

大動脈後壁動態による一回心拍出量および僧帽弁逆流量の判定

Echocardiographic estimation of stroke volume and mitral regurgitant volume using new parameter from aortic posterior wall motion

萬 忠雄
松崎 益徳
佐々田孝美
穎原 健
石田 健
深川 和英
谷門 治*
清水 正雄*
野本 良一*
楠川 禮造

Tadao YOROZU
Masunori MATSUZAKI
Takami SASADA
Ken EHARA
Ken ISHIDA
Kazuhide FUKAGAWA
Osamu TANIKADO*
Masao SHIMIZU*
Ryoichi NOMOTO*
Reizo KUSUKAWA

Summary

Noninvasive method of the estimation of stroke volume (SV) and mitral regurgitant volume (MRV) has been still needed for evaluating the severity and hemodynamic state of patients with mitral regurgitation of various causes. In our present study, the first attempt was done for the echocardiographic determination of MRV and SV among patients with mitral regurgitation (Group MR: n=21) and patients with other heart disease except ASD (Group No-MR: n=48). A new echocardiographic parameter, posterior wall excursion of the aorta times left atrial dimension (Ao-PWE \times LAD), was correlated with SV determined by the standard Fick method in No-MR; $SV = 0.372 \times (Ao-PWE \times LAD) - 20.8$, $LAD \leq 40$ mm (n=34). $SV = 0.409 \times (Ao-PWE \times LAD) - 63.1$, $LAD > 40$ mm (n=14). In Group MR, MFV (stroke volume determined using Ao-PWE \times LAD) minus SV_f (forward stroke volume determined by the Fick method or the thermodilution method) had the good correlation with the degree of MR determined by angiography. It is suggested that the echocardiographi-

山口大学医学部 第二内科
山口県宇部市小串 1144 (〒755)
* 済生会下関病院 循環器内科
山口県下関市貴船町 3-4-1 (〒751)

Department of Internal Medicine, Yamaguchi University School of Medicine, Kogushi 1144, Ube, Yamaguchi, 755

*Cardiovascular Medicine, Saiseikai Shimonoseki Hospital, Kifune-cho 3-4-1, Shimonoseki, Yamaguchi, 751

Presented at the 16th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Tokyo, March 28, 1978
Received for publication May 6, 1978

cally determined SV and MRV using our parameters, $(Ao-PWE \times LAD)$ and $(Ao-PWE \times LAD) - SV_f$ respectively, are available for the detection and estimation of the severity of mitral regurgitation.

Key words

Aortic posterior wall excursion \times Left atrial dimension $(Ao-PWE \times LAD)$ Stroke volume (SV)
Mitral regurgitant volume (MRV)

緒 言

心エコー図から得られる大動脈後壁動態, とくにその振幅 (Ao-PWE) と一回心拍出量 (SV) との関係については, すでに報告されているが^{1,2)}, その相関は必ずしも満足できるものではなかった. この原因として (Ao-PWE) に対する左房径 (LAD), あるいは基礎疾患の影響が考えられる. 一般に (Ao-PWE) は SV が同じ場合は LAD が大きいほど小さく, また, SV と LAD が同じ場合は僧帽弁閉鎖不全症 (MR) で大きくなるのが観察される. したがって, 我々は $(Ao-PWE \times LAD)$ という指標を作り, MR および心房中隔欠損症 (ASD) を含まない群 (No-MR 群) で Fick 法で求めた forward SV と $(Ao-PWE \times LAD)$ との関係を見た. ついで, MR 群では

$(Ao-PWE \times LAD)$ を利用して MR の重症度の判定を試みた.

対象および方法

対象は, No-MR 群ではリウマチ性弁膜症 17 例, 虚血性心疾患 6 例など計 48 例である. ASD を有さない MR 群では, リウマチ性 11 例, 僧帽弁 prolapse 6 例を含む非リウマチ性 10 例の計 21 例で, 左室造影による逆流の重症度は, Sellers³⁾ I 度 8 例, II 度 8 例, III 度 5 例で, IV 度はなかった.

超音波装置には Aloka 製 SSD 80 型を使用し, 2.25 MHz, 直径 10 mm の平板探触子を用いて第 3 あるいは第 4 肋間で, RAL の方向⁴⁾ で連続記録装置にて記録した. 心エコー検査は心カテーテル検査と同時, あるいは心カテーテル検査施行

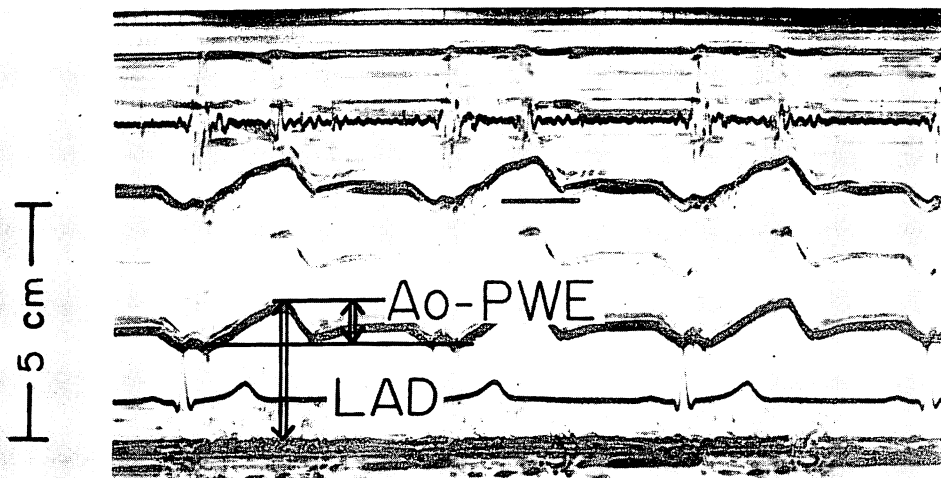


Fig. 1. A normal echocardiogram in the RAL position.

Aortic posterior wall excursion (Ao-PWE) and left atrial dimension (LAD) are measured.

日の前後1週間以内に行った。検査日が異なる場合は、心拍数の違いが10心拍以内のものを使用した。

(Ao-PWE)は、大動脈後壁の最大前方位から最大後方位までの振幅を計測し、LADは拡張早期の最大径を測定した(Fig. 1)。各値は洞調律例では5心拍以上、心房細動例では10心拍以上の計測値の平均を用いた。なお、LADは23.2~76.4 mm、平均38.2 mmであった。SVはFick法あるいは熱稀釈法によって求め、心室中隔欠損症(VSD)では1心拍当りの肺動脈血流量(Qp/HR)を使用した。

Fig. 2にLADの違いによる(Ao-PWE)の変化を示す。Case 1では、SV=55 ml/beat、

LAD=30 mm、(Ao-PWE)=7.5 mm、(Ao-PWE×LAD)=225 mm²だが、Case 2では、SVは57.6 ml/beatとCase 1とほぼ同じ値を呈するが、LADが52 mmと大きいため、(Ao-PWE)は5.4 mmと小さく、その結果(Ao-PWE×LAD)は280.8 mm²となっている。MR例とNo-MR例での(Ao-PWE×LAD)の違いをFig. 3に示す。Case 3のNo-MR例では、SV=100 ml/beat、LAD=31 mm、(Ao-PWE)=9.5 mm、(Ao-PWE×LAD)=294.5 mm²だが、MRがSellers III度のCase 4では、SVと(Ao-PWE)はそれぞれ88 ml/beat、9.6 mmとCase 3とほぼ同じ値を呈するが、LADが60 mmと大きいため、(Ao-PWE×

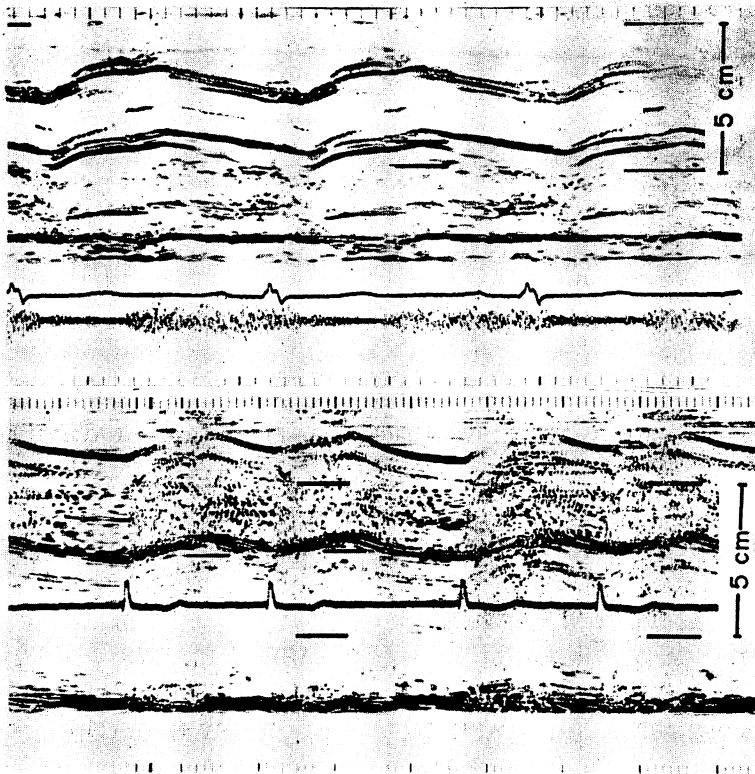


Fig. 2. Difference of (Ao-PWE) related to LAD size in 2 patients with the same stroke volume.

Case 1 (top). SV: 55 ml/beat, Ao-PWE: 7.5 mm, and LAD: 30 mm.

Case 2 (bottom). SV: 57.6 ml/beat, Ao-PWE: 5.4 mm, and LAD: 52 mm.

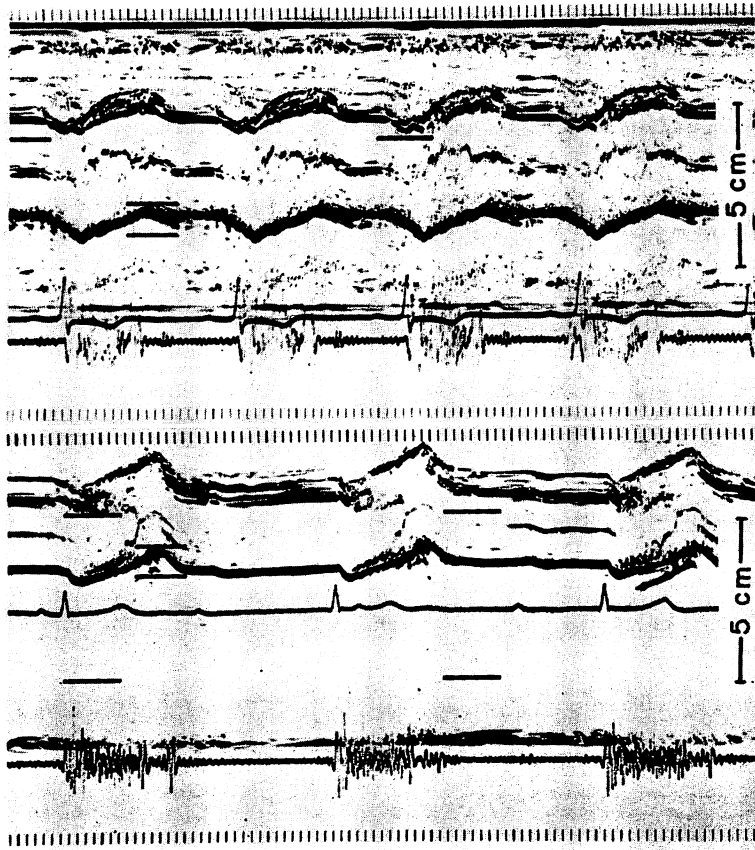


Fig. 3. Difference of (Ao-PWE×LAD) in two patients with or without mitral regurgitation (MR).

Case 3 (top). HOCM. SV: 100 ml/beat, Ao-PWE: 9.5 mm, LAD: 31 mm, and (Ao-PWE×LAD): 294.5 mm².

Case 4 (bottom). MR (Grade 3). SV: 88 ml/beat, Ao-PWE: 9.6 mm, LAD: 60 mm, and (Ao-PWE×LAD): 594 mm².

LAD) は 594 mm² と非常に大きな値となる。これは (Ao-PWE×LAD) が forward SV に僧帽弁逆流流量 (MRV) を加えた僧帽弁血流量 (MFV) を反映しているためと考えられる。したがって、はじめに forward SV (VSD では Qp/HR) と MFV が異なる MR および ASD を除いた No-MR 群において、(Ao-PWE×LAD) と forward SV (Qp/HR) との関係求めた。ついで、MR 例では (Ao-PWE×LAD) より MFV を求め、これと Fick 法あるいは熱希釈法

で求めた forward SV との差を MRV とした。

結 果

ASD および MR を含まない No-MR 群を、LAD ≤ 40 mm と LAD > 40 mm の 2 群に分けて、(Ao-PWE×LAD) と Fick 法で求めた forward SV との関係を見た。

LAD ≤ 40 mm では (Fig. 4),

$$\text{forward SV} = 0.372 \times (\text{Ao-PWE} \times \text{LAD}) - 20.8 \quad \dots (1)$$

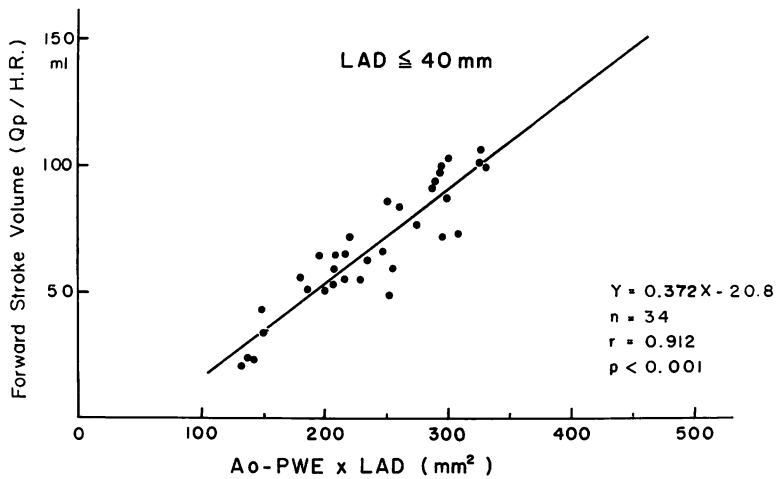


Fig. 4. Relationship of forward stroke volume to (Ao-PWE×LAD) in No-MR group (LAD ≤ 40 mm).

In VSD, Qp/HR is used instead of Forward stroke volume.

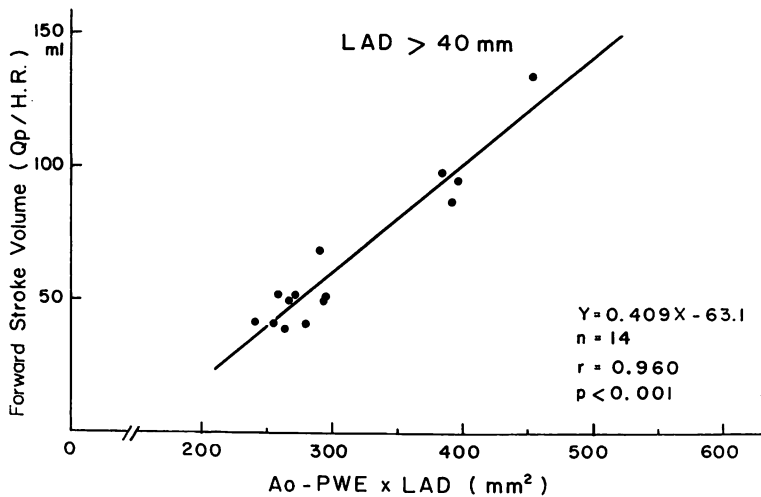


Fig. 5. Relationship of forward stroke volume to (Ao-PWE×LAD) in No-MR group (LAD > 40 mm).

$n=34, r=0.912, p<0.001$

LAD > 40 mm では (Fig. 5),

$$\text{forward SV} = 0.409 \times (\text{Ao-PWE} \times \text{LAD}) - 63.1 \quad \dots (2)$$

$n=14, r=0.960, p<0.001$

とそれぞれ非常に良い相関が得られた。

同様に, ASD を有さない MR 群を, LAD ≤ 40 mm と LAD > 40 mm の 2 群に分けて, Fick 法あるいは熱稀釈法で求めた forward SV と, (Ao-PWE×LAD) との関係を見た. LAD ≤ 40 mm では (Fig. 6), No-MR 群で求めた回帰直線を実線で示し, その 2 SD を破線, MR の

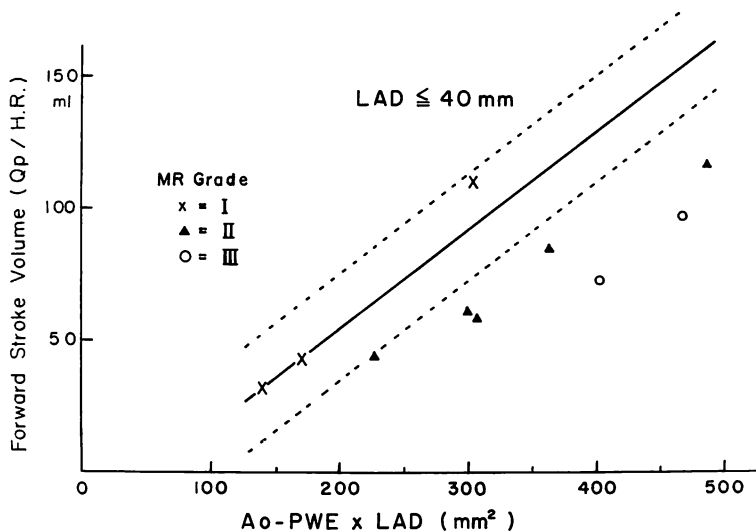


Fig. 6. Relationship of forward stroke volume to (Ao-PWE×LAD) in MR group (LAD≤ 40 mm).

Solid line is the regression line in No-MR group and dotted lines are its SD.

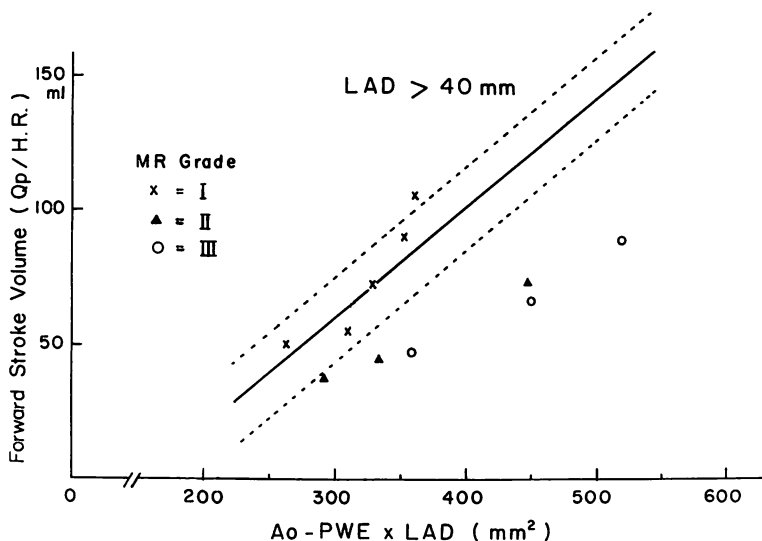


Fig. 7. Relationship of forward stroke volume to (Ao-PWE×LAD) in MR group (LAD> 40 mm).

I 度を×印, II 度を▲印, III 度を○印で示すと, I 度は 2 SD 内に入るが, II 度, III 度では 2 SD より下方へ偏位した. LAD>40 mm の MR 群

でも同様の結果を得た (Fig. 7).

MR の重症度を判定するために, MR 例での (Ao-PWE×LAD) を (1), あるいは (2) 式に代

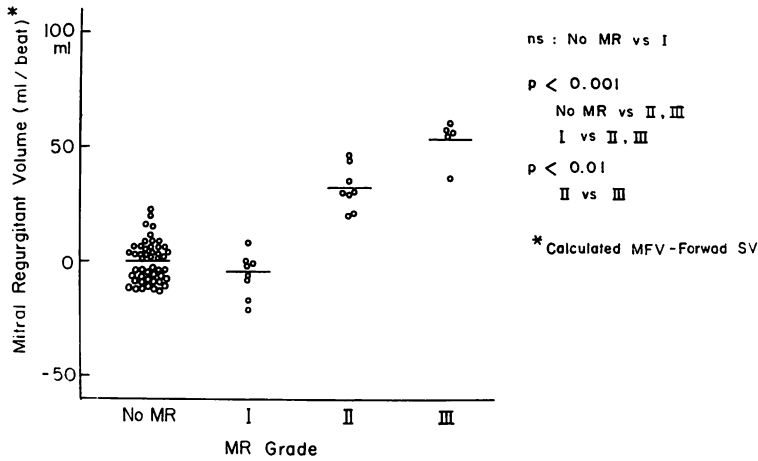


Fig. 8. Comparison of mitral regurgitant volume with grade of mitral regurgitation (MR).

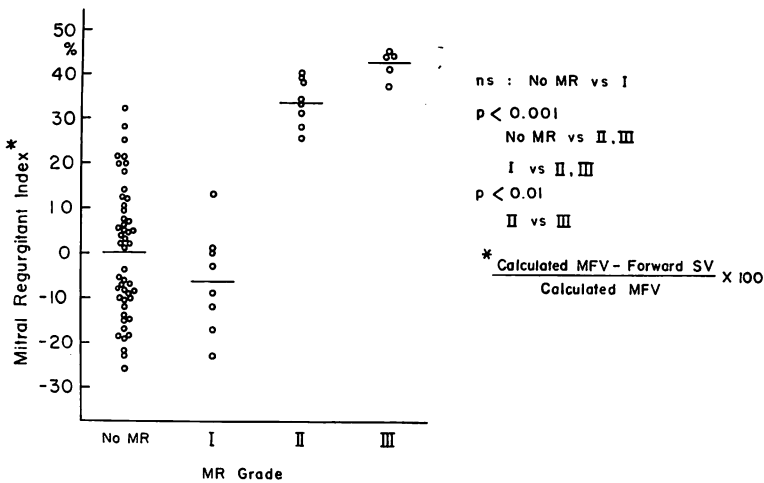


Fig. 9. Comparison of mitral regurgitant index with grade of mitral regurgitation (MR).

入して MFV を求め、これと Fick 法あるいは熱稀釈法で求めた forward SV とから、僧帽弁逆流量 (MRV=MFV-forward SV) と僧帽弁逆流量率 (MRI=MRV/MFV×100) を求めた。Fig. 8 に MRV と左室造影で判定した MR の重症度との比較を示す。MRV は I 度 (平均±SD: -5.9±9.4 ml/beat), II 度 (31.9±9.5 ml/beat), III 度 (52.6±9.5 ml/beat) となり、No-MR 群と I 度 MR 群とでは有意差を認めなかったが、

No-MR 群と II 度あるいは III 度 MR 群との間、および I 度 MR 群と II 度あるいは III 度 MR 群との間には、それぞれ p<0.001 の有意差がみられた。また、II 度 MR 群と III 度 MR 群との間にも p<0.01 の有意差がみられた。MRI と左室造影で判定した MR の重症度との比較にても、MRV と同様 No-MR 群と I 度 MR 群とでは有意差がみられなかったが、他の群の間にはそれぞれ有意差がみられた (Fig. 9)。

考 案

1. 一回心拍出量 (SV) の算出

心エコー図の左室内径 (LVD) から SV を求める方法に関しては、数多く報告されている⁵⁻¹²⁾。しかし、左室に asynergy がある場合^{10,11)}、あるいは心室中隔が奇異性運動を呈する場合は、LVD から SV を求めることは困難となる。これに対して、左房容積から SV を求める方法^{13,14)}は、左室の asynergy あるいは中隔の異常運動に影響されないと考えられる。しかし、心エコー図では LAD と左房容積との関係^{4,12)}、あるいは大動脈後壁動態と左房容積変化との関係¹⁵⁾に関しては報告されているが、心エコー図を利用したの1心周期における左房容積変化量 (LAVC) と SV との関係は報告されていない。我々は、LAVC を間接的に反映していると考えられる指標 (Ao-PWE×LAD) を用い、これと Fick 法で求めた forward SV との関係性を No-MR 群でみた。No-MR 群では (Ao-PWE×LAD) と forward SV とは非常に良い正の相関があり、(Ao-PWE×LAD) を用いることにより SV を求めることができると結論した (SD=9 ml)。一方、No-MR 群においては forward SV=MFV となるため、MR 群では (Ao-PWE×LAD) を利用して MFV (MFV=forward SV+MRV) を算出可能である。

2. 僧帽弁逆流量 (MRV) の判定

左室造影による MRV の判定については、多数の報告があるが^{3,16-22)}、MR に大動脈弁閉鎖不全症 (AR) が合併している時は、両者を区別して判定することは困難である。同様に、心エコー図の LVD より MRV を求める方法⁶⁾も、AR 合併例あるいは左室に asynergy がある場合は MRV を求めることは不可能である。しかし、左房容積から MRV を求める方法は、左房造影法¹⁴⁾あるいは心エコー図法²³⁾とも、AR 合併の有無あるいは左室の asynergy の有無には影響されないと考えられる。今回、我々が使用した指標 (Ao-PWE×LAD) は、LAVC を心エコー図で

みたものであり、この指標から MFV を求め、これと Fick 法あるいは熱稀釈法で求めた forward SV とから MRV, MRI を求めることができる。この MRV, MRI は左室造影で判定した MR の重症度とよく一致した。したがって、(Ao-PWE×LAD) より MRV, MRI を求める我々の方法は、MR の重症度を判定するのに非常に有効な方法である。しかし、大動脈の著明な拡大によって LAD が極端に狭小化されている症例は、その特異性のため今回の対象から除外した。

結 語

1. ASD を含まない No-MR 群では (Ao-PWE×LAD) から SV (SV=MFV) を算出できる。

2. MR 群では (Ao-PWE×LAD) より MFV を求め、 $MRV=MFV-\text{forward SV}$ 、 $MRI=MRV/MFV\times 100$ とすると、この MRV, MRI により MR の重症度を判定できる。

文 献

- 1) Pratt RC, Parisi AF, Harrington JJ, Sasahara AA: The influence of left ventricular stroke volume on aortic root motion. *Circulation* **53**: 947, 1976
- 2) 萬 忠雄, 松崎益徳, 前田準也, 深川和英, 岡部光久, 佐々田孝美, 池江喜信, 野元城弘, 薦田 信, 三瀬淳一: 大動脈基部運動と1回拍出量との関係. *日超医講演論文集* **30**: 219, 1976
- 3) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW: Left retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease. *Amer J Cardiol* **14**: 437, 1964
- 4) Hirata T, Wolfe SB, Popp RL, Helmen CH, Feigenbaum H: Estimation of left atrial size using ultrasound. *Amer Heart J* **78**: 43, 1969
- 5) Feigenbaum H, Zaky A, Nasser WK: Use of ultrasound to measure left ventricular stroke volume. *Circulation* **35**: 1092, 1967
- 6) Popp RL, Harrison DC: Ultrasonic cardiac echography for determining stroke volume and valvular regurgitation. *Circulation* **44**: 575, 1971
- 7) Pombo JF, Troy BL, Russel RO: Left ventricular volumes and ejection fraction by echocardi-

- graphy. *Circulation* **43**: 480, 1971
- 8) Fortuin NJ, Hood WP, Sherman ME, Craig E: Determination of left ventricular volumes by ultrasound. *Circulation* **44**: 575, 1971
 - 9) Gibson DG: Estimation of left ventricular size by echocardiography. *Brit Heart J* **35**: 128, 1973
 - 10) Ratshin RA, Boyd CN, Rackley CE, Moraski RE, Russel RO: Quantitative echocardiography: Correlation with ventricular volumes by angiocardiology in patients with coronary artery disease with and without wall motion abnormalities. *Circulation (Suppl)* **48**: 4-48, 1973
 - 11) Teichholz LE, Kleulen T, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Amer J Cardiol* **37**: 7, 1976
 - 12) TenCate FJ, Kloster FE, VanDorp WG, Meester GT, Roelandt J: Dimensions and volumes of left atrium and ventricle determined by single beam echocardiography. *Brit Heart J* **36**: 737, 1974
 - 13) Murray JA, Kennedy JW, Figley MM: Quantitative angiocardiology: 2. The normal left atrial volume in man. *Circulation* **37**: 800, 1968
 - 14) Kennedy JW, Yarnall SR, Murray LA, Firley MM: Quantitative angiocardiology: 4. Relationships of left atrial and ventricular pressure and volume in mitral valve disease. *Circulation* **41**: 817, 1970
 - 15) Strunk BL, Fitzgerald LW, Lipton M, Popp RL, Barry WH: The posterior aortic wall echogram. Its relationship to left atrial volume change. *Circulation* **54**: 744, 1977
 - 16) Sandler H, Dodge HT, Hay RE, Rackley CE: Quantitation of valvular insufficiency in man by angiocardiology. *Amer Heart J* **65**: 501, 1963
 - 17) Miller GAH, Broun R, Swan HJC: Isolated congenital mitral insufficiency with particular reference to left heart volumes. *Circulation* **29**: 356, 1964
 - 18) Miller GAH, Kirklin JW, Swan HJC: Myocardial function and left ventricular volumes in acquired valvular insufficiency. *Circulation* **31**: 374, 1965
 - 19) Jones JW, Rackley CE, Bruce RA, Dodge HT, Cobb LA, Sandler H: Left ventricular volumes in valvular heart disease. *Circulation* **29**: 887, 1964
 - 20) Horney M, Grough JH, Katsaros S, Miller GAH, Thuraisingham V: Left ventricular cine-angiography in the assessment of mitral regurgitation. *Brit Heart J* **31**: 596, 1969
 - 21) Tyrrell MJ, Ellisin C, Hugenholtz PG, Nadas AS: Correlation of degree of left ventricular volume overload with clinical course in aortic and mitral regurgitation. *Brit Heart J* **32**: 683, 1970
 - 22) Bolen JL, Alderman EL: Ventriculographic and hemodynamic features of mitral regurgitation of cardiomyopathic, rheumatic and nonrheumatic etiology. *Amer J Cardiol* **39**: 177, 1977
 - 23) Strunk BL, Fitzgerald JW, Alderman EL, Popp RL: The value of the left atrial echogram in quantitating the severity of mitral regurgitation and mitral stenosis. *Amer J Cardiol* **37**: 175, 1976