

原著

経食道パルスドプラ法による左房と左室の流入動態の対比検討

赤松 繁* 寺澤 悦司* 加川 憲作**
荒川 迪生** 土肥 修司* 山本 道雄***

要 旨

左心の充満動態を明確にするために、経食道パルスドプラ法を用いて肺静脈血流速度波形と左室流入血流速度波形より左房と左室の流入動態を対比検討した。左房流入動態の指標としては肺静脈血流速度波形の心室収縮期波（S波）、心室拡張期波（D波）の最大流速S、D、およびSとDの比S/D、S波とD波の流速時間積分値（Velocity-Time Integral）の比S area/D areaを求め、左室流入動態の指標としては左室流入血流速度波形から拡張早期流入波（R波）と心房収縮期流入波（A波）の最大流速R、A、その比A/R、R波とA波の流速時間積分値の比A area/R areaを求めた。左房流入動態の指標S/D、S area/D areaと左室流入動態の指標A/R、A area/R areaとの間には相関関係が認められ、左房流入動態には、左室流入動態と同様に左室拡張能が関与していることが明らかとなった。また経食道パルスドプラ法で肺静脈血流速度波形を観察することにより、麻酔・手術中の左室拡張能を評価できると考えられた。これは術中の心筋虚血の早期診断のモニターとして役立つ可能性が示唆される。

はじめに

過去数年間の超音波ドプラ法の発達に伴い、心臓と大血管の血流速度はパルスドプラ法や連続波ド

プラ法を用いることにより容易にかつ非侵襲的に計測できるようになった。これにより血流動態に視点をおいた新しい心機能に関する研究が展開がされてきた。肺静脈血流は左房への流入血流を表すと推測されるが、従来肺静脈の解剖学的特徴のために血流動態の研究は難しく十分に検討されていなかった。しかし、ドプラ心エコー図法、経食道心エコー図法の普及に伴い、パルスドプラ法により肺静脈血流動態が検討されるようになり¹⁾⁻⁵⁾、病的状態での左房流入動態の特徴や肺静脈血流動態の規定因子についての報告⁶⁾⁻¹¹⁾がみられるようになった。われわれもまた、経食道パルスドプラ法による肺静脈血流速度波形の検討を行い、健常心における正常肺静脈血流速度波形、およびその加齢に伴う変化について報告してきた⁵⁾¹²⁾。また、左室流入血流速度波形や肺静脈血流速度波形から左心の充満圧を推測しようという試みが報告されるようになってきた¹³⁾¹⁴⁾。左室流入血流速度波形からは、左室流入動態、左室拡張能に関する数多くの報告¹⁵⁾⁻²⁰⁾がみられる。左室拡張能は、虚血心、肥大心や高血圧心において収縮機能に先行して障害されることが明らかとなり¹⁵⁾¹⁶⁾、近年心機能の研究において左室充満の血流動態は注目されている¹⁷⁾⁻²⁰⁾。

このように、肺静脈血流動態と左室流入動態に関しては多くの研究者によって別々に検討されてきたが、両者の関連性、すなわち左房と左室の流入動態の相互関係を検討した報告は著者らの知る限り Nishimura らの研究²¹⁾があるのみである。肺静脈血流速度波形と左室流入血流速度波形の関連を明らかにすることにより、左心の充満動態をより

*岐阜大学医学部麻酔学教室

** 同 第二内科学教室

***東海大学医学部麻酔学教室

詳細に検討することが可能となる。左心の充満動態がより明瞭に理解されるようになれば、これらの指標から非侵襲的に充満圧が推定されるようになり、術中のモニターとして用いることも可能ではないかと考えられる。今回われわれは、左心の充満動態をより理解し易くするために、肺静脈血流速波形、左室流入血流速波形から左房、左室流入動態を比較検討した。

対象と方法

対象は麻酔・手術中モニターとして経食道心エコー図法を用いることを説明し、本研究の趣旨に同意を得た ASA 分類 1 の 17 歳から 70 歳まで (平均年齢 45 ± 13 歳) の 34 例で、いずれも心電図上正常洞調律であった。全身麻酔の導入はチオペンタール、フェンタニール等で行い、サクシニルコリンまたはベクロニウム投与後気管内挿管を行った。そして食道内探触子を、喉頭鏡を用いて半直視下に食道内に挿入した。これらの操作に伴う循

環動態の変動が消失し、安定した麻酔状態が得られた後、経食道カラードプラ法で左上肺静脈を描出しサンプルボリュームを左上肺静脈の左房への開口部に設定して、呼吸停止下に経食道パルスドプラ法で肺静脈血流速波形を記録した。続いて四腔断面を描出し僧帽弁の M モード心エコー図の D 点にサンプルボリュームを設定して、左室流入血流速波形を記録した。各血流速波形は、紙送り速度 100 mm/sec で strip chart に記録し保存した。

経食道パルスドプラ法により得られる肺静脈血流速波形は、心室収縮期の 1~2 相性の順行波 (S 波)、心室拡張期の順行波 (D 波)、心房収縮期の逆行波 (Ab 波) よりなる 3~4 相性の波形である。S 波、D 波の最大流速値 S、D を計測し、S と D の比 S/D 、S 波と D 波の流速時間積分値 (Velocity Time Integral) の比 $S \text{ area}/D \text{ area}$ を計算した (Fig. 1)。また、左室流入血流速波形の拡張早期流入波 (R 波)、心房収縮期流入波 (A 波) の最大流速 R、A を計測し、その比 A/R 、R

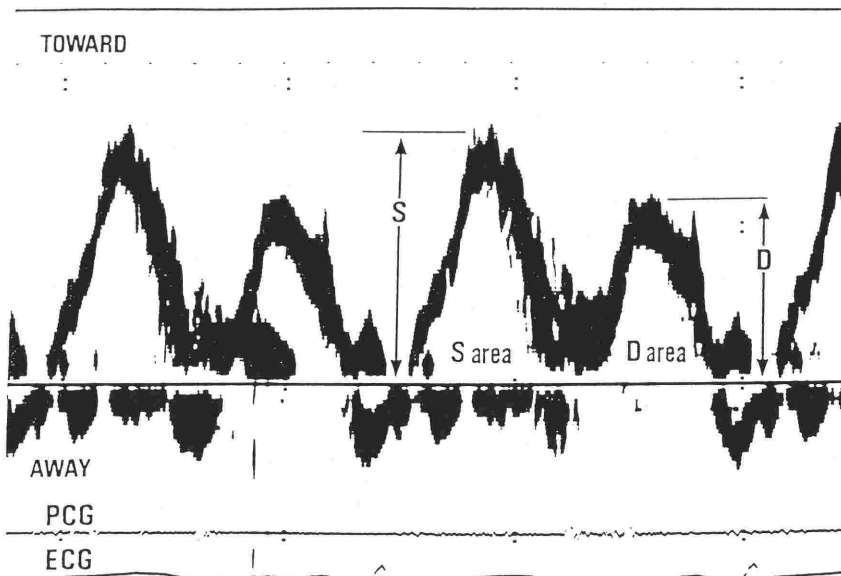


Fig. 1 Transesophageal pulsed Doppler echocardiogram of pulmonary venous flow and measured variables. Pulmonary venous flow pattern is shown. The first wave occurred during ventricular systole (S wave), the second wave during the rapid and slow ventricular filling phase of the left ventricle (D wave), and the third wave, reversed flow toward the pulmonary vein, during atrial contraction (Ab wave). Peak flow velocities of S wave and D wave (S, D), the ratio of S to D (S/D) and the ratio of the velocity-time integral of S wave to that of D wave ($S \text{ area}/D \text{ area}$) were measured from pulmonary venous flow velocity pattern.

波とA波の流速時間積分値の比 A area/R area を計算し (Fig. 2), 肺静脈血流速度波形の諸指標と比較検討した. 肺静脈血流速度波形の Ab 波は, 心房収縮期は心房の挙動の最も大きい時相にあたり, サンプリングミスが起こるためか健常心では記録できない場合があるため⁵⁾, 検討を行わなかった. なお, 検討した記録は全例心拍数が60/分以上85/分未満で, 収縮期血圧は 100 mmHg 以上 150 mmHg 未満であった. また, 肺静脈血流速度波形と左室流入血流速度波形の心拍数が10%以上異なるものは対象から除外した. 使用装置は Aloka 社製カラードプラ SSD-860 および870, 食道内探触子は 5 MHz を用いた.

結 果

肺静脈血流の心室拡張期波の最大流速Dは左室流入血流の心房収縮期流入波と拡張早期流入波の最大流速の比 A/R, 流速時間積分値の比 A area/R area の増加に伴い低下する傾向があった ($r = -0.45, -0.44$) (Fig. 3, Fig.4). 肺静脈血流の心室収縮期波Sと A/R, A area/R area との間には相関関係は認められなかった. 肺静脈血流の心室収縮期波と心室拡張期波の最大流速の比 S/D と A/R との間には $r = 0.58$ ($y = 1.26x + 0.42$,

$p < 0.001$) の粗な正の相関関係が認められた (Fig. 5). 肺静脈血流の心室収縮期波と心室拡張期波の流速時間積分値の比 S area/D area と A/R との間には $r = 0.79$ ($y = 2.99x - 0.18, p < 0.001$) の正の相関関係が (Fig. 6), S area/D area と左室流入血流の心房収縮期流入波と拡張早期流入波の流速時間積分値の比 A area/R area との間には $r = 0.67$ ($y = 3.54x + 0.19, p < 0.001$) の正の相関

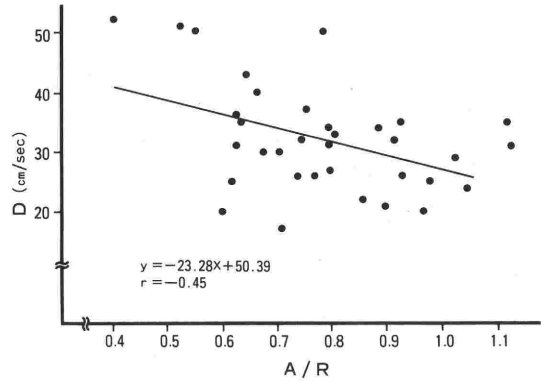


Fig. 3 Relationship between peak flow velocity of D wave (D) and the ratio of peak flow velocity during atrial contraction phase to that during rapid filling phase (A/R). D tended to decrease with increase in A/R.

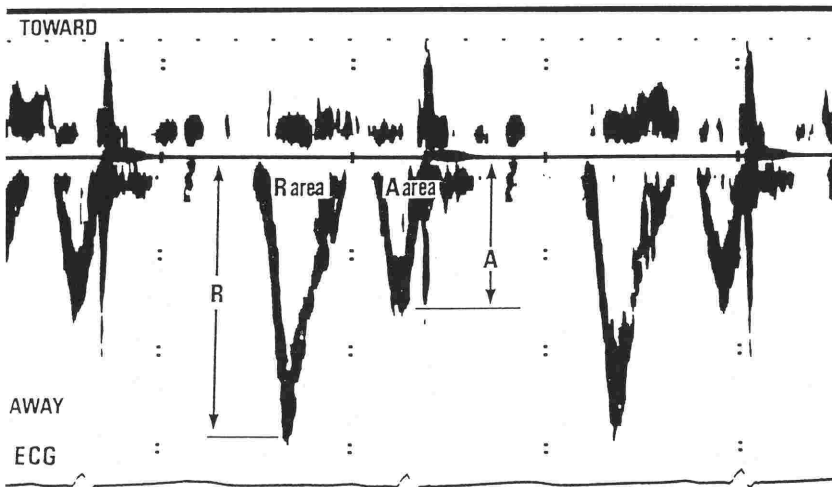


Fig. 2 Transesophageal pulsed Doppler echocardiogram of transmitral flow and measured variables. Transmitral flow pattern is shown. Peak flow velocities in rapid filling phase and in atrial contraction phase (R, A), the ratio of A to R (A/R) and the ratio of the velocity-time integral of the wave in atrial contraction phase to that in rapid filling phase (A area/R area) were measured from transmitral flow velocity pattern.

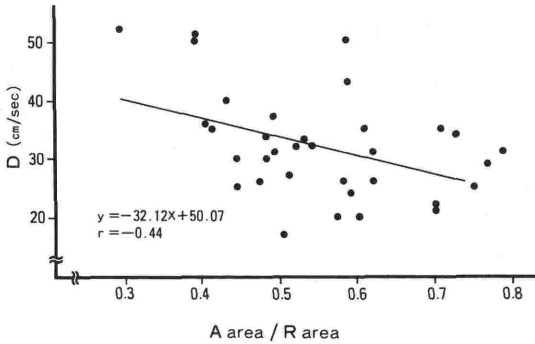


Fig. 4 Relationship between D and the ratio of velocity-time integral of the wave during atrial contraction phase to that during rapid filling phase (A area/R area). D tended to decrease with increase in A area/R area.

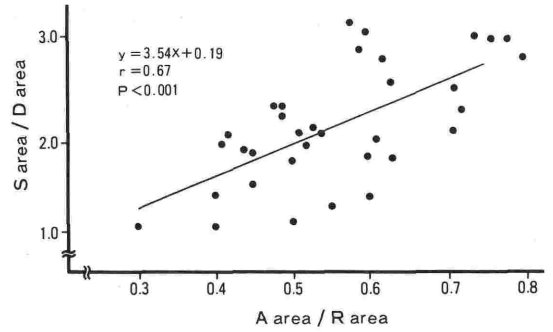


Fig. 6 Relationship between the ratio of velocity-time integral of S wave to that of D wave (S area/D area) and A/R. S area/D area correlated with A/R, presumably reflecting the left ventricular diastolic function.

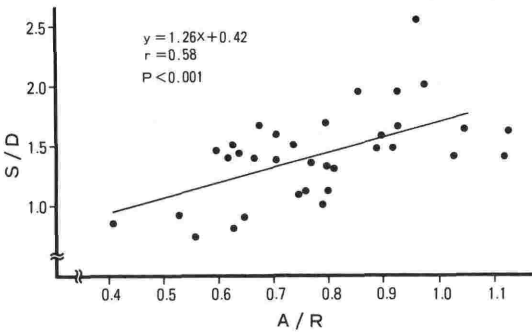


Fig. 5 Relationship between the ratio of peak flow velocity of S wave to that of D wave (S/D) and A/R. S/D increased with A/R.

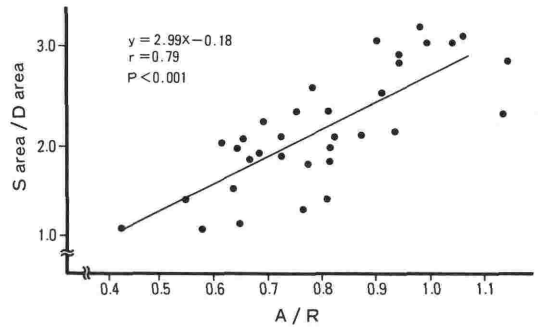


Fig. 7 Relationship between S area/D area and A area/R area. S area/D area correlated with A area/R area, indicating that the impairment of left ventricular filling dynamics affects pulmonary venous flow dynamics, by decreasing velocity-time integral of diastolic phase in pulmonary venous flow pattern.

関係が認められた (Fig. 7)。S と左室流入血流の拡張早期流入波の最大流速 R, 心房収縮期流入波の最大流速 A の間, D と R, A の間には相関関係は認められなかった。A/R と年齢の間には正の相関関係 ($y=0.0094x+0.37, r=0.73, p<0.001$) が認められた (Fig. 8)。なお, 検討時の収縮期血圧は 117 ± 12.7 mmHg, 心拍数は 76 ± 8 /分であった。

考 察

今回の研究結果は, 左室拡張能の低下とともに肺静脈血流速度波形の拡張期波成分の収縮期波成分に対する比が低下することを示している。また年

齢と A/R の間には正の相関関係が得られたことから, 加齢とともに左室拡張能が低下し, このために肺静脈血流速度波形において心室拡張期波が相対的に低下すると考えられる。心室拡張期においては, 僧帽弁は開放しており左房は導管として働き, 左室の拡張性が肺静脈血流速度波形に強く影響をおよぼしているものと考えられる。

左房へ流入する肺静脈の血流動態は, 従来動物実験²²⁾⁻³¹⁾ や開胸手術時の検討²⁹⁾³²⁾ に限られており十分に解明されていない。近年超音波ドプラ法の発達, そしてそれに続く経食道ドプラ心エ

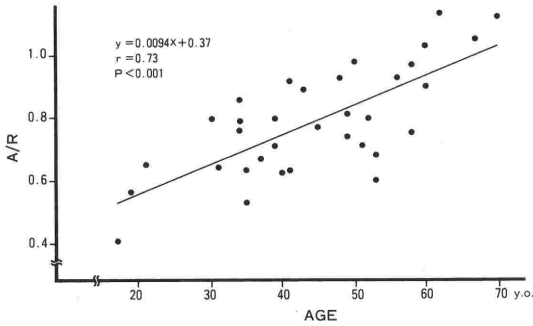


Fig. 8 Relationship between A/R and age. The left ventricular distensibility in early diastole is impaired with aging, and the contribution of the atrial contraction to left ventricular filling is compensatorily augmented.

コー図法の普及に伴い、次第にその血流動態が明らかにされるようになってきた¹⁾⁻⁵⁾。経食道ドプラ心エコー図法は、肺静脈、左房領域の血流情報の検討に鋭敏で³³⁾³⁴⁾、肺静脈血流を容易に描出できる利点を有する。

肺静脈血流動態を規定する因子には、肺血管床を通しての右心系からの圧の伝播²¹⁾⁻²⁴⁾や左心系の内圧変化による suctioning effect²⁶⁾⁻³²⁾などが挙げられてきたが、詳細な動物実験やドプラ心エコー図法による研究の結果、現在では心周期における左房、左室の収縮と弛緩により生じる左心系の内圧変化が重要な規定因子であると考えられている²⁹⁾⁻³¹⁾。

経食道パルスドプラ法により得られる肺静脈血流速度波形は、健常者では心房の能動的弛緩に伴う左房への流入波 (S₁ 波) と左室収縮に伴う左房の受動的拡張による流入波 (S₂ 波) からなる心室収縮期の S 波、急速流入期の左室拡張に伴う流入波に由来する D 波、心房収縮により左房から肺静脈に向かう逆流波に由来する Ab 波よりなる 3 ~ 4 相性の波形であるとされている⁵⁾。D 波は左房圧波形の y 谷の時相に出現するが、左室急速・緩徐流入期には僧帽弁は開放しており、左房は肺静脈から左室へと血液を送る導管として働く。このため心室拡張期の肺静脈血流動態は、左室流入血流動態、左室拡張能の影響を受けることが考えられる。著者らはこの経食道パルスドプラ法を用いて肺静脈血流動態を検討し、健康成人では加齢

に伴って肺静脈血流波形の D 波の最大流速 D は低下、S 波と D 波の最大流速の比 S/D、流速時間積分値の比 S area/D area は上昇する傾向があり、正常肺静脈血流波形は年齢とともに変化することを明らかにした¹²⁾。このことは、肺静脈血流動態において、加齢に伴って心室拡張期波成分が心室収縮期波成分に対して寄与する割合が低下することを示し、加齢に伴う左室拡張能の低下³⁴⁾³⁵⁾を反映していることが示唆される。今回の研究の結果は、肺静脈血流速度波形から求められる指標 S/D、S area/D area と左室流入血流速度波形から求められる指標 A/R、A area/R area の間に正の相関関係があることを明瞭にした。A/R、A area/R area は左室拡張能の指標として用いられており¹⁶⁾⁻¹⁹⁾、肺静脈血流動態における加齢に伴う心室拡張期波成分の寄与の低下は、左室拡張能の低下を反映していることが強く示唆される。このように、左室拡張能は左室流入のみならず左房流入のレベルにおいても影響を及ぼしており、また肺静脈血流速度波形から左室拡張能の評価が可能であることが示唆された。

左室拡張能は虚血心、肥大心や高血圧心などでは収縮能の異常に先行して障害され、また健常者でも加齢に伴い低下してくるとされて近年注目されている¹⁵⁾¹⁶⁾³⁵⁾³⁶⁾。従って麻酔・手術中の心筋虚血の発生も、左室収縮能に異常が生じる前に左室拡張能の異常として早期に捉えられると考えられる。左室拡張能の指標としては左室圧曲線から求められる peak -dP/dt, τ, 左室造影から計測される peak filling rates や超音波ドプラ法により左室流入血流速度波形から計測される拡張早期流入波の最大流速 R, R と心房収縮期流入波の最大流速 A の比 A/R などが用いられている。このように左室拡張能の指標は数多くあるが、これらの諸指標が全く同一の機能を表すものではなく¹⁹⁾、また前負荷、心拍数や年齢などの様々な因子の影響を受け、一つの指標で左室拡張機能を評価するのは難しいと考えられている¹⁷⁾⁻¹⁹⁾、今回われわれは超音波パルスドプラ法により左室流入血流速度波形から求められる指標 A/R、A area/R area を左室拡張能の指標として用いた。これらの指標は非侵襲的に、かつ比較的容易に得られ、特に A/R は左室圧曲線から求められる時定数 τ と相関し、簡易に求められる左室拡張能の指標として頻用され

ている¹⁷⁾²⁰⁾。しかし、A/R, A area/R area もまた、ともに心拍数、前負荷の影響によりその値は変動し、さらに左室壁運動に異常がある場合は asynchrony の影響を受けて大きく増加する³⁷⁾⁻⁴⁰⁾。そこで、今回の検討では ASA 分類 1 の健常心を対象とし、心拍数は60/分以上85/分未満の症例に限定した。今回の研究は臨床研究であるため心拍数を統一することはできなかったが、心周期において RR 間隔が 700 msec あれば一般に左室の拡張早期充満は完了するとされているため、この心拍数の範囲では著しい誤差は生じないものと考えられる。

Nishimura ら²¹⁾ は虚血性心疾患患者を対象として、前負荷を変化させた時の左室流入血流速度波形の R 波と肺静脈血流速度波形の D 波の最大流速、減速時間の変化を検討し、各々がよく相関し、心室拡張期における肺静脈血流動態と左室流入動態には関連があることを報告している。今回のわれわれの検討により得られた、健常心において肺静脈血流動態は左室拡張能を反映するという結果は彼らの報告を支持するものであると考えられる。しかし、前負荷の変化が左室流入血流速度波形の R 波に影響を及ぼすことは一般に認められている³⁷⁾⁻³⁹⁾ が、肺静脈血流速度波形に及ぼす影響については、D 波に直接影響を及ぼすとする報告²¹⁾⁴¹⁾ と S 波に影響を及ぼすとする報告³⁴⁾⁴²⁾ があり、一致していない。また、今回のわれわれの検討でも R と D との間に直接の相関関係は認められなかった。これらの検討は心室拡張期を拡張早期、拡張中期、拡張後期というように細かな時相に分けた検討を行っておらず、各時相ごとに異なる因子の影響を受ける可能性があり、今後の検討が必要であると思われる。

本研究は、健常心を対象とし左室収縮能はほぼ一定と考えたため、肺静脈血流速度波形と左室収縮能との関連を検討することはできなかった。肥大心、拡大心や虚血心での検討では肺静脈血流速度波形の S 波と左室収縮性との関連を示した報告⁷⁾¹⁴⁾ があるが、S 波の成因については、右心の影響を必ずしも無視することもできないと思われ複雑であると考えられる。

近年、超音波ドプラ法による左室流入血流速度波形や肺静脈血流速度波形から左心の充満圧が推測できるとする報告¹³⁾¹⁴⁾ がみられる。しかし、左室

流入血流速度波形の指標から左心充満圧を推測する研究では全く矛盾する結果¹³⁾¹⁴⁾ が報告されており、左室流入血流速度波形の偽正常化現象¹⁸⁾ を考慮すると、左室流入動態から左室充満圧を評価するのは単純なことではないと思われる。Kuecherer ら¹⁴⁾ は、心臓血管外科手術を対象とした検討で経食道パルスドプラ法から得られる肺静脈血流速度波形の、心室収縮期波と心室拡張期波の流速時間積分値の和に対する心室収縮期波の流速時間積分値の占める割合“systolic fraction”と左房圧が良好な負の相関関係を持つことを報告している。経食道パルスドプラ法によって麻酔・手術中に左房圧を推測することが可能であれば、われわれ麻酔科医にとって極めて有用なモニター法となる。しかし、彼らの結論を、われわれの肺静脈血流速度波形の加齢に伴う変化¹²⁾ に当てはめると、左房圧は若年者で高く加齢に伴い低下することになり、矛盾が生じる。また Kuecherer らと同様の検討を行い、肺静脈血流速度波形からの指標は左房圧推定の指標にはならないとする報告⁴³⁾ もある。左心の充満圧を超音波ドプラ法による左心の流入動態から推測することには引き続き検討が必要であると思われるが、“eye ball index”となる指標が確立されれば、麻酔・手術中のモニター法として極めて有用な手段となるので、今後の展開が期待される。

結 論

経食道パルスドプラ法により得られる左室流入血流速度波形の左室拡張早期流入波と心房収縮期流入波の最大流速の比 (A/R)、あるいは流速時間積分値の比 (A area/R area) は、肺静脈血流速度波形の心室収縮期波と心室拡張期波の最大流速の比 (S/D)、あるいは流速時間積分値の比 (S area/D area) と有意に相関した。これらの結果は、左室拡張能が左房流入動態に影響を及ぼしていることを示唆している。

本稿の要旨は第55回日本超音波医学会（福岡）および第9回日本臨床麻酔学会（東京）において、またその一部を第37回日本心臓病学会（京都）および the 63rd Annual Scientific Sessions of the American Heart Association (Dallas, Texas) において発表した。

参考文献

- 1) Keren, G., Sherez, J., Megidish, R., et al.: Pulmonary venous flow pattern—its relationship to cardiac dynamics.; A pulsed Doppler echocardiographic study. *Circulation* 71:1105-1112, 1985.
- 2) 塔間陽一, 松崎益徳, 阿武義人ほか: 食道内超音波心断層法およびパルス・ドプラー法による肺静脈血流波形の検討. *日超医論文集* 46: 683-684, 1985.
- 3) Smallhorn, J. F., Freedom, R. M., Olley P. M.: Pulsed Doppler assessment of extraparenchymal pulmonary vein flow. *J Am Coll Cardiol* 9: 573-579, 1987.
- 4) Keren, G., Sonnenblick, E. H., Lejemtel, T. H.: Mitral Anulus motion; Relation to pulmonary venous and transmitral flows in normal subjects and in patients with dilated cardiomyopathy. *Circulation* 78:621-629, 1988.
- 5) 赤松 繁, 寺澤悦司, 加川憲作ほか: 経食道パルスドプラ法による肺静脈血流波形の検討. *循環制御* 10: 635-640, 1989.
- 6) 神田 進, 片山博視, 青塚裕之ほか: ドプラーエコー法による肺静脈血流の解析; 第一報, 肺静脈血流はいくつの成分よりなるか. *心臓* 21: 1057-1063, 1989.
- 7) 井内 新, 大木 崇, 内田知行ほか: 拡大心および肥大大心における肺静脈血流速波形の検討. *日超医論文集* 54: 143-144, 1989.
- 8) 神田 進, 片山博視, 里見元義ほか: 心筋症における肺静脈血流パターン. *日超医論文集* 54: 145-146, 1989.
- 9) 河野智彦, 大木 崇, 井内 新ほか: 僧帽弁狭窄症における肺静脈血流動態の検討. *日超医論文集* 54: 183-184, 1989.
- 10) Schiavone, W. A., Calafiore, P. A, Salcedo, E. E.: Transesophageal Doppler echocardiographic demonstration of pulmonary venous flow velocity in restrictive cardiomyopathy and constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* 63:1286-1288, 1989.
- 11) 小川 聡, 大木 崇, 井内 新ほか: 肥大型心筋症における上大静脈および肺静脈血流速波形の検討. *超音波医学* 17: 223-232, 1990.
- 12) 赤松 繁, 加川憲作, 寺澤悦司ほか: 経食道ドプラ心エコー図法による加齢に伴う肺静脈血流動態の検討. *超音波医学* 17: 504-509, 1990.
- 13) Stork, T. V., Muller, R. M., Piske, G. J., et al: Noninvasive measurement of left ventricular filling pressures by means of transmitral pulsed Doppler ultrasound. *Am J Cardiol* 64:655-660, 1989.
- 14) Kuecherer, H. F., Muhiudeen, I. A., Kusumoto, F. M., et al.: Estimation of mean left atrial pressure from transesophageal pulsed Doppler echocardiography of pulmonary venous flow. *Circulation* 82:1127-1139, 1990.
- 15) Matsuo, H., Kitabatake, A., Asao, M., et al.: Noninvasive evaluation of diastolic properties of the left ventricle by pulsed Doppler flowmetry combined with real-time two-dimensional echocardiography. *J Cardiogr* 10:697-708, 1980.
- 16) Kitabatake, A., Inoue, M., Asao, M., et al.: Transmitral blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease. *Jpn Circ J* 46:92-102, 1982.
- 17) Tanouchi, J., Kitabatake, A., Asao, M., et al.: Role of left ventricular relaxation on transmitral flow dynamics during early diastole; A study with pulsed Doppler flowmetry. *J Cardiogr* 13: 301-307, 1983.
- 18) Appleton, C. P., Hatle, L. K., Popp, R. L.: Relation of transmitral flow velocity patterns to left ventricular diastolic function; New insights from a combined hemodynamic and Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 12:426-440, 1988.
- 19) Lew, W. Y. W.: Evaluation of left ventricular diastolic function. *Circulation* 79:1393-1397, 1989.
- 20) Myreng, Y., Smiseth, O. A.: Assessment of left ventricular relaxation by Doppler echocardiography.; Comparison of isovolumic relaxation time and transmitral flow velocities with time constant of isovolumic relaxation. *Circulation* 81: 260-266, 1990.
- 21) Nishimura, R. A., Abel, M. D., Hatle L. K., et al.: Relation of pulmonary vein to mitral flow velocities by transesophageal Doppler echocardiography.; Effect of different loading conditions. *Circulation* 81:1488-1497, 1990.
- 22) Morkin, E., Collins, J. A., Goldman H. S., et al.: Pattern of blood flow in the pulmonary veins of the dog. *J Appl Physiol* 20:1118-1128, 1965.
- 23) Pinkerson, A. L.: Pulse wave propagation through the pulmonary vascular bed of dogs. *Am J Physiol* 213:450-454, 1967.
- 24) Szidon, J. P., Ingram, R. H., Fishman, A. P.: Origin of the pulmonary venous flow pulse. *Am J Physiol* 214:10-14, 1968.
- 25) Guntheroth, W. G., Gould, R., Butler, J., et al.: Pulsatile flow in pulmonary artery, capillary, and vein in the dog. *Cardiovasc Res* 8:330-337, 1974.
- 26) Dixon, Jr S. H., Nolan, S. P., Morrow, A. G.: Pulmonary venous blood flow.; The effects of alteration in left atrial pressure, pulmonary arterial occlusion, and mitral regurgitation in the dog. *Ann Surg* 174:944-949, 1971.
- 27) Morgan, B. C., Dillard, D. H., Guntheroth, W. G.: Effect of cardiac and respiratory cycle on pulmonary vein flow, pressure, and diameter. *J. Appl Physiol* 21:1276-1280, 1966.
- 28) Morgan, B. C., Abel, F. L., Mullins, G. L., et al.: Flow patterns in the cava, pulmonary artery, pulmonary vein, and aorta in intact dogs. *Am J Physiol* 210:903-909, 1966.
- 29) Rajagopalan, B., Friend, J. A., Stallard, T., et al.: Blood flow in pulmonary veins.: I Studies in dog and man. *Cardiovasc Res* 13:667-676, 1979.
- 30) Rajagopalan, B., Friend, J. A., Stallard, T., et al.: Blood flow in pulmonary veins.: II The influence of events transmitted from the right and left sides of the heart. *Cardiovasc Res* 13:677-683,

- 1979.
- 31) Rajagopalan, B., Bertram, C. D., Stallard, T., et al.: Blood flow in pulmonary veins.: III Simultaneous measurements of their dimensions, intravascular pressure and flow. *Cardiovasc Res* **13**:684-692, 1979.
 - 32) Skagseth, E.: Pulmonary vein flow pattern in man during thoracotomy. *Scand J Thor Cardiovasc Surg* **10**:36-42, 1976.
 - 33) Akamatsu, S., Terazawa, E., Kagawa, K., et al.: Physiological mitral regurgitation: A study with transesophageal Doppler echocardiography. *Circulation* **82**:III-45, 1990.
 - 34) Akamatsu, S., Kagawa, K., Terazawa, E., et al.: Effect of PEEP on left atrial filling dynamics assessed by transesophageal pulsed Doppler echocardiography. *Circulation* **82**:III-722, 1990.
 - 35) Miyatake, K., Okamoto, M., Konoshita, N, et al: Augmentation of atrial contribution to left ventricular inflow with aging as assessed by intracardiac Doppler flowmetry. *Am J Cardiol* **53**: 586-589, 1984.
 - 36) Spirito, P., Maron, B. J.: Influence of aging on Doppler echocardiographic indices of left ventricular diastolic function. *Br Heart J* **59**: 672-679, 1988.
 - 37) Choong, C. Y., Herrmann, H. C., Weyman, A. E., et al.: Preload dependence of Doppler-derived indices of left ventricular diastolic function in humans. *J Am Coll Cardiol* **10**:800-808, 1987.
 - 38) Nishimura, R. A., Abel, M. D., Housmans, P. R., et al.: Mitral flow velocity curves as a function of different loading conditions.; Evaluation by intraoperative transesophageal Doppler echocardiography. *J Am Soc Echo* **2**:79-87, 1989.
 - 39) Choong, C. Y., Abascal, V. M., Thomas, J. D., et al.: Combined influence of ventricular loading and relaxation on transmitral flow velocity profile in dogs measured by Doppler echocardiography. *Circulation* **78**:672-683, 1988.
 - 40) Fujii, J., Yazaki, Y., Sawada, H., et al.: Noninvasive assessment of left and right ventricular filling in myocardial infarction with a two-dimensional Doppler echocardiographic method. *J Am Coll Cardiol* **5**:1155-1160, 1985.
 - 41) 寒河井博, 新田政男, 高元俊彦ほか: 血液透析療法における肺静脈血流と左房・左室挙動の検討. *日超医論文集* **56**: 179-180, 1990.
 - 42) 藤本 卓, 大木 崇, 井内 新ほか: 健常例における下半身陰圧負荷時の上大静脈及び肺静脈血流速波形の変化に関する検討. *超音波医学* **18**: 668-677, 1991.
 - 43) Tuccillo, B., McAlpine, H. M., Herwerden, L. A., et al.: Does the pulmonary venous Doppler profile provide a noninvasive estimate of left atrial pressure? *Circulation* **82**:III-721, 1990.

Relation of pulmonary venous flow dynamics to left ventricular filling dynamics.; A study by transesophageal pulsed Doppler echocardiography.

Shigeru Akamatsu, Etsuji Terazawa, Kensaku Kagawa
Michio Arakawa, Shuji Dohi and Michio Yamamoto

Department of Anesthesiology and the Second Department of Internal Medicine,
Gifu University School of Medicine, Tsukasa-machi 40, Gifu 500

To assess the relationship between pulmonary venous flow dynamics and left ventricular filling dynamics, we studied 34 ASA Physical Status 1 patients with transesophageal Doppler echocardiography under general anesthesia. Peak flow velocities of ventricular systolic and diastolic waves (S, D), the ratio of S to D (S/D), and the ratio of the velocity-time integral of ventricular systolic wave to that of diastolic wave (S area/D area) were measured from pulmonary venous flow velocity pattern. Peak flow velocities in atrial contraction phase and in rapid filling phase (A, R), the ratio of A to R (A/R) and the ratio of the velocity-time integral of the wave in atrial contraction phase to that in rapid filling phase (A area/R area) were

measured from transmitral flow velocity pattern. Then, we examined the relationship between the variables from pulmonary venous flow and the variables from transmitral flow.

There were good correlations between S/D and A/R ($r=0.58$, $p<0.001$), between S area/D area and A/R ($r=0.79$, $p<0.001$), and between S area/D area and A area/R area ($r=0.67$, $p<0.001$). These results indicate that pulmonary venous flow dynamics is influenced to a certain degree by left ventricular filling dynamics. We conclude that left ventricular diastolic function affects not only left ventricular filling dynamics but also left atrial filling dynamics.

Key words: Pulmonary venous flow, Left ventricular diastolic function, Transesophageal Doppler echocardiography.