bronchial artery	Aorta	Bronchial artery/Aorta
発 達 群	No. 19	3.00	12.10	0.25
	No. 20	3.20	11.70	0.27
	No. 21	4.05	14.35	0.28
	No. 22	3.40	11.25	0.30
	No. 23	4.10	13.30	0.31
	No. 24	3.95	12.90	0.31
	No. 25	4.00	12.50	0.32
	No. 26	4.05	12.00	0.34
	No. 27	2.90	8.55	0.34
	No. 28	4.40	12.01	0.37
	mean	3.71	12.07	0.31
	S. D.	0.53	1.52	

Remarks : Bronchial artery(mm)
Aorta(mm)

Table 11 正常群および発達群の大動脈径、左房径ならびに左房径／大動脈径(LA/Ao)の計測値(M-mode計測)

		A o	L A	LA/Ao
正 常 群	No. 6	17.5	152.0	0.76
	No. 7	16.4	150.3	0.93
	No. 8	15.0	150.0	1.00
	No. 9	19.9	158.0	0.79
	No.10	17.2	152.0	0.94
	mean	17.2	152.5	0.88
	S. D.	1.8	3.2	

		A o	L A	LA/Ao
発 達 群	No. 20	20.4	353.0	1.28
	No. 22	15.5	192.0	1.23
	No. 23	16.2	187.0	1.15
	No. 25	16.5	204.0	1.23
	No. 28	20.9	214.0	1.02
	mean	17.9	230.0	1.18
	S. D.	2.5	69.6	

Remarks : A o (mm) : 大動脈径
L A (mm) : 左房径
LA/Ao : 左房径/大動脈径

Table 12 正常群の左室圧および大動脈圧計測値

		L V s	LVEDP	LVmaxdp/dt	A o s	A o d	A o m
正 常 群	No. 6	122.1	16.6	1827	111.7	79.2	89.7
	No. 7	111.5	13.5	2517	110.6	69.7	83.0
	No. 8	114.3	8.0	3397	112.6	83.0	92.5
	No. 9	80.2	1.7	2225	81.8	43.1	55.8
	No. 10	152.3	9.2	3429	146.1	111.2	122.5
	mean	116.1	9.8	2679.0	112.6	77.2	88.7
	S. D.	25.8	5.7		22.8	24.6	23.8

Remarks : L V s (mmHg) : 左室収縮期圧
 LVEDP (mmHg) : 左室拡張末期圧
 LVmaxdp/dt : 左室内圧変化率の最大値
 A o s (mmHg) : 大動脈収縮期圧
 A o d (mmHg) : 大動脈拡張期圧
 A o m (mmHg) : 平均大動脈圧

Table 13 軽度発達群の左室圧および大動脈圧計測値

		LVs	LVEDP	LVmaxdp/dt	Aos	Aod	Aom
軽 度 発 達 群	No. 15	103.3	7.8	1547	106.3	78.9	93.3
	No. 16	108.6	4.8	—	102.7	77.6	91.1
	No. 17	105.1	8.6	1930	106.9	75.0	89.9
	No. 18	86.0	3.4	1230	90.7	73.8	81.6
	mean	100.8	6.2	1569	101.7	76.3	89.0
	S. D.	10.1	2.5		7.5	2.3	5.1

Remarks : LVs (mmHg) : 左室収縮期圧
 LVEDP (mmHg) : 左室拡張末期圧
 LVmaxdp/dt : 左室内圧変化率の最大値
 Aos (mmHg) : 大動脈収縮期圧
 Aod (mmHg) : 大動脈拡張期圧
 Aom (mmHg) : 平均大動脈圧

Table 14 発達群の左室圧および大動脈圧計測値

		L V s	LVEDP	LVmaxdp/dt	A o s	A o d	A o m
発	No. 19	106.8	3.4	2767	110.9	87.3	100.0
	No. 20	140.1	17.6	3055	153.7	126.9	137.7
	No. 21	100.9	6.0	2121	110.7	79.9	95.0
	No. 23	111.6	5.4	2454	109.1	75.1	98.6
	No. 24	88.8	5.1	1470	90.2	64.1	78.0
達	No. 25	122.2	4.9	1856	131.4	96.8	113.0
	No. 26	103.0	11.9	1997	104.2	79.3	91.3
	No. 27	114.7	7.3	2309	116.0	105.0	111.0
群	No. 28	84.6	2.2	1387	85.4	67.6	75.8
	mean	108.1	7.1	2157	112.4	86.9	100.0
	S. D.	16.9	4.8		20.6	19.9	19.0

Remarks : L V s (mmHg) : 左室収縮期圧
 LVEDP (mmHg) : 左室拡張末期圧
 LVmaxdp/dt : 左室内圧変化率の最大値
 A o s (mmHg) : 大動脈収縮期圧
 A o d (mmHg) : 大動脈拡張期圧
 A o m (mmHg) : 平均大動脈圧

Table 15 正常群の右室圧および肺動脈圧計測値

		R V s	RVEDP	RVmaxdp/dt	P A s	P A d	P A m
正 常 群	No. 6	33.1	9.8	407	27.5	14.7	19.0
	No. 7	33.6	10.1	504	26.5	10.5	15.8
	No. 8	21.1	0.5	545	18.5	7.5	11.2
	No. 9	26.2	3.6	417	21.8	4.7	10.4
	No. 10	30.6	0.5	1089	23.3	12.6	16.2
	mean	28.9	4.9	592.4	23.5	10.0	14.5
	S. D.	5.3	4.8		3.6	4.0	3.6

Remarks : R V s (mmHg) : 右室収縮期圧
 RVEDP (mmHg) : 右室拡張末期圧
 RVmaxdp/dt : 右室内圧変化率の最大値
 P A s (mmHg) : 肺動脈収縮期圧
 P A d (mmHg) : 肺動脈拡張期圧
 P A m (mmHg) : 平均肺動脈圧

Table 16 軽度発達群の右室圧および肺動脈圧計測値

		R V s	RVEDP	RVmaxdp/dt	P A s	P A d	P A m
軽 度 発 達 群	No. 15	27.1	0.4	708	27.8	9.2	19.0
	No. 16	21.4	6.7	729	18.3	4.0	11.1
	No. 17	23.9	5.2	573	23.1	8.6	15.3
	No. 18	24.1	4.3	401	23.7	9.7	15.0
	mean	24.1	4.2	602.8	23.2	7.9	15.1
	S. D.	2.3	2.7		3.9	2.6	3.2

Remarks : R V s (mmHg) : 右室収縮期圧
RVEDP (mmHg) : 右室拡張末期圧
RVmaxdp/dt : 右室内圧変化率の最大値
P A s (mmHg) : 肺動脈収縮期圧
P A d (mmHg) : 肺動脈拡張期圧
P A m (mmHg) : 平均肺動脈圧

Table 17 発達群の右室圧および肺動脈圧計測値

発 達 群		R V s	RVEDP	RVmaxdp/dt	P A s	P A d	P A m
	No. 19	35.9	2.1	1114	35.0	12.9	24.9
	No. 20	22.8	2.4	597	24.7	4.1	15.7
	No. 21	32.6	3.0	791	29.8	15.7	22.6
	No. 23	24.7	2.8	694	26.2	14.0	19.2
	No. 24	17.3	-0.6	541	16.9	4.6	10.3
	No. 25	39.3	0.6	540	38.9	11.9	25.3
	No. 26	22.2	3.4	461	21.6	5.6	13.3
	No. 27	33.1	2.2	611	26.3	9.1	16.4
	No. 28	18.1	-1.3	637	18.7	3.4	13.4
	mean	27.3	1.6	665.1	26.5	9.0	17.9
	S. D.	8.0	1.7		7.2	4.7	5.4

Remarks : R V s (mmHg) : 右室収縮期圧
 RVEDP (mmHg) : 右室拡張末期圧
 RVmaxdp/dt : 右室内圧変化率の最大値
 P A s (mmHg) : 肺動脈収縮期圧
 P A d (mmHg) : 肺動脈拡張期圧
 P A m (mmHg) : 平均肺動脈圧

Table 18 左室M-modeによる心室収縮期と拡張期径の計測値

正 常 群		LVEdD	LVEsD	LVPWd	LVPWs	IVd	IVs	HR
	No. 6	27.2	17.3	7.8	12.0	7.4	9.9	84
	No. 7	32.8	19.8	9.3	12.1	8.3	13.1	79
	No. 8	29.4	18.8	6.6	10.8	6.1	9.7	82
	No. 9	30.3	20.8	9.5	10.5	8.3	9.8	114
	No. 10	26.7	13.9	8.8	15.4	5.6	11.0	91
	mean	29.3	18.1	8.4	12.2	7.1	10.7	90.0
	S. D.	2.5	2.7	1.2	1.9	1.3	1.4	14.1

軽 度 発 達 群		LVEdD	LVEsD	LVPWd	LVPWs	IVd	IVs	HR
	No. 15	32.4	19.4	9.1	11.9	6.0	10.1	125
	No. 16	31.6	19.5	10.6	14.8	8.9	10.6	135
	No. 17	32.7	18.4	6.8	11.0	6.5	13.1	108
	No. 18	28.9	18.4	7.4	9.5	6.9	10.8	96
	mean	31.4	18.9	8.5	11.8	7.1	11.2	116.0
S. D.	1.7	0.6	1.7	2.2	1.3	1.3	17.4	

発 達 群		LVEdD	LVEsD	LVPWd	LVPWs	IVd	IVs	HR
	No. 19	26.4	12.7	8.0	9.5	7.1	11.7	133
	No. 20	38.4	19.4	10.3	14.3	8.1	15.6	83
	No. 21	33.2	22.1	9.2	8.9	8.0	11.7	106
	No. 22	37.2	22.8	7.0	10.6	5.1	9.3	77
	No. 23	30.0	15.1	9.1	12.3	7.0	9.3	104
	No. 24	31.9	21.3	12.1	12.6	7.9	11.6	99
	No. 25	34.2	19.8	7.8	8.9	7.1	12.5	92
	No. 26	35.7	22.5	10.6	13.8	8.0	12.7	73
	No. 27	28.6	17.9	7.4	11.7	10.1	11.4	105
	No. 28	32.6	20.8	8.5	10.3	8.1	10.2	101
	mean	32.8	19.4	9.0	11.3	7.7	11.6	97.3
S. D.	3.8	3.3	1.6	2.0	1.3	1.8	17.3	

Remarks : LVEdD(mm) : 左室拡張末期径 LVEsD(mm) : 左室収縮末期径
 LVPWd(mm) : 左室後壁拡張末期径 LVPWs(mm) : 左室後壁収縮末期径
 IVd (mm) : 心室中隔拡張期厚径 IVs (mm) : 心室中隔収縮期厚径
 HR (beats/min) : 心拍数

Table 19 左室M-modeによる収縮期と拡張期の容積と駆出量の計測値

正 常 群		EDV	ESV	SV	Co	EF	Fs	HR
	No. 6	27.4	9.0	18.5	1.55	67.5	36.0	84
	No. 7	43.4	12.3	31.1	2.45	70.1	39.7	79
	No. 8	33.5	10.9	22.6	1.88	67.3	36.0	82
	No. 9	36.2	14.0	22.1	2.39	59.4	30.9	114
	No.10	26.3	4.9	21.4	1.91	81.1	47.9	91
	mean	33.4	10.2	23.1	2.04	69.1	38.1	90.0
	S. D.	7.0	3.5	4.7	0.38	7.8	6.3	14.1

軽 度 発 達 群		EDV	ESV	SV	Co	EF	Fs	HR
	No.15	42.2	11.8	30.3	3.76	71.9	40.0	125
	No.16	39.8	11.9	27.8	3.76	69.9	38.2	135
	No.17	43.3	10.6	32.8	3.52	75.4	43.1	108
	No.18	32.0	10.4	21.6	2.07	67.8	36.4	96
	mean	39.3	11.2	28.1	3.28	71.3	39.4	116.0
S. D.	5.1	0.8	4.8	0.81	3.2	2.9	17.4	

発 達 群		EDV	ESV	SV	Co	EF	Fs	HR
	No.19	25.7	3.9	21.7	2.88	84.3	52.3	133
	No.20	63.6	11.8	51.7	4.31	81.5	49.6	83
	No.21	45.1	16.3	28.8	3.09	63.2	33.4	106
	No.22	58.7	17.9	40.9	3.16	69.4	38.5	77
	No.23	27.0	6.1	20.9	2.19	76.9	43.8	104
	No.24	43.4	14.9	25.7	2.52	63.0	33.2	99
	No.25	48.0	12.7	35.3	3.24	74.0	41.9	92
	No.26	53.3	17.0	36.3	2.68	67.7	36.9	73
	No.27	31.2	9.6	21.4	2.26	69.2	37.4	105
	No.28	43.6	14.3	29.3	2.97	66.7	35.8	101
	mean	44.0	12.5	31.2	2.93	71.6	40.3	97.3
S. D.	12.9	4.7	9.9	0.61	7.4	6.6	17.3	

Remarks : EDV(ml) : 左室拡張末期容積 ESV(ml) : 左室収縮末期容積
 SV(ml/beet) : 一回拍出量 Co(l/min) : 心拍出量
 EF(%) : 前方駆出量 Fs(%) : 左室内径短縮率
 HR(beets/min) : 心拍数

Table 20 右前葉肺静脈血流速計測値

正 常 群		PVS	PVD	S-TVI	D-TVI	Ts/(Ts+Td)	HR
	No. 6	26.5	40.1	0.03	0.06	0.33	111
	No. 7	26.8	40.0	0.03	0.05	0.38	79
	No. 8	24.5	38.7	0.04	0.06	0.44	75
	No. 9	32.1	43.9	0.03	0.06	0.33	130
	No.10	38.0	50.6	0.03	0.05	0.38	139
	mean	29.6	42.7	0.03	0.06	0.37	106.8
	S. D.	5.5	4.8	0.004	0.01		29.1

軽 度 発 達 群		PVS	PVD	S-TVI	D-TVI	Ts/(Ts+Td)	HR
	No.15	44.9	48.5	0.06	0.06	0.50	127
	No.16	38.2	57.4	0.06	0.07	0.46	110
	No.17	46.5	57.0	0.06	0.06	0.50	122
	No.18	26.9	31.1	0.02	0.05	0.29	83
	mean	39.1	48.5	0.05	0.06	0.44	110.5
	S. D.	8.9	12.3	0.02	0.01		19.7

発 達 群		PVS	PVD	S-TVI	D-TVI	Ts/(Ts+Td)	HR
	No.19	92.6	39.5	0.15	0.05	0.75	124
	No.20	53.9	39.0	0.10	0.07	0.59	72
	No.21	76.6	72.3	0.08	0.09	0.47	119
	No.22	54.3	52.5	0.07	0.08	0.45	98
	No.23	48.0	58.3	0.05	0.07	0.42	118
	No.24	43.3	55.7	0.05	0.07	0.42	130
	No.25	71.8	54.4	0.11	0.07	0.61	94
	No.26	43.1	67.0	0.06	0.11	0.38	75
	No.27	66.8	91.1	0.09	0.13	0.41	121
	No.28	42.6	74.3	0.07	0.13	0.35	97
	mean	59.3	60.4	0.08	0.09	0.48	104.8
	S. D.	17.0	16.1	0.03	0.03		20.6

Remarks : P V S (cm/s) : S波流速 P V D (cm/s) : D波流速
 S - T V I (m) : S波時間速度積分値 D - T V I (m) : D波時間速度積分値
 Ts/(Ts+Td) : S波時間速度積分値/(S波時間速度積分値 + D波時間速度積分値)
 HR (beats/min) : 心拍数

Table 22 左室流入血流速計測値

		VE	VA	A/E	AT	ET	HR
正 常 群	No. 6	70.2	36.3	0.51	53.0	462	84
	No. 7	58.0	41.2	0.71	49.8	358	96
	No. 8	47.7	49.7	0.88	57.0	371	105
	No. 9	57.2	41.2	0.72	56.5	581	76
	No.10	90.4	61.9	0.69	43.0	201	149
	mean	64.7	46.1	0.70	51.9	394.6	102
	S. D.	16.4	10.1		5.7	140.2	28.5

		VE	VA	A/E	AT	ET	HR
軽 度 発 達 群	No.15	50.3	59.4	1.17	82.3	257	129
	No.16	46.6	47.6	1.02	59.0	274	113
	No.17	58.5	49.6	0.84	53.0	391	90
	No.18	49.2	56.3	1.14	47.8	272	116
	mean	51.2	53.2	1.04	60.5	298.5	112
	S. D.	5.1	5.6		15.2	62.1	16.2

		VE	VA	A/E	AT	ET	HR
発 達 群	No.19	37.6	43.7	1.16	90.0	293	105
	No.20	36.1	52.7	1.46	47.0	658	63
	No.21	60.8	70.1	1.15	55.0	200	139
	No.22	46.3	50.3	1.08	57.0	433	85
	No.23	48.2	51.4	1.06	52.0	374	93
	No.24	45.3	48.8	1.07	50.0	248	112
	No.25	49.0	54.7	1.11	51.0	298	104
	No.26	50.7	52.5	1.03	69.0	269	110
	No.27	60.7	49.6	0.81	43.0	303	104
	No.28	48.9	50.9	1.05	38.0	360	96
	mean	48.4	52.5	1.10	55.2	343.6	101.1
S. D.	8.1	6.9		14.8	129.0	19.6	

Remarks : VE (cm/s) : E波流速 AT (m/s) : 加速時間
 VA (cm/s) : A波流速 ET (m/s) : 流入時間
 A/E : A波流速/E波流速 HR (beats/min) : 心拍数

Table 23 大動脈平均血流速計測値

正 常 群		V p	V m	A T	E T	AT/ET	Acc	T V I	H R
	No. 6	99.1	66.0	41.0	193	0.21	25.8	0.12	79
	No. 7	118.0	78.4	33.0	186	0.17	36.2	0.14	80
	No. 8	101.0	73.0	48.0	164	0.29	21.5	0.11	81
	No. 9	117.0	80.5	37.8	180	0.21	31.1	0.14	80
	No. 10	138.0	88.3	35.0	143	0.24	39.8	0.12	122
	mean	114.6	77.2	39.0	173.2	0.22	30.9	0.13	88.4
	S. D.	15.7	8.4	5.9	20.0	/	7.4	0.01	18.8

輕 度 發 達 群		V p	V m	A T	E T	AT/ET	Acc	T V I	H R
	No. 15	99.3	65.3	47.0	161	0.29	21.5	0.11	117
	No. 16	100.0	66.2	37.0	170	0.21	27.1	0.11	120
	No. 17	101.0	67.9	46.0	178	0.25	22.5	0.12	91
	No. 18	95.9	68.0	39.0	159	0.24	29.9	0.11	110
	mean	99.1	66.9	42.3	167	0.25	25.3	0.11	109.5
S. D.	2.21	1.3	5.0	8.8	/	3.9	0.01	13.0	

發 達 群		V p	V m	A T	E T	AT/ET	Acc	T V I	H R
	No. 19	71.8	55.0	64.0	179	0.35	11.4	0.09	111
	No. 20	107.0	65.4	42.0	191	0.21	22.0	0.12	69
	No. 21	145.0	92.7	44.0	182	0.24	32.7	0.16	111
	No. 22	99.9	65.4	47.0	199	0.23	21.1	0.13	82
	No. 23	103.0	75.4	45.0	170	0.26	25.0	0.13	89
	No. 24	91.8	59.4	32.0	175	0.18	29.5	0.10	111
	No. 25	96.7	62.0	42.0	171	0.24	23.8	0.11	105
	No. 26	104.0	61.4	36.0	203	0.17	29.5	0.12	63
	No. 27	94.0	64.0	31.0	171	0.18	31.5	0.11	106
	No. 28	84.4	58.6	58.0	174	0.33	14.6	0.10	104
mean	99.8	65.9	44.1	181.5	0.24	24.1	0.12	95.1	
S. D.	19.0	10.9	10.5	12.1	/	7.1	0.02	18.2	

Remarks : V p (cm/s) : 最高流速
 V m (cm/s) : 平均流速
 A T (m/s) : 加速時間
 E T (m/s) : 驅出時間

A T / E T : 加速時間/驅出時間
 A c c (m/s²) : 加速時間
 T V I (m) : 時間速度積分値
 H R (beats/min) : 心拍數

Table 24 右室流入血流速計測値

正 常 群		VE	VA	A/E	AT	ET	HR
	No. 6	36.3	43.3	1.19	57	364	104
	No. 7	27.9	31.6	1.13	102	366	96
	No. 8	37.2	45.8	1.23	71	558	79
	No. 9	44.6	35.0	0.78	70	380	104
	No. 10	49.4	61.0	1.23	138	247	136
	mean	39.1	43.3	1.11	87.6	383.0	103.8
	S. D.	8.3	11.5	/	32.7	111.6	20.7

軽 度 発 達 群		VE	VA	A/E	AT	ET	HR
	No. 15	37.5	47.9	1.28	95.3	328	127
	No. 16	43.3	44.0	1.01	105.0	374	99
	No. 17	40.4	62.7	1.55	91.0	279	113
	No. 18	50.5	66.6	1.32	75.5	333	112
	mean	42.9	55.3	1.29	91.7	328.5	112.8
S. D.	5.6	11.0	/	12.3	38.9	11.4	

発 達 群		VE	VA	A/E	AT	ET	HR
	No. 19	71.8	75.0	1.04	85	231	118
	No. 20	50.5	54.8	1.08	52	499	67
	No. 21	35.8	43.4	1.21	52	274	118
	No. 22	38.0	48.4	1.27	71	493	78
	No. 23	37.8	54.3	1.43	62	326	108
	No. 24	43.4	50.7	1.16	76	299	134
	No. 25	43.7	56.0	1.28	41	352	91
	No. 26	47.9	44.2	0.92	76	655	67
	No. 27	42.3	49.2	1.16	66	357	101
	No. 28	40.7	47.4	1.16	48	262	120
	mean	45.2	52.3	1.17	62.9	374.8	100.2
S. D.	10.4	9.0	/	14.3	133.5	23.6	

Remarks : VE (cm/s) : E波流速
 A/E : A波流速/E波流速
 ET (m/s) : 流入時間

VA (cm/s) : A波流速
 AT (m/s) : 加速時間
 HR (beats/min) : 心拍数

Table 25 肺動脈血流速計測値

正 常 群		V p	V m	A T	E T	AT/ET	A c c	T V I	H R
	No. 6	85.8	58.2	100.0	205	0.48	8.6	0.12	94
	No. 7	103.0	74.0	92.0	215	0.42	11.3	0.16	86
	No. 8	101.3	73.1	48.3	165	0.29	21.5	0.12	81
	No. 9	105.0	67.0	77.5	228	0.33	13.9	0.15	152
	No. 10	137.0	93.3	88.5	162	0.54	15.6	0.15	115
	mean	106.4	73.1	81.3	195.0	0.41	14.2	0.14	105.6
	S. D.	18.7	12.9	20.1	29.9	/	4.9	0.02	29.0

軽 度 発 達 群		V p	V m	A T	E T	AT/ET	A c c	T V I	H R
	No. 15	94.3	65.0	75.0	165	0.45	12.6	0.11	123
	No. 16	106.0	71.5	37.0	165	0.22	29.2	0.11	138
	No. 17	65.8	45.6	80.0	215	0.37	8.38	0.09	97
	No. 18	93.0	61.9	95.5	186	0.51	9.73	0.12	117
	mean	89.8	61.0	71.9	182.8	0.39	15.0	0.11	118.8
S. D.	17.0	11.0	24.8	23.7	/	9.64	0.01	17.0	

発 達 群		V p	V m	A T	E T	AT/ET	A c c	T V I	H R
	No. 19	93.2	53.9	47.5	182	0.06	21.9	0.10	121
	No. 21	94.4	66.2	68.0	185	0.36	14.2	0.12	126
	No. 22	88.6	61.4	42.5	180	0.23	24.2	0.11	112
	No. 23	145.0	101.0	70.0	179	0.39	20.8	0.18	111
	No. 24	91.8	59.4	32.0	175	0.18	29.5	0.11	111
	No. 25	148.0	83.1	48.0	213	0.22	31.1	0.18	102
	No. 26	97.1	71.7	47.0	202	0.22	23.8	0.15	83
	No. 27	95.1	64.1	31.8	171	0.18	31.5	0.11	105
	No. 28	84.5	61.0	70.7	168	0.41	12.0	0.10	109
mean	104.2	69.1	50.8	183.9	0.25	23.2	0.13	108.9	
S. D.	24.3	14.6	15.3	14.7	/	7.0	0.03	12.2	

Remarks : V p (cm/s) : 最高流速
 V m (cm/s) : 平均流速
 A T (m/s) : 加速時間
 E T (m/s) : 駆出時間
 A T / E T : 加速時間/駆出時間
 A c c (m/s²) : 加速時間
 T V I (m) : 時間速度積分値
 H R (beats/min) : 心拍数

Table 26 偏心率 (B/A) 計測値

		収縮期			拡張期		
正 常 群		A	B	B/A	A	B	B/A
	No. 6	21.1	19.1	0.91	30.0	31.7	1.06
	No. 7	18.5	18.2	0.98	30.9	32.1	1.04
	No. 8	19.5	20.7	1.06	34.1	35.4	1.04
	No. 9	22.7	21.7	0.95	35.0	38.4	1.09
	No. 10	20.2	20.4	1.00	29.8	31.8	1.10
	mean	20.4	20.0	0.98	32.0	33.9	1.07
	S. D.	1.6	1.4		2.4	3.0	

		収縮期			拡張期		
軽 度 発 達 群		A	B	B/A	A	B	B/A
	No. 15	30.4	28.5	0.93	38.5	35.4	0.91
	No. 16	15.0	19.7	1.31	34.5	35.7	1.03
	No. 17	18.5	19.5	1.54	32.1	39.7	1.23
	No. 18	22.0	19.6	0.89	29.7	37.6	1.27
	mean	21.5	21.8	1.17	33.7	37.1	1.11
	S. D.	6.6	4.5		3.8	2.0	

		収縮期			拡張期		
発 達 群		A	B	B/A	A	B	B/A
	No. 19	10.2	13.3	1.03	23.1	27.9	1.21
	No. 20	15.3	16.7	1.09	34.6	34.8	1.00
	No. 21	18.3	19.6	1.07	30.5	51.9	1.65
	No. 22	18.2	21.1	1.16	31.4	38.2	1.22
	No. 23	16.5	16.8	1.02	29.5	45.0	1.52
	No. 24	18.9	28.6	1.51	31.3	41.2	1.32
	No. 25	15.9	23.6	1.48	29.2	41.4	1.42
	No. 26	19.8	28.0	1.41	34.2	40.3	1.07
	No. 27	19.9	20.2	1.02	32.9	33.1	1.00
	No. 28	22.0	22.2	1.11	35.0	36.6	1.05
	mean	17.5	21.0	1.19	31.2	39.0	1.25
	S. D.	3.3	4.9		3.5	6.6	

Remarks : A (cm) : 心室中隔-左室後壁乳頭筋間径
 B (cm) : (A)と直角に交わる最大横径

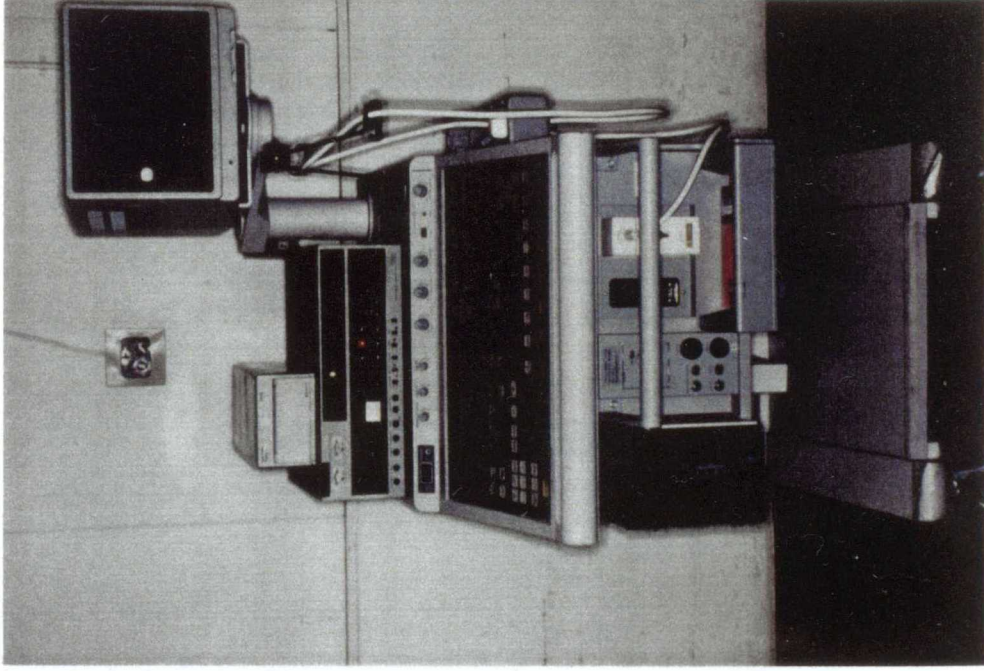
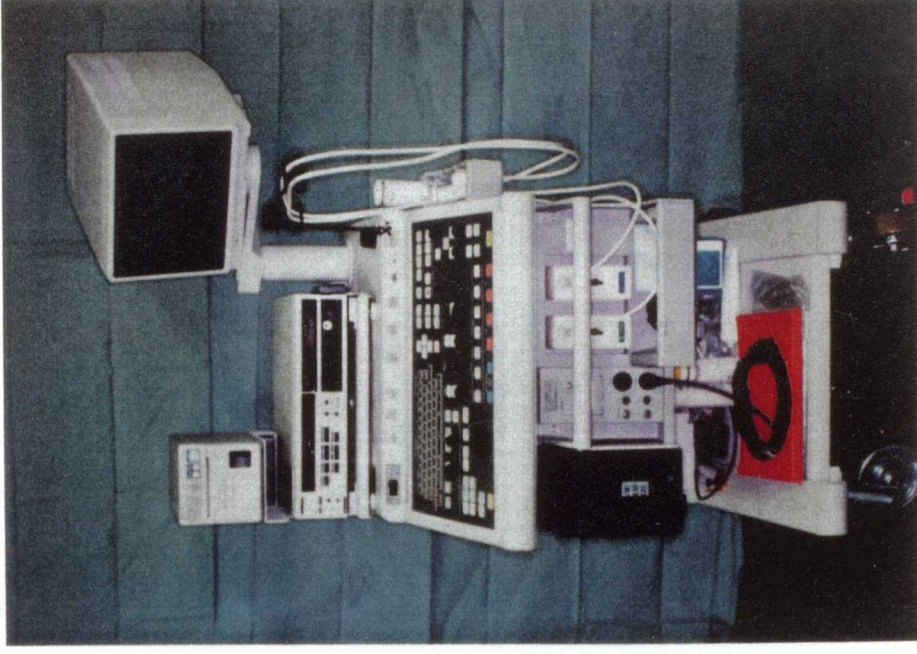


Fig. 1 超音波断層装置 EUB-565A(日立メディコ社製)



超音波断層装置 EUB-165(日立メディコ社製)

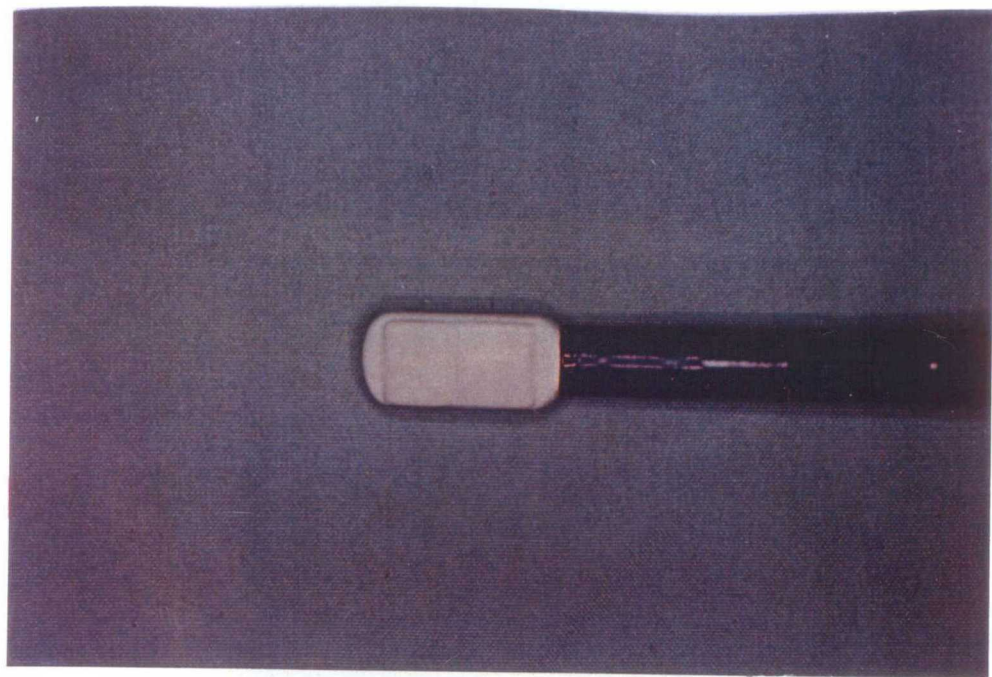
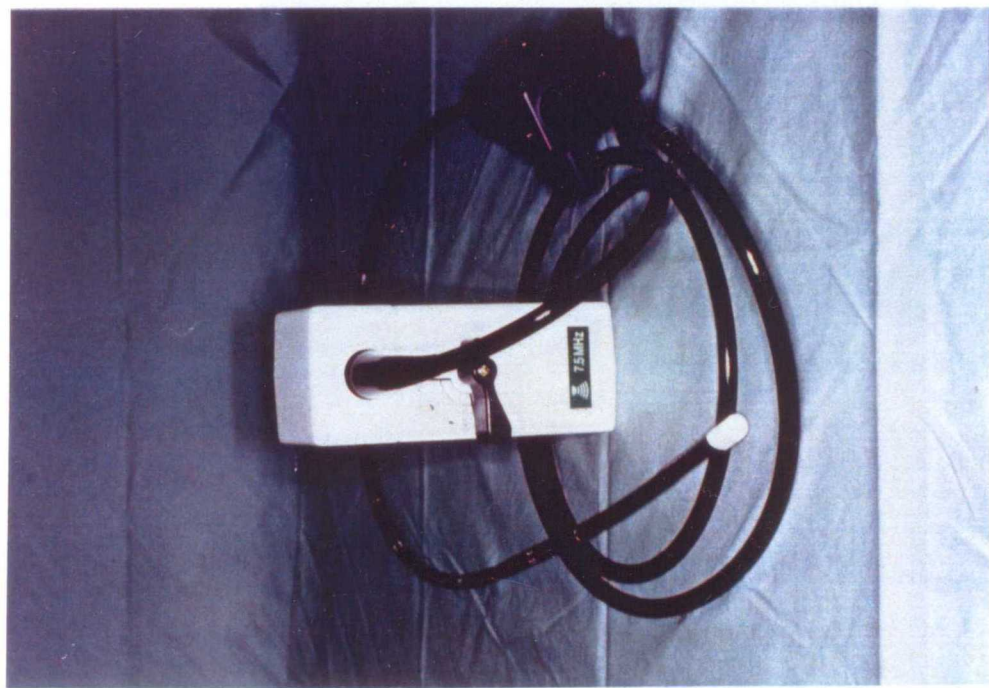
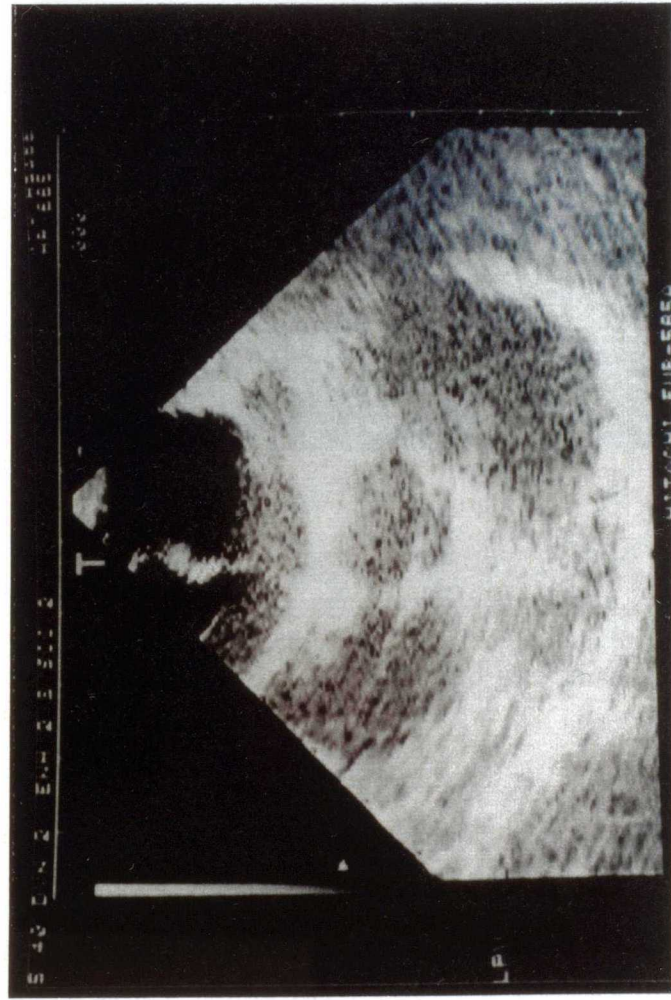
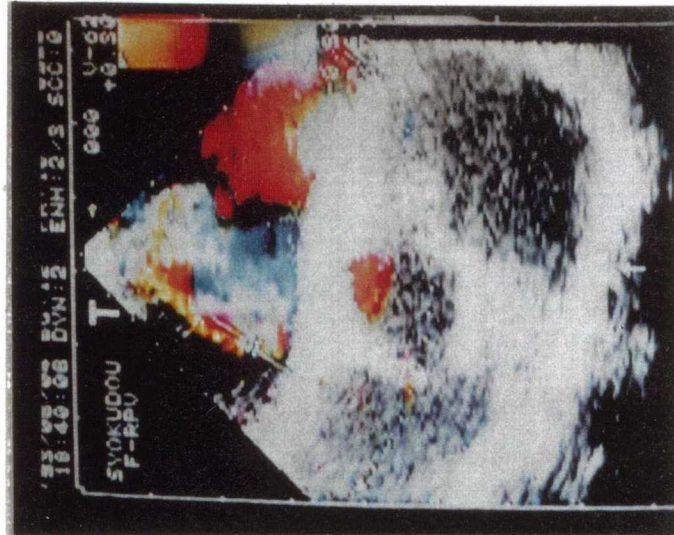


Fig. 2 経食道探触子 (bi-plane型, 7.5MHz, 日立メデイコ社製)



ドプラ心エコー像



右前葉肺静脈血流速シグナル



右後葉肺静脈血流速シグナル

Fig. 3 経食道ドプラ心エコー法(TEE)による右前葉・右後葉肺静脈血流速シグナル



Fig. 4 経食道ドプラ心エコー法(TEE)による左室流入血流速シグナル

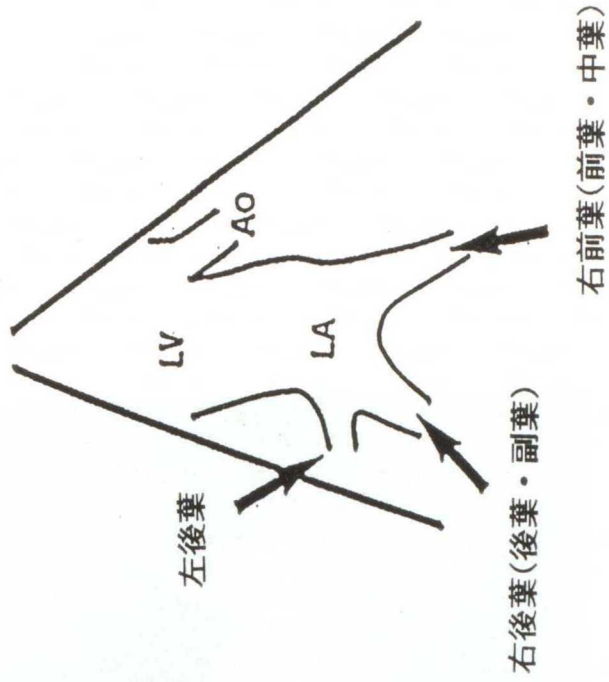
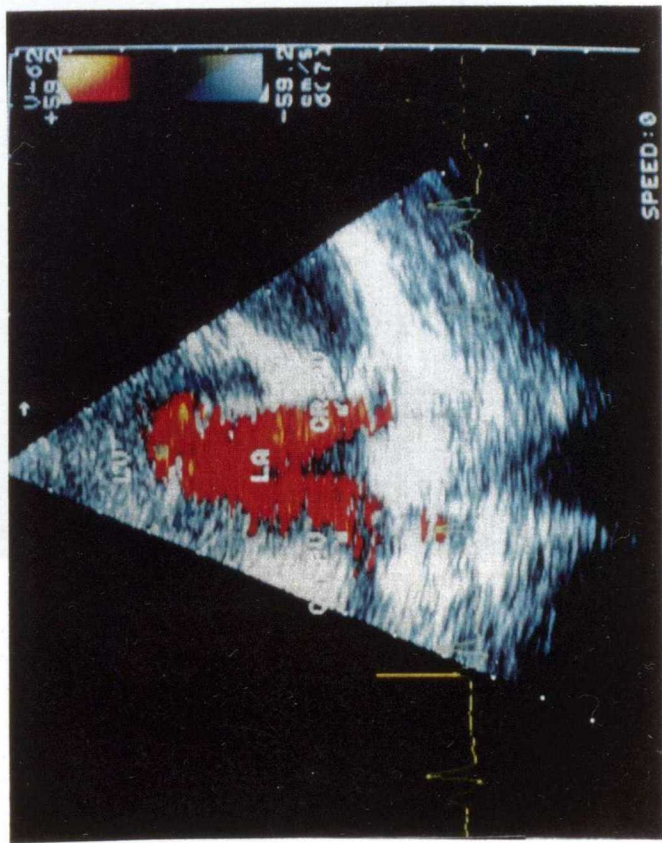
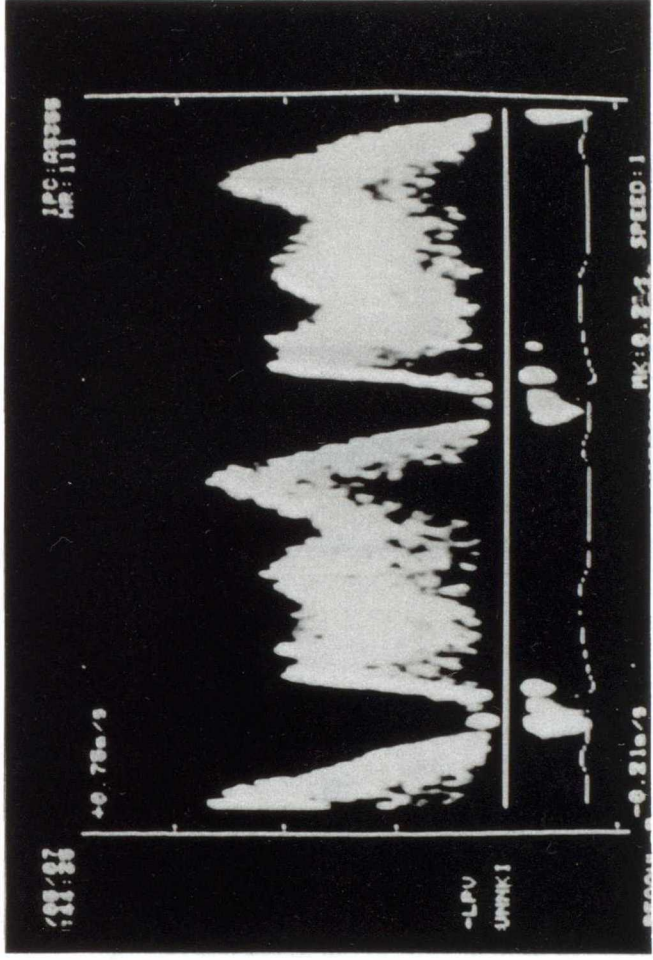


Fig. 5 経胸壁ドプラ心エコー法(TTE)による肺静脈血流速シグナル



右前葉肺静脈血流速波形

Fig. 6 経食道ドプラ心エコー法(TEE)による肺静脈血流速波形

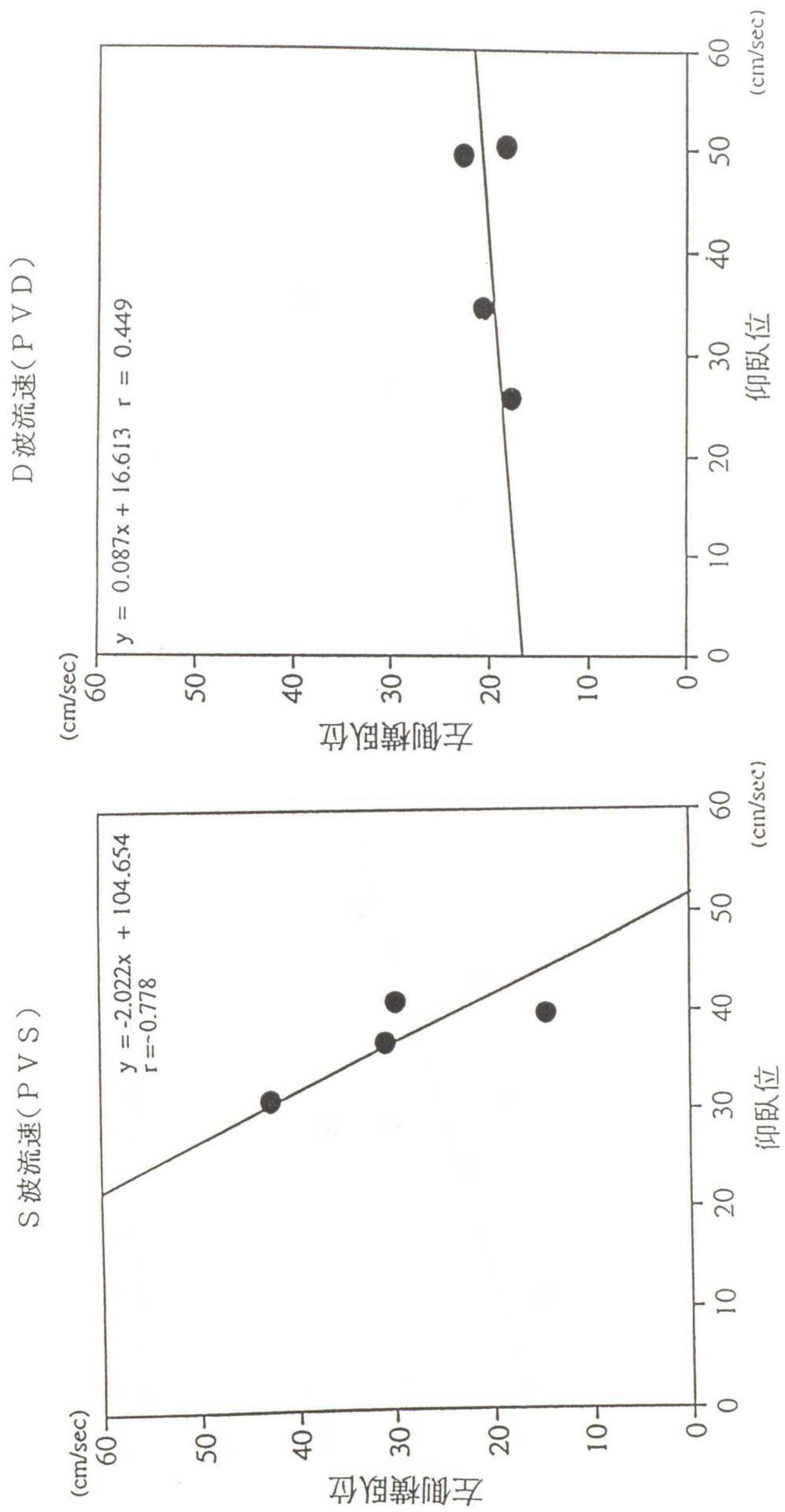
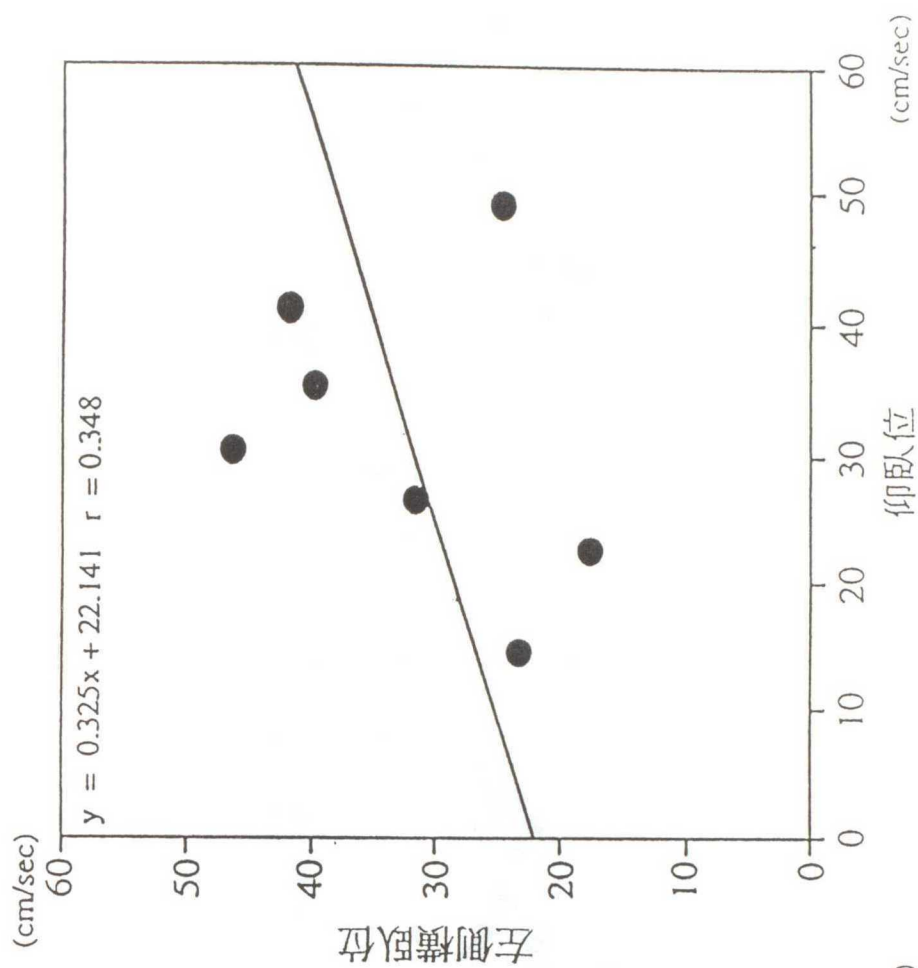


Fig. 7 体位による右前葉肺静脈血流速度波形の相関

D波流速(PVD)



S波流速(PVS)

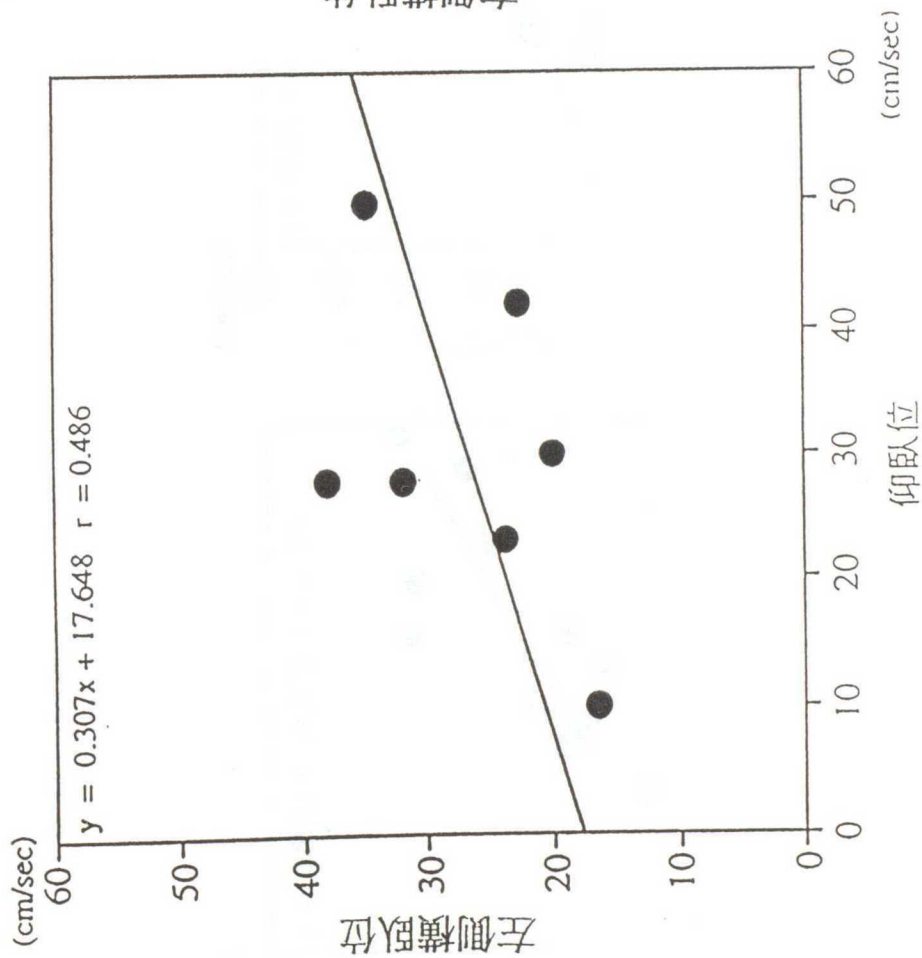
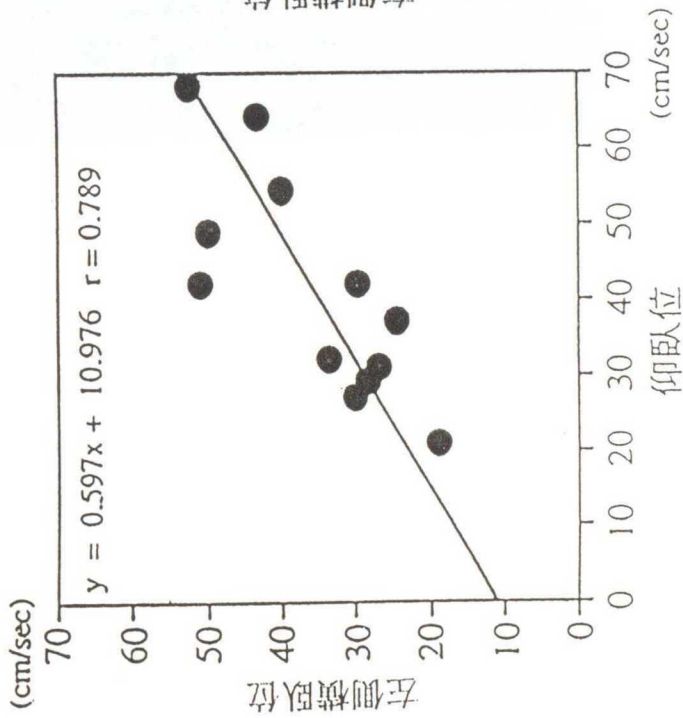
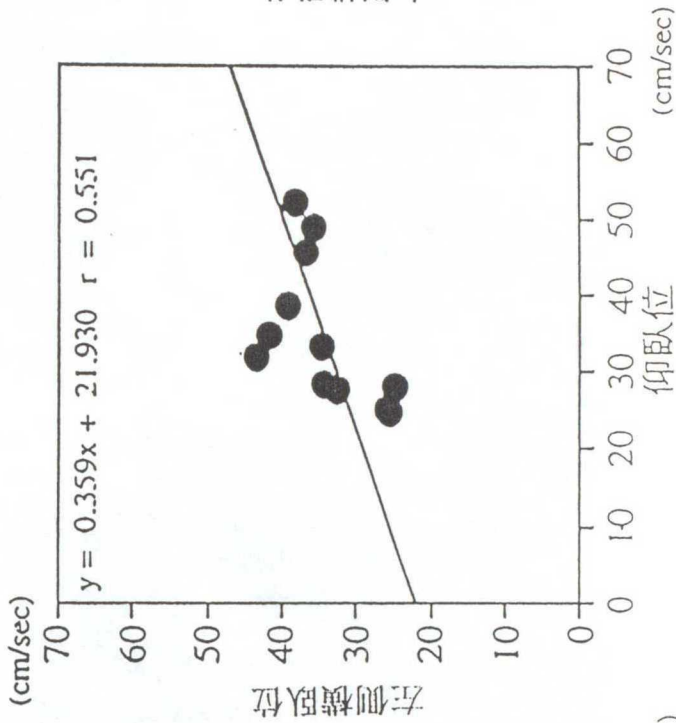


Fig. 8 体位による右後葉肺静脈血流速波形の相関

E波流速(V E)



A波流速(V A)



A波流速 / E波流速(A/E)

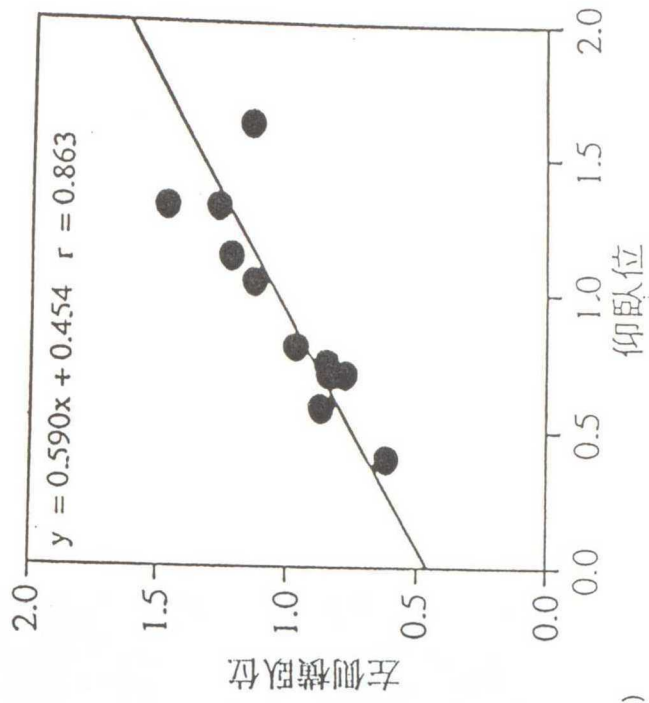


Fig. 9 体位による左室流入血流速度波形の相関

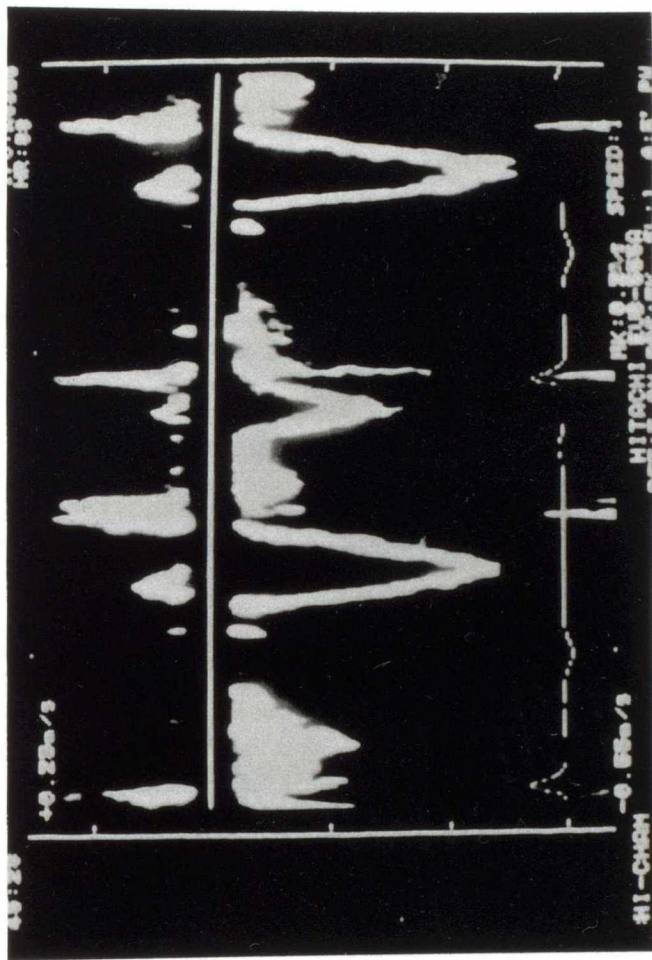
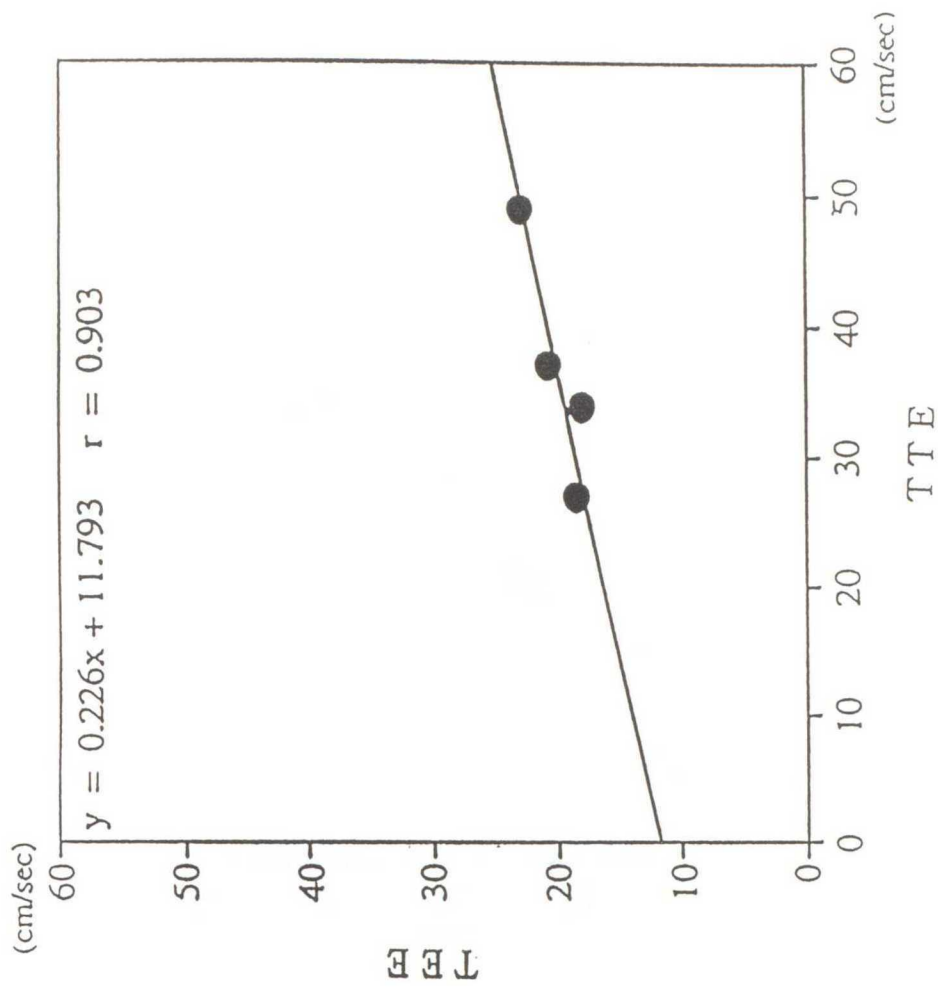
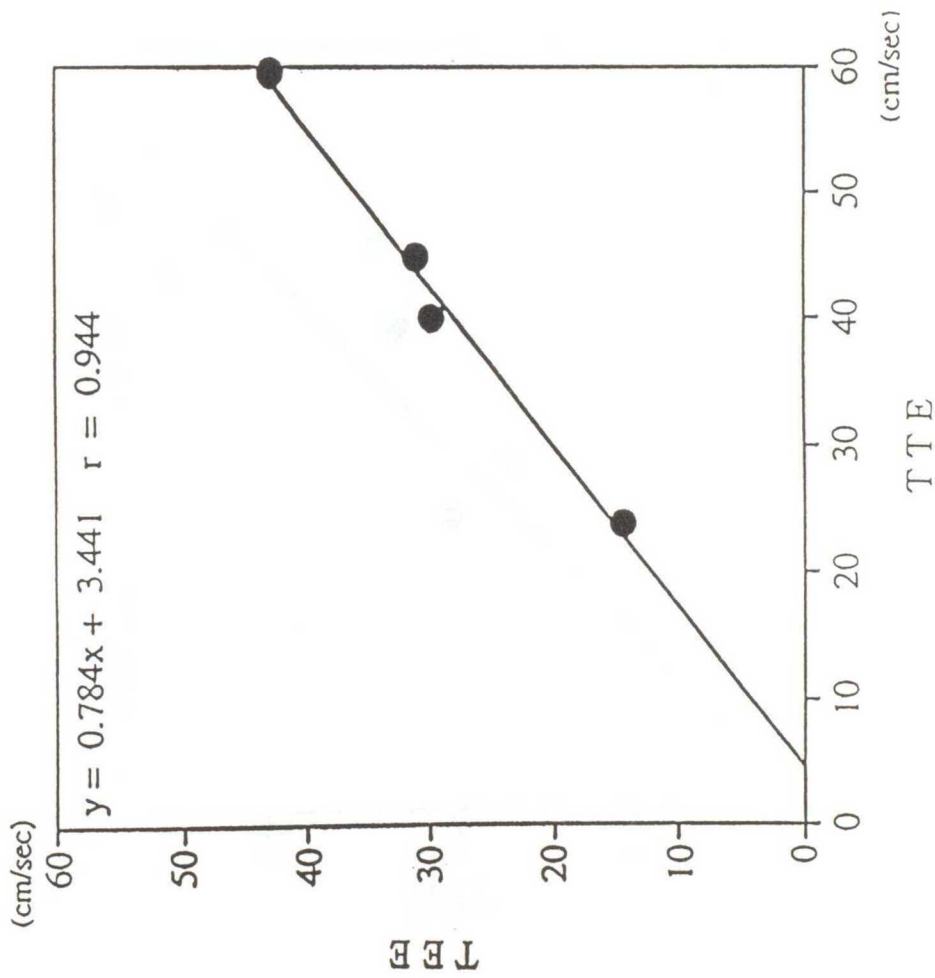


Fig. 10 経食道ドプラ心エコー法(TEE)による左室流入血流速度波形

D波流速(PVD)



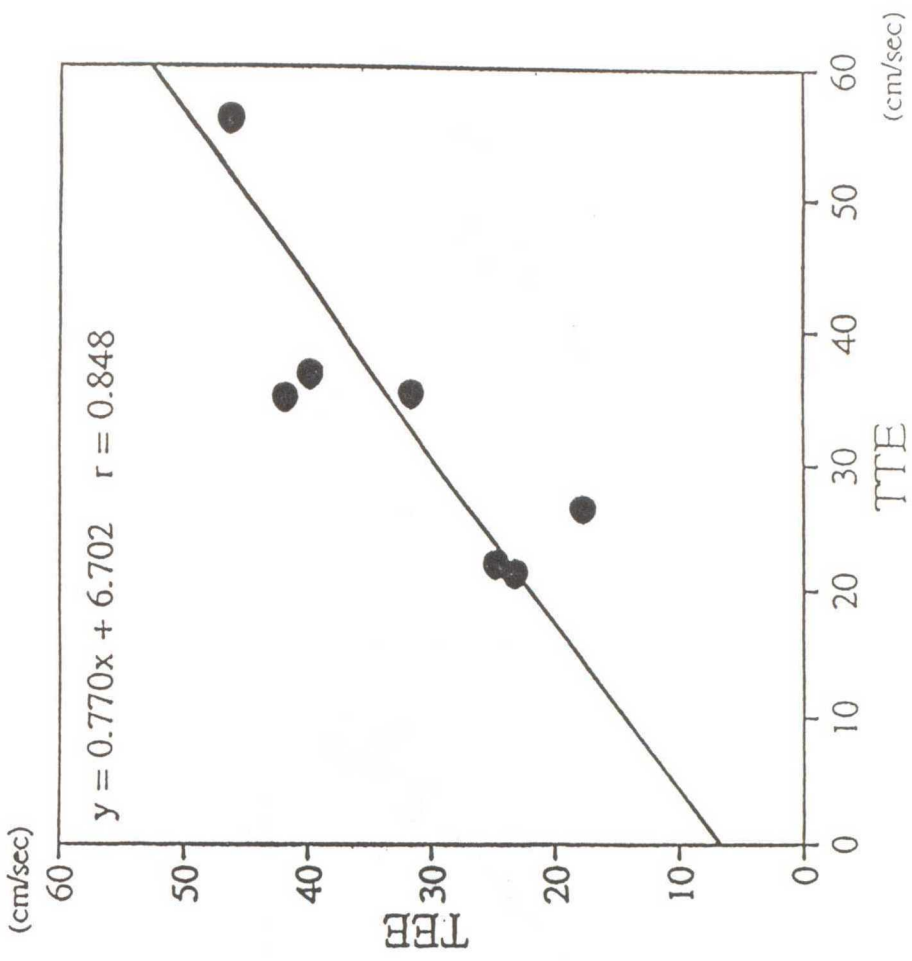
S波流速(PVS)



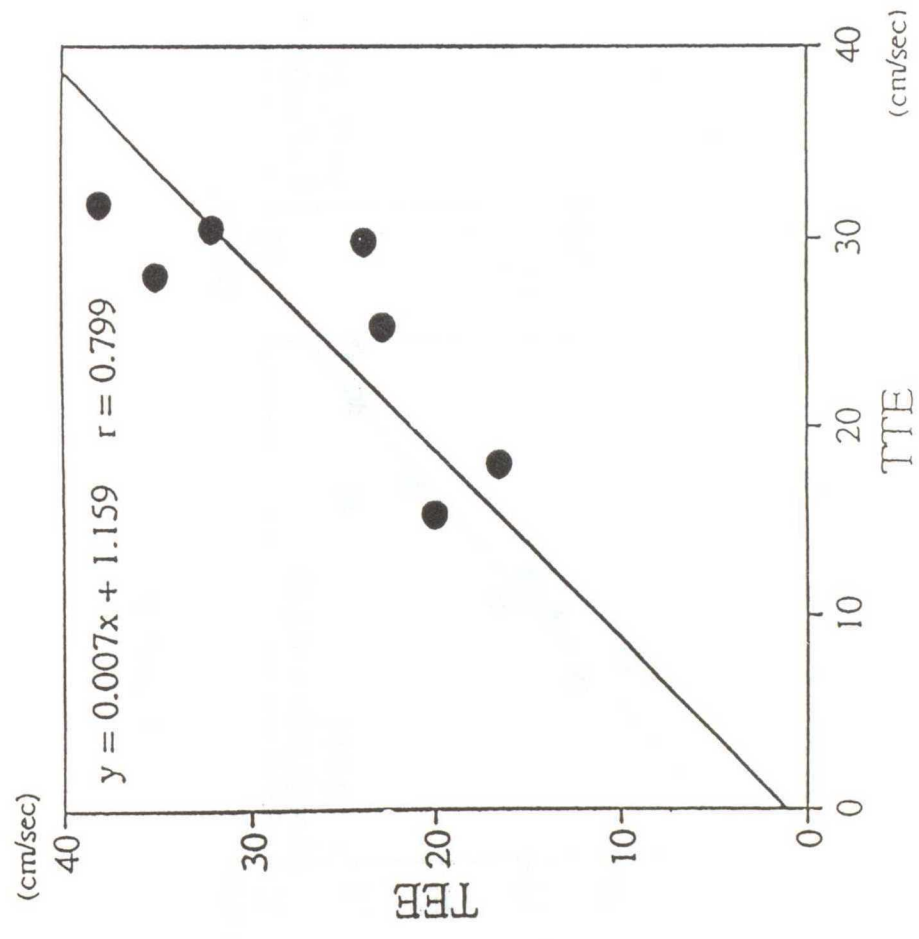
Remarks: TTE = 経食道ドプラ心エコー法
TTE = 経胸壁ドプラ心エコー法

Fig. 11 TTEとTTEによる右前葉肺静脈血流速度波形の相関

D波流速(PVD)

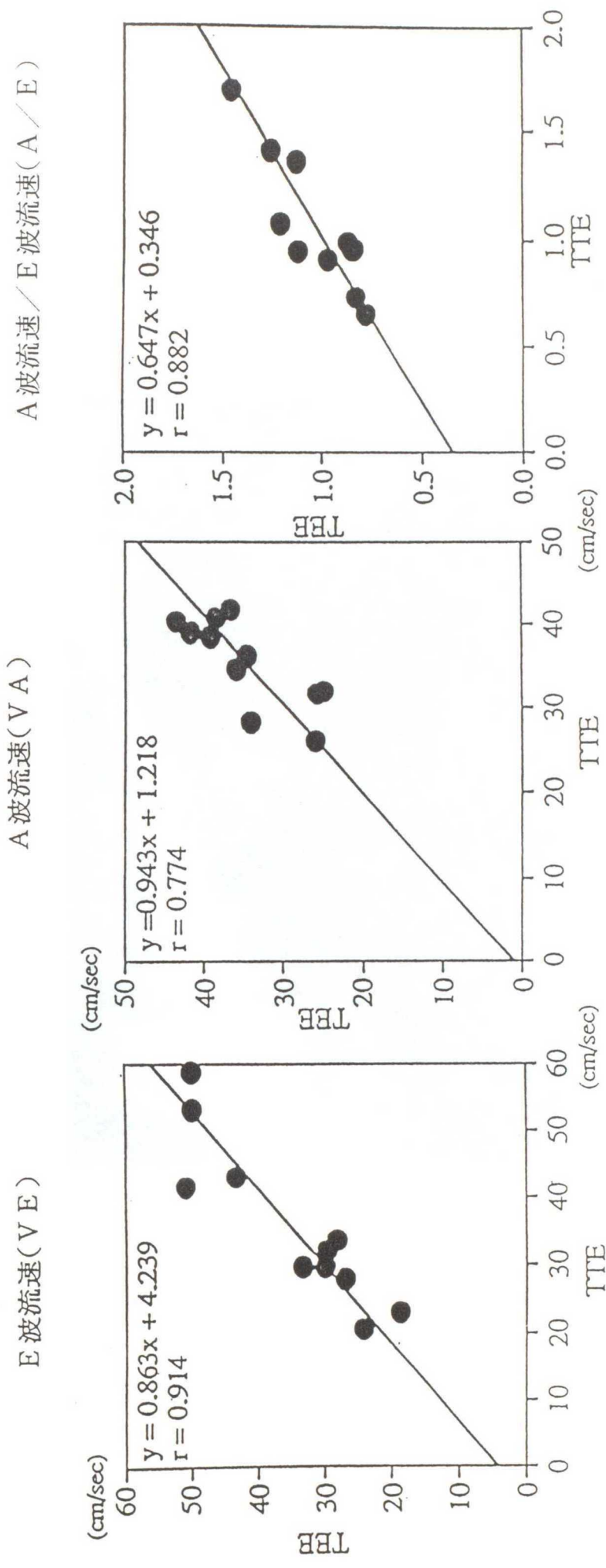


S波流速(PVS)



Remarks: TTE = 経食道ドプラ心エコー法
TTE = 経胸壁ドプラ心エコー法

Fig. 12 TTEとTTEによる右後葉肺静脈血流速波形の相関



Remarks : T E E = 経食道ドプラ心エコー法
 T T E = 経胸壁ドプラ心エコー法

Fig. 13 T E E と T T E による左室流入血流速波形の相関



Fig. 14 気管支食道動脈軽度発達群における選択的造影像 (B/A 0.25未満)

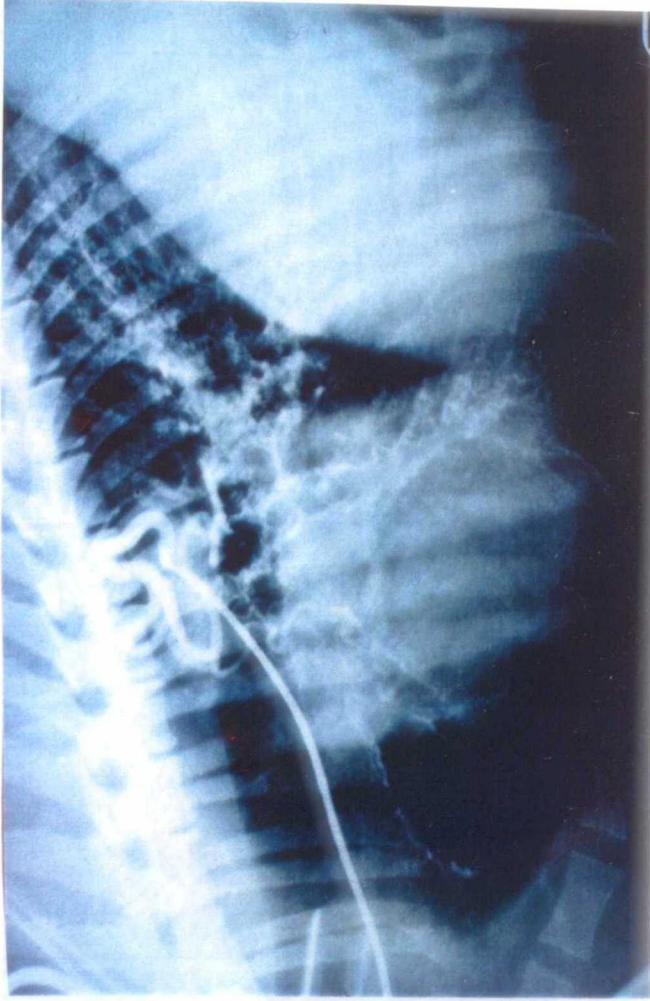


Fig. 15 気管支食道動脈発達群における選択的造影像 (B/A 0.25以上)

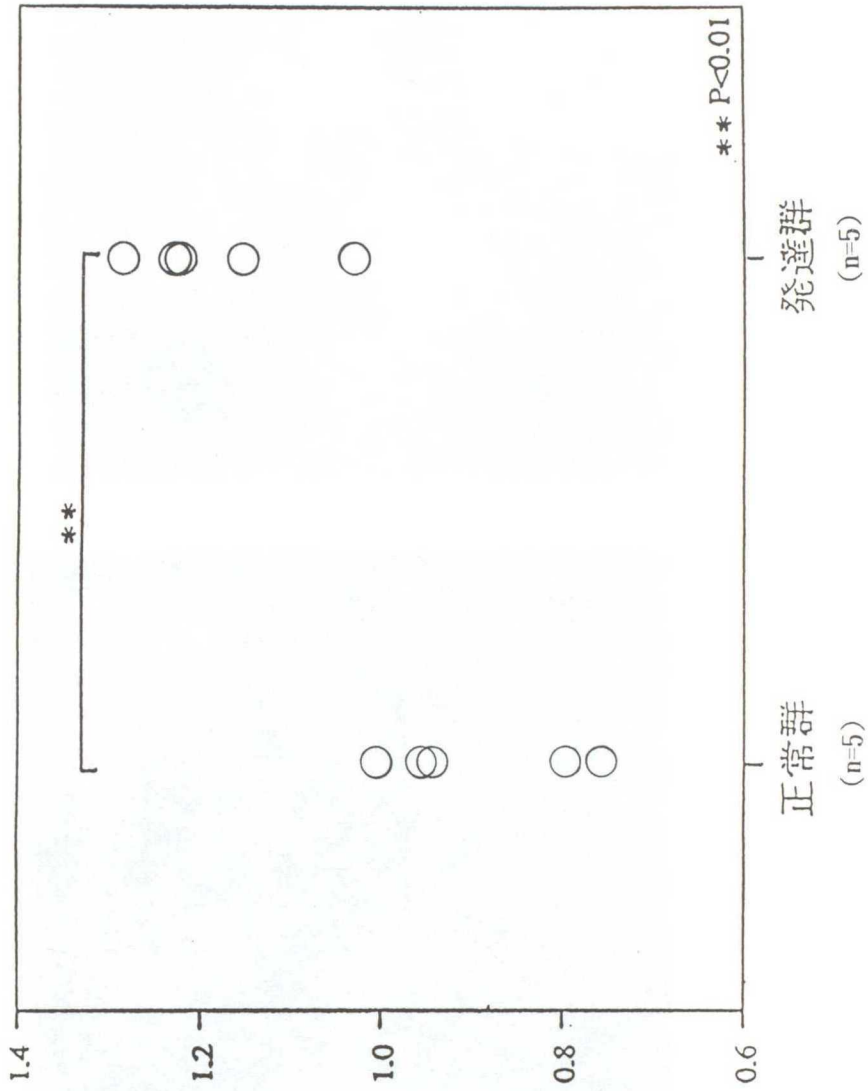
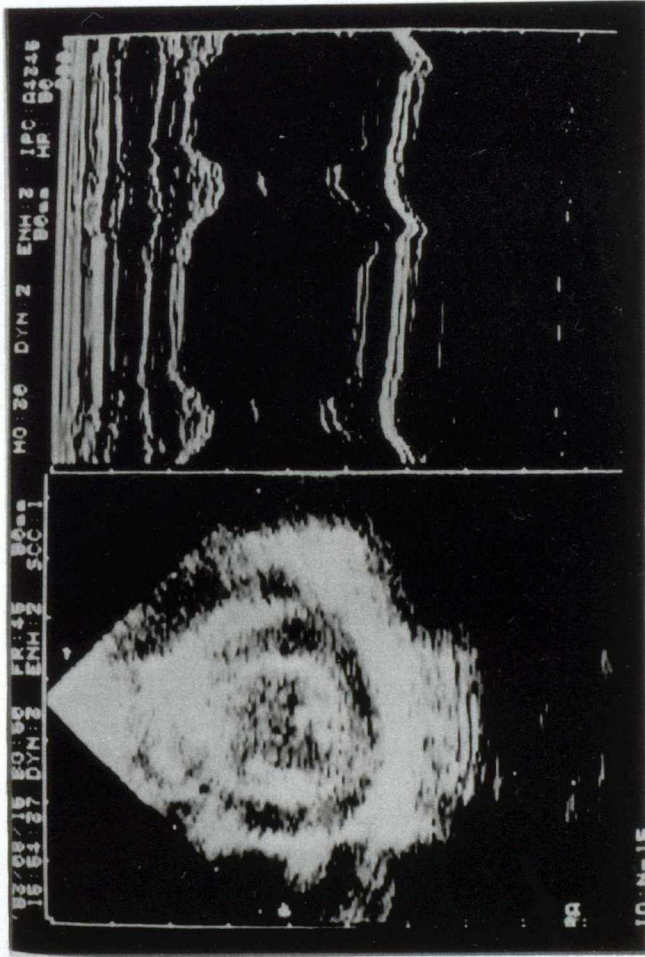
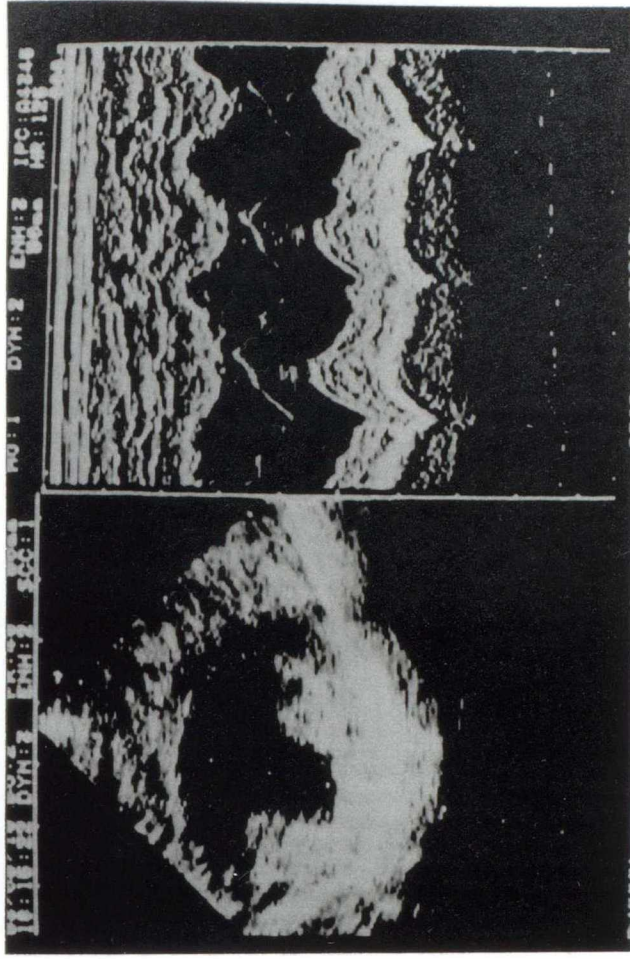


Fig. 17 正常群および発達群における左房径/大動脈径(LA/Ao)

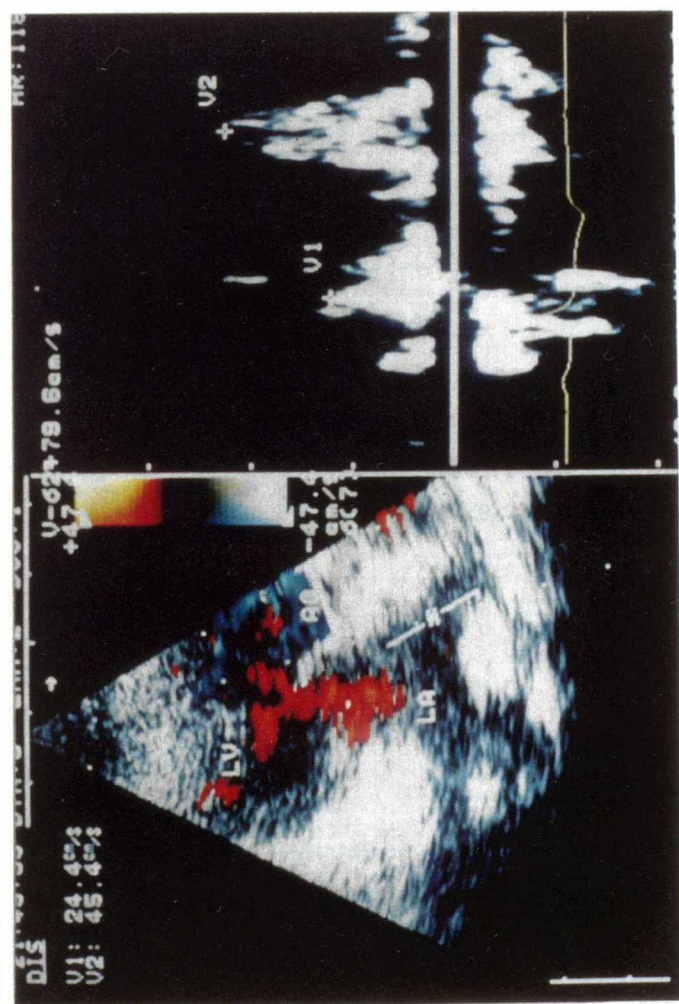


正常群

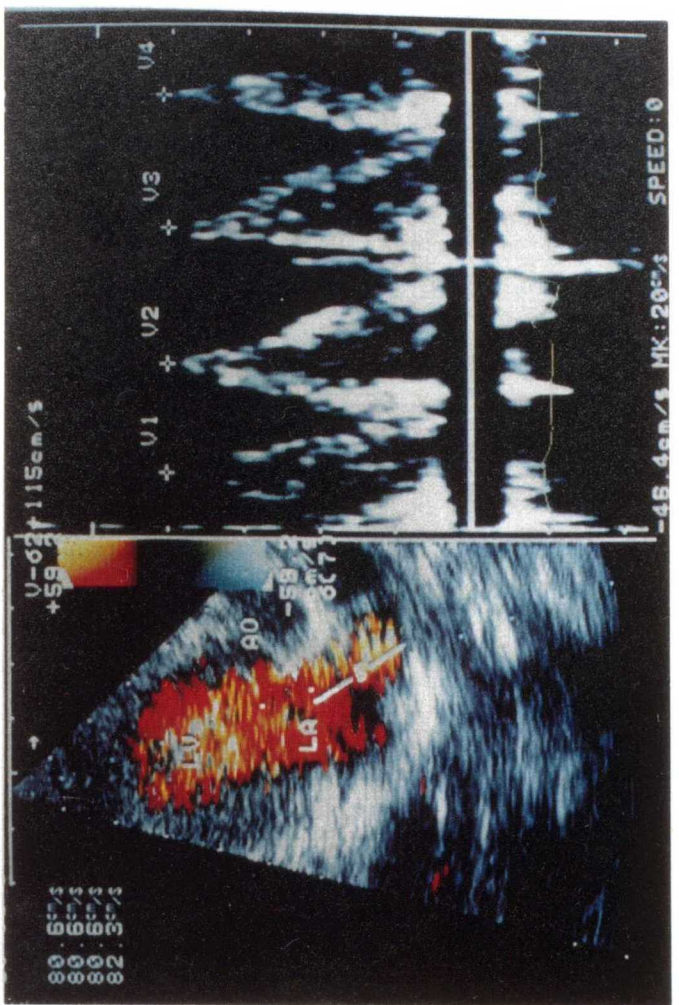


発達群

Fig. 18 正常群および発達群における左室短軸 M-mode 像



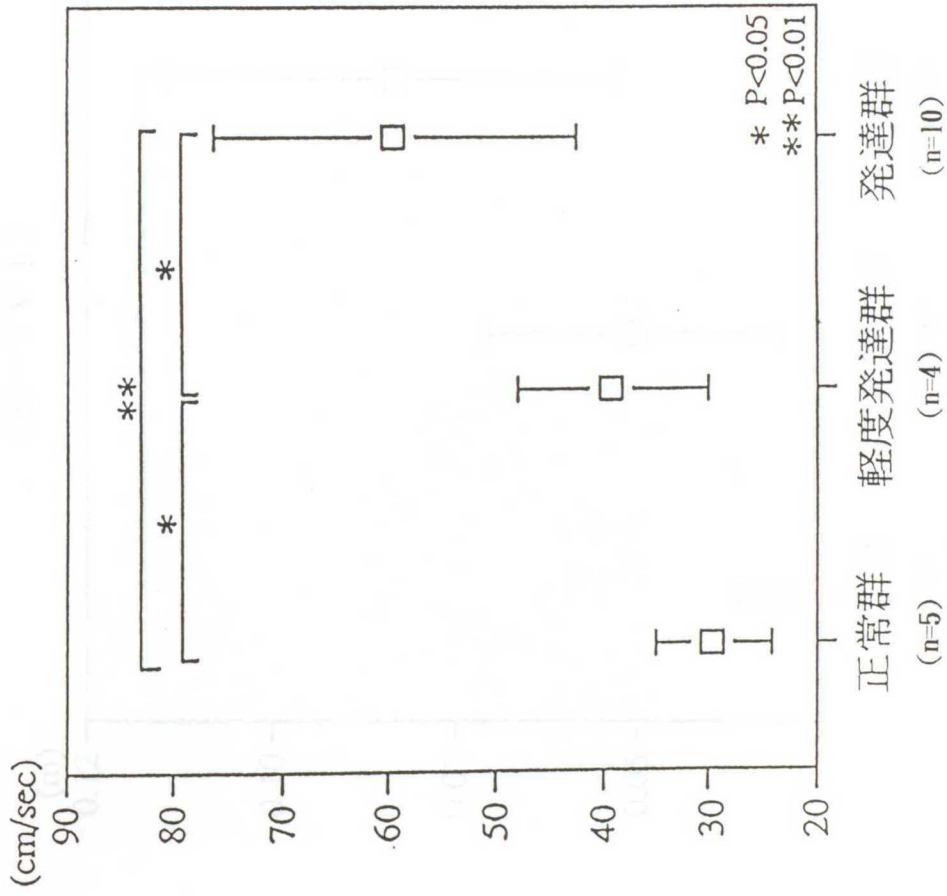
正常群



発達群

Fig. 19 正常群および発達群における右前葉肺静脈血流速度波形

S波流速(PVS)



D波流速(PVD)

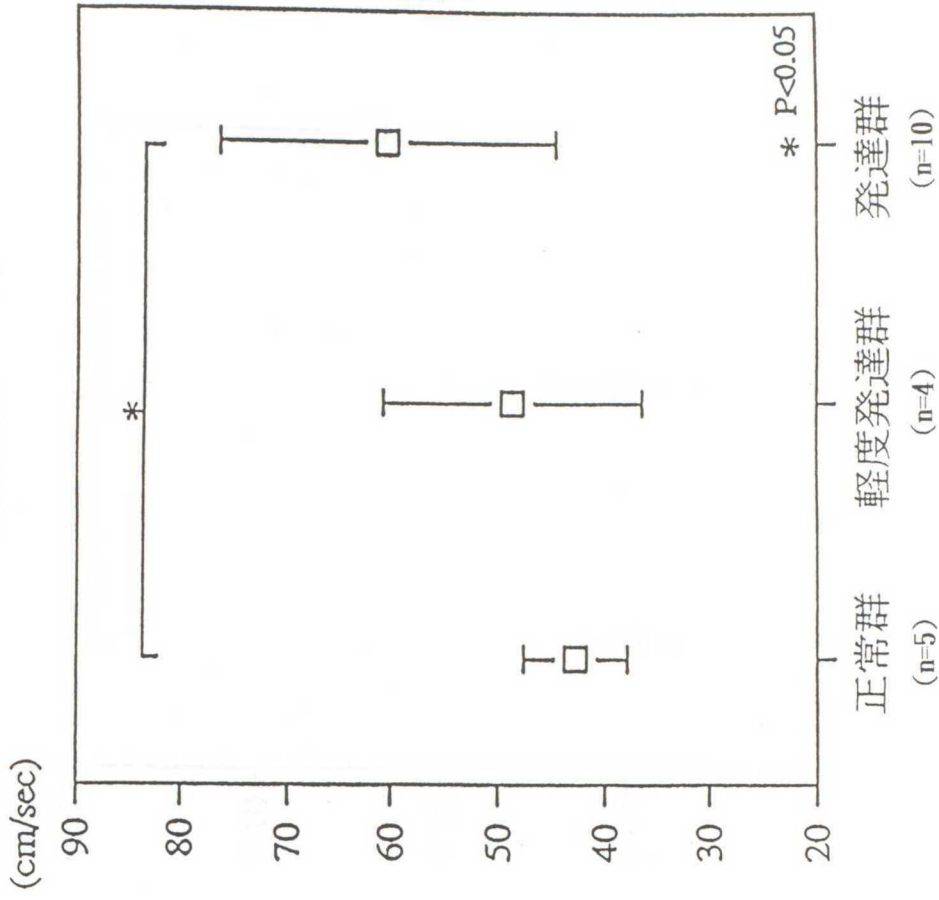


Fig. 20 正常群、軽度発達群および発達群における右前葉肺静脈血流速

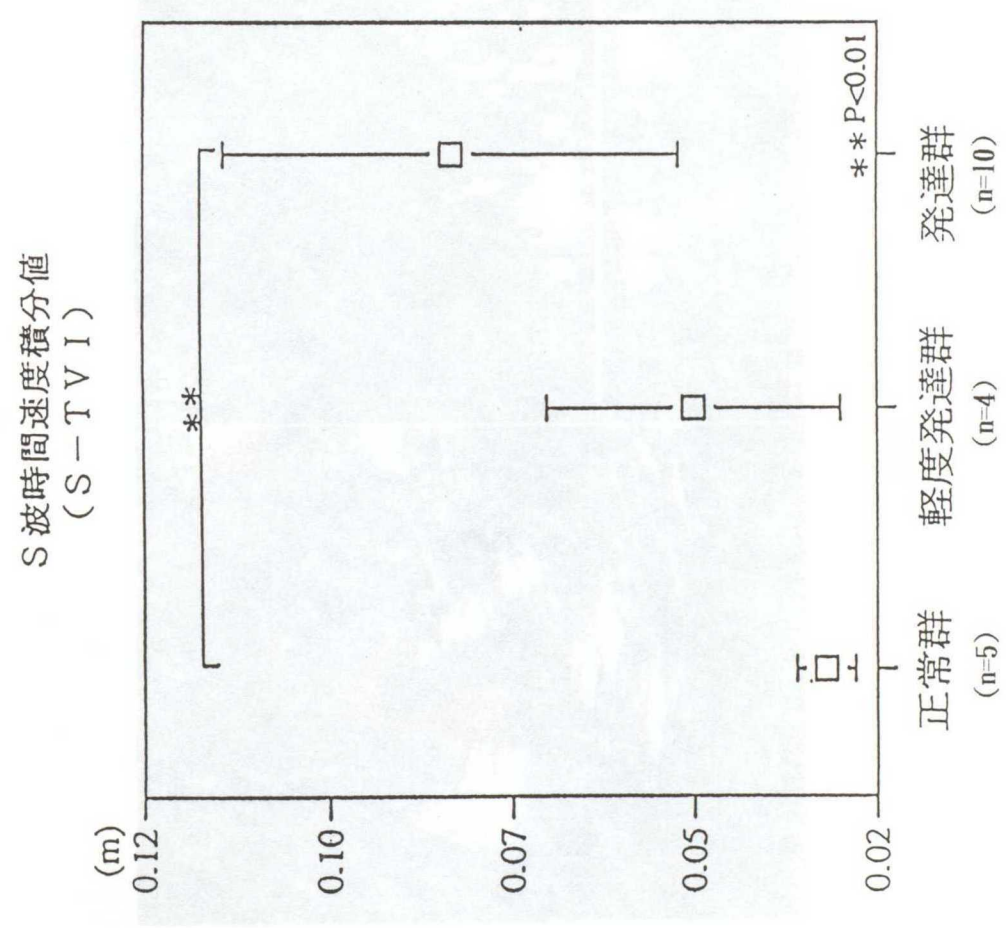
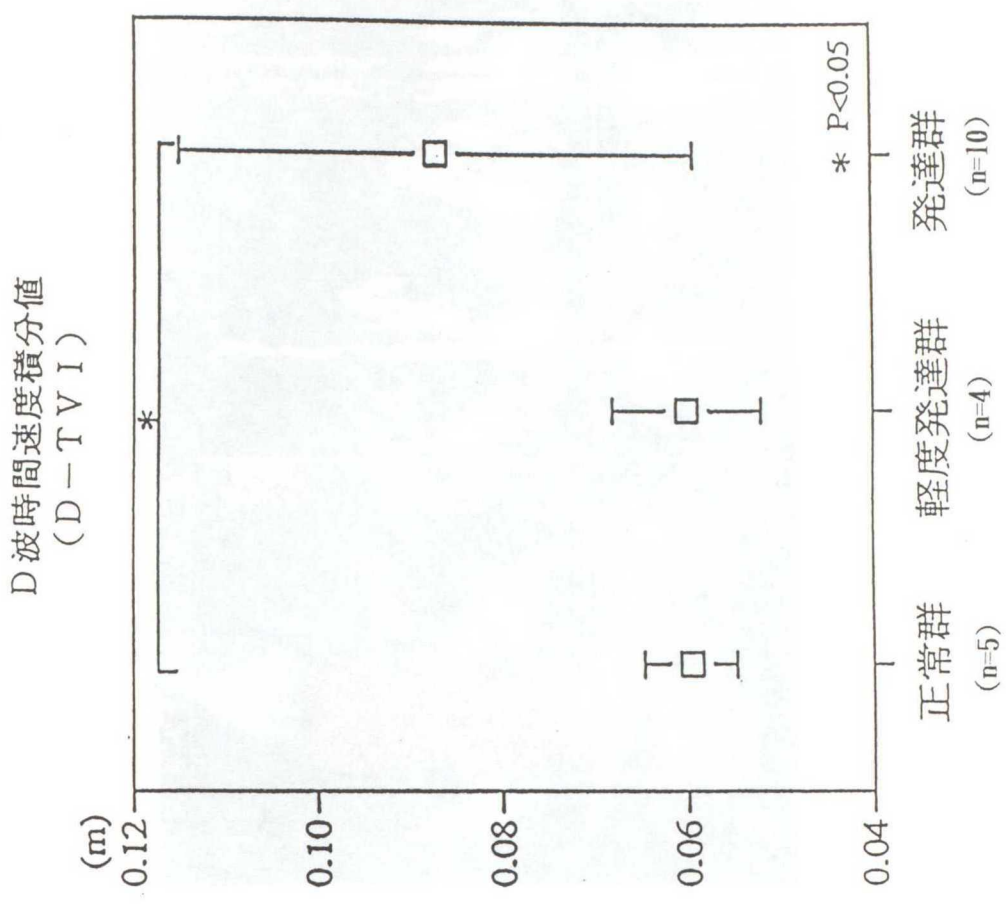
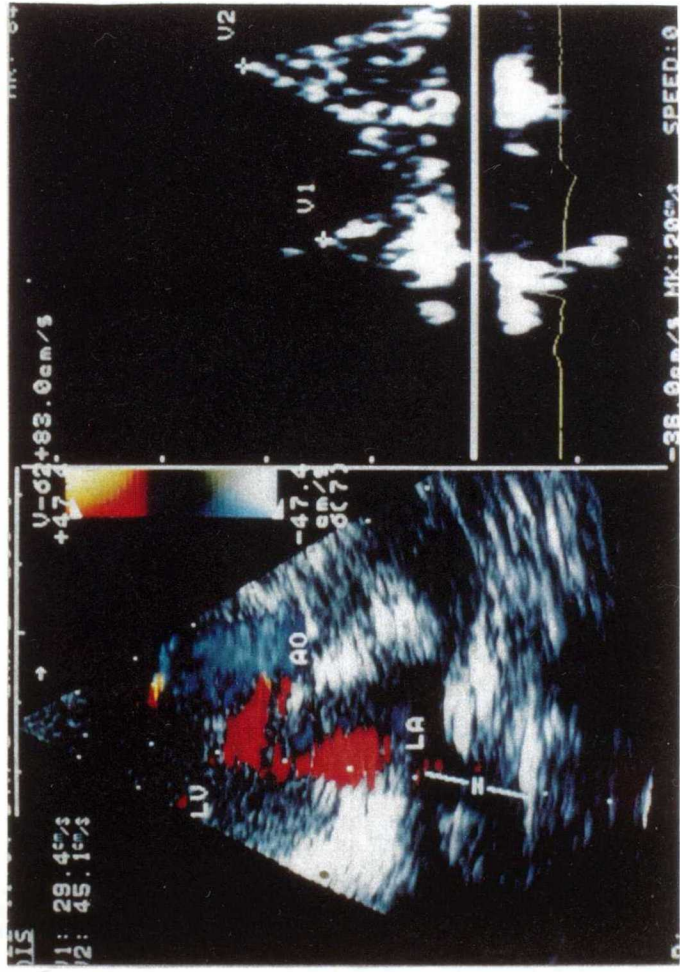
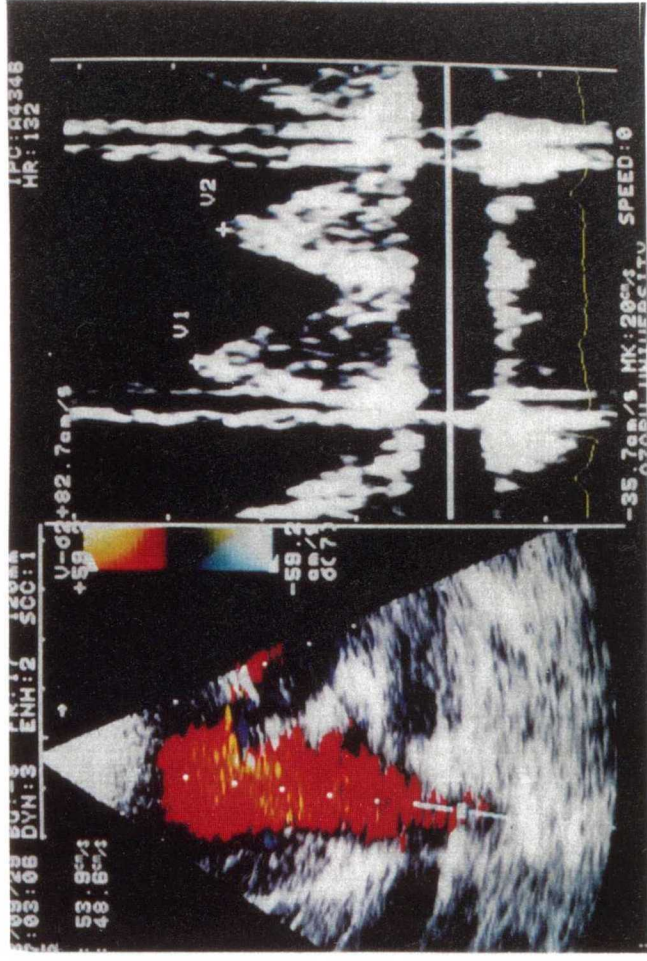


Fig. 21 正常群、軽度発達群および発達群における右前葉肺静脈流速の時間速度積分値



正常群



発達群

Fig. 22 正常群および発達群における右後葉肺静脈血流速度波形

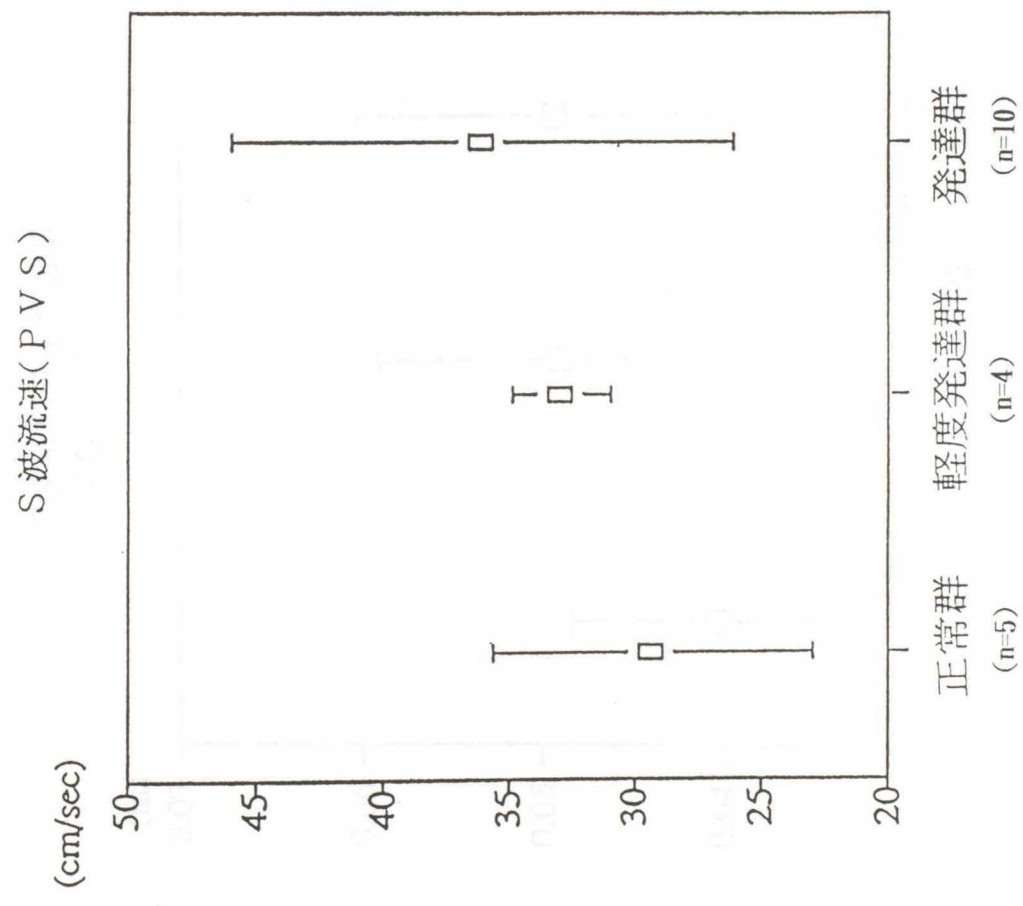
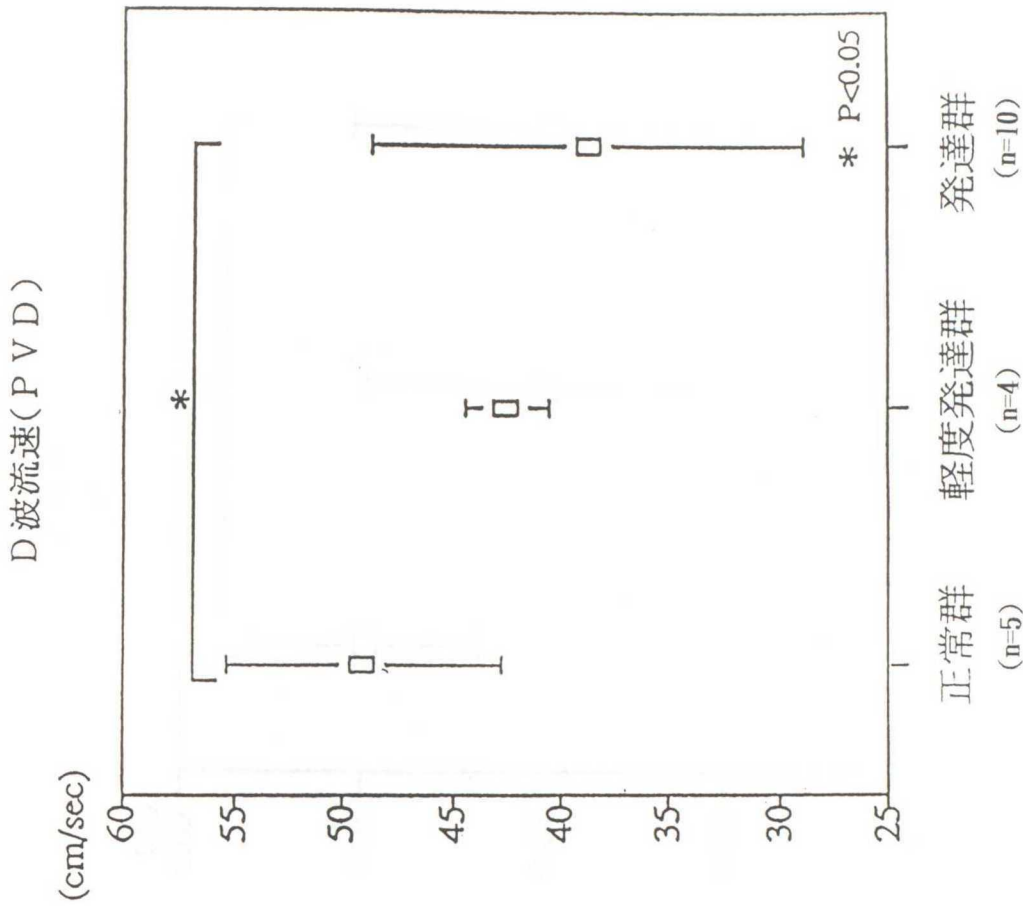
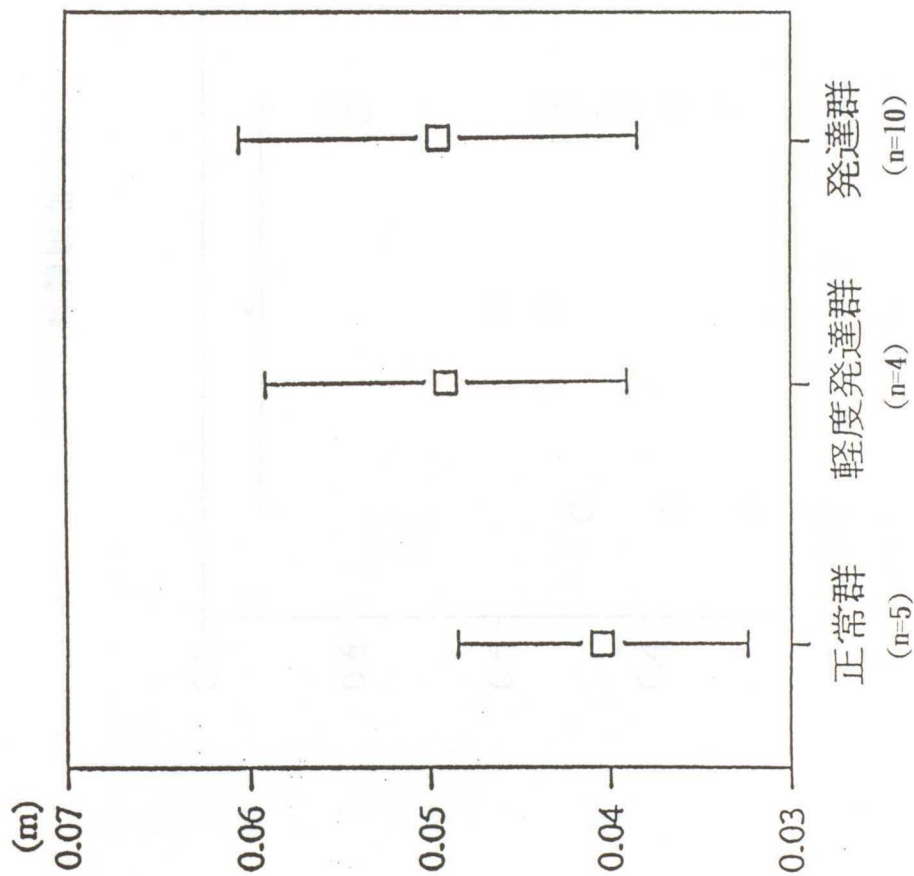


Fig. 23 正常群、軽度発達群および発達群における右後葉肺静脈血流速

S波時間速度積分値
(S-TVI)



D波時間速度積分値
(D-TVI)

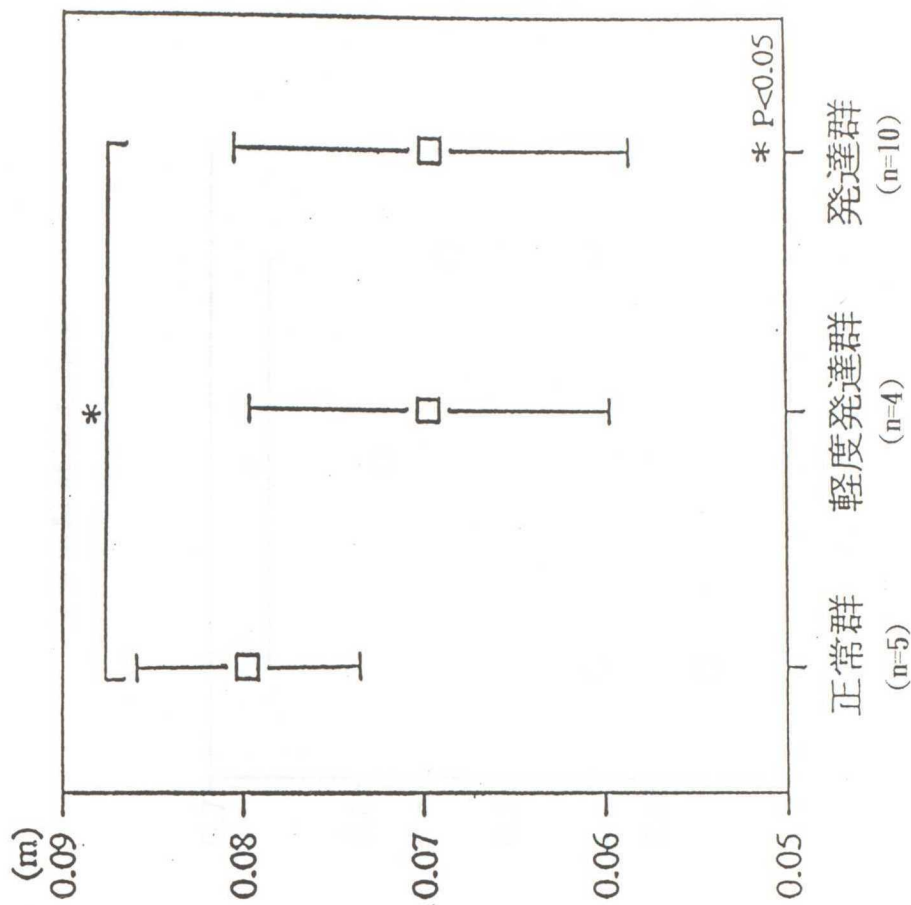
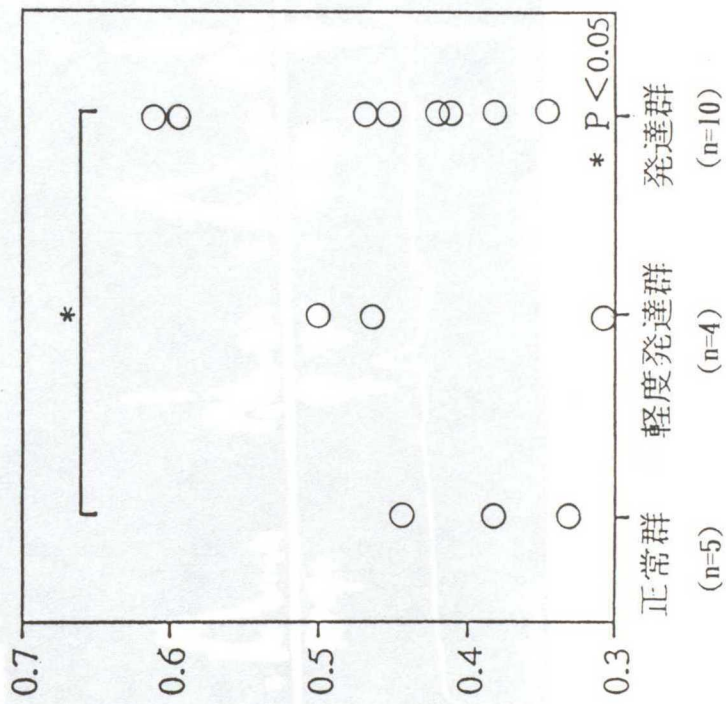


Fig. 24 正常群、軽度発達群および発達群における右後葉肺静脈血流速の時間速度積分値

右前葉肺静脈血流速



右後葉肺静脈血流速

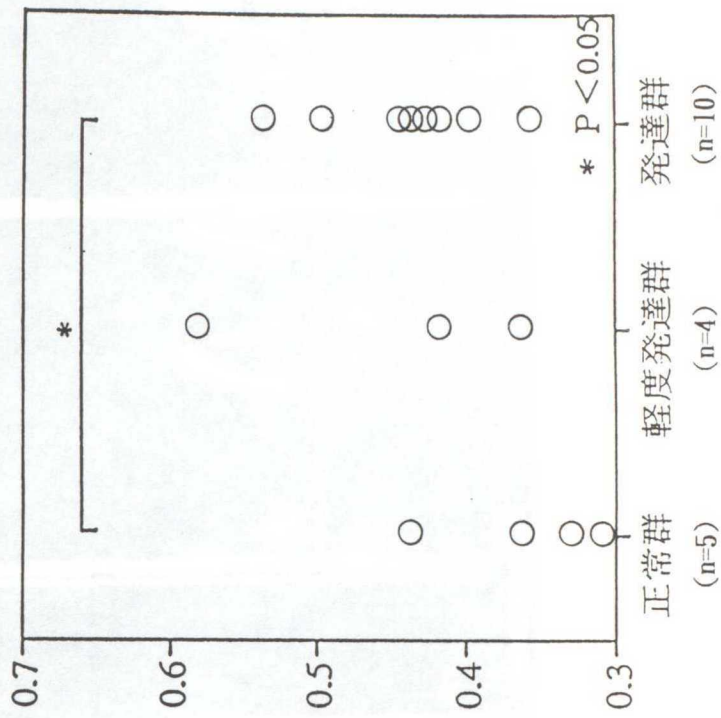
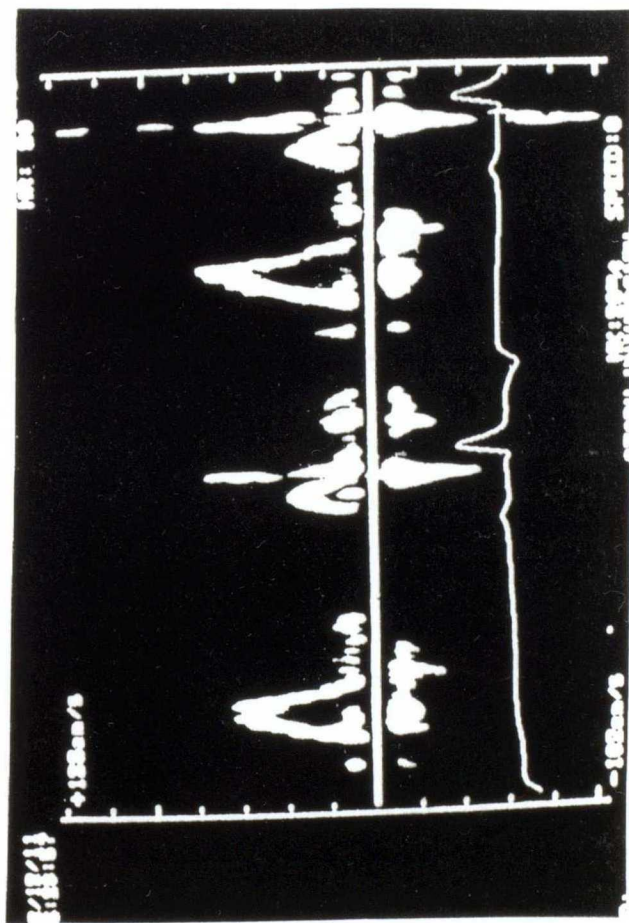
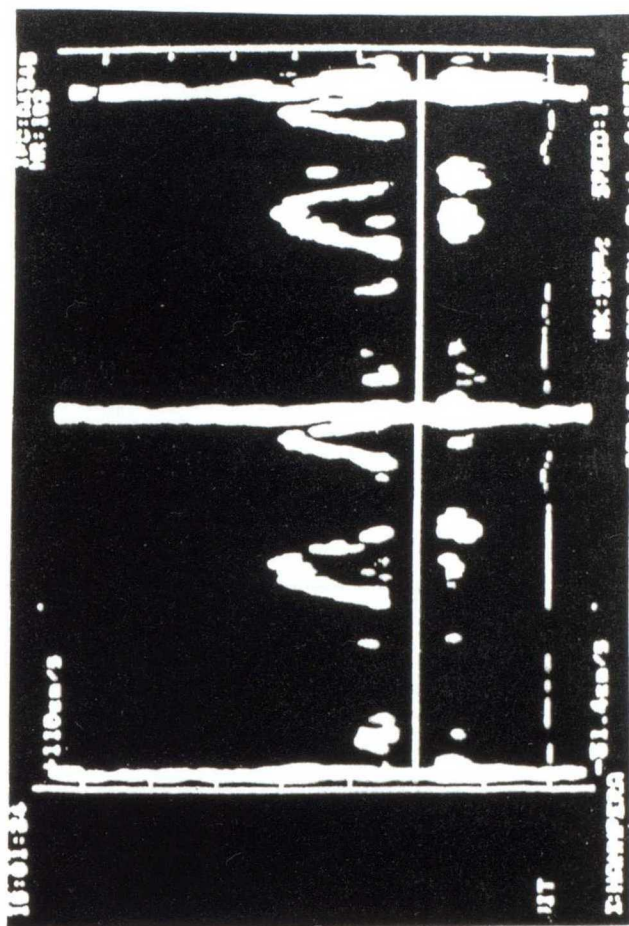


Fig. 25 正常群、軽度発達群および発達群におけるTs / (Ts + Td)



正常群



発達群

Fig. 26 正常群および発達群における左室流入血流速度波形

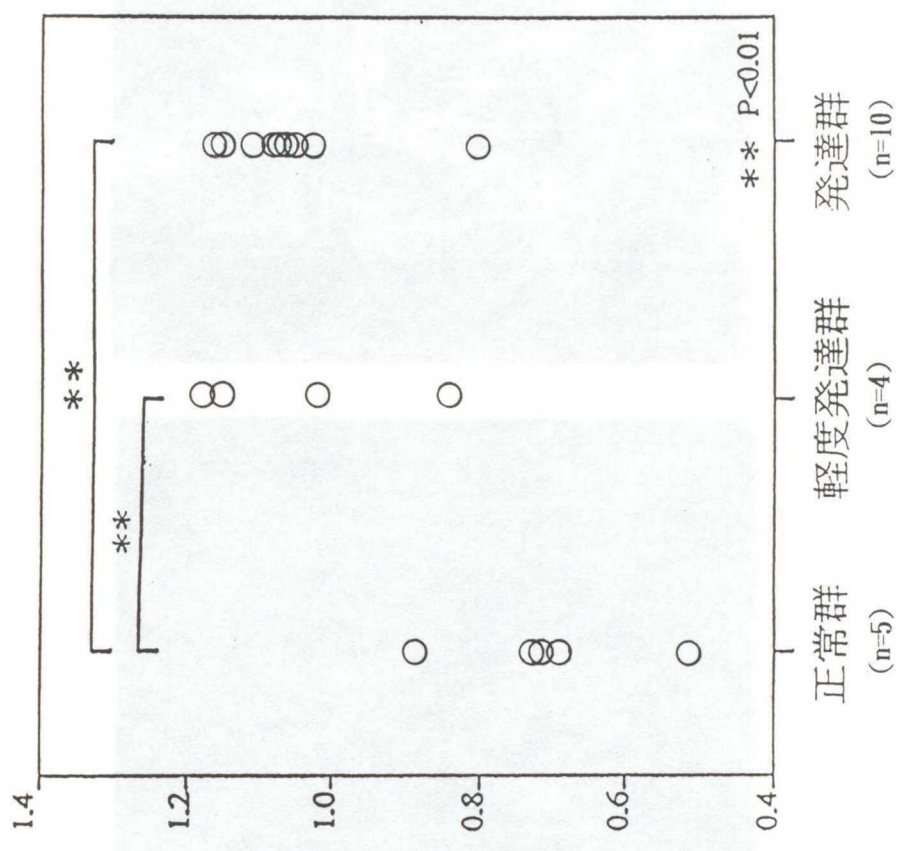
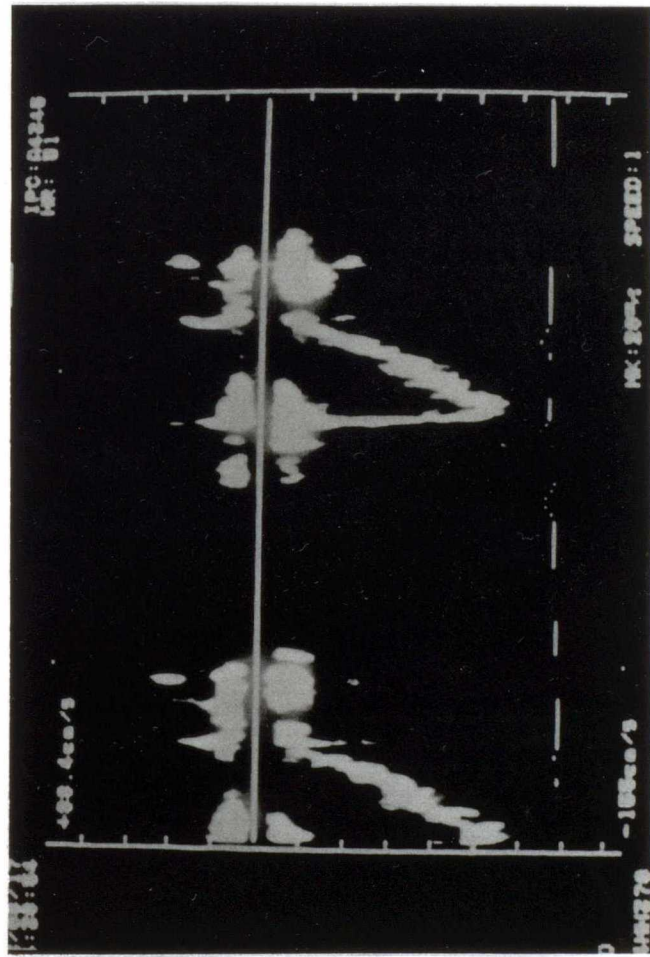
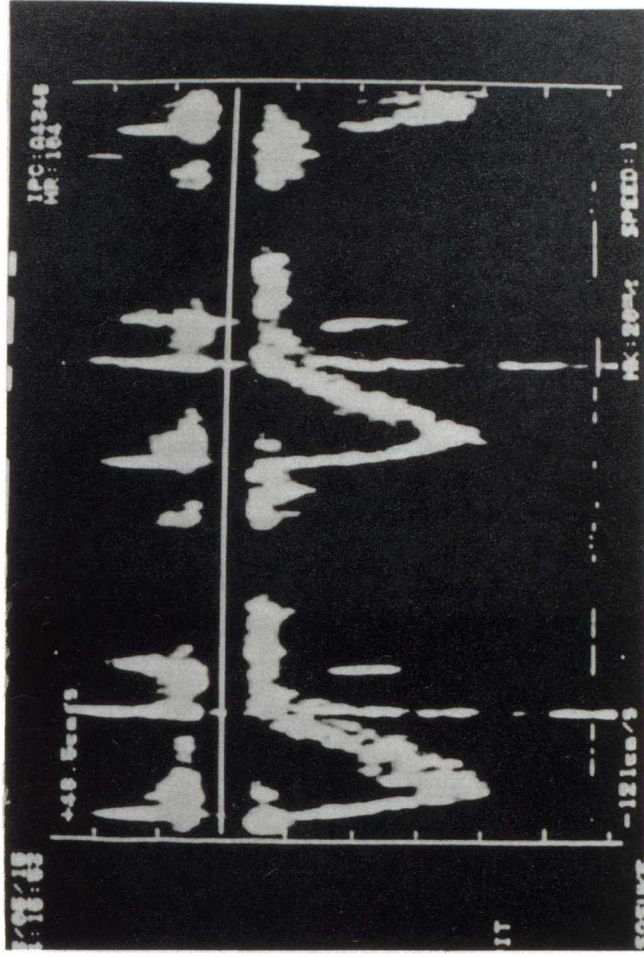


Fig. 27 正常群、軽度発達群および発達群における左室流入流速のA波流速/E波流速(A/E)



正常群



発達群

Fig. 28 正常群および発達群における大動脈血流速度波形

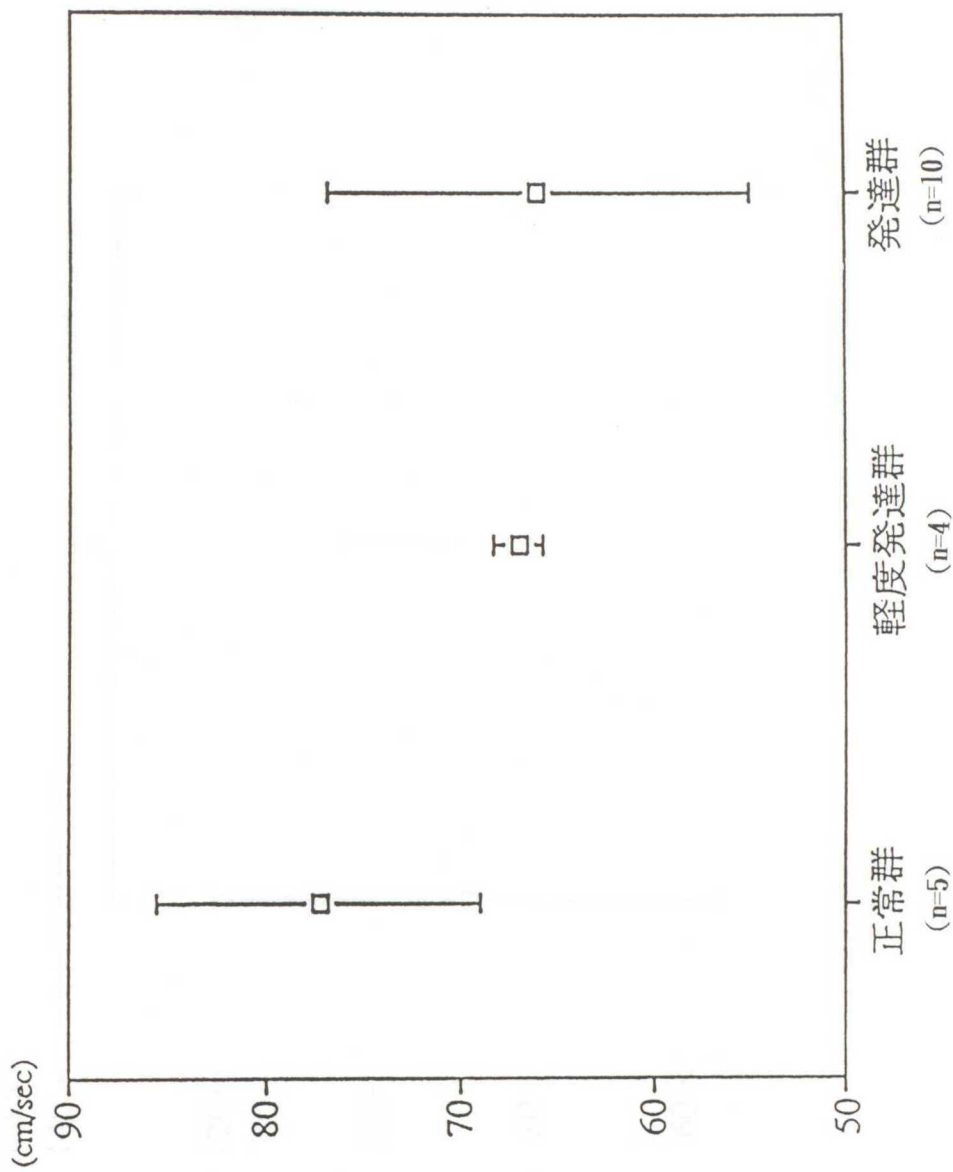


Fig. 29 正常群、軽度発達群および発達群における大動脈平均血流速(V_m)

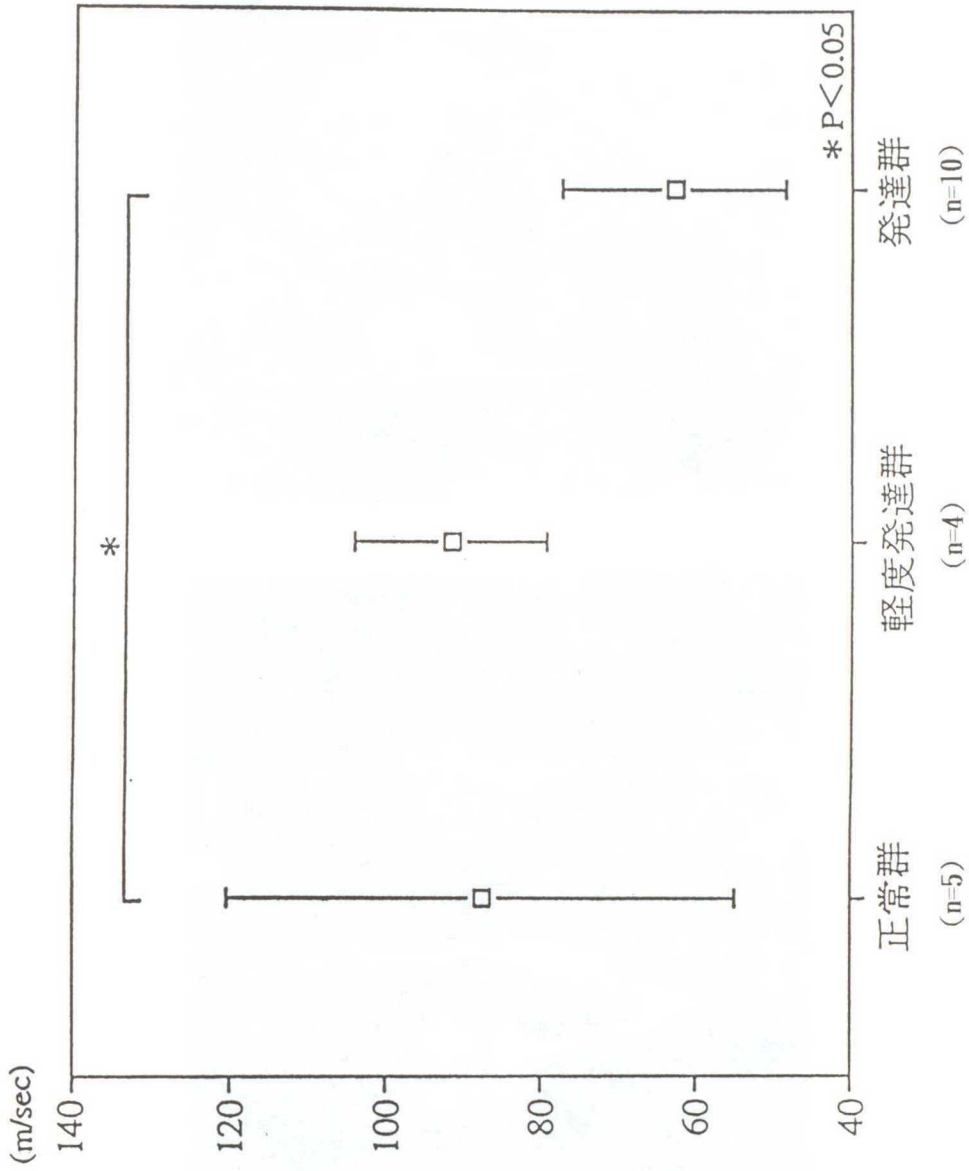
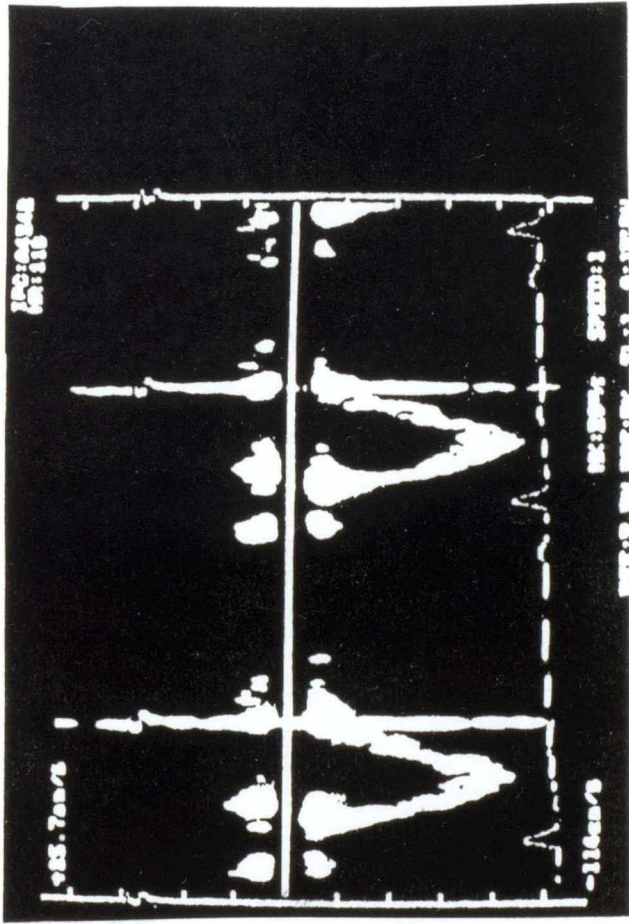
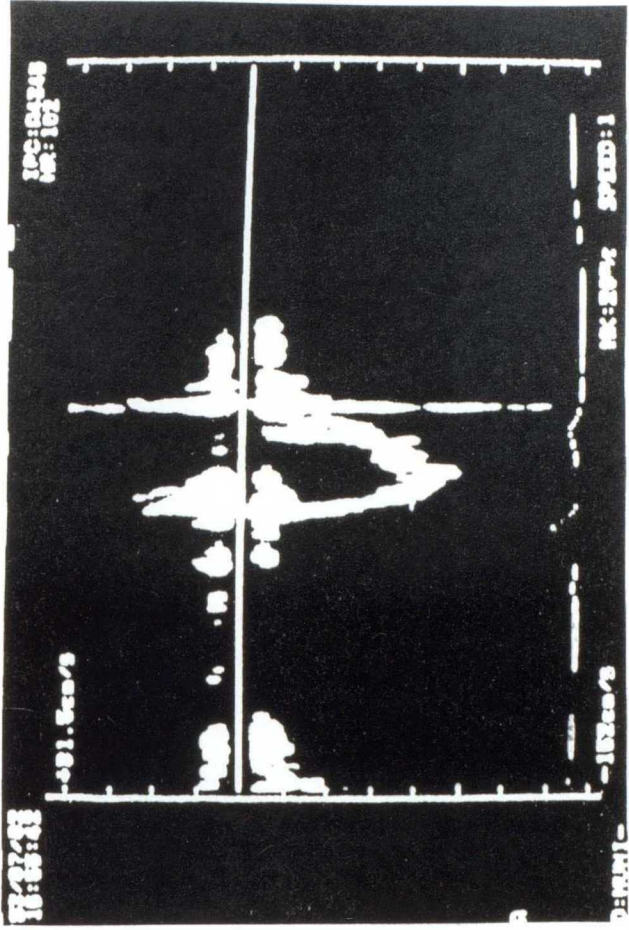


Fig. 30 正常群、軽度発達群および発達群における右室流入血流加速時間(R-AT)



正常群



発達群

Fig. 31 正常群および発達群における肺動脈血流速度波形

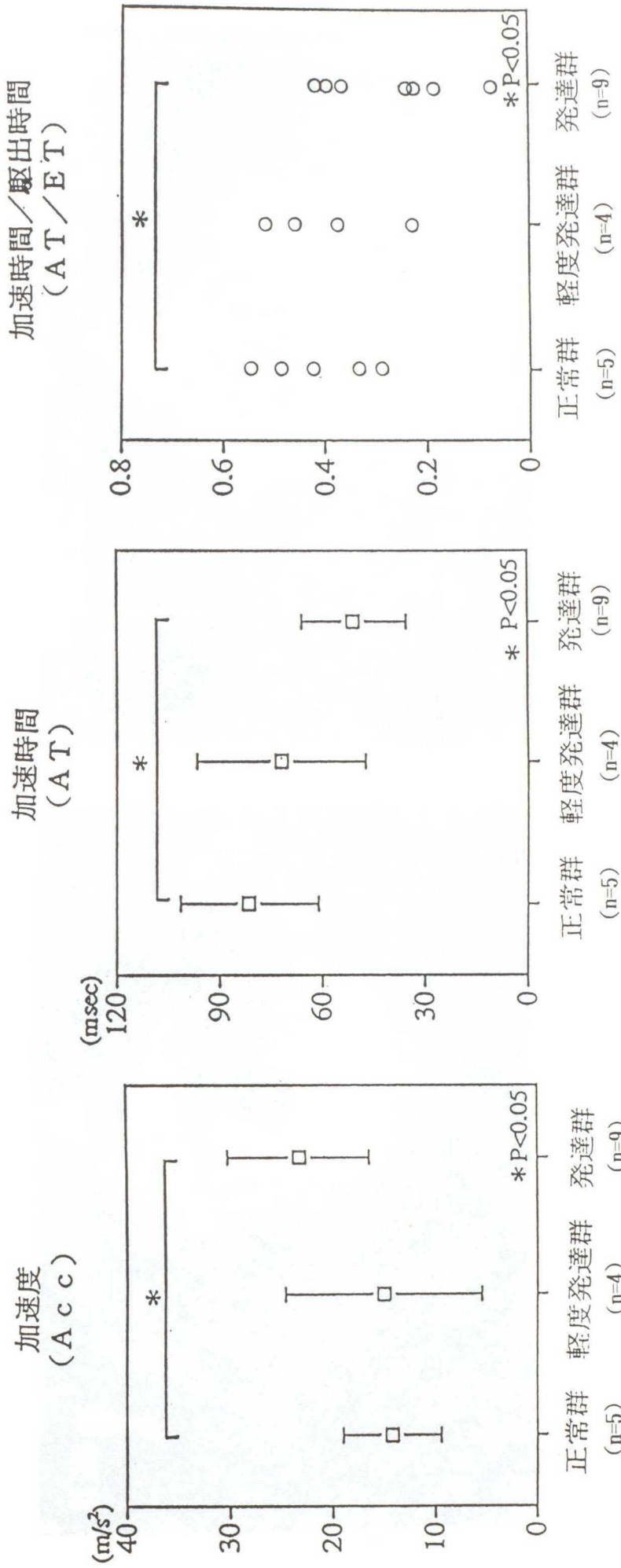


Fig. 32 正常群、軽度発達群および発達群における肺動脈血流速



正常群



発達群

Fig. 33 正常群および発達群における偏心率(B/A)計測像

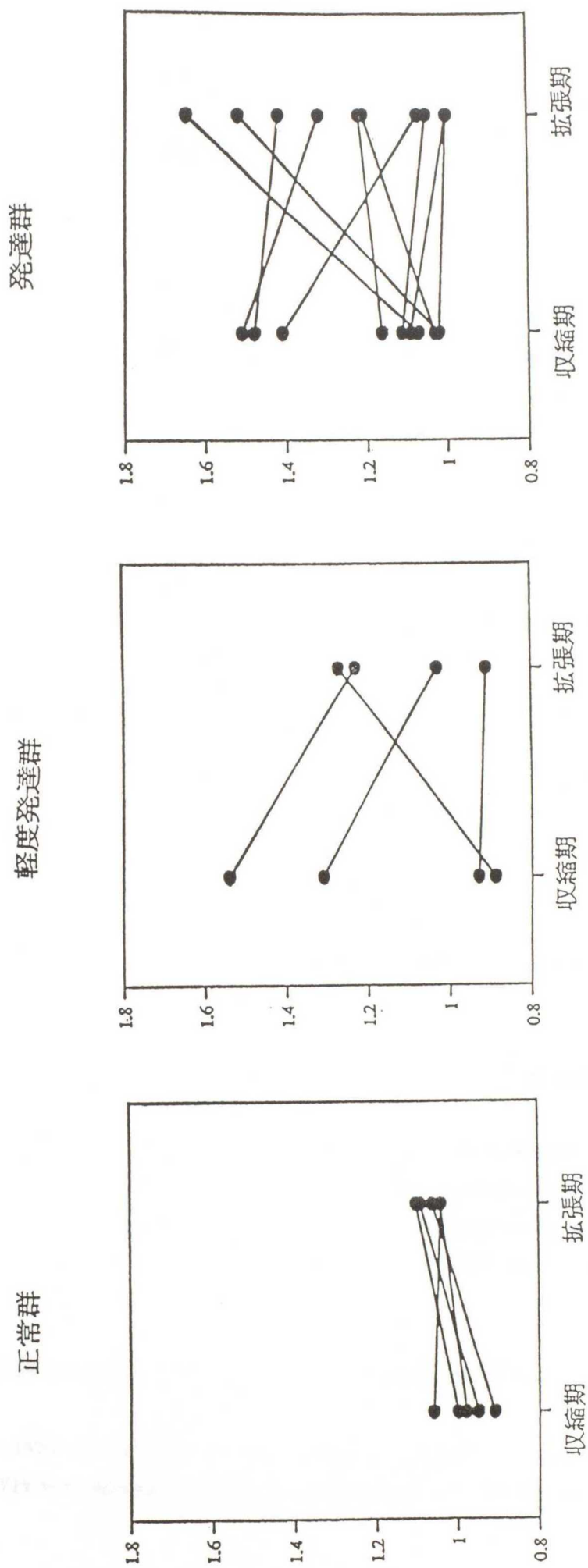


Fig. 34 正常群、軽度発達群および発達群における偏心率(B/A)

Clinical Study on Pulmonary Venous Flow in Canine Heartworm Disease

Heartworm disease is characterized by increases in circulation resistance and hypertension in the lung due to dead heartworms which cause embolism in the pulmonary artery as well as surviving heartworm stimuli which cause proliferative lesion of the vascular endothelium and tunica media. Pulmonary blood circulation is controlled by the two systems; the pulmonary artery system, which conducts the exchange of gases in the alveolar; the bronchoesophageal artery system, which supplies nutrients to the lung. When a disturbance of pulmonary circulation occurs, the bronchoesophageal artery compensates for pulmonary blood flow by enlarging or proliferating. A broncho-pulmonary (B-P) shunt forms between the bronchoesophageal artery and pulmonary artery, which supplements blood flow to which interrupted in the peripheral pulmonary veins. A number of heartworms cause the disturbance of circulation in the pulmonary artery and dead heartworms cause embolism and arterial proliferative lesion in the pulmonary artery. Therefore, these phenomena are considered to promote the development into the bronchoesophageal artery and contribute to a number of changes in pulmonary venous flow velocity (PVFV).

In this study, we have investigated measuring methods of PVFV and carried out the following experiments to clarify the relation between changes in PVFV and cardiac function in heartworm disease cases.

1. Comparison of PVFV using Doppler Transesophageal Electrocardiogram (TEE) and Doppler Transthoracic Electrocardiogram (TTE)

An experiment was conducted to clarify the clinical usefulness of TTE as compared with TEE when measuring the PVFV

Subjects were five normal healthy beagles (Mean Weight; 9.9 ± 3.3 kg) and nine mongrels (Mean Weight; 12.1 ± 1.1 kg). The subjects were anesthetized and retained in the dorsal-recumbent position (DRP). Upon measuring the PVFV by TEE, each subject was retained in the left-recumbent position (LRP) and the PVFV was measured by TEE and TTE.

(1) Correlation of PVFV and Left Ventricular Inflow Velocity (LVIV) with Body Position

The PVFV in the anterior lobe (AL) and the posterior lobe (PL) of the right lung, and LVIV were measured by TEE in the animals with the DRP and LRP. The results

demonstrated a correlation between the two positions, with a correlation coefficient of $r=0.778$ for the pulmonary venous S wave (PVS) of the PVFV in the AL of the right lung. However, no correlation was observed in pulmonary venous D wave (PVD) of the PVFV in the PL of the right lung nor in the PVS and PVD of the PVFV in the PL of the right lung. It was demonstrated that changes in the PVFV can be identified with respect to the DRP and LRP. The correlation coefficient of the ventral E wave (VE) between the DRP and LRP for LVIV was $r=0.789$ and that for the ventral A wave (VA)/VE (A/E) was $r=0.863$, both displaying a positive correlation. However, no correlation was observed for the VA. A positive correlation was observed for the VE and A/E upon measurement of the LVIV. This suggested that the LVIV is not affected by body position as much as is the PVFV.

Hence, the variances in the DRP and LRP, clearly revealed that changes occur in the PVFV and that the body must be placed in a fixed position when measuring PVFV by echocardiography.

(2) Correlation of between TEE and TTE in PVFV and LVIV

Using the same animals, a correlation between TEE and TTE in the LRP was examined by measuring PVFV in the AL and PL of the right lung and LVIV.

The correlation coefficient of the PVS of PVFV in the AL of the right lung by TEE and TTE was $r=0.944$, PVD; $r=0.903$, PVS of PVFV in the PL of the right lung; $r=0.799$, and PVD; $r=0.848$, confirming a positive correlation between the TEE and TTE in LRP.

Moreover, the correlation coefficient of the VE of LVIV was $r=0.914$, VA; $r=0.774$, A/E; $r=0.882$, all confirming a positive correlation.

These findings demonstrate that unlike TEE, TTE does not elicit a detailed wave pattern. However, it is confirmed that PVFV in the AL and PL of the right lung can be measured by TTE in PVS and PVD without anesthesia.

2. Changes in PVFV and Cardiac Function in Heartworm Disease

The previous experiment confirmed that TTE is clinically beneficial. From these findings, we conducted a comparative experiment to measure the PVFV and cardiac function in the left and right ventricle systems of a normal and heartworm groups, using TTE.

The normal group consisted of five normal healthy beagles (Mean Weight;

9.7 ± 1.6 kg) and the heartworm group consisted of 14 mongrels (Mean Weight; 11.2 ± 1.2 kg) clearly diagnosed as having heartworm disease with a severe obstruction of the right pulmonary artery by an embolus. Moreover, the heartworm group was further separated into two groups with respect to the extent of disease advancement into the bronchoesophageal artery (B/A 0.25) with four cases of mild advancement and 10, advanced.

The PVFV and cardiac function were examined by TTE in the LRP measuring PVFV, LVIV, aortic flow velocity (AFV), right ventricular inflow velocity (RVIV). In confirmed cases, of regurgitation of RVIV in the heartworm group, regurgitation velocity was measured by continuous wave Doppler continuous wave echocardiography (CW). Moreover, left ventricle M-mode and left ventricular rate of eccentricity were measured according to a left ventricular short-axis tomography from the right thoracic wall. The results are as follows:

(1) Changes in PVFV in the AL and PL lobe of the right lung

The PVS of the TTE of PVFV in the AL of the right lung of the heartworm group in comparison to the normal group confirmed a significant increase ($P < 0.05$) between the normal and the mildly advanced groups as well as between the mildly advanced and advanced groups. A significant increase ($P < 0.05$) in the PVD was confirmed between the normal and advanced groups. Moreover, a significant increase ($P < 0.05$) was also confirmed between the normal and advanced groups with respect to the S-Wave Time Velocity Integer (S-TVI) and D-Wave Time Velocity Integer (D-TVI).

No significant difference was confirmed in PVFV in the PL of the right lung in the PVS between the normal, the mildly advanced and advanced groups. A significant decrease was confirmed in the PVD between the normal and advanced groups. A significant decrease ($P < 0.05$) was confirmed in the D-TVI and not S-TVI between the normal and advanced groups. Moreover, a significant increase was confirmed in S-TVI/(S-TVI + D-TVI) between the normal and advanced groups. From these results, it is indicated that the increase in PVFV in the AL of the right lung was due to be caused by an increase in resistance in the pulmonary artery from occlusion of the pulmonary artery in the PL of the right lung. Also, concerning PVFV in the PL of the right lung, the results indicated that blood inflow to the pulmonary vein resulting from a B-P shunt from the bronchoesophageal artery increases the amount of refluxed blood into the left atrium.

(2) Changes in Left Cardiac Function

Upon measuring left cardiac function by TTE, a significant increase in A/E for the LVIV of heartworm cases was confirmed between the normal and mildly advanced groups, as well as normal and advanced group. This confirmed that there is an increase in blood inflow to the left ventricle accompanying atrial constriction in the early phase of left ventricular dilation. Moreover, the confirmation of a significant decrease ($P < 0.05$) in the mean blood flow in the aorta, though the rate of eccentricity in heartworm cases (B/A) increases for the normal group in the dilation phase, the mildly advanced and advanced groups both displayed a decreasing pattern of mean blood flow in the aorta. Deformation of the left ventricle confirmed through radiographic findings suggested a reduction in dilating function in the left ventricle.

The above findings, concerning the left cardiac function of the heartworm group, confirmed an increase in blood inflow to the left ventricle accompanying atrial constriction during the early phase of left ventricular dilation, a decrease in aortic blood flow, and a reduction of left ventricular dilatatory function.

(3) Changes in Right Cardiac Function

Upon analysis of the pulmonary artery flow velocity waves (PAFV), a significant decrease ($P < 0.05$) was confirmed in the acceleration time of the right ventricular inflow velocity (R-AT) between normal and advanced groups. Moreover, the pulmonary artery blood flow acceleration (Acc) showed a significant decrease ($P < 0.05$) between the normal and advanced groups. However the R-AT and acceleration time/ejection time (AT/ET) displayed a significant decrease ($P < 0.05$).

A negative correlation confirmed between the significant decrease in AT and AT/ET and the mean pulmonary arterial pressure, leading to a confirmation of an increase in pulmonary arterial pressure in the advanced group in which heartworm has developed into the bronchoesophageal artery of the advanced group. Moreover, according to radiographic findings in the heartworm advanced group, pulmonary arterial distension and left ventricular enlargement were confirmed. Moreover, echocardiograph findings confirmed that increased postload caused pulmonary hypertension. Calculation of the pressure difference at the peak velocity of regurgitation in the bicuspid cardiac valve by TTE indicated a significant increase ($P < 0.05$) over normal values in the right ventricular pressure of the heartworm group.

From these findings, the measurement of PAFV by TTE showed a distinct

increase in right ventricular pressure and pulmonary arterial pressure in the heartworm group in comparison to the normal group. Moreover, pulmonary hypertension accompanying the advancement of pulmonary arterial occlusion is developed by a B-P shunt on the bronchoesophageal artery. Simultaneously, peripheral pulmonary artery blood flow is compensated and the amount of blood refluxed to the left ventricle increases, resulting in a reduction in cardiac function.

Above, we have established the clinical usefulness of TTE for PVFV in cases of heartworm. Moreover, measurement of PVFV in heartworm cases by TTE indicated that an increase in PVFV is the result of compensated blood flow from B-P shunt of the bronchoesophageal artery and an increase of PAFV with low blood circulation disturbance, clearly indicating that an increase in PVFV causes chronic reduction of cardiac function.