

## 승모판 협착증의 중증도 평가에 Pulse Doppler 법에 의한 Pressure Half Time 의 유용성\*

부산대학교 의과대학 내과학교실

신 영 우

= ABSTRACT =

### Usefulness of Pressure Half Time by Pulse Doppler Ultrasound in Evaluation of the Severity of Mitral Stenosis

Yung-Woo Shin, M.D.

*Department of Internal Medicine, College of Medicine, Pusan National University*

Twenty-seven patients with moderate or severe mitral stenosis (MS) were studied by cardiac catheterization and angiography, 2-dimensional (2-D) echocardiography and Doppler echocardiography to assess the ability of Doppler ultrasound to accurately measure mitral valve orifice area and to assess whether mitral regurgitation (MR) affected the calculation. Mitral valve area by Doppler was determined by the pressure half time method. There were good correlation between 2-D & Doppler echocardiography ( $r=0.84$ ) and between cardiac catheterization & Doppler echocardiography ( $r=0.83$ ) regardless of the presence of MR. It is concluded that the Doppler echocardiography provides a simple, accurate, useful noninvasive method for the estimation of mitral valve area in patients with MS even in the presence of complicating MR.

### 서 론

승모판 협착증에서 판구 면적은 해부학적 협착 정도를 가늠하는 것으로, 협착의 진단 및 중증도 판정, 치료 방향의 결정, 또는 경과의 추구 관찰 등에 있어 임상적으로 유용한 단서로 믿어지고 있는 터이다<sup>1,2</sup>.

승모판구 면적은 관혈적인 심도자법, 그리고 비

관혈적인 단층 심음향도법에 의해서 주로 측정되어 왔으며, 근자에는 Doppler 법에 의한 pressure half time 이 보다 용이하고 유용한 비관혈적 평가 방법으로 소개되어 주목되고 있는 터이다<sup>3,3</sup>.

이에 저자는 심도자법, 단층 심음향도법 및 Doppler 법으로 보다 정확하게 판구 면적을 평가할 수 있다고 믿어지고 있는 중등증 또는 중증승모판 협착증 예를 대상으로 하여<sup>1,4-6</sup>, 심도자법,

\*본 논문은 1987년도 부산대학교 의과대학 부속병원 임상 연구비의 일부 보조로 이루어진 것임.

단층 심음향도법 및 Doppler법에 의한 pressure half time에 따른 판구 면적을 각각 승모판 폐쇄부전증의 유무에 따라 비교 연구하여, 실제 Doppler법에 의한 pressure half time이 가지는 판구 면적 평가에 있어서의 임상적 유의성을 추구하였다.

### 연구대상 및 방법

본 연구는 승모판막 질환으로 외과적 시술을 전제하여 심도자 및 좌심실 조영을 시행한 27예를 대상으로 하였다. 연구 대상 27예 중 남자는 8명, 여자는 19명이었으며, 연령의 범위는 23세부터 57세까지로 평균 연령이 36.3세였다. 이중 승모판 협착증만 있는 경우는 10예였고, 승모판 협착 및 폐쇄부전증의 경우는 17예였다.

연구 방법은 심도자 및 좌심실 조영을 시행한 후 3일 이내에 실시 이차원 혈류 영상 장치(Aloka SSD-880)를 사용하여 단층 심음향도 및 심장 Doppler 검사를 시행하였다. 단층 심음향도에 의한 승모판구의 기록은 확장전기 좌실 단축 단층상에서 가장 적은 승모판구의 정지상으로 하였으며<sup>1,7,8</sup>, 검색의 비후 및 유착으로 실승모판구를 정하기 애매한 경우는 color Doppler법에 의한 혈류상을 동시에 묘사하여 결정하였다. 단층도의 승모판구 면적은 Martin<sup>1)</sup>등의 제안에 따라 계측하였다. 심장 Doppler법에 의한 pressure half time의 계측은 먼저 변조방식 Doppler법으로 승모판을 통한 좌심실 유입 혈류속도를 심첨 사강 단층에서 기록하여, 확장기 초기에 관찰되는 최고 혈류 속도 시점에서 이 혈류 속도보다 1.4를 나눈 혈류속도가 되는 시점까지의 시간으로 하였다<sup>4)</sup>. 변

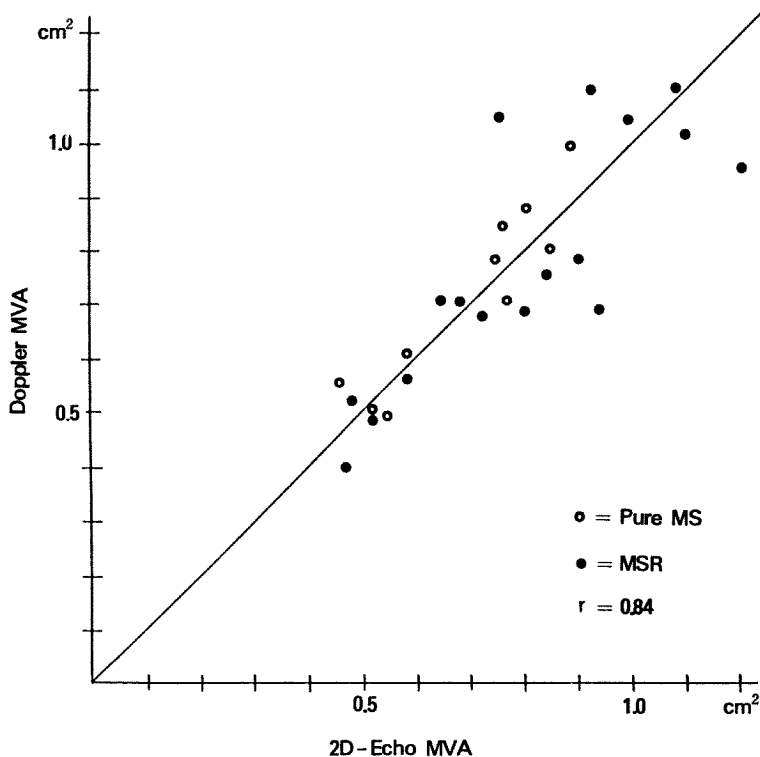


Fig. 1. Comparison of mitral valve area(MVA) measured by the pressure half time on the Doppler tracing and by the 2D echocardiography in patients with mitral valve disease. The diagonal line is the line of identity: ○ = pure mitral stenosis (MS); ● = mitral stenosis with regurgitation (MSR).

조방식 Doppler법은 25MHz 탐촉자를 사용하여 시행하였으며, 송신 조반 주파수가 8KHz 였고, 측정 가능한 최대 혈류속도는 244cm/sec 였다. 그리고 sample volume 의 크기는 2mm로 하였다. Sample volume은 color Doppler법으로 묘사된 실시 이차원 승모판 혈류상을 보면서 승모판구 직하에서 이 혈류에 평행하게 설정하였으며<sup>9)</sup>, 혈류속과의 기록지 속도는 50mm/sec로 하였다. 각 대상 예의 pressure half time은 10 심주기를 평균하여 결정하였다. Doppler법에 의한 판구면적은 Hattle등<sup>6)</sup>의 제안에 따라 220에다 pressure half time을 나누어 얻었다.

심도자검사는 Seldinger법으로 시행되었으며<sup>1)</sup>, 우심은 7F Swan-Ganz 열 회석도자를, 그리고 좌심은 7F pigtail 도자를 사용하였다.

평균 승모판압 구배는 폐동맥 쇄기압과 좌심실압을 동시에 기록하여 여기에서 계측하였으며<sup>10)</sup>,

심박출량은 승모판 협착증만인 경우는 열 회석법으로<sup>11)</sup>, 승모판 폐쇄부전증이 함께 있는 경우에는 좌심실 조영에 따른 준정량적 역류도로 이를 보정하여 결정하였다. 심도자법에 의한 판구 면적은 Gorlin 의 식에<sup>5, 12)</sup> 따라 산출하였다.

## 연구 성적

연구대상 27예 중에서 승모판 협착증 10예에서는 단층 심음향도로 계측한 승모판구 면적의 평균이  $0.69\text{cm}^2$ 으로 그 범위는  $0.45 \sim 0.88\text{cm}^2$ 이었으며, 승모판 협착 및 폐쇄부전증 17예에서는 평균 판구 면적이  $0.80\text{cm}^2$ 으로 그 범위가  $0.47 \sim 1.20\text{cm}^2$ 까지였다. 심도자 소견을 Gorlin 의 식에 넣어 산출한 판구 면적의 평균은 승모판 협착증 10예에서  $0.63\text{cm}^2$ 으로  $0.42 \sim 0.96\text{cm}^2$ 의 범위고, 승모판 협착 및 폐쇄부전증 17예에서는  $0.82\text{cm}^2$ 으로  $0.30 \sim 1.20$

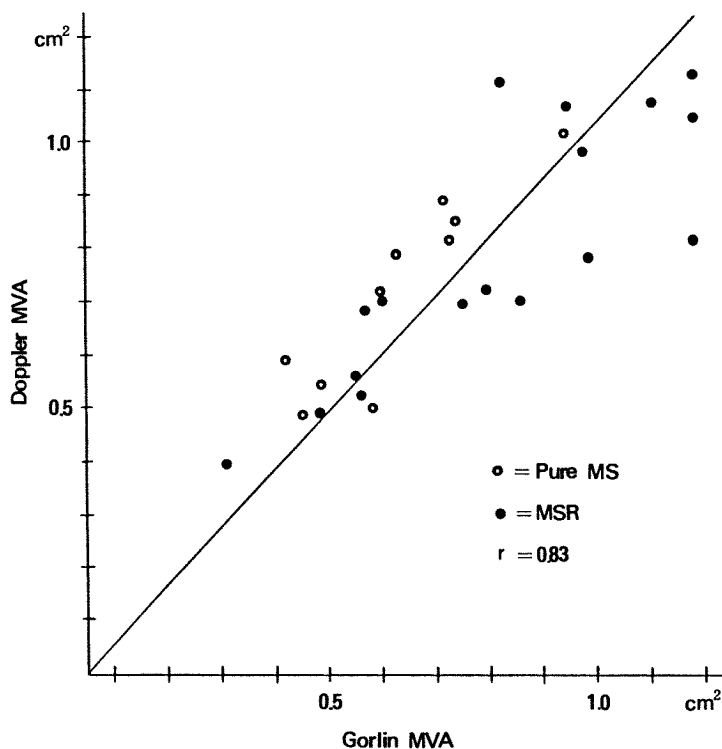


Fig. 2 Comparison of mitral valve area (MVA) measured by the pressure half time on the Doppler tracing and by the Gorlin formula in patients with mitral valve disease. The diagonal line is the line of identify: ○ = pure mitral stenosis (MS); ● = mitral stenoin sufficiency (MSR).

cm<sup>2</sup>의 범위를 보였다. 흔히 임상에서 시행하고 있는 바와 같이 심박수와 성별을 변수로 추정하는 산소소모량에 따라 심박출량을 결정한 경우 승모판 협착증 10예에서의 평균 판구면적이 0.87cm<sup>2</sup>으로 그 범위는 0.59~1.34cm<sup>2</sup>이고, 심박출량을 열회석법으로 실측한 경우에 비해 판구 면적이 보다 넓게 산출되었다. 이는 산소소모량을 추정하여 심박출량을 결정한 경우는 이 평균이 3.7l/min인데 비해 열회석법으로 실측한 심박출량의 평균은 2.7l/min로, 전자에서 산출된 심박출량이 후자보다 많기 때문이다. 즉 진행된 승모판 협착증의 심박출량은 안정시에도 심박출량의 기대치를 충족시키지 못함을 나타내는 소견이라고 하겠고, Gorlin 식에 따라 승모판 협착증에서 판구 면적을 산출할 때 실측한 심박출량 대신 추정한 산소소모량으로 심박출량을 결정하여 이 식에 대입하는

경우 상당한 오차를 유발함을 보이는 소견이었다. Doppler법에 의한 승모판구 면적은 승모판 협착증 10예에서 평균이 0.72cm<sup>2</sup>으로 그 범위는 0.49~1.00cm<sup>2</sup>이었으며, 승모판 협착 및 폐쇄부전증 17예에서는 0.78cm<sup>2</sup>으로 0.40~1.10cm<sup>2</sup>의 범위를 보였다. 단층 심음향도로 측정한 승모판구 면적과 Doppler법에 의한 면적을 비교하면 상관계수  $r = 0.84$ 로 양자는 서로 높은 상관관계를 보였으며, 이런 관계는 승모판 폐쇄부전의 유무에 영향을 크게 받지 않는 것을 알 수 있었다(Fig. 1). 또 Gorlin 식에 의해 산출된 승모판구 면적과 Doppler법에 의한 면적을 비교하면 상관계수  $r = 0.83$ 으로 역시 양자는 높은 상관관계를 보임을 알 수 있었다(Fig. 2). 이로써 Doppler법에 의한 승모판구 면적의 추정은 승모판 폐쇄부전의 유무에 관계없이 유의하다는 것을 알 수 있었다. Doppler

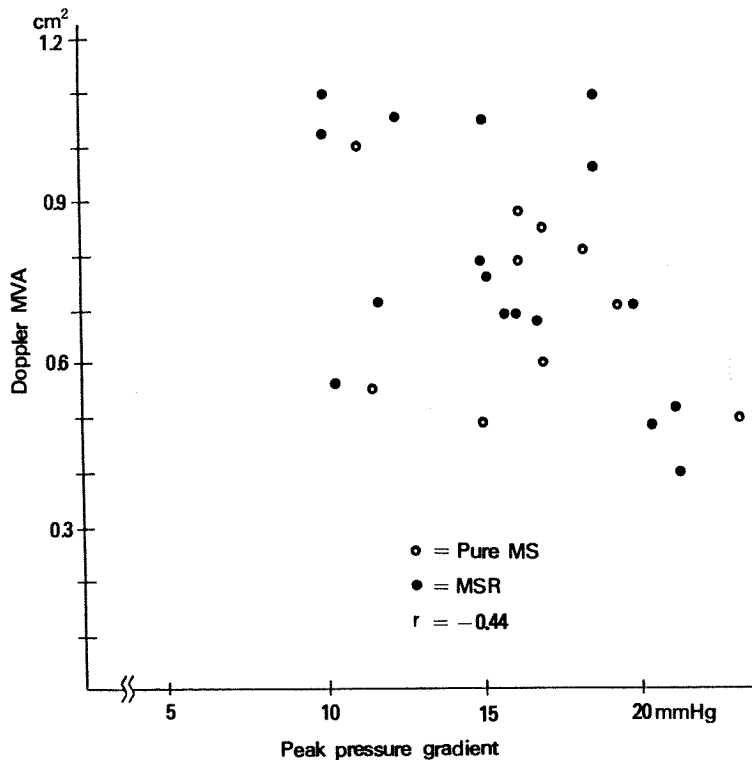


Fig. 3. Comparison of mitral valve area (MVA) measured by the pressure halftime on the Doppler tracing and transmitral peak pressure gradient: ○ = pure mitral stenosis (MS); ● = mitral stenoinufficiency (MSR).

법에 의한 확장기 좌방실간 최고 압교차와 pressure half time에서 산출된 승모판구 면적과를 비교할 때 상관관계수는  $-0.44$ 로 의미있는 상관관계를 보이지 않았으며(Fig. 3), 이는 승모판의 해부학적 협착정도가 단순히 혈동학적인 좌방실간 최고 압교차와 바로 역비례하지 않음을 알 수 있었다.

## 고 안

승모판 협착증을 평가함에 있어 평균 승모판압구배가 기능적이고 동적인 지표라고 한다면, 판구 면적은 해부학적이고 정적인 지표라고 할 수 있을 것이다<sup>1,13)</sup>. 따라서 협착의 진단 및 중증도 판정이나, 치료 방향의 결정이나, 경과의 추구 관찰 등을 수행함에 있어 상대적인 지표로 판구 면적이 임상에서 주로 사용되어 오고 있는 실정인 것이다<sup>1,2)</sup>. 지금까지는 이와 같은 목적으로 판구 면적을 평가함에 있어 관혈적인 심도자법이나 비관혈적인 단층 심음향도를 사용하여 왔지만, 이와 같은 검사법에 의한 판구 면적의 평가에는 실제로 상당한 제한이 있어 왔으므로, 보다 용이하고 유용한 방법이 기대되어 오고 있는 터였다. 근자에 와서 심장 Doppler법으로 판구 면적을 용이하게 추정할 수 있다는 보고가 있어, 이것의 유용성에 대한 연구가 진행되고 있는 실정인 것이다<sup>6)</sup>. 본 연구도 Doppler법에 의한 판구 면적의 추정이 승모판 협착증에서, 나아가 승모판 폐쇄부전의 병발 유무에 따라 어떤 유의성을 가지는가를 추구하는데 그 목적이 있었다.

승모판구 면적의 평가에 있어 기준이 되는 방법이라고 한다면 제한이 있지만 Gorlin식을 이용하는 심도자법이라고 할 수 있을 것이다<sup>7,8,13)</sup>.

이 방법으로 수술 또는 부검 소견과  $r=0.98$ 의 상관관계를 관찰한 보고가 있지만<sup>14)</sup>, 이 방법이 침습적이고, 심방세동이나 저심박출량에서는 문제가 있으며<sup>6,8)</sup>, 판구의 실측치와의 오차를 보정하는 상수는 심박수에 따라 변하고<sup>10)</sup>, 원래 이 식은 일정한 압으로 일정하게 흐르는 흐름을 전

제한 것으로<sup>5,16)</sup>, 승모판 압구배나 판혈류량이 시간의 경과에 따라 변하는 특히 경한 협착증의 경우에 부정확하며, 또 누두상 협착에는 이 식이 적용되지 않고<sup>1,8)</sup>, 좌방압 대신 임상에서 폐동맥 폐기압을 사용하는 등 압구배의 계산에서 판구 면적을 보다 적게 산출케하는 요인이 있으며<sup>6,17,18)</sup>, 특히 승모판 폐쇄부전을 병발할 때는 판구를 지나는 혈류량을 따로 계속하지 않는 한 판구 면적의 산출이 곤란하다는 등<sup>3,5,6,8)</sup> 임상에서 사용하는 데도 많은 제한이 있음이 지적되고 있다.

단층 심음향도에 의한 승모판구 면적의 평가는 임상적으로 유용하며 재현성이 있는 믿을만한 비침습적 방법으로<sup>1,7,8,13)</sup> 수술소견과의 대비에서 상관관계수  $r=0.92$ 의 상관관계가 보고되고 있으며<sup>1,8,13)</sup>, 심도자법과는  $r=0.95$ 의 상관관계가 보고되고 있고<sup>11,13)</sup>, 또 승모판 폐쇄부전의 병발 여부는 관계없이 일률적으로 사용할 수 있음이 지적되고 있다. 따라서 승모판구 면적을 평가하고자 할 때 먼저 선택되는 방법인 것이다. 그러나 판구를 정확하게 묘출하는데, 특히 판구가 클수록 기술적으로 문제가 있을 수 있고<sup>6,7)</sup>, 판구 면적의 오차가 특히 판구 면적이 적을 때 유의할 수 있으며<sup>7)</sup>, 심한 석회화 등으로 실판구를 인지하기 곤란한 경우도 있어<sup>8)</sup> 임상적 응용에는 상당한 제한이 있음이 지적되어 오고 있다.

Doppler법으로 체표면에서 심장내 혈류 속도를 정확히 기록할 수 있고<sup>2,6)</sup>, 이 순간 최고 혈류속도를 Bernoulli 식에 따라 제공한 후 4를 곱하여 간단히 압교차를 산출하며<sup>4,9,17,19)</sup>, 이렇게 얻은 압교차는 심도자법에서의 값과 잘 비례하여<sup>2,4,6)</sup>, Doppler법은 압교차를 추정하는 유용한 방법임이 알려져 있는 터이다. 이것을 근거하여 변조 방식 Doppler법으로 승모판구에서 혈류속도를 기록하고, 이 혈류속도와 최고혈류 속도에서 이 속도를 1.4로 나누어 얻어진 속도까지의 시간을 측정하여 pressure half time을 구하고 있는 것이다<sup>4)</sup>.

이 pressure half time은 일찌기 Libanoff와 Rodbard<sup>20)</sup>에 의해 승모판 협착증의 중증도와 잘 비례하며 심주기와는 무관하다는 지적이 있어온 터

이고, Doppler법은 이와같은 pressure half time을 비침습적으로 간단히 재현성 있게 측정할 수 있는 방법이라고 주장되어지고 있는 것이다<sup>3)</sup>. 최근의 연구 업적을 보면 pressure half time은 승모판구 면적에 역비례하며<sup>2-4,6,15)</sup> 심박출량의 영향을 받지 않으므로 승모판 폐쇄부전의 병발이나, 운동 또는 심방 세동과 같은 부정맥에 따른 심박수의 변화에 무관하고<sup>3,4,7,16)</sup>, 혈류 방향에 대한 탐촉자의 방향에 영향을 받지 않아서<sup>4)</sup>, pressure half time에 의해 승모판구의 면적을 평가하는 것은 임상적으로 대단히 유용할 것으로 기대되고 있는 터이다. 그러나 드물게는 필요한 확장 조기의 혈류속파형이 일정하지 않거나, 대동맥판 폐쇄부전이 병발했거나, 승모판구 면적이 1.8cm<sup>2</sup> 이상인 경우가 있어 평가시에 곤란이 있을 수 있음이 지적되고 있다<sup>4)</sup>. 한편 평균 압구배나 최고 혈류 속도도 Doppler법으로 간단히 산출할 수 있지만, 혈류량이나 심박수의 변화 또는 심방세동과 같은 확장기 간격의 변동에 따라 변하고, 혈류속파를 제대로 기록하는데 오차가 있을 수 있어<sup>4,18)</sup>, 승모판 협착증 중증도의 상대적 평가에는 흔히 승모판구 면적이 기준이 되고 있는 실정인 것이다. 또 실제로 판구 면적을 평가하는데 있어 Doppler법에 의한 pressure half time으로 판구 면적을 산출하면 심도자법에 의한 Gorlin식으로 판구 면적을 산출하거나 단층 심음향도로 판구 면적을 측정하는 것과 승모판 폐쇄부전이나 심방세동의 유무에 관계없이 그 값이 잘 비례함이 보고되고 있으며<sup>6,18)</sup>, 저자의 결과도 이와 부합하는 소견을 관찰할 수 있었다. 결론적으로 Doppler법에 의한 pressure half time으로 판구 면적을 산출하는 것은 승모판구를 추정하고 협착증을 진단하고 그 중증도를 평가하는데 있어 용이하며, 신뢰성과 재현성이 높고, 승모판 폐쇄부전의 병발 여부와 무관한, 보다 먼저 선택될 수 있는, 임상적으로 유용한 비침습적 방법이라고 할 수 있겠다.

## 요 약

Doppler법에 의해 승모판구 면적을 정확하게 평가할 수 있는지, 또 이런 추산이 승모판 폐쇄부전의 유무에 영향을 받는지를 알아 보고자 27명의 중등증 및 중증 승모판 협착증 예를 대상으로 하여 심도자 및 좌심조영 검사, 단층 심음향도 검사 및 심장 Doppler검사를 시행하여 연구하였다. Doppler법에 의한 승모판구 면적은 pressure half time을 측정하여 산출하였다.

이 결과 승모판구 면적의 추정에 있어 단층 심음향도법과 Doppler법에 의한 값이 서로 높은 상관관계( $r=0.84$ )를 보였으며, 심도자법과 Doppler법도 비슷한 상관관계( $r=0.83$ )를 보였고, 이와같은 관계는 승모판 폐쇄부전의 유무와 무관하였다. 결론적으로 Doppler법은 승모판 협착증에서 승모판 폐쇄부전의 유무와 관계없이 승모판구 면적을 평가하는 간단하고, 정확하며, 유용한 비침습적 방법이라는 것을 알 수 있었다.

## REFERENCES

- 1) Martin RP, Rakowski H, Kleiman JH, Beaver W, London E and Popp RL: Reliability and reproducibility of two dimensional echocardiographic measurement of the stenotic mitral valve orifice area. *Am J Cardiol* 43:560-8, 1979
- 2) Requarth JA, Goldberg SJ, Vasko SD and Allen HD: In vitro verification of Doppler prediction of transvalve pressure gradient and orifice area in stenosis. *Am J Cardiol* 53:1369-73, 1984
- 3) Libanoff AJ and Rodbard S: Atrioventricular pressure half-time. Measure of mitral valve orifice area. *Circulation* 38:144-50, 1968

- 4) Hatle L, Angelsen B and Tromsdal A: *Noninvasive assessment of atrioventricular pressure half-time by Doppler ultrasound. Circulation* 60:1096-104, 1979
- 5) Gorlin R and Gorlin SG: *Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts. Am Heart J* 41:1-29, 1951
- 6) Bryg RJ, Williams GA, Labovitz AJ, Aker U and Kennedy HL: *Effect of atrial fibrillation and mitral regurgitation on calculated mitral valve area in mitral stenosis. Am J Cardiol* 57:634-8, 1986
- 7) Nichol PM, Gilbert BW and Kisslo JA: *Two-dimensional echocardiographic assessment of mitral stenosis. Circulation* 55:120-8, 1977
- 8) Henry WL, Griffith JM, Michaelis LL, McIntosh CL, Morrow AG and Epstein SE: *Measurement of mitral orifice area in patients with mitral valve disease by real-time, two-dimensional echocardiography. Circulation* 51:827-31, 1975
- 9) Kalmanson D, Veyrat C, Bouchareine F and Degroote A: *Non-invasive recording of mitral valve flow velocity patterns using pulsed Doppler echocardiography. Application to diagnosis and evaluation of mitral valve disease. Br Heart J* 39:517-28, 1977
- 10) Hammermeister KE, Murray JA and Blackmon JR: *Revision of Gorlin constant for calculation of mitral valve area from left heart pressures. Br Heart J* 35:392-6, 1973
- 11) Lipkin DP and Poole-Wilson PA: *Measurement of cardiac output during exercise by the thermodilution and direct Fick techniques in patients with chronic congestive heart failure. Am J Cardiol* 56:321-4, 1985
- 12) Cohen MV and Gorlin R: *Modified orifice equation for the calculation of mitral valve area. Am Heart J* 84:839-40, 1972
- 13) Henry WL and Kastl DG: *Echocardiographic evaluation of patients with mitral stenosis. Am J Med* 62:813-8, 1977
- 14) Askenazi J, Carlson CJ, Alpert JS and Dexter L: *Mitral valve area in combined mitral stenosis and regurgitation. Circulation* 54:480-3, 1976
- 15) Libanoff, AL and Rodbard S: *Evaluation of the severity of mitral stenosis and regurgitation. Circulation* 33:218-26, 1966
- 16) Thuillez C, Theroux P, Bourassa MG, Blanchard D, Peronneau P, Guernonprez J L, Diebold B, Waters DD and Maurice P: *Pulsed Doppler echocardiographic study of mitral stenosis. Circulation* 61:381-7, 1980
- 17) Holen J, Aaslid R, Landmark K and Simonsen S: *Determination of pressure gradient in mitral stenosis with a non-invasive ultrasound Doppler technique. Acta Med Scand* 199:455-60, 1976
- 18) Holen J, Aaslid R, Landmark K, Simonsen S and  $\phi$ Strem T: *Determination of effective orifice area in mitral stenosis from non-invasive ultrasound Doppler data and mitral flow rate. Acta Med Scand* 201:83-8, 1977
- 19) Hatle L, Brubakk A, Tromsdal A and Angelsen B: *Noninvasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler ultrasound. Br Heart J* 40:131-40, 1978
- 20) Libanoff AJ and Rodbard S: *Atrioventricular pressure half time, measure of mitral orifice area. Circulation* 38:144-50, 1968