

経皮経静脈的僧帽弁交連切開術と直視下交連切開術との対比：心エコー Doppler 法による成績の検討

Percutaneous transvenous mitral commissurotomy vs open mitral commissurotomy: Evaluation of results by color Doppler and two-dimensional echocardiography

穂積 健之
吉川 純一
吉田 清
赤阪 隆史
山浦 泰子
白鳥 健一
小泉 克己
奥町富久丸
加藤 洋

Takeshi HOZUMI
Junichi YOSHIKAWA
Kiyoshi YOSHIDA
Takashi AKASAKA
Yasuko YAMAURA
Kenichi SHIRATORI
Katsumi KOIZUMI
Fukumaru OKUMACHI
Hiroshi KATO

Summary

The effects of percutaneous transvenous mitral commissurotomy (PTMC) and open mitral commissurotomy (OMC) were evaluated in 18 patients who underwent PTMC and 16 patients who underwent OMC, before and within one month of the procedure, using two-dimensional and color Doppler echocardiography. There was no significant difference between the two groups in the mitral valve area, the severity of mitral stenosis, or cardiac function before the procedure.

The mitral valve area after PTMC as measured by two-dimensional echocardiography and continuous wave Doppler echocardiography increased from $1.07 \pm 0.24 \text{ cm}^2$ to $2.01 \pm 0.42 \text{ cm}^2$ ($p < 0.001$), and from $0.99 \pm 0.26 \text{ cm}^2$ to $1.76 \pm 0.23 \text{ cm}^2$ ($p < 0.001$), respectively. The mitral valve area after OMC measured by two-dimensional echocardiography and continuous wave Doppler echocardiography increased from $1.04 \pm 0.24 \text{ cm}^2$ to $1.78 \pm 0.41 \text{ cm}^2$ ($p < 0.001$), and from $0.95 \pm 0.32 \text{ cm}^2$ to $1.62 \pm 0.46 \text{ cm}^2$ ($p < 0.001$), respectively. The mitral valve areas after PTMC did not differ significantly from those after OMC by either method.

神戸市立中央市民病院 循環器センター
神戸市中央区港島中町 4-6 (〒650)

Department of Cardiology, Kobe General Hospital,
Minatojima-Nakamachi 4-6, Chuo-ku, Kobe 650

Received for publication October 24, 1991; accepted June 6, 1992 (Ref. No. 37-PS81)

穂積, 吉川, 吉田, ほか

Before PTMC, 13 patients had no mitral regurgitation, 3 had mild, and 2 moderate mitral regurgitation. After PTMC, significant new mitral regurgitation occurred in 5 patients.

The severity of mitral regurgitation did not change in 12 patients (67%) and increased by one grade in 6 patients (33%). Before OMC, 9 patients had no mitral regurgitation, 6 had mild, and one moderate mitral regurgitation. After OMC, significant new mitral regurgitation occurred in two patients. The severity of mitral regurgitation did not change in 11 patients (69%) and increased by one grade in 5 patients (31%). No patient developed severe mitral regurgitation either after PTMC or OMC.

Percentage fractional shortening did not change significantly after either procedure. PTMC had a similar effect to OMC within 1 month of the procedure.

Key words

Percutaneous mitral commissurotomy
regurgitation Echocardiography

Open mitral commissurotomy

Mitral valve area

Mitral

はじめに

直視下僧帽弁交連切開術 (open mitral commissurotomy: OMC) は、僧帽弁狭窄症に対して有用な治療方法であり、現在では、手術による交連切開術として、非直視下僧帽弁交連切開術にとって代わっており、長期的効果も含め、確立された治療法である¹⁻⁷⁾。しかし、近年、バルーン・カテーテルを用いる方法として、経皮経静脈的僧帽弁交連切開術 (percutaneous transvenous mitral commissurotomy: PTMC) が試みられるようになって以来、僧帽弁狭窄症に対する治療法として、その有用性が報告されている⁸⁻¹⁵⁾。本法は、非手術的治療として、将来的にも期待のかけられる方法と思われる。

僧帽弁狭窄症の評価においては、断層図が非観血的な弁口面積測定法として有用性が認められている¹⁶⁻¹⁸⁾。また一方、連続波ドップラー法にて求められた pressure half-time より、弁口面積を計測する方法も、非観血的方法として有用である¹⁹⁾。心エコードップラー法を用いて長期の弁口面積の観察や逆流の評価が可能である。

そこで、心エコードップラー法を用いて、PTMC 施行後1ヵ月以内の評価を、OMC 施行後1ヵ月以内の評価と比較することにより、PTMC の有用性を検討することにした。

対象と方法

対象

1986年9月以降の OMC 施行例、および当院で従来 OMC の適応と考えられた僧帽弁狭窄症に対する 1987年7月以降の PTMC 施行例を対象とした。ただし、そのうち、術前および術後1ヵ月以内に心エコードップラー法を施行しえた症例で、かつ以下の基準に従ったものについて、今回は検討を行った。

まず、術前に有意な大動脈弁狭窄および逆流を有した症例は、今回の対象からは除外した。また、術前の心機能が fractional shortening (%FS) で 20% 以下ないし 50% 以上の症例も、今回の対象から除外した。さらに僧帽弁狭窄症の重症度に関しては、ドーム形成は良好ないしは軽度障害程度で、弁下病変は軽度ないしは中等度、局在性病変は存在しないか軽度のものに限り、それより高度のものは除外した。

このような基準に従ったものとして、OMC 施行例 16 例 (OMC 群, 男 4 例, 女 12 例, 平均年齢 47.6 歳), PTMC 施行例 18 例 (PTMC 群, 男 3 例, 女 15 例, 平均年齢 48.2 歳) につき、今回検討を行った。上記のような基準に従ったため、術前の両群は、重症度や弁性状がほぼ同様な症例と考えられた。

方法

術前および術後1ヵ月以内の心エコードップラー法では、以下の諸計測を行った。計測はVTR記録ないしはストリップ・チャート記録より、同一検者が行った。

弁口面積

1. 断層心エコー図法にて、僧帽弁口が最小となるレベルの左室短軸像を描出した。そして、拡張早期の弁口が最も開く時相の静止画像より、弁口内周をプランニメーターでトレースして測定した¹⁶⁾。ただし、洞調律例では3回、心房細動例では5回の平均値を測定値とした。

2. 連続波ドップラー法にて、僧帽弁口通過血流から pressure half-time を求め、弁口面積 = $220/PHT$ の関係式から算出した¹⁹⁾。ただし、洞調律例では連続3心拍、心房細動例では連続5心拍の平均値を測定値とした。

僧帽弁逆流

カラードップラー法にて、多断面を用いて、逆流ジェットの有無を検討した。逆流ジェットが検出された場合は、逆流の最大到達度によって、次のごとく3段階に重症度を分類した。すなわち、左房を3等分して、左房の1/3を超えない場合を軽度 (mild)、左房の2/3を超えない場合を中等度 (moderate)、左房の2/3を超えた場合を高度 (severe) と評価した²⁰⁾。なお、カラードップラー法にて、弁尖直上のみ観察される程度の極く痕跡的な逆流が検出された場合は、今回の重症度評価では有意な逆流は存在しないものとして評価した。

Percent FS (%FS)

左室内径(拡張終期径/収縮終期径)をMモード心エコー図より計測し、(拡張終期径-収縮終期径)/拡張終期径×100の式より、%FSを算出した。洞調律例では連続3心拍、心房細動例では連続5心拍の平均値を測定値とした。

各群で術前後の諸計測値の比較を行うとともに、術後の両群間の比較も行い、PTMCの有用性について検討した。

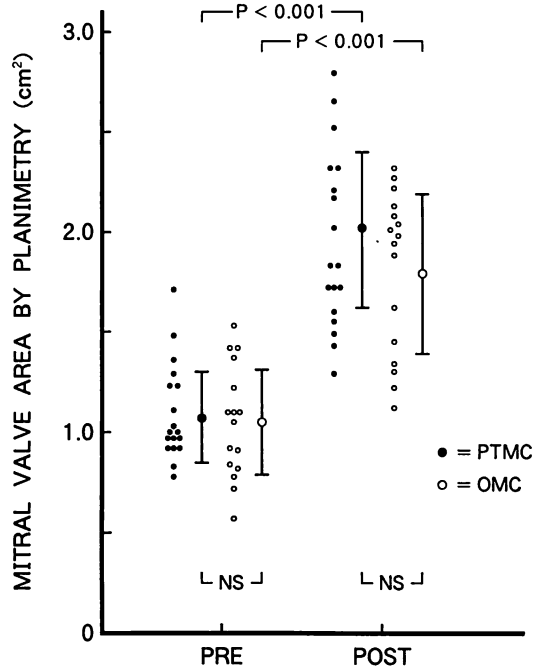


Fig. 1. Changes in mitral valve area measured by planimetry before and after PTMC and OMC.

PTMC=percutaneous transvenous mitral commissurotomy; OMC=open mitral commissurotomy; PRE=before PTMC and OMC; POST=after PTMC and OMC; NS=not significant.

各群における諸計測値の術前後の比較にさいしての統計処理は、paired t-test を用いた。また、術前および術後の両群間の諸計測値の比較には、unpaired t-test および χ^2 検定を用いた。なお、 $p < 0.01$ をもって統計的に有意差ありとした。

結 果

弁口面積

断層心エコー図より求めた弁口面積：術前、PTMC 群では $1.07 \pm 0.24 \text{ cm}^2$ 、OMC 群では $1.04 \pm 0.24 \text{ cm}^2$ と、両群間で有意差は認めなかった。術後は、PTMC 群は $2.01 \pm 0.42 \text{ cm}^2$ 、OMC 群は $1.78 \pm 0.41 \text{ cm}^2$ と、両群とも有意な増加を示した ($p < 0.001$)。ただし、術後弁口面積は、両群間で有意差を認めなかった (Fig. 1)。

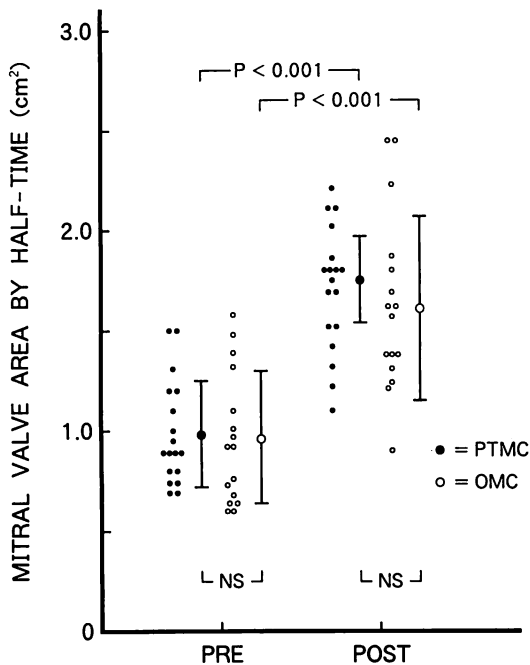


Fig. 2. Changes in mitral valve area measured by Doppler echocardiography before and after PTMC and OMC.

Abbreviations as in Fig. 1.

Pressure half-time より求めた弁口面積: 術前, PTMC 群では $0.99 \pm 0.26 \text{ cm}^2$, OMC 群では $0.95 \pm 0.32 \text{ cm}^2$ と, 両群間で有意差は認めなかった. 術後は, PTMC 群では $1.76 \pm 0.23 \text{ cm}^2$, OMC 群では $1.62 \pm 0.46 \text{ cm}^2$ と, 両群とも有意な増加を示した ($p < 0.001$). ただし, 術後弁口面積は, 本法でも両群間で有意差は認めなかった (Fig. 2).

僧帽弁逆流

カラードプラー法による術前の僧帽弁逆流は, PTMC 群では 13 例で有意なものは認めず, 3 例が軽度, 2 例が中等度であった. 術後は新たに有意な逆流が 5 例に認められたが, いずれも軽度であった. 軽度症例のうち 1 例は逆流の増加を認めたが, 中等度を超えるものではなかった. 新たに有意な逆流が認められた 5 例を含めて 6 例

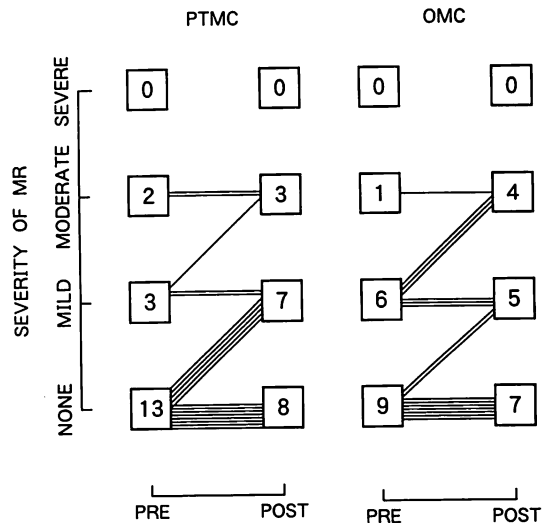


Fig. 3. Changes in the severity of mitral regurgitation by color Doppler echocardiography before and after PTMC and OMC.

MR=mitral regurgitation. Other abbreviations as in Fig. 1.

(33%)で1段階の逆流の増加を認めたが, 12例(67%)では有意な逆流程度の増加は認められなかった.

OMC 群では, 術前は 9 例で有意な逆流を認めず, 6 例が軽度, 1 例が中等度であった. 術後, 新たに有意な逆流が 2 例に認められたが, いずれも軽度であった. 軽度症例のうち 3 例は逆流の増加を認めたが, moderate を超えるものではなかった. 新たに有意な逆流が認められた 2 例を含めて 5 例 (31%) で 1 段階の逆流の増加を認めたが, 11 例 (69%) では有意な逆流程度の増加は認められず, PTMC 群と有意差はなかった.

また, 両群とも, 中等度症例は逆流の程度に有意な変化は認めず, 高度な逆流をきたしたのも認めず, さらには, 2 段階以上の逆流程度の増加をきたした症例も認めなかった (Fig. 3).

%FS

PTMC 群, OMC 群の術前の %FS は, それぞれ, $34.2 \pm 6.1\%$, $31.3 \pm 5.0\%$ であり, 有意差は

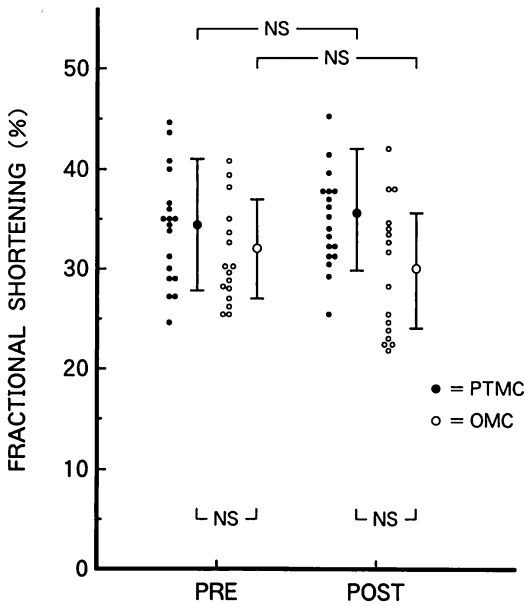


Fig. 4. Changes in fractional shortening before and after PTMC and OMC.
Abbreviations as in Fig. 1.

認めなかった。また、術後の %FS は、PTMC 群では $36.1 \pm 5.1\%$ 、OMC 群では $29.8 \pm 6.6\%$ であり、各群それぞれ、術前後では有意変化を認めなかった (Fig. 4)。

考 按

PTMC の効果については、すでにいくつもの報告がなされているが⁸⁻¹⁵⁾、現在、手術的交連切開術の主流となっている OMC と比較した報告は少ない²¹⁾。今回の研究では、非侵襲的に繰り返し検査可能な心エコードップラー法を用いて、比較的軽症の僧帽弁狭窄症に対する PTMC と OMC の術後早期の効果につき評価・比較した。

今回の検討では、同程度の本症に対しては PTMC と OMC の両方法ともに、断層図から求めた場合でも、pressure half-time から求めた場合でも、術後弁口面積は有意に増加することが示された。また、術後弁口面積は PTMC と OMC の両方法の間には有意差を認めなかった。このこ

とより、PTMC は弁口面積の増加に関して、少なくとも術後 1 ヶ月以内は、OMC と同等の効果を有するものと考えられた。ただし、今回の対象例が、軽症から中等症の僧帽弁狭窄症であったことは考慮しなければならない。すなわち、さらに重症の症例において PTMC により手術と同程度の弁口面積増加が得られるか否かは、さらに本法の適応を拡大して検討する必要がある。また、OMC で報告されているような長期間の結果は、PTMC に関し、まだ報告されていない。そのため、今回の PTMC の結果でみられたような OMC と同程度の効果が、どれくらいの期間保たれるかは、これからの検討課題であると思われる。

PTMC 後の僧帽弁逆流については、パルス・ドップラー法を用いた Reid らの報告では、4 段階評価で 1 段階の有意な増加を認めたのは 12 例中 3 例 (25%) であり、2 段階の増加は 1 例 (8%) であり、III 度以上となった症例は認められなかった¹⁰⁾。Abascal らも、やはりパルス・ドップラー法を用いて PTMC 後の僧帽弁逆流を評価しているが、逆流の重症度は 24 例中 13 例 (54%) には変化がみられず、4 段階評価で 1 段階の有意な増加は 24 例中 8 例 (33%)、2 段階の増加は 3 例 (13%) であったと報告している¹¹⁾。

われわれの今回の検討ではカラードップラー法が用いられたが、PTMC 群および OMC 群ともに、術後 3 段階評価で moderate を超える症例はみられなかった。しかも、逆流の重症度が 2 段階以上増加した症例はみられず、severe な逆流をきたした症例もみられなかった。そして、逆流程度に変化を認めなかったのは、PTMC 群で 67%、OMC 群 69% であり、両群間で有意差はみられず、結果として良好と考えられる。ただし、今回の研究では対象が比較的軽症の僧帽弁狭窄症であったため、僧帽弁逆流の発生率が比較的良かった可能性も存在する。

Chen らは PTMC 後の僧帽弁逆流の増加には、僧帽弁狭窄症の重症度が影響していることを

報告している²²⁾。また, Nobuyoshi とも, 僧帽弁狭窄症の重症度に従って, 僧帽弁逆流発生頻度の増加を報告している²³⁾。その報告では, Sellers III 度以上の僧帽弁逆流に限ると, 106 例中 5 例 (5%) に逆流が生じている。その内訳は, rigid な弁尖例では 10 例中 2 例 (20%), semipliable な弁尖例 59 例中 2 例 (3.4%), pliable な弁尖 37 例中 1 例 (2.7%) であった。彼らの研究での pliable または semipliable な弁尖例は, 今回のわれわれの対象例に相当すると考えられる。すなわち, 中等症以下の僧帽弁狭窄症では, severe な僧帽弁逆流の頻度は低いことを示したものと考えられる。しかし一方, 最近では PTMC 後の僧帽弁逆流は, 必ずしも僧帽弁狭窄症の重症度に影響されないという結果も報告されており^{24,25)}, この点については, 今後検討を重ねていく必要があると思われる。

心機能については, 今回の検討では %FS を指標に用いたが, 術前の %FS は両群間で有意差は認めておらず, 心機能についても両群はほぼ術前同程度であった。しかしながら, 今回の検討は術後 1 ヶ月以内の評価であるため, 術後長期の心機能の比較については, さらに長期の検討が必要と思われる。

また, 自覚症状として, 今回は NYHA 分類についての検討を加えなかった。これは, 術後早期では, 非手術群と手術群を比較することに無理があると考えられたからである。自覚症状の比較については, 長期フォローで検討をすべきと思われる。

PTMC が OMC と決定的に異なるのは, 手術のような侵襲がなく, カテーテル検査と同程度の侵襲度で施行が可能であることである。大きな合併症なく PTMC の施行が可能であり, OMC と同程度の効果が期待できるのであれば, 今回対象となった軽症から中等症程度の僧帽弁狭窄症においては, 手術を考慮する前に, まず第一に PTMC を考慮する価値があるものと考えられる。ただし, 今回対象とならなかった重症の僧帽弁狭窄症に関しては, 今後, PTMC の適応の拡大により

出される結果に従い, 判断されるべきであると考えられる。

最近では, 断層図より弁の肥厚, 可動性, 石灰化, 弁下病変のおのおのをスコア化し, それにより PTMC の結果を予測する試みが報告されている^{14,15)}。それによると, 総スコアすなわち重症度が高い症例では, 低い症例に比べて, 弁口面積が十分に拡大せず, 再狭窄率も高い結果となっている。

今回のわれわれの対象は, 重症度では決して高くない症例であったことが, PTMC の良好な結果につながった可能性が強い。しかし, このことは, 言い換えれば, 適応が適切であったことを示唆するものであるともいえる。さらには, 適応が適切に判断されれば, 従来手術的に交連切開されていた症例が, PTMC で治療可能であることを示唆するものと思われる。今後は, さらに長期的効果を含めて, PTMC の適応について検討が重ねられ, 僧帽弁狭窄症の適切な治療基準が確立されるべきであると考えられる。

結 語

軽症から中等症の僧帽弁狭窄症に対して, 少なくとも術後早期においては, PTMC は OMC と同程度の効果を有する有用な方法と考えられた。

要 約

経皮経静脈的僧帽弁交連切開術 (PTMC) の効果を直視下僧帽弁交連切開術 (OMC) と比較するために, PTMC 施行例 18 例 (PTMC 群) と OMC 施行例 16 例 (OMC 群) に対し, 術前および術後 1 ヶ月以内に断層心エコー図法およびカラードプラー法を施行した。術前の弁口面積, 僧帽弁狭窄の重症度, および心機能に関しては, 2 群間に有意差はなかった。

PTMC 群においては, 断層図および連続波ドプラー法により測定された弁口面積は, おおの 1.07±0.24 cm² (術前) から 2.01±0.42 cm² (術後), 0.99±0.26 cm² (術前) から 1.76±0.23 cm²

(術後)と、ともに有意な増加が認められた ($p < 0.001$). OMC 群においては、断層図および連続波ドップラー法により測定された弁口面積は、おのおの $1.04 \pm 0.24 \text{ cm}^2$ (術前) から $1.78 \pm 0.41 \text{ cm}^2$ (術後), $0.95 \pm 0.32 \text{ cm}^2$ (術前) から $1.62 \pm 0.46 \text{ cm}^2$ (術後)と、ともに有意な増加が認められた ($p < 0.001$). PTMC 群での術後弁口面積は OMC 群でのそれと比べて、有意差は認められなかった。

PTMC 群では、術前 13 例には有意な僧帽弁逆流は認められず、3 例が軽度、2 例が中等度の逆流を有した。PTMC 後は、5 例に新たな有意な逆流が認められた。18 例中 12 例 (67%) では有意な逆流の増加は認められず、新たに逆流の生じた 5 例を含めた 6 例 (33%) に 1 段階の逆流の増加が認められたのみであった。OMC 群では、術前 9 例には有意な僧帽弁逆流は認められず、6 例が軽度、1 例が中等度の逆流を有した。OMC 後は、2 例に新たな有意な逆流が認められた。16 例中 11 例 (69%) では有意な逆流の増加は認められず、新たに逆流の生じた 2 例を含めた 5 例 (31%) に 1 段階の逆流の増加が認められたのみであった。しかし、OMC 群、PTMC 群ともに、術後高度の逆流をきたした症例は認められなかった。

Fractional shortening (%FS) は、両群ともに、術後有意な変化は示さなかった。

このように、PTMC は、術後少なくとも 1 ヶ月以内は、OMC と同等の効果を有することが示された。

文 献

- 1) Gerami S, Messmer BJ, Hallman GL, Cooley DA: Open mitral commissurotomy: Results of 100 consecutive cases. *J Thorac Cardiovasc Surg* **62**: 366-369, 1971
- 2) Housman LB, Bonchek L, Lambert L, Grunke-meier G, Starr A: Prognosis of patients after open mitral commissurotomy: Actuarial analysis of late results in 100 patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* **73**: 742-745, 1977
- 3) Halseth WL, Elliot DP, Walker EL, Smith EA: Open mitral commissurotomy: A modern re-evaluation. *J Thorac Cardiovasc Surg* **80**: 842-848, 1980
- 4) Gross RI, Cunningham JN, Snively SL, Catinella FP, Nathan IM, Adams PX, Spencer FC: Long-term results of open radical mitral commissurotomy: Ten years follow-up study of 202 patients. *Am J Cardiol* **47**: 821-825, 1981
- 5) Smith WM, Neutze JM, Barratt-Boyes BG, Lowe JB: Open mitral valvotomy: Effects of preoperative factors on result. *J Thorac Cardiovasc Surg* **82**: 738-751, 1981
- 6) Cohn LH, Allred EN, Cohn LA, Disesa VJ, Shemin RJ, Collins JJ Jr: Long-term results of open mitral valve reconstruction for mitral stenosis. *Am J Cardiol* **55**: 731-734, 1985
- 7) Eguaras MG, Luque I, Montero A, Moriones I, Granados J, García MA, Fernandez R, Pérez J, Concha M: Conservative operation for mitral stenosis: Independent determinants of late results. *J Thorac Cardiovasc Surg* **95**: 1031-1037, 1988
- 8) Inoue K, Owaki T, Nakamura T, Kitamura F, Miyamoto N: Clinical application of transvenous mitral commissurotomy by a new balloon catheter. *J Thorac Cardiovasc Surg* **87**: 394-402, 1984
- 9) Lock JE, Kalilullah M, Shrivastava S, Bahl V, Keane JF: Percutaneous catheter commissurotomy in rheumatic mitral stenosis. *N Engl J Med* **313**: 1515-1518, 1985
- 10) Reid CL, McKay CR, Chandraratna PAN, Kaw-nishi DT, Rahimtoola SH: Mechanism of increase in mitral valve area and influence of anatomic features in double-balloon, catheter balloon valvuloplasty in adults with rheumatic mitral stenosis: A Doppler and two-dimensional echocardiographic study. *Circulation* **76**: 628-636, 1987
- 11) Abascal VM, Wilkins GT, Choong CY, Block PC, Palacios IF, Weyman AE: Mitral regurgitation after percutaneous balloon mitral valvuloplasty in adults by pulsed Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* **11**: 257-263, 1988
- 12) Herrmann HC, Wilkins GT, Abascal VM, Weyman AE, Block PC, Palacios IF: Percutaneous balloon mitral valvotomy for patients with mitral stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg* **96**: 33-38, 1988
- 13) Abascal VM, Wilkins GT, Choong CY, Thomas JD, Palacios IF, Block PC, Weyman AE: Echocardiographic evaluation of mitral valve structure and function in patients followed for at least 6 months after percutaneous balloon mitral valvuloplasty. *J Am Coll Cardiol* **12**: 606-615, 1988

- 14) Palacios IF, Block P, Wilkins GT, Weyman AE: Follow-up of patients undergoing percutaneous mitral balloon valvotomy. *Circulation* **79**: 573-579, 1989
- 15) Abascal VM, Wilkins GT, O'Shea JP, Choong CY, Palacios IF, Thomas JD, Rosas E, Newell JB, Block PC, Weyman AE: Prediction of successful outcome in 130 patients undergoing percutaneous balloon mitral valvotomy. *Circulation* **82**: 448-456, 1990
- 16) Wann LS, Weyman AE, Feigenbaum H, Dillon JC, Johnston KW, Eggleton RC: Determination of mitral valve area by cross-sectional echocardiography. *Ann Int Med* **88**: 337-341, 1978
- 17) Henry WL, Griffith JM, Michaelis LL, McIntosh CL, Morrow AG, Epstein SE: Measurement of mitral orifice area in patients with mitral valve disease by real-time, two-dimensional echocardiography. *Circulation* **51**: 827-831, 1975
- 18) Heger JJ, Wann LS, Weyman AE, Dillon JC, Feigenbaum H: Long-term changes in mitral valve area after successful mitral commissurotomy. *Circulation* **59**: 443-448, 1979
- 19) Hatle L, Angelsen B, Tromsdal A: Noninvasive assessment of atrioventricular pressure half-time by Doppler ultrasound. *Circulation* **59**: 1096-1104, 1979
- 20) Yoshikawa J, Yoshida K, Akasaka T, Shakudo M, Kato H: Value and limitations of color Doppler flow mapping in the detection and semiquantification of valvular regurgitation. *Int'l J Cardiac Imaging* **2**: 85-91, 1987
- 21) Kuwako K, Itaoka Y, Kashida M, Yamaguchi T, Toide H, Tohda E: Assessment of percutaneous transvenous mitral commissurotomy (PTMC) by 2-dimensional and Doppler echocardiography. *Jpn J Med Ultrason* **51** (Suppl II): 357-358, 1987 (in Japanese)
- 22) Chen C, Wang X, Wang Y, Lan Y: Value of two-dimensional echocardiography in selecting patients and balloon sizes for percutaneous balloon mitral valvuloplasty. *J Am Coll Cardiol* **14**: 1651-1658, 1989
- 23) Nobuyoshi M, Hamasaki N, Kimura T, Nosaka H, Yokoi H, Yasumoto H, Horiuchi H, Nakashima H, Shindo T, Mori T, Miyamoto AT, Inoue K: Indications, complications, and short-term clinical outcome of percutaneous transvenous mitral commissurotomy. *Circulation* **80**: 782-792, 1989
- 24) Essop MR, Wisenbaugh T, Skoularigis J, Middlemost S, Sareli P: Mitral regurgitation following mitral balloon valvotomy: Differing mechanisms for severe versus mild-to-moderate lesions. *Circulation* **84**: 1669-1679, 1991
- 25) Feldman T, Carroll JD, Isner JM, Chisholm RJ, Holmes DR, Massumi A, Pichard AD, Herrmann HC, Stertz SH, O'Neill WW, Dorros G, Sundram P, Bashore TM, Ramaswamy K, Jones LS, Inoue K: Effect of valve deformity on results and mitral regurgitation after Inoue balloon commissurotomy. *Circulation* **85**: 180-187, 1992