

僧帽弁逸脱による重症弁逆流例における肺静脈血流収縮期逆流波の出現率: 逸脱部位別の検討

Incidence of Systolic Pulmonary Venous Flow Reversal in Patients With Mitral Valve Prolapse: Influence of the Prolapse Site

片山美奈子  
山室 淳  
神崎裕美子  
高木 力  
民田 浩一  
山邊 健司  
谷 知子  
田辺 一明  
白鳥 健一  
盛岡 茂文  
岡田 行功\*

Minako KATAYAMA, MD  
Atsushi YAMAMURO, MD  
Yumiko KANZAKI, MD  
Tsutomu TAKAGI, MD  
Koichi TAMITA, MD  
Kenji YAMABE, MD  
Tomoko TANI, MD  
Kazuaki TANABE, MD  
Kenichi SHIRATORI, MD  
Shigefumi MORIOKA, MD, FJCC  
Yukikatsu OKADA, MD, FJCC\*

**Abstract**

**Objectives.** Systolic pulmonary venous flow reversal identified by pulsed Doppler echocardiography is useful for the diagnosis of severe mitral regurgitation. The direction of the mitral regurgitant jet in severe mitral regurgitation significantly influences the systolic pulmonary venous flow reversal in an experimental model. This study investigated the influence of the site of mitral valve prolapse on the incidence of systolic pulmonary venous flow reversal in patients with severe mitral regurgitation using transthoracic color Doppler echocardiography.

**Methods.** This study included 59 consecutive patients with severe mitral regurgitation (regurgitant fraction > 50%) due to mitral valve prolapse. Exclusion criteria were left ventricular ejection fraction < 45%, non sinus rhythms, associated aortic valve disease, bileaflet prolapse, and inadequate Doppler recordings. Right upper pulmonary venous flow was recorded and regurgitant fraction of mitral regurgitation measured by transthoracic color Doppler echocardiography. The sites of mitral valve prolapse were confirmed at operation in all patients.

**Results.** The incidence of systolic pulmonary venous flow reversal was 78% (14/18) in the patients with anterior leaflet prolapse, 82% (9/11) in the patients with medial commissure prolapse, 75% (12/16) in the patients with posterior middle scallop prolapse, 20% (2/10) in the patients with posterior medial scallop prolapse, and 25% (1/4) in the patients with posterior lateral scallop prolapse. There were no significant differences in regurgitant fraction between the five groups. The incidence of systolic pulmonary venous flow reversal was significantly lower in the patients with posterior medial scallop prolapse compared to the other sites of mitral valve prolapse ( $p < 0.01$ ).

**Conclusions.** Assessment of the severity of mitral regurgitation by systolic pulmonary venous flow reversal using transthoracic color Doppler echocardiography may be underestimated in patients with prolapse of the posterior medial scallop.

J Cardiol 2001 Dec; 38(6): 319 - 325

神戸市立中央市民病院循環器センター 内科, \*胸部外科: 〒650-0046 神戸市中央区港島中町4-6  
Divisions of Cardiology and \*Thoracic Surgery, Kobe General Hospital, Kobe

**Address for correspondence:** KATAYAMA M, MD, Division of Cardiology, Kobe General Hospital, Minatojima-nakamachi 4-6, Chuo-ku, Kobe 650-0046

Manuscript received June 15, 2001; revised August 23, 2001; accepted August 23, 2001

## Key Words

■Doppler ultrasound (pulmonary venous flow pattern)  
 ■Mitral regurgitation

■Mitral valve prolapse

## はじめに

重症僧帽弁逆流の重症度評価の一つとして、心エコードプラー法を用いた肺静脈血流収縮期逆流波 (systolic pulmonary venous flow reversal: 以下、肺静脈逆流波) の検出が有用と報告されている<sup>1-4)</sup>。一方、肺静脈血流収縮期波に影響する要因は多く、僧帽弁逆流ジェットの性質、左室収縮能、左房コンプライアンス、血行動態などとの関係が報告されている<sup>4-6)</sup>。さらに僧帽弁逸脱症では僧帽弁逆流ジェットが偏位していることから、肺静脈逆流波を用いて重症度を正確に評価しえない症例があることも指摘されている<sup>3)</sup>。しかし、僧帽弁逸脱症の逸脱部位別に肺静脈逆流波の出現率を検討した報告はない。研究の目的は、僧帽弁逸脱症による重症弁逆流での肺静脈逆流波出現率を逸脱部位別に比較検討して、肺静脈逆流波を用いて僧帽弁逆流重症度を評価しうるか検討することである。

## 対象と方法

## 1. 対象

僧帽弁逸脱による重症弁逆流で弁形成術の適応と判断し、左室駆出率45%未満<sup>3)</sup>、心房細動または粗動例、大動脈弁逆流例、両尖逸脱例、記録不良例を除外した連続59例(男性32例、女性27例、平均年齢 $54 \pm 15$ 歳)である。

## 2. 方法

## 1) 経胸壁心エコードプラー法

超音波診断装置SONOS 5500(AT製)、POWER VISION SSA-380A(東芝製)を用いて経胸壁心エコードプラー法を施行した。パルス・ドプラー法により大動脈駆出血流量と左室流入血流量から僧帽弁逆流流量を計測する方法<sup>7,8)</sup>、proximal isovelocity surface area法<sup>9,10)</sup>、自動流量計測法<sup>11)</sup>のいずれか2つ以上の方法で僧帽弁逆流率を算出し、50%を超えるものを重症とした<sup>12)</sup>。経胸壁カラードプラー法を用い、傍胸骨左室短軸断面像から僧帽弁逆流ジェットの方向をFig. 1に

示すように判定した<sup>13)</sup>。術前の逸脱部位診断は、断層法とカラードプラー法による吸い込み血流の場所、僧帽弁逆流ジェットの方向を併せて判定した<sup>13)</sup>。

経胸壁カラードプラー法により右上肺静脈血流を描出し、サンプルボリュームを肺静脈開口部から0.5-1cm肺静脈内方に置き、パルス・ドプラー法により血流速度波形を記録した。肺静脈血流速度波形から肺静脈逆流波の有無を判定した。肺静脈血流収縮期波の流速が0cm/sec未満を示す例、収縮早期波、後期波いずれか一方で流速0cm/sec未満を示した場合を収縮期逆流波陽性(+)とした(Fig. 2)<sup>3)</sup>。

心尖部四腔断面像において、modified Simpson法により左室拡張末期容積、左室収縮末期容積を求めた。左室駆出率はつぎの式により求めた<sup>14)</sup>。

$$\text{左室駆出率} = \left[ (\text{左室拡張末期容積} - \text{左室収縮末期容積}) / \text{左室拡張末期容積} \right] \times 100 (\%)$$

傍胸骨左室長軸断面像において収縮末期左房径を求めた。

## 2) 僧帽弁逸脱部位

僧帽弁逸脱部位は術中所見より判定し、主な逸脱部位により、前尖逸脱例、後交連部逸脱例、前交連部逸脱例、後尖middle scallop逸脱例、後尖medial scallop

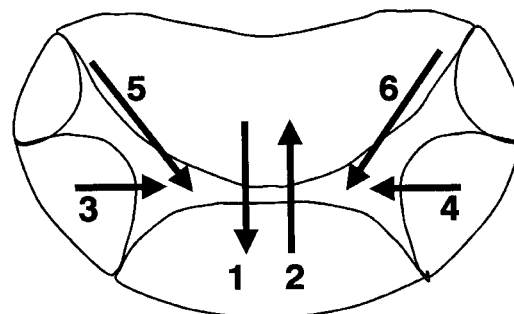
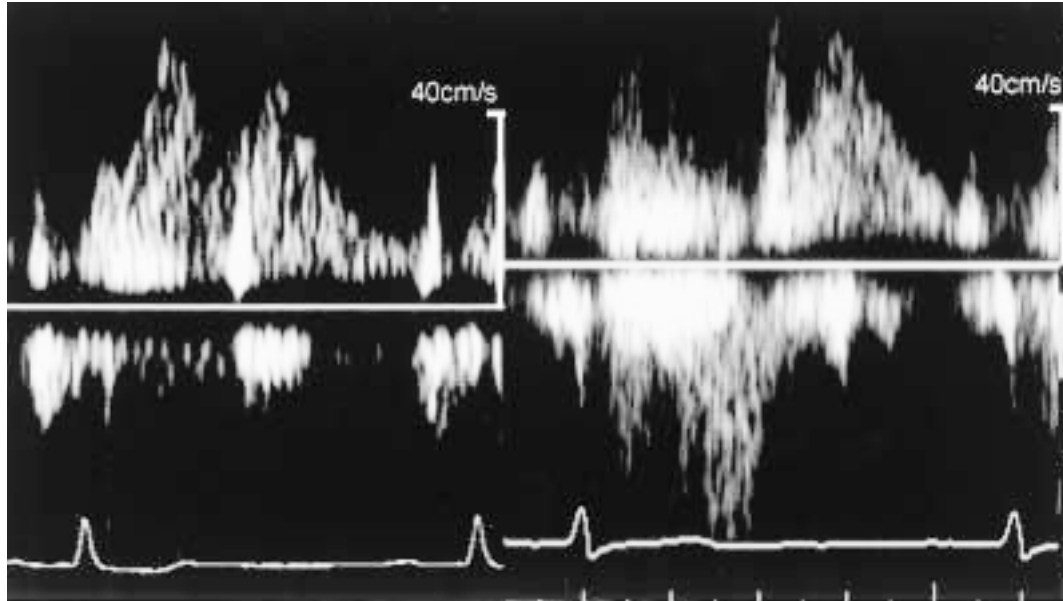
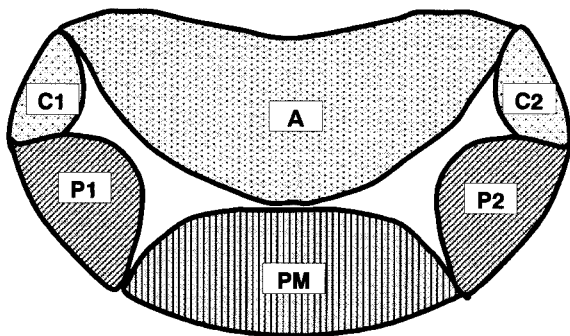


Fig. 1 Schematic diagram of the directions of the mitral regurgitant jet in the short-axis view (from left ventricle)

1 = posterior and central; 2 = anterior and central;  
 3 = lateral; 4 = medial; 5 = posterior and lateral; 6 = posterior and medial.



**Fig. 2** Absence or presence of systolic pulmonary venous flow reversal in two patients with similar mitral regurgitation but different sites of leaflet prolapse  
Normal flow (left) with posterior medial scallop prolapse and systolic flow reversal (right) with anterior leaflet prolapse.



**Fig. 3** Designation of mitral valve leaflet components in the surgical view (from left atrium)  
C1, C2 = anterolateral and posteromedial commissures, respectively; P1, P2 = lateral scallop and medial scallop of posterior leaflet, respectively; A = anterior leaflet; PM = middle scallop of posterior leaflet.

逸脱例，後尖 lateral scallop 逸脱例に分類した (Fig. 3)<sup>5)</sup>。

### 3) 心臓カテーテル検査

右心カテーテル検査で得られた肺動脈楔入圧波形におけるV波増高の有無を判定した。V波のピークが平均肺動脈楔入圧より10mmHg以上高いものをV波増高ありとした<sup>16)</sup>。

### 3. 分 析

1) 対象を肺静脈逆流波(+)群と(-)群に分けた。肺静脈血流速波形に影響を与えられる因子である左室駆出率，僧帽弁逆流率，左房径を2群間で比較した。

2) 逸脱部位別に術前の肺静脈逆流波出現率を比較した。

3) 逸脱部位別に経胸壁カラードップラー法で判定した僧帽弁逆流ジェット向きを比較検討した。

4) 28例において肺静脈楔入圧波形のV波増高の有無と肺静脈逆流波出現の関連について検討した。

左室駆出率，僧帽弁逆流率，左房径の比較には対応のないt検定，逸脱部位別の肺静脈逆流波出現率の比較，V波と肺静脈逆流波出現率の比較にはFisherの直接法をそれぞれ用いた。p < 0.05を有意差の判定とした。

### 結 果

#### 1. 僧帽弁逸脱による重症僧帽弁逆流での肺静脈逆流波の出現率

61例中59例で肺静脈逆流波の有無の評価が可能であった。術前の肺静脈逆流波出現率は59例中38例

**Table 1** Presence or absence of systolic pulmonary venous flow reversal and echocardiographic data

	SPVFR( + ) ( n = 38 )	SPVFR( - ) ( n = 21 )	p value
EF( % )	68 ± 7.5	70 ± 6.4	NS
RF( % )	67 ± 8.3	64 ± 9.9	NS
LA( cm )	4.5 ± 0.7	4.3 ± 0.7	NS

Values are mean ± SD.

SPVFR = systolic pulmonary venous flow reversal; EF = ejection fraction; RF = regurgitant fraction; LA = left atrium.

**Table 2** Presence or absence of systolic pulmonary venous flow reversal and site of prolapse at surgery

Prolapse site	Anterior leaflet ( n = 18 )	Posteromedial commissure ( n = 11 )	Posterior leaflet		
			Middle scallop ( n = 16 )	Medial scallop ( n = 10 )	Lateral scallop ( n = 4 )
EF( % )	67 ± 7.6	71 ± 8.5	68 ± 5.7	71 ± 6.9	65 ± 2.2
RF( % )	62 ± 8.0	57 ± 5.9	67 ± 10.8	60 ± 11	64 ± 9.1
LA( cm )	4.5 ± 0.7	4.4 ± 0.6	4.6 ± 0.6	4.0 ± 0.7*	4.6 ± 1.0
Incidence of SPVFR	14/18( 78% )	9/11( 82% )	12/16( 75% )	2/10( 20% )**	1/4( 25% )

Continuous values are mean ± SD.

\* $p < 0.05$  ( medial scallop vs middle scallop ) \*\* $p < 0.05$  ( medial scallop vs anterior leaflet, medial commissure, and middle scallop )

Abbreviations as in Table 1.

( 64% )であった。肺静脈逆流波( + )群と( - )群の間で左室駆出率、僧帽弁逆流率、左房径に有意差は認められなかった( Table 1 )。

## 2. 逸脱部位別の肺静脈逆流波出現率

僧帽弁逸脱部位は、前尖逸脱例が18例、後交連部逸脱例が11例、前交連部逸脱例が0例、後尖middle scallop逸脱例が16例、後尖medial scallop逸脱例が10例、後尖lateral scallop逸脱例が4例であった。肺静脈逆流波出現率は前尖逸脱例で78%( 18例中14例 )、後交連部逸脱例で82%( 11例中9例 )、後尖middle scallop逸脱例で75%( 16例中12例 )、後尖medial scallop逸脱例で20%( 10例中2例 )、後尖lateral scallop逸脱例で25%( 4例中1例 )であった。各群間で、左室駆出率、僧帽弁逆流率に有意差は認められなかった。後尖medial scallop逸脱例では、肺静脈逆流波出現率が有意

に低かった( Table 2 )。

## 3. 僧帽弁逸脱部位と僧帽弁逆流ジェットの方法 ( Table 3 )

後尖medial scallop逸脱例では逆流ジェットは左房側方へ向かい、後尖middle scallop逸脱例では左房前方中央に向かっていった。後尖lateral scallop逸脱例ではジェットは左房内側へ向かい、一部前交連部逸脱が絡んだ3例では左房後方内側へ向かっていった。前尖中央部逸脱の6例ではジェットは左房後方中央へ向かい、前尖内側逸脱例と後交連部逸脱例ではジェットは左房後側方へ向かっていった。

術前逸脱部位診断と術中逸脱部位診断の一致率は、前尖逸脱群で89%、後交連部逸脱例で72%、後尖逸脱例では100%であった。前尖内側逸脱例のうち2例を、後交連部逸脱例のうち3例を、術前診断では後尖

Table 3 Site of prolapse at surgery and direction of mitral regurgitant jet

Direction of mitral regurgitant jet	Site of prolapse at surgery				
	Anterior leaflet (n = 18)	Posteromedial commissure (n = 11)	Posterior leaflet		
			Middle scallop (n = 16)	Medial scallop (n = 10)	Lateral scallop (n = 4)
Posterior and central	6				
Anterior and central			16		
Lateral				10	
Medial					1
Posterior and lateral	12	11			
Posterior and medial					3

Table 4 Presence or absence of systolic pulmonary venous flow reversal and prominent V wave

		SPVFR( + )	SPVFR( - )
Prominent V wave	( + )	8	3
	( - )	9	8

Abbreviation as in Table 1.

medial scallop 逸脱と診断していた。

#### 4. V波増高と肺静脈逆流波

V波増高と肺静脈逆流波の有無には関連を認めなかった( $p = 0.43$ ; Table 4)。

#### 考 察

僧帽弁逆流の重症度評価の一つとして、肺静脈逆流波の検出が有用であると報告されてきた<sup>1-4)</sup>。Enriquez-Saranoら<sup>4)</sup>は、経胸壁カラードップラー法で、重症僧帽弁逆流の肺静脈逆流波による診断は感度60%、特異度85%と報告している。一方、Seilerら<sup>3)</sup>は、感度52%、特異度96%と報告し、肺静脈血流速波形での収縮期波と拡張期波の時間速度積分値の比は僧帽弁逆流率と良好な相関を示すが、僧帽弁逸脱症例ではその相関直線からはずれることを指摘している。また、肺静脈血流収縮期波に影響する因子として、僧帽弁逆流の重症度、僧帽弁逆流ジェットの様態、左室収縮能、左房コンプライアンス、血行動態などが挙げられ<sup>4-6)</sup>、Passafiniら<sup>5)</sup>は実験モデルで、逆流ジェットの方向が肺静脈血流収縮期波に強く影響することを報告してい

る。さらに、Kleinら<sup>17)</sup>は経食道心エコー図法で、左右の肺静脈血流パターンを観察し、僧帽弁逆流ジェットが偏位する症例では左房内にジェットによる圧較差が生じること、回転するジェットではエネルギーが失われることにより、左右で肺静脈逆流波の有無が異なると述べている。僧帽弁逸脱のようにジェットが偏位する僧帽弁逆流については、そのジェットの方向が肺静脈逆流波の成因として極めて重要と考えられる。

今回の我々の検討では肺静脈逆流波の出現率は64%で、Seilerら<sup>3)</sup>、Enriquez-Saranoら<sup>4)</sup>の報告と同程度の出現率であった。肺静脈逆流波(+群)、(-群)の間で左室駆出率、僧帽弁逆流率、左房径に有意差はなかった。術中所見から判断した逸脱部位別に肺静脈逆流波の出現率をみると、後尖medial scallop逸脱例では有意に出現率が低かった。

僧帽弁逸脱による僧帽弁逆流ジェットは偏位しており、さらにその逸脱部位によって僧帽弁逆流ジェットの方向が異なる。後尖medial scallop逸脱で肺静脈逆流波出現率が低い原因としては、ジェットの方向が右上肺静脈入口部から離れる方向であることも関係しているものと考えられる。

僧帽弁逆流における肺静脈逆流波は左房圧とV波の増高を反映していると報告されている<sup>18-20)</sup>。今回の検討では肺動脈楔入圧波形のV波の増高と肺静脈逆流波の関連について検討したが、両者の間に関連は認められなかった。高度の僧帽弁逆流例でも左房圧が正常でV波増高もない症例が指摘されており<sup>4)</sup>、V波に与える影響として僧帽弁逆流重症度のみではなく罹病期間からの左房コンプライアンスも挙げることができ

る<sup>19)</sup>。また、Passafiniら<sup>5)</sup>は実験モデルで、明らかな肺静脈逆流波は僧帽弁逆流ジェットが肺静脈開口部に向かい、僧帽弁逆流の程度が重症、かつ左房圧が高いときにのみ出現すると述べている。我々の検討で、V波増高を認めるにもかかわらず、肺静脈逆流波(-)であった3例のうち2例は後尖medial scallop逸脱であり、1例は後尖lateral scallop逸脱であった。後尖medial scallop逸脱ではジェットの方向が右上肺静脈開口部から離れる方向であったこと、旋回するジェットにより左房内に圧較差が生じ、右上肺静脈では肺静脈逆流波を認めなかったものと考えられる。僧帽弁逸脱症例のみを対象とした今回の検討では、V波が肺静脈血流収縮期波に与える影響よりも逸脱部位による影響が強かったと考えられた。

肺静脈血流速波形の評価にはいくつかのなくともわかる限界がある。第1に、経食道心エコー図法では探触子と肺静脈が近く、左右肺静脈で理想的な血流速波形を得ることが容易であるが、経胸壁心エコー図法で

は肺静脈は探触子から最も離れた部位に位置し、左右肺静脈血流の計測が困難で、僧帽弁逆流ジェットとの衝突も避けられない。今回の検討では右上肺静脈血流のみを対象とし、僧帽弁逆流ジェットとの接触をできるだけ回避して肺静脈血流速波形を記録した。また、収縮期逆流波の有無について不明瞭な症例は除外した。

第2に、今回の検討では後尖lateral scallop逸脱の症例が4例と少なく、同部位の逸脱で肺静脈逆流波の出現率は25%と低率であったが、統計学的には評価不能であった。

## 結 論

僧帽弁逸脱による重症僧帽弁逆流では逸脱部位によって肺静脈逆流波の出現率が異なり、後尖medial scallop逸脱ではその出現率が有意に低く、肺静脈血流速波形を利用した僧帽弁逆流の重症度評価には注意が必要である。

## 要 約

目的: 重症僧帽弁逆流の評価として、心エコードプラー法を用いた肺静脈血流収縮期逆流波(以下、肺静脈逆流波)の検出が有用と報告されている。一方、僧帽弁逸脱例については重症度を正確に評価しえない可能性が指摘されている。研究の目的は僧帽弁逸脱による重症僧帽弁逆流の肺静脈逆流波の出現率を逸脱部位別に比較検討することである。

方法: 対象は僧帽弁逸脱による重症僧帽弁逆流(僧帽弁逆流率 > 50%)例で僧帽弁形成術を施行し、左室駆出率 < 45%、心房細動または粗動例、大動脈弁逆流例、両尖逸脱例、記録不良例を除外した連続59例である。術中所見による逸脱部位は前尖逸脱18例、後交連部逸脱11例、前交連部逸脱0例、後尖middle scallop逸脱16例、後尖medial scallop逸脱10例、後尖lateral scallop逸脱4例であった。術前に経胸壁心エコー図法を用いて右上肺静脈における肺静脈逆流波の有無を判定した。

結果: 肺静脈逆流波の出現率は、前尖逸脱例で78%(18例中14例)、後交連部逸脱例で82%(11例中9例)、後尖middle scallop逸脱例で75%(16例中12例)、後尖medial scallop逸脱例で20%(10例中2例)、後尖lateral scallop逸脱例で25%(4例中1例)であった。後尖medial scallop逸脱例は前尖逸脱例、後交連部逸脱例、後尖middle scallop逸脱例に比べて、肺静脈逆流波の出現率が有意に低かった(20% vs 78%, 20% vs 82%, 20% vs 75%;  $p < 0.01$ )。

結論: 僧帽弁逸脱による重症僧帽弁逆流において、とくに後尖medial scallop逸脱例では肺静脈逆流波の出現率が低く、肺静脈逆流波を用いた評価では過小評価することが示された。

## 文献

- 1) Castello R, Pearson AC, Lenzen P, Labovitz AJ: Effect of mitral regurgitation on pulmonary venous velocities derived from transesophageal echocardiography color-guided pulsed Doppler imaging. *J Am Coll Cardiol* 1991; **17**: 1499 - 1506
- 2) Klein AL, Obarski TP, Stewart WJ, Casale PN, Pearce GL, Husbands K, Cosgrove DM, Salcedo EE: Transesophageal Doppler echocardiography of pulmonary venous flow: A new marker of mitral regurgitation severity. *J Am Coll Cardiol* 1991; **18**: 518 - 526
- 3) Seiler C, Aeschbacher BC, Meier B: Quantitation of mitral regurgitation using the systolic/diastolic pulmonary venous flow velocity ratio. *J Am Coll Cardiol* 1998; **31**: 1383 - 1390
- 4) Enriquez-Sarano M, Dujardin KS, Tribouilloy CM, Seward JB, Yoganathan AP, Bailey KR, Tajik AJ: Determinants of pulmonary venous flow reversal in mitral regurgitation and its usefulness in determining the severity of regurgitation. *Am J Cardiol* 1999; **83**: 535 - 541
- 5) Passafini A, Shiota T, Depp M, Paik J, Ge S, Shandas R, Sahn DJ: Factors influencing pulmonary venous flow velocity patterns in mitral regurgitation: An in vitro study. *J Am Coll Cardiol* 1995; **26**: 1333 - 1339
- 6) Pu M, Griffin BP, Vandervoort PM, Stewart WJ, Fan X, Cosgrove DM, Thomas JD: The value of assessing pulmonary venous flow velocity for predicting severity of mitral regurgitation: A quantitative assessment integrating left ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 1999; **12**: 736 - 743
- 7) Rokey R, Sterling LL, Zoghbi WA, Sartori MP, Limacher MC, Kuo LC, Quinones MA: Determination of regurgitant fraction in isolated mitral or aortic regurgitation by pulsed Doppler two-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986; **7**: 1273 - 1278
- 8) Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Seward JB, Tajik AJ, Krohn MJ, Mays JM: Quantitative Doppler assessment of valvular regurgitation. *Circulation* 1993; **87**: 841 - 848
- 9) Recusani F, Bargiggia GS, Yoganathan AP, Raisaro A, Valdes-Cruz LM, Sung H-W, Bertucci C, Gallati M, Moises VA, Simpson IA, Tronconi L, Sahn DJ: A new method for quantification of regurgitant flow rate using color Doppler flow imaging of the flow convergence region proximal to a discrete orifice: An in vitro study. *Circulation* 1991; **83**: 594 - 604
- 10) Bargiggia GS, Tronconi L, Sahn DJ, Recusani F, Raisaro A, DeServi S, Valdes-Cruz LM, Montemartini C: A new method for quantitation of mitral regurgitation based on color flow Doppler imaging of flow convergence proximal to regurgitant orifice. *Circulation* 1991; **84**: 1481 - 1489
- 11) Hozumi T, Yoshida K, Akasaka T, Takagi T, Yamamuro A, Yagi T, Yoshikawa J: Automated assessment of mitral regurgitant volume and regurgitant fraction by a newly developed digital color Doppler velocity profile integration method. *Am J Cardiol* 1997; **80**: 1325 - 1330
- 12) Dujardin KS, Enriquez-Sarano M, Bailey KR, Nishimura RA, Seward JB, Tajik AJ: Grading of mitral regurgitation by quantitative Doppler echocardiography: Calibration by left ventricular angiography in routine clinical practice. *Circulation* 1997; **96**: 3409 - 3415
- 13) Yoshida K, Yoshikawa J, Yamaura Y, Hozumi T, Shakudo M, Akasaka T, Kato H: Value of acceleration flows and regurgitant jet direction by color Doppler flow mapping in the evaluation of mitral valve prolapse. *Circulation* 1990; **81**: 879 - 885
- 14) Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, Gutgesell H, Reichek N, Sahn D, Schnittger I, Silverman NH, Tajik AJ: Recommendations for quantitation of the left ventricle by two-dimensional echocardiography: American Society of Echocardiography Committee on Standards, Subcommittee on Quantitation of Two-Dimensional Echocardiograms. *J Am Soc Echocardiogr* 1989; **2**: 358 - 367
- 15) Kumar N, Kumar M, Duran CMG: A revised terminology for recording surgical findings of the mitral valve. *J Heart Valve Dis* 1995; **4**: 70 - 75
- 16) Fuchs RM, Heuser RR, Yin FCP, Brinker JA: Limitations of pulmonary wedge V waves in diagnosing mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1982; **49**: 849 - 854
- 17) Klein AL, Bailey AS, Cohen GI, Stewart WJ, Duffy CI, Pearce GL, Salcedo EE: Importance of sampling both pulmonary veins in grading mitral regurgitation by transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1993; **6**: 115 - 123
- 18) Klein AL, Stewart WJ, Bartlett J, Cohen GI, Kahan F, Pearce G, Husbands K, Bailey AS, Salcedo EE, Cosgrove DM: Effects of mitral regurgitation on pulmonary venous flow and left atrial pressure: An intraoperative transesophageal echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol* 1992; **20**: 1345 - 1352
- 19) Pizzarello RA, Turnier J, Padmanabhan VT, Goldman MA, Tortolani AJ: Left atrial size, pressure, and V wave height in patients with isolated, severe, pure mitral regurgitation. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1984; **10**: 445 - 454
- 20) Snyder RW, Glamann DB, Lange RA, Willard JE, Landau C, Negus BH, Hillis LD: Predictive value of prominent pulmonary arterial wedge V waves in assessing the presence and severity of mitral regurgitation. *Am J Cardiol* 1994; **73**: 568 - 570