

腱索断裂による僧帽弁閉鎖不全: 腱索非断裂例との対比による断層心エコー図の診断精度の検討

Mitral regurgitation due to ruptured chordae tendineae: Sensitivity and specificity of the diagnostic criteria by two-dimensional echocardiography

竹永 誠\*  
大野 実  
渋谷 彰  
原 和弘  
常吉 秀男  
竹内 弘明  
檜田 光夫  
山口 徹  
町井 潔\*\*  
古田 昭一

Makoto TAKENAGA\*  
Minoru OHNO  
Akira SHIBUYA  
Kazuhiro HARA  
Hideo TSUNEYOSHI  
Hiroaki TAKEUCHI  
Mitsuo KASHIDA  
Tetsu YAMAGUCHI  
Kiyoshi MACHII\*\*  
Shoichi FURUTA

Summary

The sensitivity and specificity of the two-dimensional (2D) echocardiographic criteria for diagnosing ruptured mitral chordae tendineae (RCT) were assessed in 52 cases with non-rheumatic mitral regurgitation undergoing mitral valve prostheses. At surgery, chordal rupture was confirmed in 38 cases (RCT group), but not in 14 cases (non-RCT group).

Four presumptive and three definite findings for diagnosing mitral chordal rupture using 2D echo were evaluated. Mitral valve prolapse with incomplete coaptation of the mitral leaflets in the long-axis view was observed in 32 cases in the RCT group and in four cases in the non-RCT group (sensitivity 84%, specificity 80%). In the short-axis view at the level of the mitral orifice, delayed closure of the involved mitral leaflet was observed in four cases in the RCT group but in none of the non-RCT group (sensitivity 11%, specificity 100%), delayed protodiastolic opening of the involved leaflet in 15 cases of the RCT group and in one of the non-RCT group (sensitivity 39%, specificity 92%), and finally, increased excursion of the involved valve in 27 cases of the RCT group and in three cases of the non-RCT group

三井記念病院 循環器センター  
東京都千代田区神田和泉町1 (〒100)

\*宮崎医科大学 第一内科

宮崎県宮崎郡清武町大字木原 5200 (〒889-16)

\*\*東邦大学医学部大橋病院 第三内科

東京都目黒区大橋 2-17-6 (〒153)

Center for Cardiovascular Disease, Mitsui Memorial Hospital, Kanda-Izumi-cho 1, Chiyoda-ku, Tokyo 100

\*The First Department of Internal Medicine, Miyazaki Medical College, Oaza-Kihara 5200, Kiyotake-cho, Miyazaki-gun, Miyazaki 889-16

\*\*Toho University Medical School

Received for publication May 11, 1985; accepted June 5, 1985 (Ref. No. 28-46)

(sensitivity 71%, specificity 79%).

The following three echocardiographic findings were regarded as direct evidence of mitral chordal rupture: 1) Fine echoes with abnormally rapid transverse and/or oblique motion around the mitral orifice in the short-axis view were observed in 13 cases of the RCT group (sensitivity 34%, specificity 100%); 2) echoes with abnormal whip-like motion in the long-axis view in 10 cases (sensitivity 26%, specificity 100%); and 3) abnormal echoes in the left atrium during systole in the long-axis view in 13 cases (sensitivity 34%, specificity 100%). These three features were not observed in the non-RCT group.

Characteristic findings of RCT were difficult to obtain in cases with vegetative endocarditis involving the mitral valve, and in cases with a perforation near the site of RCT. RCT was also difficult to differentiate from abnormal chordal elongation, a redundant mitral leaflet, and an anomalous chordal reinsertion of the posterior leaflet.

In conclusion, incomplete coaptation of the mitral valve in the long-axis view on 2D echocardiography is useful for detecting RCT because of the high sensitivity of this finding. Abnormal motion of the involved leaflet in the short-axis view and direct visualization of ruptured chordae are more specific than incomplete coaptation, and can serve in establishing the more precise diagnosis of RCT.

#### Key words

Mitral regurgitation

Ruptured chordae tendineae

Two-dimensional echocardiography

## はじめに

僧帽弁腱索断裂 (以下 RCT) の心エコー図診断については、既に M モード心エコー図法による多くの報告があり、更に断層心エコー図法の所見が加って、その診断能力は著明に向上した<sup>1)</sup>。しかし、断層心エコー図上の個々の所見に関し、多症例による診断精度の検討は従来ほとんど報告されていない<sup>1-9)</sup>。今回、従来腱索断裂に特徴的とされる所見の信頼性について、偽陽性例を含めて検討した結果、興味ある結果を得たので報告する。

## 対象と方法

1976年から1984年2月までに、三井記念病院にて、僧帽弁閉鎖不全にて弁置換術を施行された症例で、術中・術後の僧帽弁肉眼的あるいは病理所見により非リウマチ性であると診断された症例のうち、良好な断層心エコー図記録が得られた52例を対象として検討した。このうち僧帽弁腱索断裂は38例にみられ、これを腱索断裂群 (RCT 群) とし、またそのなかった14例を非腱索断裂群 (非 RCT 群) とした。両群の臨床像は Table 1

に示す。52例中、原疾患が明らかなものは29例で、感染性心内膜炎例が14例、断裂以外の腱索異常で、腱索付着異常を認めた例が7例、著明に延長した腱索が2例、その他、僧帽弁輪拡大、前尖過長例などがみられた (Table 2)。

断層心エコー図の記録は東芝製 SSH-11 A あるいは SSH-40 A を用い、第3ないし第4肋間胸骨左縁より、僧帽弁正中中部、前交連側、後交連側を通る左室長軸3方向の断層面、僧帽弁から腱索・乳頭筋に至る左室短軸断層面、心尖部よりの長軸断層面などを用い、ビデオテープに記録したのち観察した。

僧帽弁腱索断裂の断層心エコー図は、従来腱索断裂を示唆すると報告された以下の所見を中心に検討した。すなわち、長軸断層面 (Fig. 1) においては、1) 僧帽弁弁腹が僧帽弁輪部を越えて左房側へ移動する弁逸脱はあるが、僧帽弁前後尖接合は正常なもの<sup>3)</sup>、2) 弁尖接合のズレを伴う弁逸脱<sup>1-3,5-7,9)</sup>、3) 弁尖が全く接合せず、弁腹から弁尖端にかけて左房内へ落ち込む弁翻転、いわゆる flail valve<sup>1-3,5-8,10)</sup> の3所見で、このうち2)と3)はともに弁尖接合不全の所見と判断した。短軸断層面 (Fig. 2) では、1) 収縮早期の弁尖閉鎖遅

**Table 1. Clinical features of 52 patients with non-rheumatic mitral regurgitation**

	RCT	Non-RCT
Cases	38	14
Sex		
Male	24	9
Female	14	5
Age		
Range	16—77	19—74
(mean)	(54)	(52)
NYHA		
I°	0	0
II°	16	7
III°	12	7
IV°	2	0
Grade of MR (Sellers)		
I°	0	0
II°	0	0
III°	16	5
IV°	9	4

RCT=ruptured chordae tendineae; MR=mitral regurgitation.

**Table 2. Etiology of 52 patients with non-rheumatic mitral regurgitation**

	RCT	Non-RCT
Idiopathic (flail valve?)	22	1
Infectious endocarditis	12	2
Anomalous chordal reinsertion	4	3
Chordal elongation		2
Dilatation of mitral annulus		5
Redundant mitral leaflet		1

延<sup>5)</sup>, 2) 拡張早期の開放遅延<sup>5-7,9)</sup>, 3) 弁尖の局所的な過剰振幅<sup>5)</sup>, 以上3つの弁尖異常運動の所見, さらに断裂腱索端の直接所見と思われるもの (Fig. 3) として, 短軸断層での左右または斜めに速く動く異常点状エコー<sup>4,5,7)</sup>, 2) 長軸断層でのムチ打つように縦に動く点状エコー<sup>7)</sup>, 3) 収縮期に左房内に出現する異常点状エコー<sup>3,8-10)</sup> について検討した.

各所見の診断精度は次のように算出した.

sensitivity = 真陽性 / (真陽性 + 偽陰性)

specificity = 真陰性 / (真陰性 + 偽陽性)

predictive accuracy = 真陽性 / (真陽性 + 偽陽性)

## 結 果

結果の要約を **Table 3** に示す.

### 1. 長軸断層像

長軸断層像では, 接合不全を伴う弁逸脱が腱索断裂群中 12 例に, 弁翻転は 20 例に認められた. 各所見の sensitivity は 32%, 53% と低いが, 両者を合わせた所見, つまり弁尖接合不全の所見では, sensitivity 84% と良好な結果が得られ, specificity, predictive accuracy は, 個々の所見でも, 弁尖接合不全とした所見でも, 比較的良好的結果を得た.

なお, 前尖に断裂があり, 後尖にそれぞれクレフト (cleft) あるいは腱索付着異常を有する 2 例は, 長軸断層像上, 後尖に弁逸脱を認めたため, 真陽性群より除外した.

腱索断裂群で弁尖接合不全の所見がみられなかった例が 4 例存在した. このうち 3 例は弁尖に疣贅を有する感染性心内膜炎例で, 弁尖端の同定が難しく, うち 1 例は腱索断裂部近傍に 6×9 mm の穿孔を合併していた. 残り 1 例は, 前交連側の両弁尖への小さな腱索断裂が 2~3 本みられた例であった.

さらに, 断層心エコー図にて接合不全を認めたが, 切除弁の腱索に断裂のみられなかった例 4 例のうち, 弁翻転の 2 例はいずれも後尖腱索付着異常例で, 弁逸脱例は, 腱索延長例と弁尖に疣贅を有する感染性心内膜炎例であった.

### 2. 短軸断層像

短軸断層像での各弁尖異常運動の所見は, どの所見も predictive accuracy 90% 以上であった. Sensitivity は過剰振幅が 27 例, 71% を示したが, 各所見とも全体に低値であった. 各所見のうち 1 つ以上がみられた例, すなわち弁尖異常運動を呈した例でみると, 腱索断裂群中 30 例で sensitivity 79%, specificity 71%, predictive accuracy 88% であった.

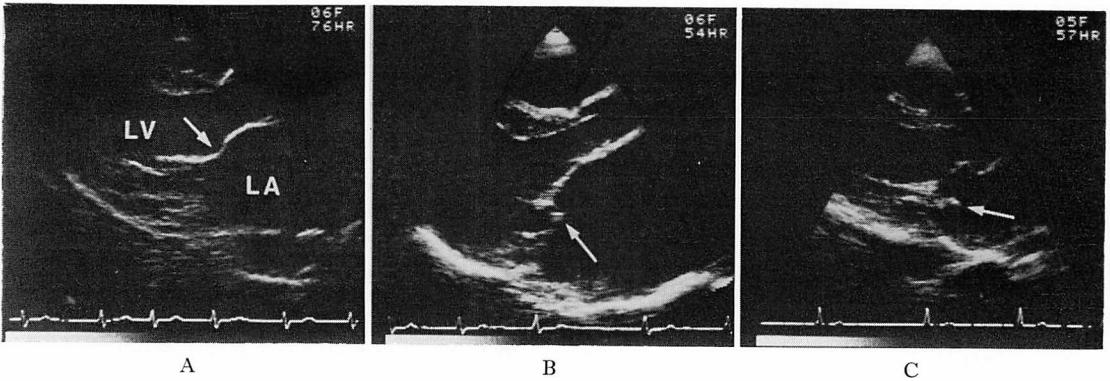


Fig. 1. Mitral valve prolapse and incomplete coaptation of the valve observed in the 2-D long-axis view.

A) mitral prolapse with normal valve coaptation, B) mitral prolapse with aberrant coaptation of an affected leaflet, and C) mitral prolapse with the absence of mitral valve coaptation in systole.

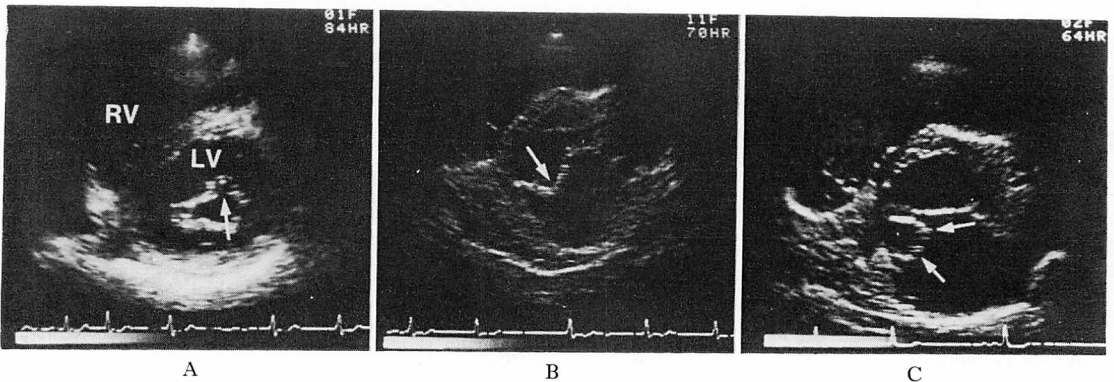


Fig. 2. Three major characteristic findings in the 2-D short-axis view at the level of the mitral valve.

A) systolic delayed closure of the involved site, B) diastolic delayed opening of the involved site, and C) increased excursion of the involved site.

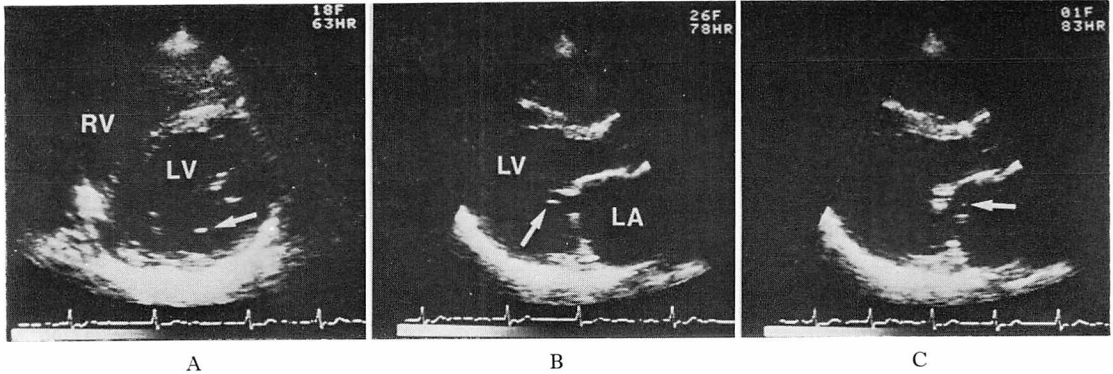
一方、腱索断裂のない群にも4例に弁尖異常運動を認めた。1例の拡張早期弁尖開放遅延は前尖過長例にみられ、他の3例の弁尖の局所的過剰振幅を呈したもののうち、1例は腱索延長例、他の2例は後尖腱索付着異常例であった。

### 3. 断裂腱索端を示す直接所見

断裂腱索端を直接示すと考えられる所見は、左右または斜めに速く動く異常点状エコーと、収縮期左房内の異常点状エコーのどちらも13例にみ

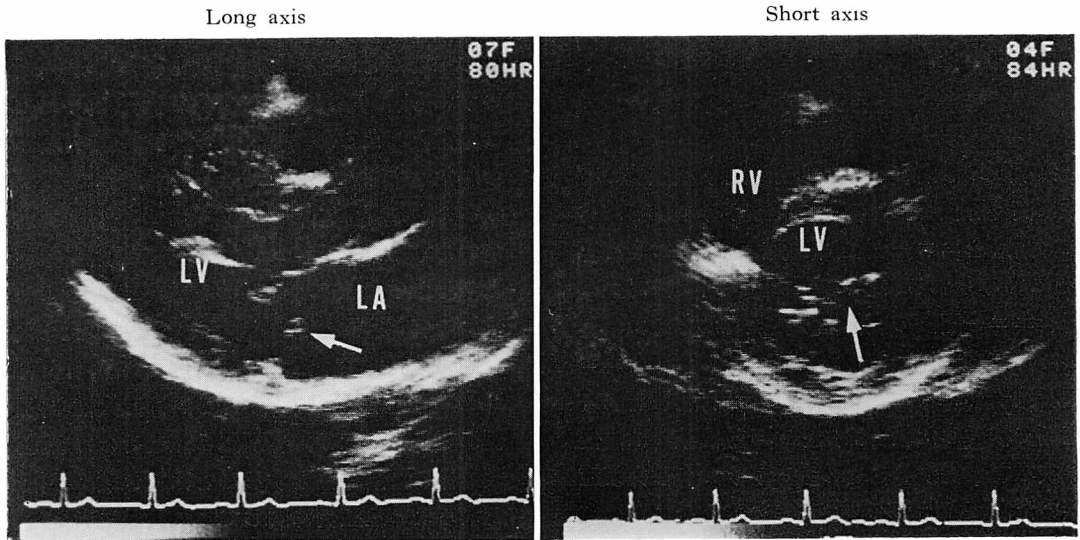
られ、ムチ打つような動きの点状エコーは10例にみられた。各所見の sensitivity はいずれも40%以下で低いが、腱索断裂のない群には1例もみられず、specificity, predictive accuracy はどの所見も100%であった。

また、短軸断層像にて、僧帽弁弁尖より心尖側のいわゆる腱索レベルにて、縦方向に比較的規則正しく、弁尖の開放・閉鎖運動に遅れてややゆっくりと動く点状エコーをみる例が2例あり、これ



**Fig. 3. Direct visualization of the ruptured and floating chordae tendineae.**

A) echoes with abnormally rapid transverse and/or oblique motion, B) echoes with abnormal whip-like motion, and C) abnormal systolic echoes in the left atrium.



**Fig. 4. 2-D echocardiographic findings in a patient with anomalous chordal insertion (looping).**

The long-axis image shows the absence of systolic mitral valve coaptation. The short-axis image shows increased excursion of the posterior mitral leaflet.

らはいずれも過長腱索例であった。

#### 4. 各所見間の関係

腱索断裂群において、短軸断層像上、弁尖局所の過剰運動のみられた28例中26例に、長軸断層像での弁尖接合不全がみられ、拡張期開放遅延についても、15例中14例に弁尖接合不全をみた。さ

らに切除弁の所見に関して、断裂腱索数、NYHA心機能分類、Sellers分類と、断層心エコー図各所見との関係を検討したが、一定の傾向はみられなかった。しかし、strut chordaeの断裂していた3例中、感染性心内膜炎で弁尖に疣贅を認めた1例を除く2例は弁翻転を示し、接合不全の程度

**Table 3. Two-dimensional echocardiographic findings and their diagnostic accuracy for ruptured chordae tendineae**

	Cases		Diagnostic accuracy		
	RCT	Non-RCT	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Predictive accuracy (%)
MVP with normal coaptation	2	6	5	57	25
MVP with aberrant coaptation	12	2	32	86	87
MVP with the absence of coaptation	20	2	53	80	87
Systolic delayed closing	4	0	11	100	100
Diastolic delayed opening	15	1	39	92	94
Increased excursion	27	3	71	79	90
Rapid transverse and/or oblique motion	13	0	34	100	100
Abnormal whip-like motion	10	0	26	100	100
Abnormal echoes in the left atrium	13	0	34	100	100

MVP=mitral valve prolapse.

は高度であった。

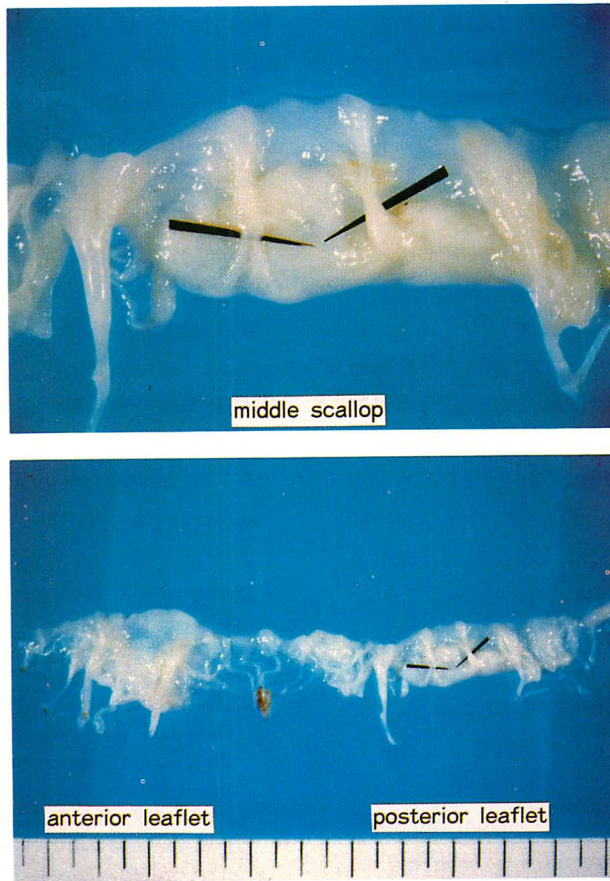
**考 按**

腱索断裂の診断における心臓超音波検査法の有用性は高く評価され、多くの報告がみられる。さらに、断層心エコー図法出現後は、Mintzらの報告<sup>1,9)</sup>にもみられるように、Mモード法に比し、断層心エコー図法の優位性が強調されてきた。しかし、現在までに報告された数多くの断層心エコー図所見<sup>1-9)</sup>について、各所見の診断精度に関し、多症例で検討した報告は少ない。今回我々は、僧帽弁狭窄を合併することの多いリウマチ性弁膜症を除いた僧帽弁閉鎖不全症について、それらの点に検討を加えた。

長軸断層像における僧帽弁前後尖接合不全の所見は、従来より腱索断裂を示唆する所見とされていたが、今回の検討では、同所見は sensitivity の高い所見であることが示された。一方、短軸断層での弁尖異常運動は、接合不全の所見と比較して、sensitivity 79% と劣るが、predictive accuracy は 88% とやや上回っている。したがって、長軸断層像の接合不全の所見に比べて、短軸断層像の弁尖異常運動の所見は、診断上、より確かな所見と思われる。しかし、後者の所見を呈した症

例のほとんどは前者の所見をも有しており、両者いずれも断裂腱索により弁尖が支持を失ったための異常と考えられ、発生因的には同様の所見と思われた。さらに腱索断裂の直接的所見の sensitivity は他の所見に劣るが、specificity, predictive accuracy はともに 100% で、確診所見であることがわかった。しかし、臨床的にはやはり sensitivity が低いことが問題となると考えられる。今回の検討では、対象が手術例であり、必然的に Sellers 分類 III° 以上、あるいは感染性心内膜炎例に限られるため、各所見の値をそのまま腱索断裂全体の診断精度とすることはできず、手術適応とならない軽症例に関しても、同様に考えることには問題があるかもしれない。

一方、腱索断裂症例でありながら、先に述べてきた所見のみられない例が存在した。その原因について考察すると、長軸断層像においては、1) 断層心エコー図法自体の限界に関するものとして、距離分解能、断層面設定、3次元運動を有する心臓を2次元で観察することの限界が考えられ、また、2) 病変の性状に関しては、a) 感染性心内膜炎で、弁尖に疣贅を有する場合には、本来の弁尖端の同定が困難となること、b) 断裂腱索の近傍に穿孔を伴う場合、左室駆出流による断裂部弁



**Fig. 5. The excised mitral valve from a 34-year-old man with mitral regurgitation due to anomalous chordal insertion (looping).**

Upper: Loop formation of chordae with thickened posterior leaflet. A proper chordal insertion is absent at the site of looping. Lower: Opened mitral valve.

尖への負荷が軽減される可能性、さらに c) strut chordae 近位部の小さな腱索の断裂で、strut chordae は断裂のない場合、弁尖端近位の支持が比較的保たれるため、弁尖端の接合不全が生じにくいこと、などが考えられる。d) その他、腱索断裂を有する弁尖の対側弁尖に僧帽弁閉鎖不全の原因となる他の病変を有する場合(本検討では、cleft と腱索付着異常の2例)も、患側弁尖には腱索断裂を示す長軸断層図所見がみられなかった。一方、短軸断層像においても、長軸断層と同様の原因が考えられた。さらに確診所見となる断裂腱索端の直接所見の検出は、sensitivity の低いこと

が臨床問題となるが、検出にくい理由として、1) 断裂腱索端の長さが短い<sup>7)</sup>、2) 腱索端に疣贅が付着し、点状エコーにみえない(ただし、長い腱索端に付着した疣贅の場合は、その不規則な動きの観察でむしろ診断が容易となる)、3) 瞬間的にある断面に出現するが、そのエコーの動きの性格(規則的か不規則か)が把握できない、などが考えられた。

腱索断裂のない症例でありながら、腱索の断裂によくみられる所見を呈する場合はどうであろうか。今回の検討では、弁尖に疣贅を有する感染性心内膜炎例、腱索延長例、僧帽弁前尖延長例が問

題となった。これらは以前より腱索断裂と類似の断層心エコー図所見を呈する可能性を示唆されていたが<sup>6,7,11)</sup>, 腱索エコーの動き, 長軸断層像での弁尖の形態より, 鑑別可能と考えられた。すなわち, 弁尖に接した比較的厚い斑状のエコー, 弁尖の動きに遅れて規則的に動くエコー, 通常より著しく長い弁尖, そして先に述べた断裂腱索端を直接示す所見が認められない, などの所見が鑑別の要点である。

さらに注目すべきは, 非腱索断裂群で, 長軸断層像にて弁翻転, 短軸断層像にて弁尖局所の過剰振幅を呈した例は, すべて, 後尖腱索付着異常例であったことである。Fig. 4はそのうちの1例の断層心エコー図であり, Fig. 5は同症例の切除弁である。腱索付着異常は, どの症例も僧帽弁後尖左室側に rough zone と base を結んで loop を形成する形で存在していた。このような腱索付着異常は, 我々の調べた限りでは, 1974年に Bevilacqua<sup>13)</sup> が “posterior reinsertion of the chordae tendineae” と名づけて報告しているものが, 非常に類似した所見を呈している。さらに Becker と Anderson<sup>14)</sup> が “abnormal lacework of chordae” として記載し, 古田ら<sup>15)</sup> は僧帽弁後尖腱索の looping と名づけて報告している。このような腱索付着異常は, Bevilacqua, 古田らにより congenital anomaly の可能性を示唆されている異常である。これは断層心エコー図上, 腱索断裂と非常に類似した所見を呈し, 鑑別上問題となり, 断裂腱索端の直接所見の検出の有無が大きな鑑別点となる。しかし, looping に腱索断裂を合併している例が4例存在し, このような症例ではさらに鑑別が困難であろう。今後, 臨床, 病理を含めて, 検討すべき点である。

## 要 約

38例の僧帽弁腱索断裂例と, 14例の非断裂例について, 断層心エコー図における僧帽弁腱索断裂の診断精度を検討した。

1. 腱索断裂の診断上, 断層心エコー図長軸断

層像での僧帽弁前後尖接合不全の所見の sensitivity が高かった。

2. 短軸断層像における弁尖異常運動(弁尖拡張早期開放遅延, 収縮早期閉鎖遅延, 弁尖の局所的過剰振幅)も, specificity, predictive accuracy が高く, 診断上有用であった。

3. 腱索断裂の確定診断は断裂腱索端の直接所見の検出であるが, sensitivity は低かった。

4. 腱索断裂群で, 断層心エコー図上, 所見を呈しにくい症例として, 弁尖に疣贅の付着した感染性心内膜炎例, 断裂腱索の近傍に穿孔を伴う例がみられた。

5. 非腱索断裂群において, 腱索断裂例と類似の断層心エコー図所見を呈したものに, 従来報告された腱索過長例, 僧帽弁前尖過長例以外に, 新たに後尖腱索付着異常の症例がみられた。

## 文 献

- 1) Mintz GS, Kotler MN, Parry WR, Segal BL: Statistical comparison of M-mode and two-dimensional echocardiographic diagnosis of flail mitral leaflets. *Am J Cardiol* 45: 253, 1980
- 2) Mintz GS, Kotler MN, Segal BL, Parry WR: Two-dimensional echocardiographic recognition of ruptured chordae tendineae. *Circulation* 57: 244, 1978
- 3) Terasawa Y, Tsuda K, Ohno K, Tsugawa K, Kawakami A, Yoshida T, Takamiya M: Ultrasono-cardiotomogram and ultrasound cardiogram of mitral regurgitation due to ruptured chordae tendineae. *J Cardiology* 8: 349, 1978 (in Japanese)
- 4) 永田正毅, 別府慎太郎, 朴 永大, 榊原 博, 仁村泰治: 僧帽弁腱索断裂の超音波断層所見. *日超医講演論文集* 34: 55, 1978
- 5) Nakamura K, Komatsu Y, Suzuki S, Matsuda R, Matsumura K, Noda H, Kondo M, Hirokawa K: Two-dimensional echocardiographic findings of ruptured chordae tendineae. *J Cardiology* 9: 251, 1979 (in Japanese)
- 6) 古川重治, 中村一彦, 宮原健吉, 橋本修治, 宮田晃一郎, 藤田虎男: 僧帽弁腱索断裂症の超音波断層像. *日超医講演論文集* 35: 7, 1979
- 7) Furukawa S, Nakamura K, Okumiya K, Tabuchi H, Sanada J, Minami Y, Miyahara K, Hashimoto S: Two-dimensional echocardiographic findings



- of mitral regurgitation due to rupture of chordae tendineae. *Jpn J Med Ultrason* **8**: 3, 1981 (in Japanese)
- 8) Grenadier E, Alpan G, Keidar S, Palant A: The prevalence of ruptured chordae tendineae in the mitral valve prolapse syndrome. *Am Heart J* **105**: 603, 1983
- 9) Nitta M: Echocardiographic recognition of ruptured chordae tendineae: Patho-anatomical evaluation of the diagnostic criteria. *J Cardiology* **13**: 223, 1983 (in Japanese)
- 10) Nishimura T, Takahashi M, Osakada G, Yasunaga K, Kawai C, Kotoura H, Konishi Y, Tatsuta N: Two-dimensional echocardiographic findings in ruptured chordae tendineae of the mitral valve. *J Cardiology* **8**: 589, 1978 (in Japanese)
- 11) 真田純一, 古川重治, 屋宮和哉, 田淵博己, 宮原健吉, 中村一彦, 橋本修治: 細菌性心内膜炎による僧帽弁病変の超音波診断の問題点. *日超医講演論文集* **37**: 187, 1980
- 12) Bevilacqua G: Congenital mitral regurgitation due to 'posterior reinsertion' of chordae tendineae. *Br Heart J* **36**: 520, 1974
- 13) Bevilacqua G: Congenital mitral regurgitation due to 'posterior reinsertion' of chordae tendineae [Letter]. *Br Heart J* **37**: 438, 1975
- 14) Becker AE, Anderson RH: *Cardiac Pathology*. London, 1982, Gower Medical Publishing, p 4.9
- 15) 古田昭一, 鰐淵康彦, 井野隆史, 安達秀夫: RCT 周辺疾患としての僧帽弁後尖の LCT (looping of chordae tendineae of the mitral posterior leaflet) の臨床像と外科治療. *日外会誌第 84 回日本外科学会総会号* **242**: 1984