

拡張期肺動脈弁エコー波形
の規定因子に関する臨床的
ならびに実験的研究

Clinical and experimen-
tal studies on the de-
terminants of the pul-
monary valve echogram
in diastole

田原 稔
田中 弘允
鄭 忠和
中尾正一郎
桜井 修吾
吉村 寿一
皆越 真一
鹿島 友義
金久 卓也

Minoru TAHARA
Hiromitsu TANAKA
Chuwa TEI
Shoichiro NAKAO
Shugo SAKURAI
Hisakazu YOSHIMURA
Shinichi MINAGOE
Tomoyoshi KASHIMA
Takuya KANEHISA

Summary

In order to clarify the determinants of the pulmonary valve echogram in diastole, we performed experimental and clinical studies. In 25 out of 30 normal subjects, pulmonary valve echograms were clearly recorded from 2 intercostal spaces or more. The e'-f slope showed a higher value when the pulmonary valve echogram was recorded in the lower intercostal space. However the depth of 'a' dip was not significantly different between pulmonary valve echogram recorded from higher intercostal space and that from lower intercostal space. In 58 patients with various heart diseases including atrial septal defect, ventricular septal defect, primary pulmonary hypertension, mitral stenosis, hypertrophic cardiomyopathy and hypertrophic obstructive cardiomyopathy, we examined the pulmonary valve echogram, atrio-pulmonary sulcus echogram, posterior aortic wall echogram and the right ventricular and pulmonary artery pressures. The e'-f slope of the pulmonary valve echogram showed a good correlation with that of the atrio-pulmonary sulcus echogram and that of the posterior aortic wall echogram. There was no correlation between e'-f slope of the pulmonary valve echogram and mean pulmonary artery pressure. The depth of 'a' dip of the pulmonary valve echogram showed a good correlation with the depth of the dip of the atrio-pulmonary sulcus and with that of the dip of the aortic posterior wall. However, there was no correlation between the depth of 'a' dip and mean pulmonary artery pressure or the pressure gradient between the pulmonary artery and the right ventricle. In the open-chest dogs, it was observed that the pulmonary artery ring showed an arciform motion in which the ring moved postero-

鹿児島大学医学部 第一内科
鹿児島市宇宿町 1208-1 (〒890)

The First Department of Internal Medicine, Faculty
of Medicine, Kagoshima University, Usuki-cho
1208-1, Kagoshima 890

Presented at the 18th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, April 2-3, 1979
Received for publication February 18, 1980

superiorly during diastole. No 'a' dip was found in the pulmonary valve echogram of the heart beat in which the pressure gradient between the pulmonary artery and the right ventricle showed a dip in atrial systole. This fact was thought to be due to the experimental condition in which the transducer was positioned on the pericardial surface of the right ventricle so that the anterior wall of the left atrium was prevented from moving anteriorly.

It is concluded (1) that the e'-f slope of the pulmonary valve echogram is determined by an antero-posterior motion of the anterior wall of the left atrium and by a postero-superior motion of the pulmonary artery ring during early diastole, and (2) that 'a' dip of the pulmonary valve echogram is determined by an antero-posterior motion of the anterior wall of the left atrium in atrial systole.

Key words

Pulmonary valve echogram Pulmonary hypertension 'a' dip e'-f slope

はじめに

肺循環に関する血行力学的データを非観血的に得ることの臨床的意義は大であり、いくつかの方法が試みられている。それらの1つとして、肺動脈弁エコー図による肺高血圧の診断方法がある¹⁻⁴⁾。しかし、肺動脈弁エコー図所見の発現機序が十分に解明されていない現時点においては、その所見による肺高血圧の診断およびその程度の推定には多くの問題がある。最近、筆者らは開胸犬を用いて実験的急性肺高血圧を作成し、急性肺高血圧における収縮期肺動脈弁エコー図所見の発現機序を検討し報告した⁵⁻⁸⁾。この研究では、肺高血圧における拡張期肺動脈弁エコー図所見とされているe'-f slopeの低下、および'a' dipの低下または消失の発現機序を解明する目的で、以下に示す4つのプロトコルを設定し検討を行ったので報告

する。

対象と方法

肺動脈弁エコー図のe'-f slopeおよび'a' dipの規定因子を明らかにするために設定した、4つのプロトコルの対象と方法を以下に示す。e'-f slopeおよび'a' dipの計測はFig. 1に示すような方法を用いて行った。

プロトコル I: 30名の正常者(17~32歳、すべて男性)を対象として、複数の肋間より肺動脈弁エコー図を記録することにつとめ、エコービームを入射する肋間の違いによるe'-f slopeおよび'a' dipの値の変化を検討した。被験者を軽度左側臥位にして、安静呼吸止め状態でリアルタイム断層法の併用により(Fig. 2)、できるだけ多くの肋間より、拡張期肺動脈弁エコー図の記録を行った。さらに一部の被験者において、安静呼吸止め

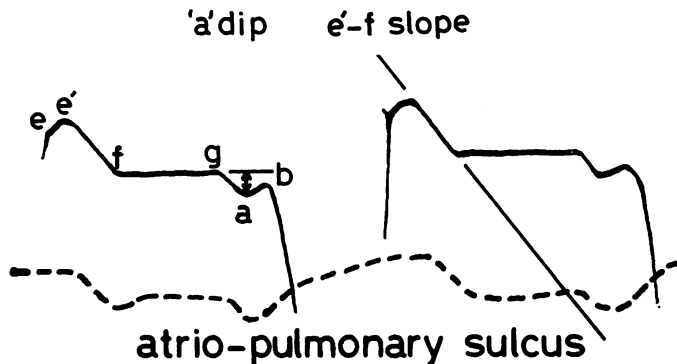


Fig. 1. A diagram illustrating the methods of measurement of e'-f slope and 'a' dip.

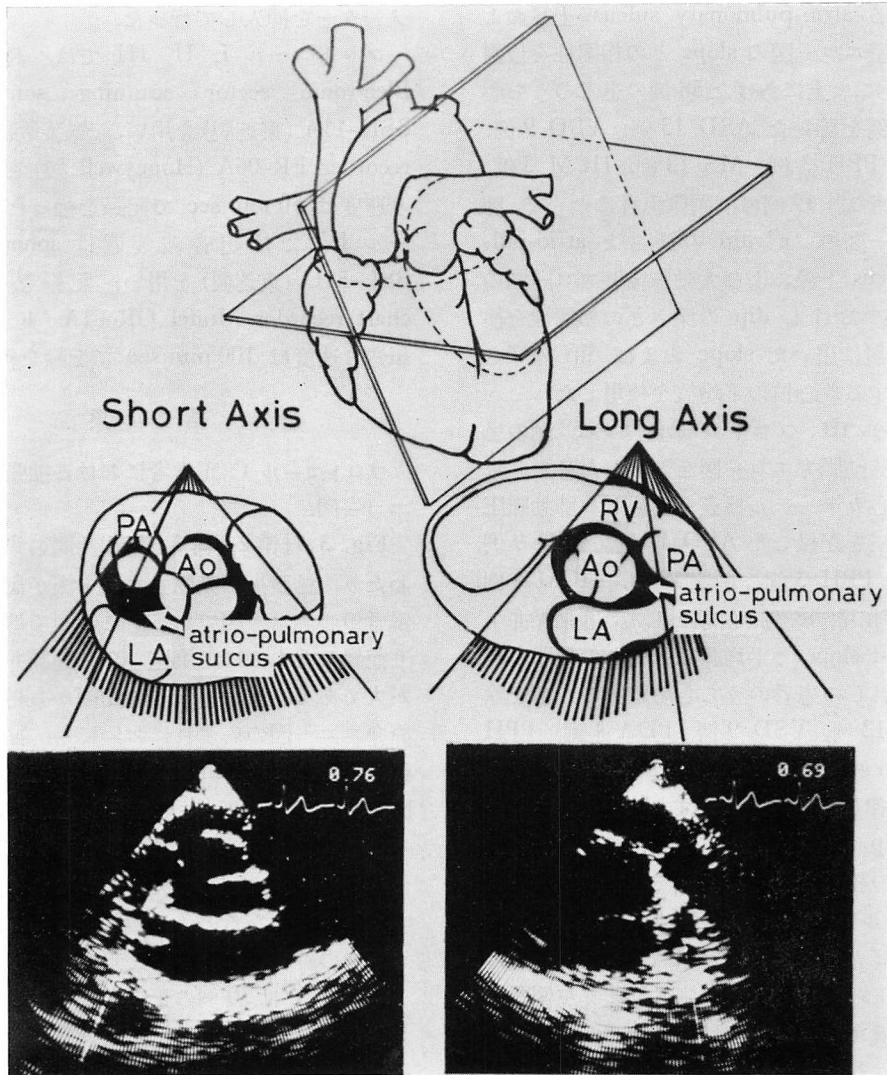


Fig. 2. A diagram showing the method to obtain the M-mode echogram of the pulmonary valve.

PA=pulmonary artery; Ao=aorta; RV=right ventricle; LA=left atrium.

状態でエコービームを弁尖の一端から他の一端まで、Mモードスキャンした場合の‘a’ dip の変化と、エコービーム方向を固定した状態で呼吸相を深呼気から深吸気まで変化させた場合の、‘a’ dip の変化について検討を加えた。

プロトコル II: 心房中隔欠損症 (ASD) 13 例, 心室中隔欠損症 (VSD) 9 例, 動脈管開存症

(PDA) 4 例, 原発性肺高血圧症 (PPH) 3 例, 僧帽弁狭窄症 (MS) 21 例, 肥大型心筋症 (HCM) 4 例, 肥大型閉塞性心筋症 (HOCM) 4 例の計 58 例を対象として, 拡張期肺動脈弁エコー図と atrio-pulmonary sulcus エコー図を同時記録し, さらに同一肋間より大動脈後壁エコー図を記録した. そして, 肺動脈弁エコー図の e'-f slope と, 同一

時相における atrio-pulmonary sulcus 上縁および大動脈後壁エコー図の slope との相関性を検討した。さらに、上にあげた 58 例の患者のうち心房細動例 9 例を除いた ASD 13 例, VSD 9 例, PDA 4 例, PPH 3 例, MS 13 例, HCM 3 例, HOCM 4 例の計 49 例の洞調律患者について、肺動脈弁エコー図の 'a' dip の深さと atrio-pulmonary sulcus 上縁および大動脈後壁エコー図の、心房収縮時における dip の深さととの相関性を検討した。検討に用いた slope および dip の深さの値は連続する数心拍の平均値を使用した。

プロトコル III: プロトコル II の 58 例の患者のうち、肺動脈弁エコー図を記録した日より数日以内に右心カテーテル検査を実施し、肺動脈圧および右室圧を記録した ASD 12 例, VSD 9 例, PDA 4 例, PPH 3 例, MS 12 例, HCM 4 例, HOCM 4 例の計 48 例を対象として、肺動脈弁エコー図の e'-f slope と平均肺動脈圧との相関を検討した。これらの患者のうち心房細動の 8 名を除いた ASD 12 例, VSD 9 例, PDA 4 例, PPH 2 例, MS 6 例, HCM 3 例, HOCM 4 例の計 40 例の洞調律患者を対象として、肺動脈弁エコー図の 'a' dip の深さと心房収縮期の肺動脈-右室間圧較差との相関を検討した。

プロトコル IV: 27 頭の雑種成犬を対象として、ペントバルビタールによる静脈麻酔の後、空気による陽圧人工呼吸を行い、右側臥位にて左側開胸を行い、心嚢をとおして肺動脈弁輪部の動態を観察し、一部は 8 ミリシネに記録した。その後、仰臥位にて正中開胸を行い、右室流出路心嚢面上より肺動脈に向けて探触子を置き、肺動脈弁エコー図を記録した。一部の例では、肺動脈圧, 右室圧, および両者間の圧較差波形の同時記録を加えた。そして、心臓自体の動きによる 'a' dip 形成が困難と考えられるこのような条件下で、肺動脈-右室間圧較差の変化のみで、'a' dip の形成が可能であるか否かを検討した。肺動脈圧および右室圧の測定は、肺動脈末梢および右室自由壁より肺動脈主幹部および右室腔へ Millar のカテ先マノ

メーターを挿入して行った。

プロトコル I, II, III では、超音波装置は Electronic sector scanning sonolayergraph SSH-11A (東芝製) を用い、記録装置は line scan recorder FR-06A (Honeywell 製) を用い、紙送り速度は 50 mm/sec で記録を行った。プロトコル IV では超音波装置は sonocardiograph SSL-51U (東芝製) を用い、記録装置は strip chart recorder Model OR-01A (東芝製) を用い、紙送り速度は 100 mm/sec で記録を行った。

結 果

プロトコル I: 正常者における拡張期肺動脈弁エコー図。

Fig. 3 は第 2, 第 3, 第 4 肋間の 3 つの肋間にわたり、拡張期肺動脈弁エコー図が記録できた正常者の心エコー図である。この図では下位肋間より記録したもののほど胸壁から肺動脈弁までの距離が大である。また、3 つの肋間から得られた肺動脈弁エコー図のいずれにおいても、拡張期には肺動脈弁と atrio-pulmonary sulcus 上縁の両エコー図がほぼ平行であることが認められた。また、e'-f slope は下位肋間より記録したもののほどエコー像が鮮明で、その値が大であった。これに対して、'a' dip についてみると 3 つの肋間の間に深さや、エコー像の鮮明さに明らかな差が認められなかった。

Fig. 4-A は 30 例の正常者のうち 3 つの肋間にわたり、肺動脈弁エコー図の e'-f slope が記録可能であった 12 例のデータをグラフにまとめた結果である。また、Fig. 4-B は 30 例の正常者のうち 2 つの肋間にわたり、肺動脈弁エコー図の e'-f slope が記録可能であった 10 例のデータをグラフにまとめた結果である。Fig. 4-A および Fig. 4-B のいずれにおいても、e'-f slope は下位肋間より記録されたもののほうが、上位肋間のそれと比べて高い値を示した。

Fig. 5-A は 30 例の正常者のうち、3 つの肋間にわたり肺動脈弁エコー図の 'a' dip が記録可能であった 15 例のデータをグラフにまとめた結果

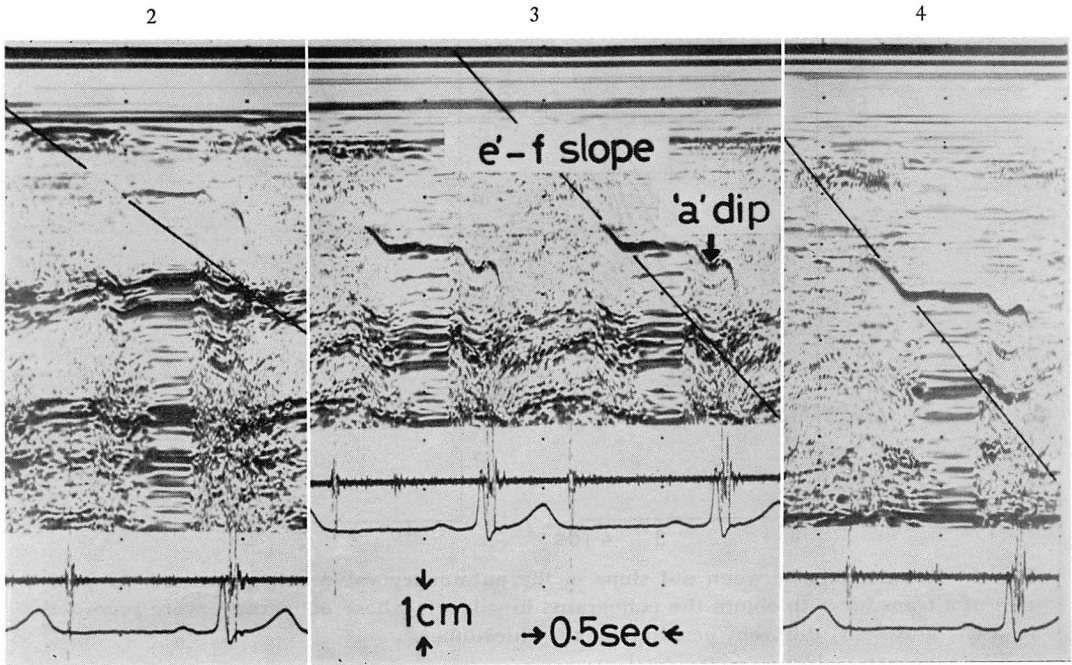


Fig. 3. M-mode echograms of the pulmonary valve obtained from a normal subject.

Left, middle and right panels show echograms recorded at the 2nd, 3rd and 4th intercostal spaces, respectively. The e'-f slope shows a higher value at the lower position of the recording. But the depth of 'a' dip does not change by the position of the recording.

である。また **Fig. 5-B** は 30 名の正常者のうち 2 つの肋間にわたり、肺動脈弁エコー図の 'a' dip が記録可能であった 10 名のデータをまとめた結果である。'a' dip の深さに関する上位肋間および下位肋間の大小関係は被験者によりまちまちであり、一定の傾向は認められなかった。

Fig. 6 の上段は 1 人の正常者で肺動脈弁左尖を左側の断層図に示すような短軸断層像にてとらえ、安静呼吸止め状態で断層図の 1 の方向から 2 の方向に M モードスキャンを行ったものである。2 つの矢印が示すように、呼吸相が一定であっても肺動脈弁左尖のエコー照射部位とエコービーム方向がわずかに変化することにより、'a' dip の形態に変化が生ずることがわかった。**Fig. 6** の下段は上段と同一の被験者を対象として、エコービームをできる限り一定に保った状態で、呼吸相を深呼吸から深呼吸へと変化させたときの肺動脈弁エ

コー図を連続記録したものである。呼吸から吸気へと変化するに従い、弁エコー図全体は胸壁に接近し、'a' dip の形態は次第に変化していた。すなわち、'a' dip の深さは吸気時では呼気時に比べて低い値を示しているようにみえた。また、**Fig. 6** の上段と下段のエコー図を比較すると、上段の 1 から 2 の間の 'a' dip の変化は、下段の深呼吸時に認められた 'a' dip の変化と類似していることが認められた。

プロトコル II: 各種心疾患における肺動脈弁エコー図の e'-f slope および 'a' dip の深さと、同一時相における atrio-pulmonary sulcus および大動脈後壁エコー図の slope および dip の深さとの相関。

肺動脈弁エコー図の e'-f slope は、同時相における atrio-pulmonary sulcus エコー図上縁の slope と高い相関を示した (**Fig. 7-A**, $r=0.94$,

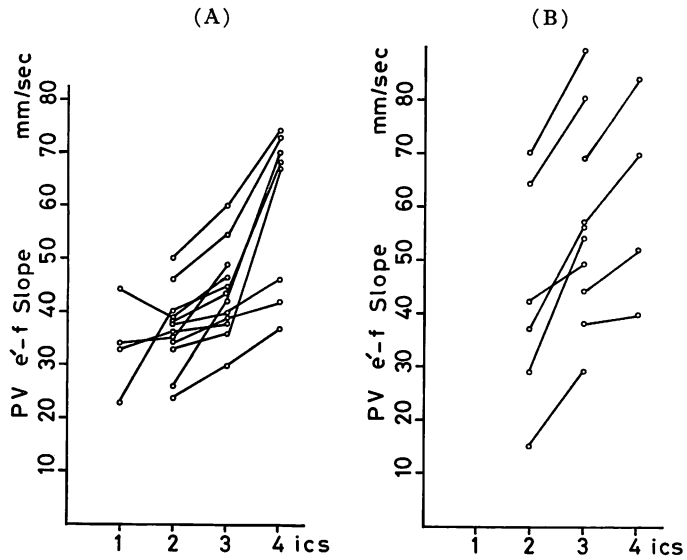


Fig. 4. Relationship between e'-f slope of the pulmonary valve echogram and the position of a transducer to obtain the echograms in subjects whose echograms were recorded in 3 (A) and 2 (B) different positions of the transducer.

PV=pulmonary valve; ics=intercostal space.

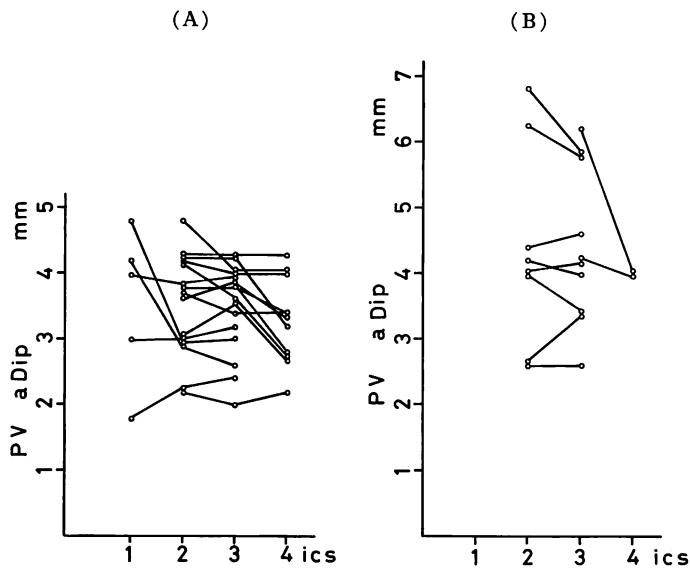


Fig. 5. Relationship between the depth of 'a' dip of the pulmonary valve echogram and the position of a transducer to obtain the echograms in subjects whose echograms were recorded in 3 (A) and 2 (B) different positions of the transducer.

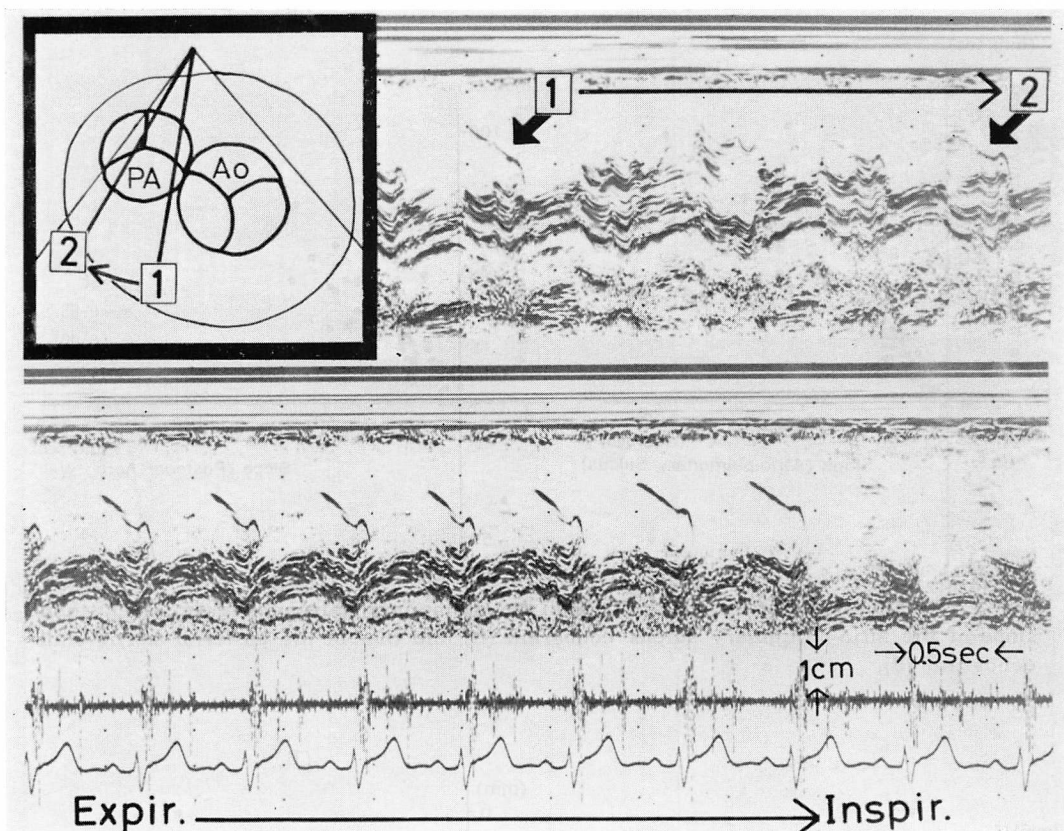


Fig. 6. Pulmonary valve echograms from a normal subject.

Upper panel shows a M-mode echogram recorded during expiratory apnea when the direction of ultrasound beam was changing from the right side to the left side of the left cusp of the pulmonary valve. In the left side, a cross-sectional echogram is also shown to illustrate the change of direction of the ultrasound beam. Lower panel shows a M-mode echogram recorded during deep respiration.

$p < 0.001$). また、 $e'-f$ slope は同時相における大動脈後壁エコー図の slope と、高い相関性を有することが示された (Fig. 7-B, $r = 0.83$, $p < 0.001$).

肺動脈弁エコー図の 'a' dip の深さは、心房収縮期の atrio-pulmonary sulcus エコー図上縁の dip の深さと高い相関を示した (Fig. 8-A, $r = 0.95$, $p < 0.001$). また、'a' dip の深さは心房収縮期の大動脈後壁エコー図の dip の深さと、高い相関性を有することが示された (Fig. 8-B, $r = 0.84$, $p < 0.001$).

プロトコル III: 各種心疾患における肺動脈弁エコー図の $e'-f$ slope および 'a' dip の深さと

右心カテーテル検査データとの相関。

肺動脈弁エコー図の $e'-f$ slope と平均肺動脈圧との間には有意な相関は認められなかった (Fig. 9). しかし疾患ごとにみると、MS, HCM, HOCM の各疾患では、同じ平均肺動脈圧においても $e'-f$ slope は低い値を示す傾向にあった。肺動脈弁エコー図の 'a' dip の深さと平均肺動脈圧および心房収縮期における肺動脈 - 右室間圧較差との間には、有意な相関は認められなかった (Figs. 10, 11).

プロトコル IV: 1) 1 心周期における肺動脈弁輪部の動態。

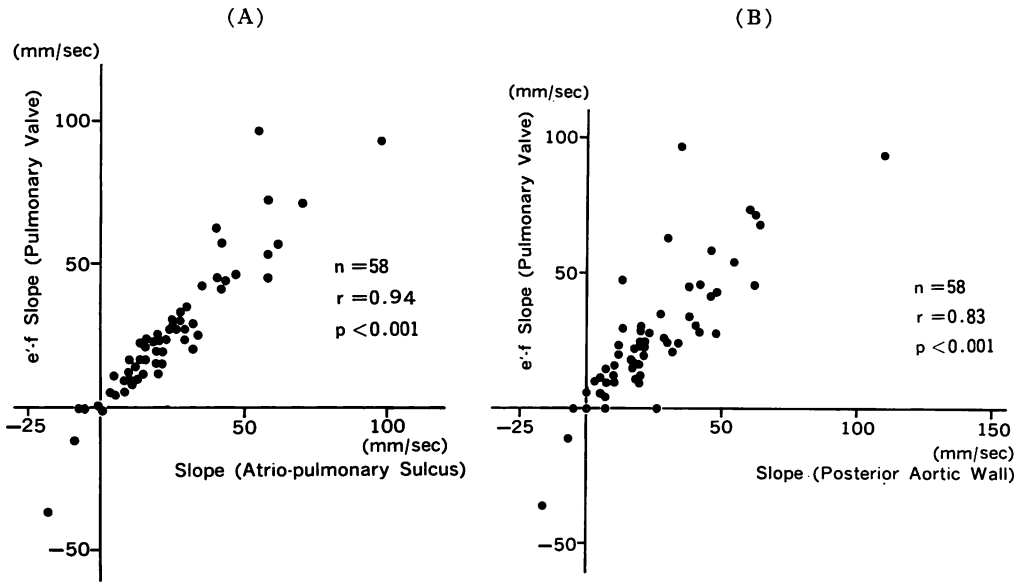


Fig. 7. Relationship between e-f slope of the pulmonary valve echogram, a diastolic slope of the atrio-pulmonary sulcus echogram (A) and that of the posterior aortic wall echogram (B).

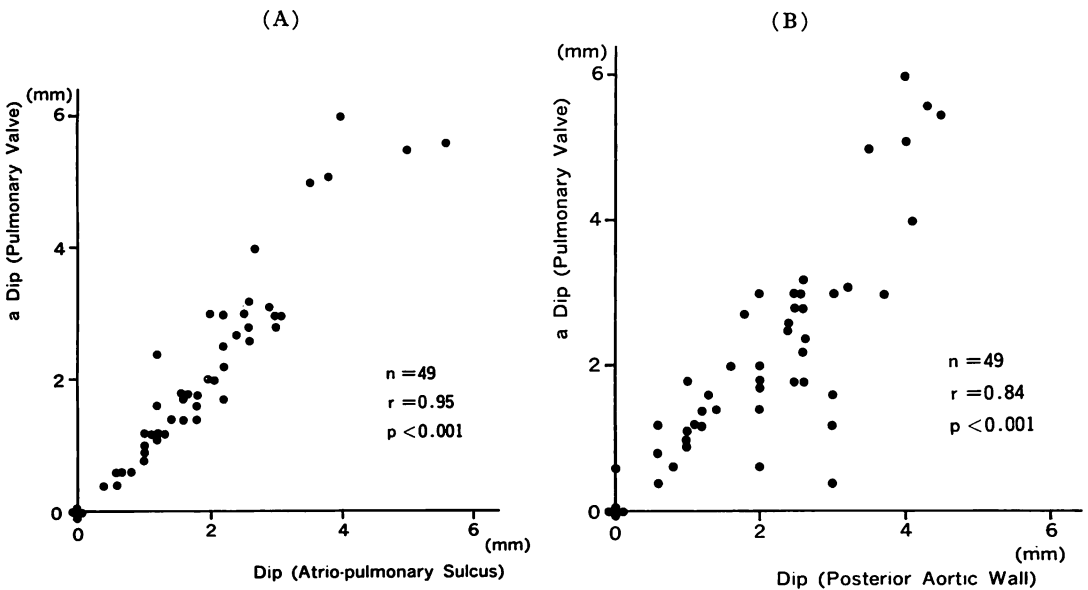


Fig. 8. Relationship between the depth of 'a' dip of the pulmonary valve echogram, that of the atrio-pulmonary sulcus echogram (A) and that of the posterior aortic wall echogram (B).

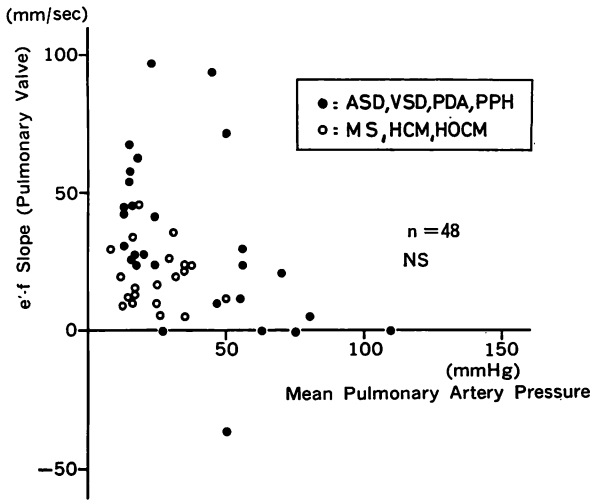


Fig. 9. Relationship between e'-f slope of the pulmonary valve echogram and mean pulmonary artery pressure.

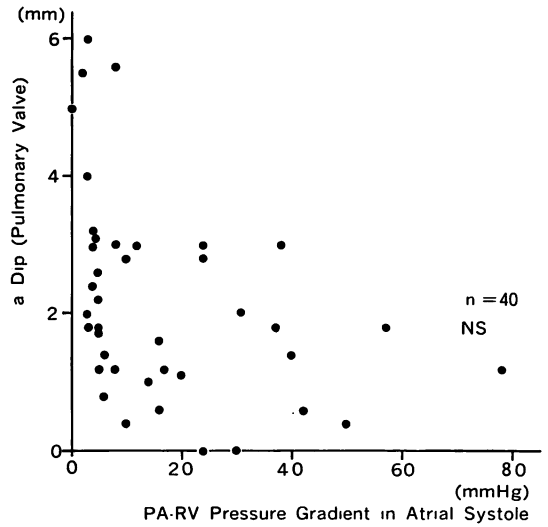


Fig. 11. Relationship between 'a' dip of the pulmonary valve echogram and the pressure gradient between PA and RV in atrial systole.

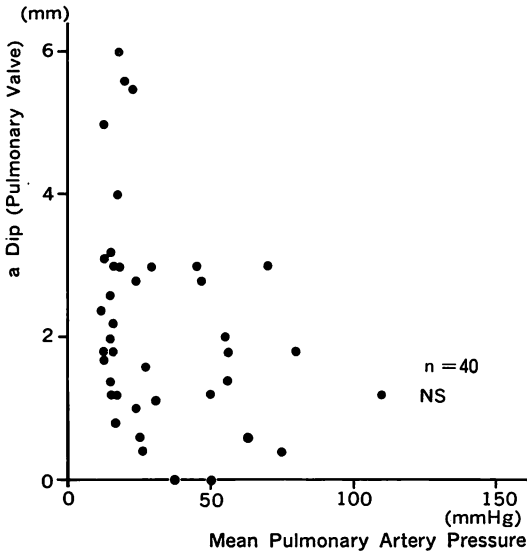


Fig. 10. Relationship between 'a' dip of the pulmonary valve echogram and mean pulmonary artery pressure.

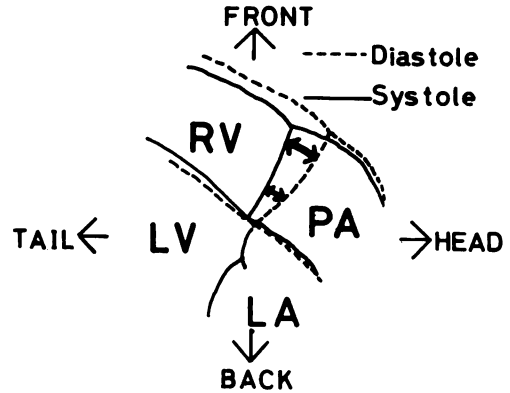


Fig. 12. A schematic drawing showing a motion of the pulmonary artery ring during the cardiac cycle in an open chest dog.

肺動脈弁輪部は右室の流出路側末端と連続しているために、右室心筋の拡張および収縮に伴ってほぼ心長軸方向に動くことが観察された。すなわち、拡張期には後上方へ、収縮期には前下方へと扇形の軌跡を描くように変位した。Fig. 12 は観察した弁輪部の動きを模式的に示したものである。

2) 開胸心における肺動脈-右室間圧較差と 'a'

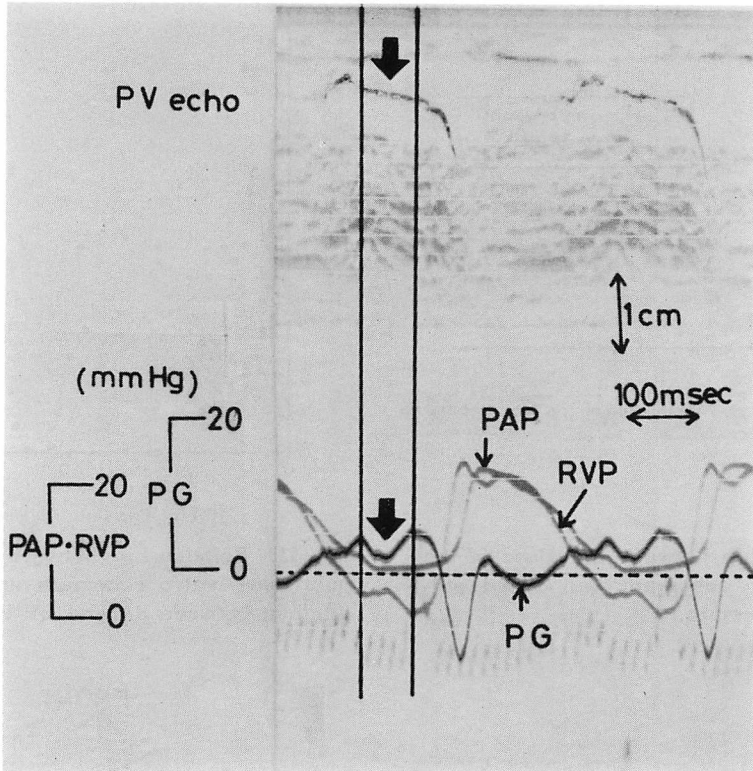


Fig. 13. Simultaneous recording of the pulmonary valve echogram, pulmonary artery and right ventricular pressures, and the pressure gradient between the pulmonary artery and right ventricle.

Note the absence of 'a' dip in the pulmonary valve echogram. Note that 'a' dip of the pulmonary valve echogram is not present while a dip is observed on the pressure gradient curve following P wave of ECG. PG=pressure gradient between the pulmonary artery and right ventricle.

dip との関係.

探触子を右室流出路心嚢面上に直接置き, 心臓自体の動きが肺動脈弁エコー図に反映し難いようにして, 肺動脈弁エコー図を記録した場合は, 27頭の全例において弁エコー図上に 'a' dip は認められなかった. さらに, Fig. 13 に示すように, 心房収縮による肺動脈-右室間圧較差の明らかな dip が認められた心拍においても, 上記の条件下で記録された肺動脈弁エコー図上には 'a' dip は認められなかった.

考 案

1. 肺動脈弁エコー図 e'-f slope の規定因子について

肺高血圧における肺動脈弁エコー図の検討を行った従来の報告では, e'-f slope は肺動脈圧の半定量的評価の指標として有用であるとされている¹⁻³⁾. しかし, e'-f slope の規定因子が明らかにされていないこともあり, いくつかの疑問点も残されている. Nanda らや Weyman らは肺高血圧においても, ASD 等の左-右シャント疾患では, e'-f slope の低下が認められないことがあると報

告している^{1,2)}。羽田らは同一被験者においても下位肋間の記録にて、e'-f slope は高値を呈することを報告した⁹⁾。Pocoski らは大動脈後壁の動きと e'-f slope が類似していることを見出し、e'-f slope の規定因子に左房の動きが介在していることをごく最近報告した¹⁰⁾。さらに Pocoski らや、Kaku ら、Acquatella らは、相次いで e'-f slope と肺動脈圧の間に相関性のないことを報告した¹⁰⁻¹²⁾。

この研究では、e'-f slope は下位肋間から記録された場合には、その値が大きくなることが確認された。また、開胸犬の実験では、肺動脈弁輪部は心臓の中心を軸として扇状に上下運動を示すことが証明された。この2つの事実より、e'-f slope は主として肺動脈弁輪部の後上方への運動を反映していることが示唆される。一方、e'-f slope は atrio-pulmonary sulcus 上縁および大動脈後壁エコー図の同一時相における各 slope と高い相関を示した。Atrio-pulmonary sulcus および大動脈後壁は左房前壁に接して存在するので、これらの動きは左房前壁の動きを反映していると考えられる。したがって、e'-f slope はその時相における左房前後径の変化によっても規定されていると考えることができる。以上より、e'-f slope の規定因子は右室の急速充満に伴った肺動脈弁輪部の後上方への動きと、左房から左室への血液急速流入に伴った左房前後径の縮小の2つであると推定される。このことは、我々の研究で e'-f slope と平均肺動脈圧との間に相関が認められなかった事実とも矛盾しない。同じ平均肺動脈圧の場合でも、MS, HCM, HOCM などでは e'-f slope が低値を示す傾向にあったが、これらの疾患では拡張期流入障害があり、その時相における左房前壁の動きが低下しているためであると考えられる。

2. 肺動脈弁エコー図 'a' dip の規定因子について
従来の報告では、'a' dip もまた e'-f slope と同様に、肺動脈圧の半定量的評価の指標として有用であると報告されている¹⁻³⁾。そして、'a' dip の規定因子は心房収縮時の肺動脈-右室間圧較差

であろうと考えられていた。しかし、ごく最近この説に対する異論も報告されている。羽田らは、心房収縮時の肺動脈-右室間圧較差に加えて、心臓全体の動きも 'a' dip の規定因子であることを報告した¹³⁾。Pocoski らは心房収縮時の肺動脈-右室間圧較差と、左房の動きが 'a' dip の規定因子であると報告した¹⁰⁾。Acquatella らは、心房収縮の時相における肺動脈-右室間圧較差と 'a' dip の深さの相関を検討し、両者間には低い負の相関 ($r=0.49, p<0.05$) しかないことを報告した¹²⁾。

この研究では 'a' dip の深さは atrio-pulmonary sulcus 上縁および大動脈後壁エコー図の心房収縮時における、各 dip の深さと高い相関を示した。Atrio-pulmonary sulcus や大動脈後壁エコー図波形は、前述のごとく左房前後径の変化を反映していると考えられる。したがって、'a' dip は e'-f slope と同様に同時相における左房前後径の変化によって規定されていると考えることができる。しかし、1) 'a' dip の深さと心房収縮時の肺動脈-右室間圧較差の間に相関は認められなかったこと。2) 心臓自体の動きがエコー図上に反映され難い開胸犬での実験においては、同時記録された肺動脈-右室間圧較差波形に心房収縮時の dip が確認された心拍においても、肺動脈弁エコー図に 'a' dip が認められなかったこと。さらに、3) 'a' dip が心房収縮時の肺動脈-右室間圧較差に規定されているとすれば、'a' dip の深さは肺動脈と右室の解剖学的位置関係により下位肋間で高値を示し、右室流入血液量の増大により吸気時にて高値を示すはずであるが、今回の研究ではそのような事実は認められなかったことの3つの事実より、'a' dip は従来いわれていたような心房収縮時の肺動脈-右室間圧較差には規定されていないものと考えられる。

まとめと結語

肺動脈弁エコー図の e'-f slope および 'a' dip の規定因子を、臨床例ならびに開胸犬を用いて検討した。その結果はつぎのとおりであった。(1)

肺動脈弁エコー図の e'-f slope は下位肋間より記録したもののほうが高い値を示した。(2) 肺動脈弁エコー図の 'a' dip の深さは記録した肋間の高さと一定の相関はなかった。(3) 肺動脈弁エコー図の e'-f slope および 'a' dip の深さは, atrio-pulmonary sulcus および大動脈後壁エコー図の slope および dip の深さと密接な相関を示した。(4) 開胸犬を用いた実験において, 右室-肺動脈間圧較差に dip が認められる心拍において, 肺動脈弁エコー図に 'a' dip は認められなかった。(5) 開胸犬について観察した結果, 肺動脈弁輪部は拡張期に後上方へ, 収縮期に前下方へ動く扇状運動を行うことが認められた。(6) 肺動脈弁エコー図の e'-f slope および 'a' dip の深さと平均肺動脈圧との間, また, 'a' dip の深さと肺動脈-右室間圧較差との間には相関が認められなかった。

以上の事実よりつぎのように結論した。すなわち, (1) 肺動脈弁エコー図の e'-f slope は拡張期における左房前後径の変化ならびに肺動脈弁輪部の拡張期後上方への運動により規定されている。(2) 'a' dip は心房収縮時の左房前後径の変化により規定されている。

要 約

拡張期における肺動脈弁エコー図の規定因子を明らかにするために, 実験的ならびに臨床的検討を行った。30人の正常者のうち25人において, 肺動脈弁エコー図が2つ以上の肋間で明瞭に記録できた。e'-f slope は下位肋間よりの記録において高値を示した。しかし, 'a' dip の深さは上位肋間よりの記録と, 下位肋間よりの記録の間に有意な差が認められなかった。ASD, VSD, PPH, MS, HCM, HOCM の各種心疾患 58 例を対象として, 肺動脈弁エコー図, atrio-pulmonary sulcus エコー図, 大動脈後壁エコー図, 右室圧, 肺動脈圧を記録し検討した。その結果, 肺動脈弁エコー図の e'-f slope は, 同時相における atrio-pulmonary sulcus および大動脈後壁エコー図の各 slope と高い相関を示した。肺動脈弁エコー図

の e'-f slope と平均肺動脈圧との間には, 有意な相関が認められなかった。肺動脈弁エコー図の 'a' dip の深さは, atrio-pulmonary sulcus および大動脈後壁エコー図の各 dip の深さと高い相関を示した。しかし, 肺動脈弁エコー図の 'a' dip の深さと平均肺動脈圧または肺動脈-右室間圧較差との間には有意な相関が認められなかった。開胸犬において, 肺動脈弁輪が拡張期に後上方へ弧状の運動を示すことが観察された。肺動脈-右室間圧較差波形が心房収縮時に dip を示す心拍においても, 肺動脈弁エコー図に 'a' dip が認められなかった。この事実は, 探触子を右室の心嚢に直接あてて記録することにより, 左房前壁の前方運動がさまたげられていることによるものであろうと思われる。

以上より以下の結論を得た。(1) 肺動脈弁エコー図の e'-f slope は, 左房前壁の前後方向への運動と肺動脈弁輪の拡張早期の後上方への運動により規定されている。(2) 肺動脈弁エコー図の 'a' dip は心房収縮時における左房前壁の前後方向への動きにより規定されている。

文 献

- 1) Nanda NC, Gramiak R, Robinson TI, Shah PM: Echocardiographic evaluation of pulmonary hypertension. *Circulation* 50: 575, 1974
- 2) Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H, Chang S: Echocardiographic patterns of pulmonic valve motion with pulmonary hypertension. *Circulation* 50: 905, 1974
- 3) Sakamoto T, Matsuhisa M, Hayashi T, Ichiyasu H: Echocardiogram of the pulmonary valve. *Jpn Heart J* 15: 360, 1974
- 4) Hirschfeld S, Meyer R, Schwartz DC, Korfhagen J, Kaplan S: The echocardiographic assessment of pulmonary artery pressure and pulmonary vascular resistance. *Circulation* 52: 642, 1975
- 5) 田原 稔, 田中弘允, 吉村寿一, 中尾正一郎, 桜井修吾, 鄭 忠和, 厚地良彦, 金久卓也: 肺動脈弁左尖エコーグラム の b-c slope を規定する因子に関する実験的研究. *J Cardiography* 8: 773, 1978
- 6) 田原 稔, 田中弘允, 中尾正一郎, 桜井修吾, 吉村寿一, 鄭 忠和, 鹿島友義, 金久卓也: 実験的肺高血圧における収縮期肺動脈弁エコーパターン の検

- 討. 超音波医学 **6**: 168, 1979
- 7) 田原 稔, 田中弘允, 中尾正一郎, 吉村寿一, 桜井修吾, 鄭 忠和, 鹿島友義, 金久卓也: 肺高血圧における肺動脈弁収縮中期半閉鎖の発生機序に関する実験的研究. *J Cardiography* **10**: 199, 1980
 - 8) Tahara M, Tanaka H: Hemodynamic determinants of systolic pulmonary valve echogram in experimental pulmonary hypertension. *Circulation* **59** and **60**: Suppl II; 203, 1979 (abstr)
 - 9) Hada Y, Sakamoto T, Hayashi T, Ichiyasu H, Amano K, Tei C, Kato K: Echocardiogram of the pulmonary valve. Variability of the pattern and the related technical problems. *Jpn Heart J* **18**: 298, 1977
 - 10) Pocoski DJ, Shah PM: Physiologic correlates of echocardiographic pulmonary valve motion in diastole. *Circulation* **58**: 1064, 1978
 - 11) Kaku R, Neumann A, Bommer W, Weinert L, Mason DT, DeMaria AN: Sensitivity and specificity of the pulmonic valve echogram in the detection of pulmonary hypertension. *Amer J Cardiol* **41**: 436, 1978 (abstr)
 - 12) Acquatella H, Schiller NB, Sharpe DN, Chatterjee K: Lack of correlation between echocardiographic pulmonary valve morphology and simultaneous pulmonary arterial pressure. *Amer J Cardiol* **43**: 946, 1979
 - 13) Hada Y, Sakamoto T, Hayashi T, Ichiyasu H, Amano K, Tei C, Kato K: Echocardiogram of normal pulmonary valve. Physiological data and effect of atrial contraction of the valve motion. *Jpn Heart J* **18**: 426, 1977