

僧帽弁閉鎖不全症の左室機能と逆流程度の非観血的評価

Noninvasive assessment of left ventricular performance and grade of regurgitation in mitral insufficiency

藤木 明
稲坂 暢
北村 隆
麻野井英次
高田 重男
池田 孝之

Akira FUJIKI
Tohru INASAKA
Takashi KITAMURA
Hidetsugu ASANOI
Shigeo TAKATA
Takayuki IKEDA

Summary

In order to evaluate left ventricular function and severity of regurgitation in mitral insufficiency, systolic time intervals [preejection period (PEP), left ventricular ejection time (ET) and PEP/ET] and echocardiographic measures of left ventricular performance [stroke volume index (SVI) and ejection fraction (EF)] were compared among 24 patients with mitral regurgitation (MR) of various origins; 7 patients with rheumatic heart disease (RHD), 7 with ruptured chordae tendineae (RCT), 7 with mitral valve prolapse (MVP) and 3 with congestive cardiomyopathy (CCM). The extent of MR was graded by left ventricular cineangiography on the scale of I to IV described by Sellers. Eleven patients with ischemic heart disease and without MR served as control.

As the grade of MR increased, there were tendencies for PEP to be prolonged, ET to be shortened and both of PEP/ET and SVI to be increased. However, each of these parameters alone could not discriminate the grade of MR. EF was not different among 4 groups of MR. Some patients with RCT and grade III or IV MR were accompanied with normal PEP and PEP/ET, while 3 with CCM and grade I or II MR showed a shortening of ET, a prolongation of PEP and an increase in PEP/ET. EF tended to be lower in RHD than in MVP or RCT and was less than 0.35 in CCM.

When ET was plotted against SVI, ET and SVI in most of grade I or II MR were not much different from those in the control. On the other hand, grade III or IV MR showed disproportional shortening of ET for the increase in SVI. Thus, grade III or IV MR could be clearly separated from the control or from most of grade I or II MR. When PEP/ET was plotted against EF, the patients with MR had a larger PEP/ET than the control at the same level of EF. Three different negative correlations between PEP/ET and EF were discernible in the control, in grade I or II MR and in III or IV MR. The slope of regression line was almost same among these three groups, but the intercept was

金沢大学医学部 第一内科
金沢市宝町 13-1 (〒920)

The First Department of Internal Medicine, School of Medicine, Kanazawa University, Takara-machi 131, Kanazawa 920

Presented at the 19th Meeting of the Japanese Society of Cardiovascular Sound held in Kyoto, October 20-21, 1979
Received for publication February 1, 1980

higher in III or IV MR than in I or II MR and the latter was higher than in the control. CCM with mild MR had a reduced EF and an elevated PEP/ET, reflecting their poor left ventricular performance. Increased EF and PEP/ET in RCT could be attributable to their severe MR and normal left ventricular function.

From these observations, we suggests that left ventricular function and severity of MR can be estimated by combined analysis of systolic time intervals and echocardiographic findings. Left ventricular dysfunction is represented as a reduced EF and grade of MR is reflected in the discrepancies between ET and SVI and between PEP/ET and EF.

Key words

Left ventricular function

Grade of mitral regurgitation

Systolic time intervals

Echocardiography

はじめに

近年, 左室収縮時間 (systolic time intervals, STI) の測定や, 心エコー図 (UCG) による非観血的な心機能の評価が可能となり, 広く臨床に用いられている. そして弁膜疾患のない場合には, 前駆出時間 (PEP) と駆出時間 (ET) の比 (PEP/ET) と観血的方法あるいは UCG でみた駆出分画 (EF) の間には良好な負の相関があることが知られている. しかし, 僧帽弁閉鎖不全症 (MR) においては, STI や UCG でみた左心機能の指標は左房への逆流による preload の増加と after load の減少により修飾されている. MR では PEP/ET が増加しており, 左心機能が低下すると, さらに増加することが報告されている¹⁾. 一方 MR の EF は, 実際の左心機能以上に良いことが指摘されている²⁾. また, MR の ET は forward flow に規定されるが, UCG でみた1回拍出量 (SV) は左室の forward flow と左房への逆流との合計である. すなわち, MR における左房への逆流の影響は, STI と UCG で求めた EF や SV では異なっている. このことは逆に, STI と UCG でみた EF や SV と対比することより, 逆流の程度を推定できる可能性を示唆する. また, MR をきたす原因は多数あり, MR の原因の違いにより心筋機能や左室動態が異なっている. しかし, MR の原因の違いにより, STI と UCG でみた EF や SV との関係がどう違うかについては検討されていない.

本研究では, STI と UCG でみた EF や SV との関係が, 逆流の程度によりどう異なるかを明らかにするため, 種々の原因の MR の STI と UCG 上の EF や SV との関係を, 左室造影より判定した左房への逆流の程度と対比して検討した.

対象と方法

左室造影にて, 僧帽弁逆流 (MR) が確認された 24 例を対象とした. 内訳は心エコー図法と左室造影で確認した僧帽弁逸脱 7 例 (MVP), 心エコー法にて腱索断裂と診断し³⁾, 手術あるいは剖検で診断を確認できた腱索断裂 7 例 (RCT), 心エコー図で弁尖の肥厚と変形を認め, リウマチ性 MR と診断した 7 例 (RHD), 特発性心筋症うっ血型に伴う MR 3 例 (CCM) で, **Table 1** にその年齢, 性別を示した. また左室造影で MR がなく, asynergy も認められない虚血性心疾患 11 名を対照群とした.

STI は頸動脈波, 心音図, 心電図の同時記録より, 前駆出時間 (PEP), 駆出時間 (ET) を求め, 正常人の心拍数から求めた予測値との差を Δ PEP, Δ ET として検討した⁴⁾. 心房細動例では, R-R 間隔 0.8 秒後の心拍について数拍平均したものを用いた.

心エコー図は Aloka 製 SSD-110 を用い, 探触子は直径 10 mm, 2.25 MHz の平板または焦点距離 7.5 cm の凹面探触子を使った. 第 3 ないし第 4 肋間胸骨左縁からビームを投入し, Honey-

Table 1. Subjects

Mitral regurgitation	Number	Sex (M:F)	Age (yr) mean (range)
Rheumatic heart disease	7	4:3	38 (20-51)
Ruptured chordae tendineae	7	6:1	61 (55-69)
Mitral valve prolapse	7	3:4	30 (16-59)
Congestive cardiomyopathy	3	3:0	39 (26-48)
Control			
Ischemic heart disease	11	8:3	43 (30-54)

M=male; F=female

well 製 UCG recorder SSZ 7113 にて記録した. 心エコー図より計測した左室内径から, Teichholz の式⁵⁾ により左室容積を求め, 1 回 拍 出 量 係 数 (SVI), 駆出分画 (EF) を求めた.

MR の逆流の程度は Sellers の分類⁶⁾ に従い I~IV 度まで区分した. 心エコー図, STI はいずれも心カテテル検査の 1 週間以内に実施した.

結 果

1) 逆流程度と ET および PEP (Fig. 1)

Fig. 1. に逆流の程度と対比して ET を上段, PEP を下段に示した. CCM を別にすると, 全体として逆流の増加とともに ET は短縮, PEP は延長していた. ただし, PEP は逆流 I~II 度の MVP では正常以下に短縮するものがあり, また逆流 III~IV 度の RCT で正常範囲のものもあった.

2) 逆流程度と PEP/ET (Fig. 2)

逆流量の大小は ET と PEP を逆に変化させ, 両者の比, PEP/ET 比は逆流の増加とともに増加した. CCM と MVP はいずれも逆流量が I~II 度であったが, PEP/ET は前者のほうが大きく, MVP では正常以下のものもあった.

3) 逆流程度と SVI (Fig. 3)

逆流が大きくなるほど, 心エコー図で求めた SVI は大きくなる傾向が認められた. しかし MR の原因の違いによる差は明らかでなかった.

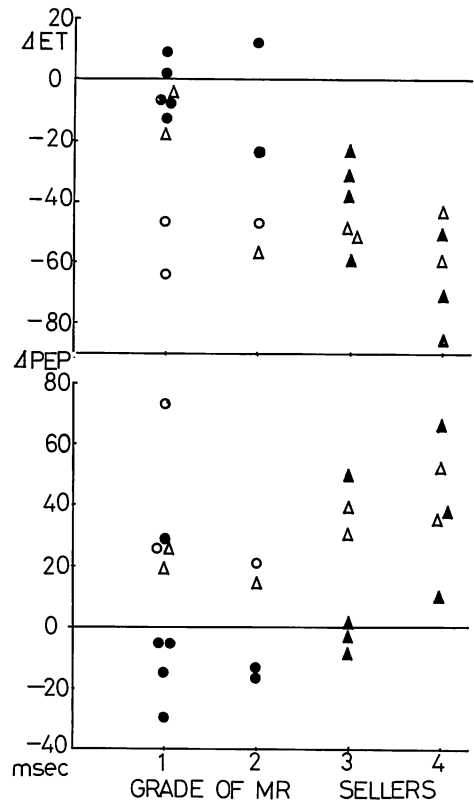


Fig. 1. Relationship between grade of regurgitation and PEP or ET.

PEP=preejection period; ET=ejection time; Δ: rheumatic heart disease; ▲: ruptured chordae tendineae; ●: mitral valve prolapse; ○: congestive cardiomyopathy.

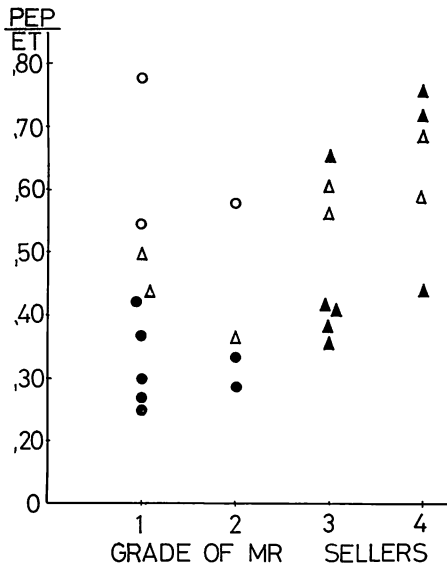


Fig. 2. Relationship between grade of regurgitation and PEP/ET.
Abbreviations and symbols: See Fig. 1.

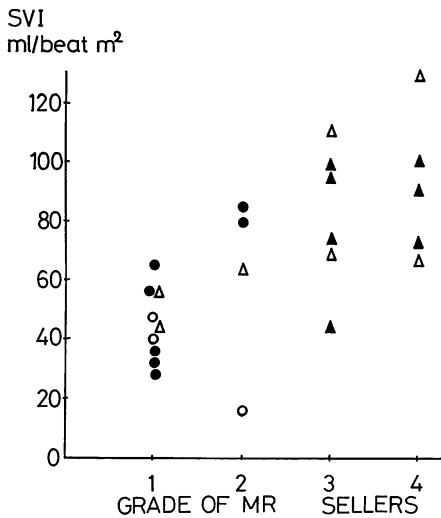


Fig. 3. Relationship between grade of regurgitation and SVI.
SVI=stroke volume index. Symbols: See Fig. 1.

4) 逆流程度と EF (Fig. 4)

心エコー図でみた EF と逆流の大小とに明らかな関係は認められなかった. CCM は EF が著しく低下し, また RHD の EF も MVP, RCT に比べ低下していた.

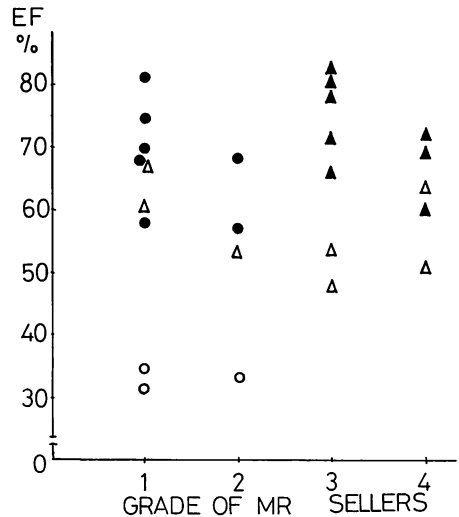


Fig. 4. Relationship between grade of regurgitation and ejection fraction (EF).
Symbols: See Fig. 1.

5) 逆流程度で分けた Δ ET と SVI の関係 (Fig. 5)

対照群に比べ, MR は右下方に分布し, また MR の I~II 度と III~IV 度では, III~IV 度が右下方に位置した. すなわち, 逆流が大きくなるとともに Δ ET が短縮し, Δ ET と SVI の関係は MR のあるものでは, MR のないものとは逆になっていた.

6) 逆流の程度別の PEP/ET と EF の関係 (Fig. 6)

図中の直線は MR の無い対照群, Sellers I~II 度の MR, III~IV 度の MR に分けた各群の回帰直線を表わす. いずれの群でも, EF の低下とともに PEP/ET が増大したが, MR の回帰直線は対照群より上方にあり, また I~II 度の MR に比べ, III~IV 度の MR の回帰直線は上方に位置した. また回帰直線の勾配は, MR の逆流の

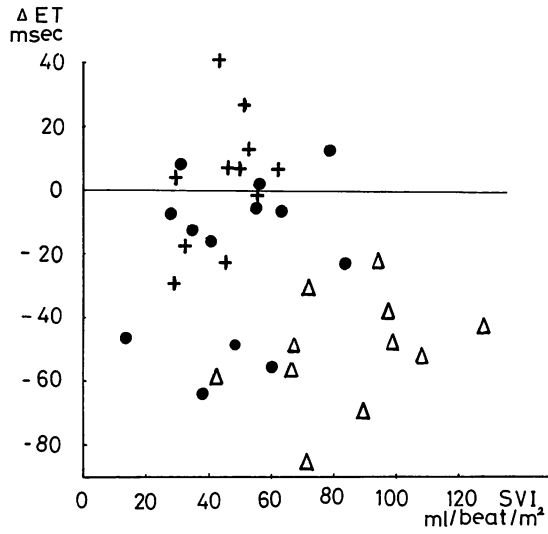


Fig. 5. Grade of regurgitation and relation between ejection time (ET) and stroke volume index (SVI).

+: control; ●: mitral regurgitation of grade I or II; △: mitral regurgitation of grade III or IV.

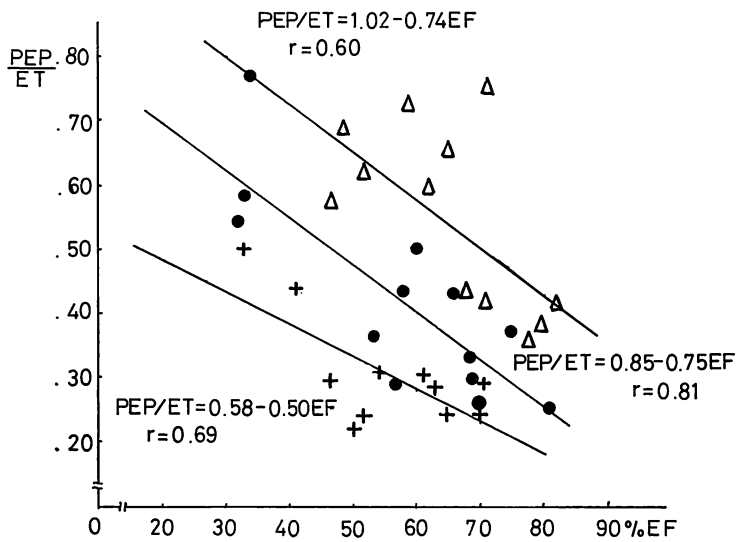


Fig. 6. Difference in the correlation between PEP/ET and ejection fraction (EF) according to grade of mitral regurgitation.

Symbols: See Fig. 5.

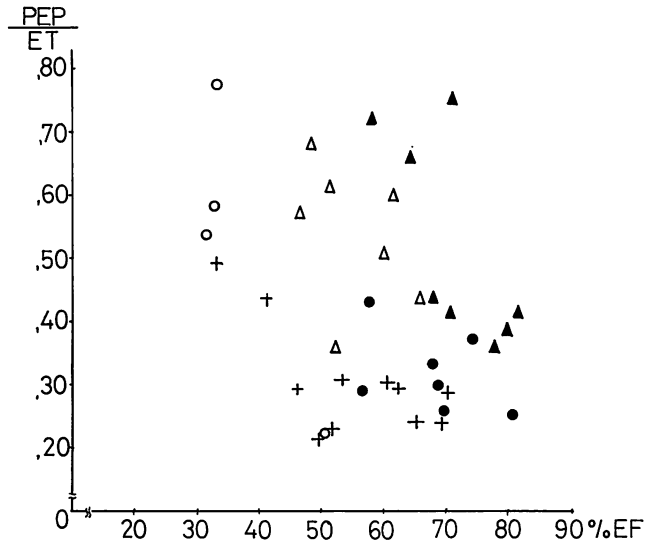


Fig. 7. Relationship between PEP/ET and EF among the patients with mitral regurgitation of various etiologies.

Abbreviations and symbols: See Fig. 1, +: control.

程度により差がなかった。

7) MR の原因別にみた PEP/ET と EF の関係 (Fig. 7)

左室拡大に基づく相対的 MR, CCM では PEP/ET は著明に増大し, EF は低下し, 左上方に, RCT は EF が保たれ右方に位置するが, PEP/ET は増加例から正常のものまでみられた. MVP は対照群と重なって右下方に分布し, PEP/ET, EF ともほぼ正常であった. RHD は CCM と RCT の中間に広く分布した. RHD の EF は RCT, MVP より低下していたが, CCM より大きく, また PEP/ET は種々の値をとった。

考 察

僧帽弁閉鎖不全症 (MR) では左室機能と逆流の程度を把握することが重要である⁷⁻¹⁰。従来, 逆流量の評価は非観血的方法では不可能であり, また MR の左室機能の観血的, 非観血的諸指標は, 逆流による preload の増加と afterload の減少のため修飾される^{1,2,11-14}。

STI は Weissler の提唱以来¹⁵, 非観血的な心

機能の評価法として広く用いられ^{4,16,17}, MR についても, STI が左室機能を評価する上で有用であることが報告されている^{1,13,14}。しかし MR において, 左房への逆流の程度と左室機能の変化がどのように STI に影響するかについては, 十分には明らかにされていない。

MR の PEP は延長するという報告と¹¹, 有意の変化はないとする報告¹³がある。我々の成績では, 逆流の増加に伴い延長する傾向があったが, 逆流 III~IV 度の腱索断裂 (RCT) の一部には, PEP が正常範囲のものもあった。またうっ血型心筋症 (CCM) の PEP は, 逆流量が同程度の僧帽弁逸脱 (MVP) に比べ延長していた。PEP は心筋機能の低下により延長し, preload の増加により短縮するとされている。CCM の PEP の延長は心筋機能の低下を反映したものである。ところで Eckberg ら²は, MR では大動脈弁開口までに, 逆流量全体のほぼ半分が左房へ逆流することを指摘している。この場合には, 大動脈弁開口までの室内圧の上昇は遅延し, preload の増大による心筋収縮速度の増加を打ち消して PEP

は延長するであろう。しかし MVP や、小さな範囲の RCT では、左室容積の大きな等容収縮での逆流量は小さく、駆出期に左室が小さくなると逆流が増加することが考えられる。この場合は、preload の増大による PEP の短縮効果がより強く表われるであろう。また、心筋機能が低下している場合は、preload の増大がさらに PEP を延長させることも指摘されている¹⁸⁾。したがって心筋機能の低下した MR では、preload の増加がさらに PEP を延長させることも考えられよう。

以上のように、MR の PEP は左室心筋の障害の程度、逆流程度、さらに MR の原因の違いによる左房への逆流の時期の違いなどにより様々に影響されているものと思われる。

ET は、主として大動脈への 1 回拍出量 (SV) に規定され、心筋機能が低下した場合は、1 回拍出量の低下のため ET は短縮する⁴⁾。今回の我々の成績では、逆流の増大とともに ET は短縮する傾向があり、これは forward flow の減少と考えられるが、一方逆流量の小さい CCM での ET の短縮は、左室機能の低下を反映していると考えられる。

MR では PEP/ET が増加すると報告されており¹³⁾、今回の成績でも逆流の増加とともに PEP/ET が増大する傾向があった。これは先に述べたごとく、逆流量の増加とともに ET が短縮し、PEP が不変ないし延長するためであろう。そして今回の CCM 例にみられたごとく、心筋機能の低下はさらに PEP/ET を増加させると考えられる。以上のように、MR の STI には逆流の大小と心筋機能の両者が反映されており、STI 単独ではこの両者を区別して評価することは不可能である。

心エコー図で求めた 1 回拍出量 (SV) は、左室 forward flow と左房への逆流量の合計であり、逆流が大きいほど増大すると予想されるが、今回の成績でも逆流量の増加とともに 1 回拍出量が増加する傾向があった。しかし I~II 度の MR と III~IV 度の MR の 1 回拍出量は重なっており、1 回拍出量のみから逆流量を推定することは困難

である。1 回拍出量は逆流量と左室機能の両者から影響されるためであろう。

僧帽弁閉鎖不全症では、逆流量の増大とともに ET が短縮し、1 回拍出量は増加する。したがって両者を対比することより逆流の程度の推定が可能となる。Fig. 5 に示したように、ET を縦軸に、1 回拍出量を横軸にとると、逆流が大きいほど図中の右下に位置した。僧帽弁逆流がない場合には、1 回拍出量の増加とともに ET は延長するのに対し、MR は逆流が大きくなるとともに弁膜症のないものとの偏りが大きくなっていった。従来非観血的方法では MR の逆流の強度を推定することは困難であったが、このように心エコー図の 1 回拍出量と ET を対比することにより、逆流量の大小の推定が可能であろう。

MR の駆出分画 (EF) は afterload の減少と preload の増加により増大する傾向があるため、左心機能の指標として真の左心機能より見掛け上良い値を示すとされている²⁾。しかし、今回の検討では、心エコー図でみた駆出分画は、CCM 例を別にすると、逆流の大小により差はなかった。むしろ CCM で著しく低下し、また罹病期間が長く、心筋障害が起こりうると考えられる RHD は、MVP や RCT に比べ駆出分画が低下していた。したがって、駆出分画は逆流の程度よりも心筋機能の障害の程度をより強く反映しているものと考えられる。

Garrand らは、PEP/ET と左室造影で求めた駆出分画との間に良好な負相関があることを報告し¹⁶⁾、広く認められている。しかし、弁膜疾患ではその相関が弱くなる^{4,17)}。MR でも、Wanderman ら、Baudoulas らは、PEP/ET と左室拡張期内径に対する収縮期内径の差との比 % ΔD 、あるいは駆出分画の間には良い負の相関があり、PEP/ET は MR の心筋機能の評価の上で有用であるとしている¹⁷⁾。しかし今回の成績では、PEP/ET と駆出分画の関係は、逆流の程度により異なっていた (Fig. 6)。縦軸に PEP/ET をとり、横軸に心エコー図で求めた駆出分画をとって対比す

ると, 対照群に比べ I~II 度の逆流を有する例の回帰直線は上方へ偏位し, III~IV 度ではさらに上方に位置した. すなわち駆出分画は主として左心機能を反映し, 左心機能の低下とともに図中の左方に位置し, 一方, 逆流が増大するとともに対照群との PEP/ET の差が大きくなり, 上方に位置する. 従来, PEP/ET の増大は左心機能の低下を表わすとされてきたが, 僧帽弁閉鎖不全では逆流に修飾され, 単独ではそのまま左心機能の指標として用いることはできない. しかし PEP/ET と心エコー図でみた駆出分画を対比することより, 逆流の大きさと左心機能を区別して推定することが可能となる.

MR の原因はきわめて多く, 原因により病態は同一でない. RCT のような急性 MR では, RHD のような慢性 MR に比べ外科的治療の効果が大きいことが知られている^{19~21)}. RHD, MVP, RCT, CCM の各群での PEP/ET と EF の関係を比較すると, CCM 例は左室機能の低下が著しく, 逆流は軽度であり, 左上方に分布した. RCT 例は左心機能が保たれ, 逆流が大きいと, 右方に分布した. 逆流が小さく, 心筋障害も軽いと考えられる MVP 例は, 対照群と重なって右下方に分布した. RHD は広く分布し, 左心機能の低下と逆流の程度が症例により様々であることを反映しているものと思われる.

以上より STI や心エコー図法は, おのおの単独では僧帽弁閉鎖不全の逆流の程度と左心機能を区別して評価することができないが, 両者を対比することにより, 僧帽弁閉鎖不全の逆流程度と, 左心機能を別個に推定することが可能であると結論した.

文 献

- 1) Wanderman KL, Goldberg MJ, Stack RS, Weisler AM: Left ventricular performance in mitral regurgitation assessed with systolic time intervals and echocardiography. *Amer J Cardiol* **38**: 831, 1976
- 2) Eckberg DL, Gault JH, Bouchard RL, Karliner JS, Ross J Jr: Mechanics of left ventricular con-

tractions in chronic severe mitral regurgitation. *Circulation* **47**: 1252, 1973

- 3) 麻野井英次, 稲坂 暢, 沼 哲夫, 高田重男, 大城康彦, 余川 茂, 服部 信, 鮎野謙介, 浦岡忠夫: 僧帽弁後尖腱索断裂の部位と大きさの M モード心エコー図による診断: 断層図, 病理所見との対比検討. *J Cardiography* **9**: 115, 1979
- 4) 稲坂 暢, 杉本恒明, 野原哲夫, 平沢邦彦, 鮎野謙介, 浦岡忠夫, 北川駿介, 佐藤 清, 武内重五郎: 血行動態の評価における左室収縮時間 (STI) 測定の意義. *心臓* **5**: 21, 1973
- 5) Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, Gorlin R: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Amer J Cardiol* **37**: 7, 1976
- 6) Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW: Retrograde cardioangiography in acquired cardiac disease: Technics, indications and interpretations of 700 cases. *Amer J Cardiol* **14**: 434, 1969
- 7) Boudoulas H, Lewis RP, Dervenagas S, Fontana ME, Vasko JS: Abbreviation of systolic time intervals in acute mitral regurgitation: Effect of prosthetic mitral valve replacement. *Amer J Cardiol* **44**: 595, 1979
- 8) Davila JC: Symposium on mitral regurgitation (Part II). Hemodynamics of mitral insufficiency. Observations from clinical and experimental surgery. *Amer J Cardiol* **2**: 135, 1958
- 9) Klughaupt M, Flamm MD, Hancock WE, Harrison DC: Nonrheumatic mitral insufficiency. Determination of operability and prognosis. *Circulation* **39**: 307, 1969
- 10) Kennedy JW, Doces JG, Stewart DK: Left ventricular function before and following surgical treatment of mitral valve disease. *Amer Heart J* **97**: 592, 1979
- 11) Lewis BS, Gotsman MS: Left ventricular function during systole and diastole in mitral incompetence. *Amer J Cardiol* **34**: 635, 1974
- 12) Bolen JL, Alderman EL: Ventriculographic and hemodynamic features of mitral regurgitation of cardiomyopathic rheumatic and nonrheumatic etiology. *Amer J Cardiol* **39**: 177, 1977
- 13) Kitchiner DJ, Lewis BS, Gotsman MS: Systolic time intervals in mitral incompetence. *Chest* **64**: 711, 1973
- 14) Talano JV, Nagel MR, Delcon AC Jr: Left ventricular performance in acute severe and chronic mitral regurgitation (abstr). *Circulation* **43**, **44** Suppl II: II-232, 1971
- 15) Weissler AM, Harris WS, Schonfeld CD: Sys-

- tolic time intervals in heart failure in man. *Circulation* **37**: 149, 1968
- 16) Garrard CL Jr, Weissler AM, Dodge HT: The relationship of alterations in systolic time intervals to ejection fraction in patients with cardiac disease. *Circulation* **42**: 455, 1970
 - 17) Ahmed SS, Levinson GE, Schwartz CJ, Ettinger PO: Systolic time intervals as measures of the contractile state of the left ventricular myocardium in man. *Circulation* **46**: 559, 1972
 - 18) Sugimoto T, Inasaka T, Basta LL, Takeuchi J: Relationships of left ventricular systolic time intervals with hemodynamics variables in intact and failing heart. *Jap Heart J* **16**: 433, 1975
 - 19) Braunwald E, Awe WC: The syndrome of severe mitral regurgitation with normal left atrial pressure. *Circulation* **27**: 29, 1963
 - 20) Roberts WC, Braunwald E, Morrow AG: Acute severe mitral regurgitation secondary to ruptured chordae tendineae. Clinical, hemodynamic and pathologic considerations. *Circulation* **33**: 58, 1966
 - 21) Cohen LS, Mason DT, Braunwald E: Significance of an atrial gallop sound in mitral regurgitation. A clue to the diagnosis of ruptured chordae tendineae. *Circulation* **35**: 112, 1967