

## 断層心エコー図から見た乳頭筋梗塞の特徴とその発生規定因子

## Papillary muscle infarction: Echocardiographic features and genetic factors

泉 司郎\*

朴 永大

別府慎太郎

永田 正毅

長屋 昭夫\*\*

榊原 博

仁村 泰治

Shiro IZUMI\*

Yung-Dae PARK

Shintaro BEPPU

Seiki NAGATA

Teruo NAGAYA\*\*

Hiroshi SAKAKIBARA

Yasuharu NIMURA

### Summary

To study the pathogenesis of papillary muscle infarction, its echocardiographic features were examined in 60 patients with old inferior infarction. Sixty-three healthy elderly persons served as the controls.

1. The papillary muscles were echocardiographically classified as fingerlike and non-fingerlike in configuration whose frequencies were 43% and 57%, respectively. In healthy subjects, the papillary muscles were less echogenic than the left ventricular wall.

2. In five patients, the posteromedial papillary muscle exhibited enhanced echo intensity and no contraction. The papillary muscles in two of these five patients were histologically examined and the diagnosis of papillary muscle infarction was verified. In these five patients, the papillary muscles were echocardiographically classified as fingerlike, and left ventricular infarction was observed to involve the attachment of the posteromedial papillary muscle. All five patients had mitral valve prolapse; posterior in four and anterior in one. Inferior infarction extended to the region just beneath the mitral annulus in the former four patients, but not in the latter one.

3. The echocardiographic features of papillary muscle infarction consisted of enhanced echo intensity of the papillary muscle and mitral valve prolapse, especially that of the posterior leaflet at the posteromedial commissural side, and extension of the asynergy region to the attachment portion of the papillary muscle. The fingerlike morphology of the papillary muscle and involvement of the attachment within the infarcted region are predispositions to the development of papillary muscle infarction. This is considered to be resulted from the fingerlike papillary muscle anatomically perfused only by

国立循環器病センター 研究所, 病院  
吹田市藤白台 5-7-1 (〒565)

\*(現)島根医科大学 第四内科  
出雲市塩冶町 89-1 (〒693)

\*\*安城更生病院

安城市御幸本町 12-38 (〒446)

National Cardiovascular Center, Research Institute  
and Hospital, Fujishiro-dai 5-7-1, Suita 565

\*(present address) The Fourth Department of Internal  
Medicine, Shimane Medical University, Enya-cho  
89-1, Izumo 693

\*\*Anjo Kosei Hospital

Received for publication February 12, 1987; accepted March 26, 1987 (Ref. No. 31-28)

the central artery, while the non-fingerlike muscle is supplied by the subendocardial anastomoses.

4. The present study elucidates in part the concept of "papillary muscle dysfunction."

**Key words**

Papillary muscle infarction

Papillary muscle dysfunction

Two-dimensional echocardiography

はじめに

心筋梗塞にはしばしば僧帽弁逆流が合併する事はよく知られている。これは乳頭筋機能不全症の概念<sup>1)</sup>に含められているが、実際は乳頭筋それ自体の機能障害に基づくものか否か不明である。乳頭筋は古くから心筋の力学の研究に利用されてきたが、in situ での乳頭筋そのものの動きを観察するには、いままで、開胸下で超音波クリスタルを刺入する実験でしか示されていない<sup>2,3)</sup>。In situ の生理的状況下で心臓を詳細に観察するには、唯一つ、非侵襲的に断層心エコー図法が適している。本研究ではこの方法を用い、いわゆる乳頭筋機能不全の実態を解明する第一歩として、確実に乳頭筋梗塞と思われるものについてその特徴を描出し、また梗塞が乳頭筋に及ぶための条件などについて分析を行った。

対象と方法

対象は陳旧下壁心筋梗塞例 60 例、男 51 例、女 9 例、年齢は 44 歳から 77 歳、平均 58 歳である。特に下壁梗塞を選んだのは、この場合の乳頭筋への侵襲は後乳頭筋に対してであり、實際上、乳頭筋梗塞の大部分は後乳頭筋に生じるものである<sup>4)</sup>。また後乳頭筋が位置的に心エコー図法によって描出しやすい条件下にあり、したがって乳頭筋梗塞のエコー図像そのものを確立しやすい。

対象 60 例中 59 例には心臓カテーテル法および冠動脈造影法を施行し、残り 1 例では剖検を行った。またすべて右冠動脈優位型で、梗塞の責任血管が右冠動脈である事が確認されている。対照として健常者 63 例、男 34 例、女 29 例(年齢 50 歳から 84 歳、平均 66 歳)を用いた。使用した装置は断層心エコー図装置、東芝製 SSH-11A, SSH-

40A および SSH-60A で、探触子は 2.4 MHz または 2.5 MHz である。

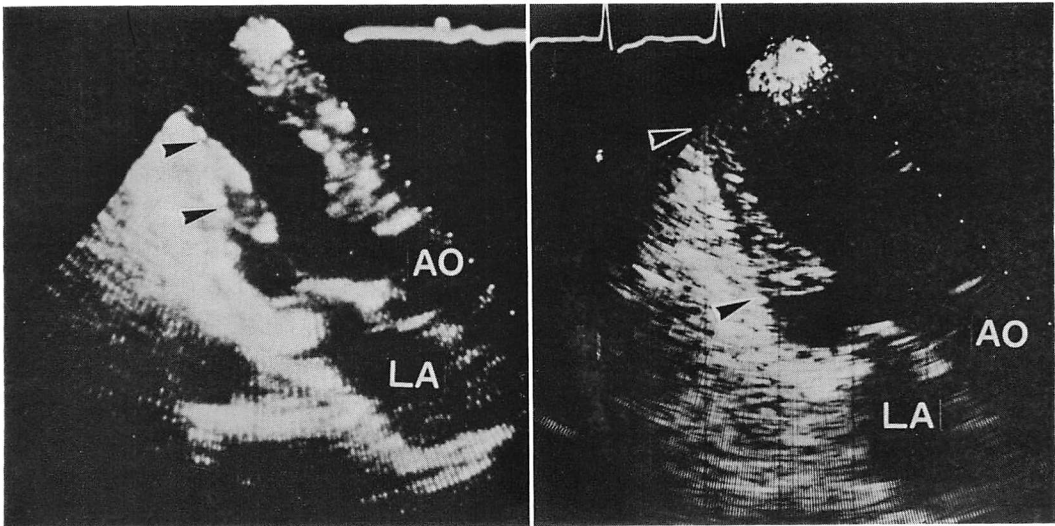
乳頭筋の形態、性状は主として乳頭筋の長軸断面で観察した。後乳頭筋の長軸断面の描出は次のようにして行った。すなわち、やや心尖に近いアプローチにより左室長軸断面を描出し、それより探触子方向をやや内側、かつ少し時計式回転位にする事により、乳頭筋の左室付着部からその先端を経て腱索の僧帽弁付着部までを比較的容易に描出できた。後乳頭筋の性状の判断は、健常な左室自由壁の性状と比べ、そのエコー輝度の増強の有無を視覚的に観察することによった。また収縮、弛緩に際するその長さならびに太さの変化などに注目した。

下壁梗塞例については、上記の後乳頭筋の形態およびエコー性状に加え、左室 asynergy の範囲および僧帽弁の形態、動態を観察した。

結 果

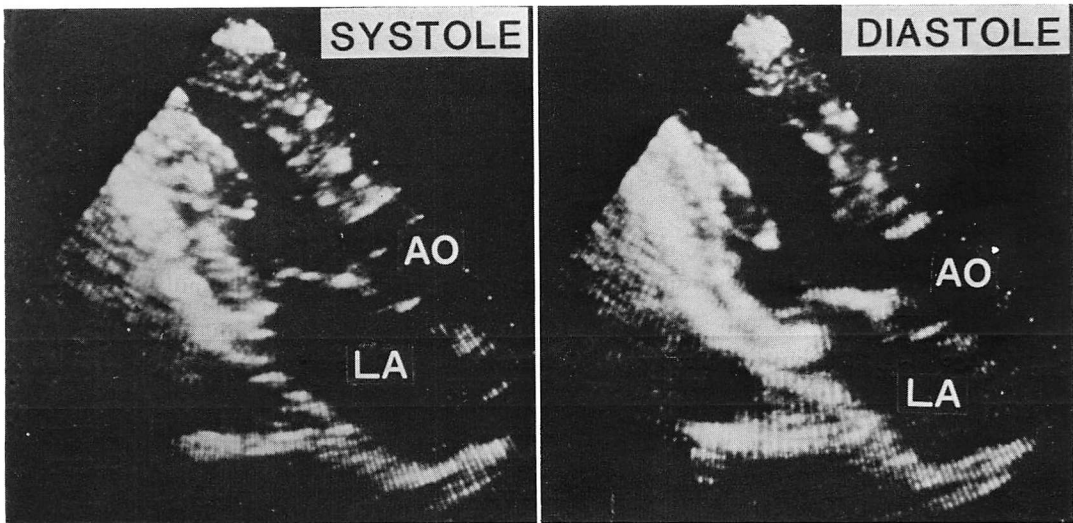
1. 健常例における乳頭筋の形態およびエコー性状

後乳頭筋の形態は断層心エコー図では 2 つの型に分類する事ができた。その一つは左室後壁より指様の突起状を呈するものであり、他の一つはあたかも前者を横臥させたごとく、その基底部、すなわち左室壁への付着部が広いもので、それぞれ fingerlike, non-fingerlike と称することにした (Fig. 1)。Fingerlike のものは 63 例中 27 例 (43%)、non-fingerlike のそれは 36 例 (57%) であった。健常例において後乳頭筋のエコー性状は、2 例を除き、左室壁と同様に小断片状エコーの集合体であり、エコー強度は左室壁のそれに比し、経験的に見てやや弱いのが普通であった。左室の収縮に際しては、乳頭筋の長さが減じ、かつやや太くなるのが観察され、弛緩に際してはこの逆で



**Fig. 1. Echocardiographic configurations of the papillary muscles.**

Left panel: Fingerlike muscle. Right panel: Non-fingerlike muscle, which may be termed a tethered or mixed type and the attachment portion of the papillary muscle to the ventricular wall is broad. AO=aorta, LA=left atrium.



**Fig. 2. Echocardiograms demonstrating the mode of contraction and relaxation of the papillary muscles.**

The papillary muscle is shorter and thicker in systole than in diastole. AO=aorta, LA=left atrium.



**Fig. 3. Enhancement of echo intensity of the papillary muscle in a healthy elderly subject.**

The enhanced echo intensity possibly indicates fibrosis of the papillary muscle.

AO=aorta, LA=left atrium.

あった (Fig. 2). 上記例外の2例ではいずれも乳頭筋先端のエコー輝度が増強していたが、その点を除き、乳頭筋より僧帽弁に至る構造物の形態、動態には特に異常はなかった (Fig. 3).

2. 梗塞症例における乳頭筋異常

1. 乳頭筋エコーの異常と弁機能異常: 陳旧性

下壁梗塞60例中、5例で後乳頭筋のエコー輝度の増強が認められた (Fig. 4, Table 1). これら5例とも、乳頭筋の形態はいずれも fingerlike であり、また収縮、弛緩の動きを示さなかった. この5例以外には、後乳頭筋の無収縮を示した例はなかった. 5例のうち1例では X 線透視で後乳頭筋の石灰化が認められ、また他の1例では大動脈-冠動脈バイパス術ならびに僧帽弁置換術を、さらに他の1例は剖検を受けたが、それぞれ乳頭筋梗塞が病理組織学的に確認された (Fig. 5).

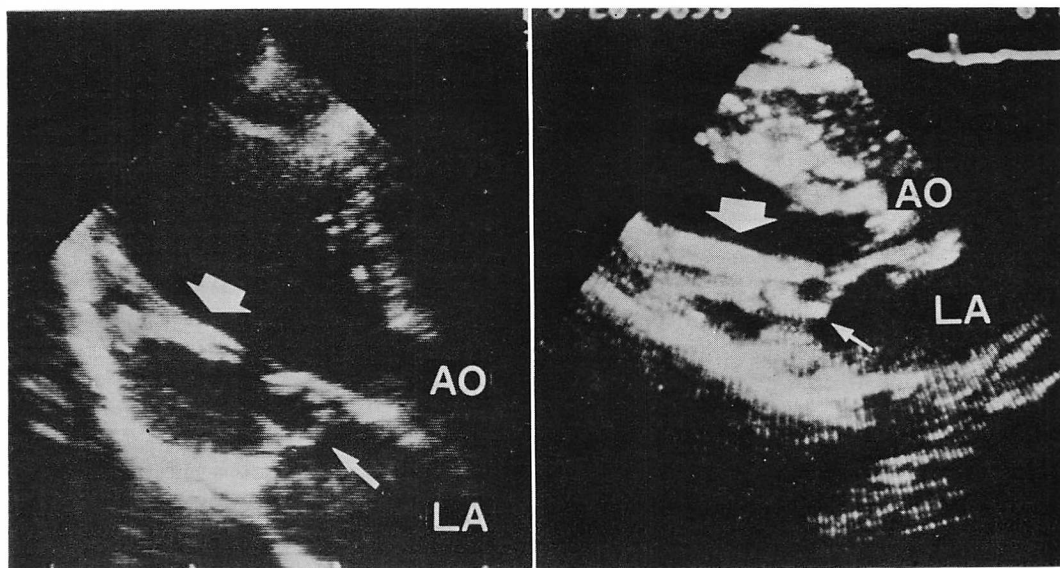
5例全例に後交連側での僧帽弁逸脱が認められ、そのうち4例が後尖の、残りの1例は前尖の逸脱であった (Fig. 4). なお、対象60例中、他に前尖逸脱が3例に認められたが、この3例では他に乳頭筋を中心とした異常所見は認められなかった.

2. 乳頭筋エコー異常と心室壁 asynergy: 前記の乳頭筋異常を示す5例のうち、後尖逸脱を示した4例では、asynergy は後乳頭筋左室附着部を含み、さらに左室基部ならびに心尖にも及ぶ広範なものであった (Fig. 6). 剖検例ではその範囲に梗塞が確認された (Fig. 7). 剖検例を含め、2例で腱索断裂の所見があり、また剖検例以外の4例では左室造影上、Sellers 分類 3/4 もしくは 4/4 の僧帽弁逆流が認められた.

**Table 1. Clinical and echocardiographic data of five patients who had papillary muscle infarction**

Case	Age (years)	Sex	Morphology of PM	Prolapsed leaflet	Extension of asynergy	Ruptured chordae	MR	N.B.
1	72	M	Finger	PML	Extensive	+		Autopsy
2	50	M	Finger	PML	Extensive	0	4/4	Surgery
3	68	F	Finger	PML	Extensive	0	4/4	
4	62	M	Finger	PML	Extensive	+	3/4	
5	50	M	Finger	AML	Narrow	0	2/4	

M=male; F=female; PM=configuration of the papillary muscle; "finger"=fingerlike morphology; PML=posterior mitral leaflet; AML=anterior mitral leaflet; Extension of asynergy=extension of left ventricular asynergy and "extensive" means that left ventricular asynergy extends from the base of the left ventricle to the apex, while "narrow" means that asynergy is limited within the apical region including the papillary muscle. MR=severity of mitral regurgitation expressed by Sellers' classification. N.B.=nota bene (note well).



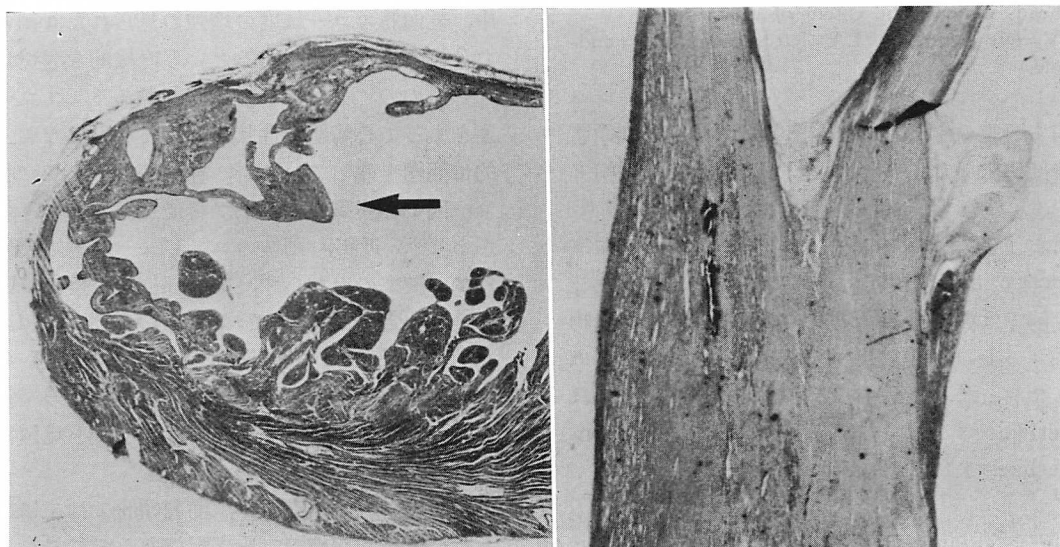
**Fig. 4. Enhancement of echo intensity of the papillary muscle and mitral valve prolapse in patients with inferior infarction.**

Left panel: Echo intensity of the distal half of the papillary muscle is enhanced (large arrow). The posterior mitral leaflet is prolapsed (small arrow).

Right panel: Echo intensity of the papillary muscle is enhanced entirely (large arrow). The anterior mitral leaflet is prolapsed (small arrow).

These papillary muscles appear fingerlike.

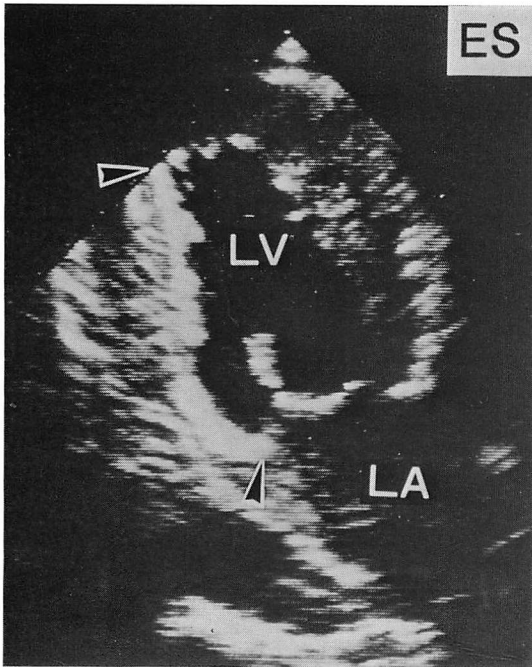
AO=aorta, LA=left atrium.



**Fig. 5. Histopathology of the papillary muscle showing enhanced echo intensity.**

Left panel: Papillary muscle infarction is confirmed by autopsy in Case 1 (arrow).

Right panel: Magnified picture of the infarcted papillary muscle confirmed during surgery in Case 2.



**Fig. 6. Two-dimensional echocardiogram of apical two-chamber view demonstrating the extent of infarction in a case with posterior mitral valve prolapse.**

The posterior mitral leaflet is prolapsed. The arrowheads indicate the extent of infarction.

LV=left ventricle, LA=left atrium, ES=end-systole.

前尖逸脱の1例では、左室 asynergy は乳頭筋付着部に局限していた (Fig. 8). またその僧帽弁逆流は 2/4 であった。

なお上記の5例とは別に、60例中2例で左室 asynergy は後乳頭筋付着部に及んでいたが、この2例では乳頭筋より僧帽弁に至る一連の構造物のエコー上の形状、動きには、なんら異常が認められなかった。乳頭筋の形態は、上記5例では fingerlike であるのに対し、この2例では non-fingerlike であることが注目された。

### 考 接

乳頭筋の形態はすでに解剖学的に3つのタイプ、すなわち、fingerlike, tethered type および

mixed type に分類されている<sup>5)</sup>。今回、断層心エコー図で明瞭に指様に見えるものがあり、その頻度は解剖学上の fingerlike のそれとよく対応する。それ以外の所見のものは non-fingerlike に分類したが、それは解剖学上の tethered, mixed の両タイプにあたるものと思われる。

健常者における乳頭筋性状の観察の範囲を50歳以上に限ったが、その理由は、比較的高齢者の疾患である心筋梗塞例から乳頭筋梗塞を抽出するために、対照となる年齢層における非梗塞乳頭筋の性状を明らかにしておくためである。これらの健常者のうち、乳頭筋先端のエコー輝度の増強した例が2例あった。一般に高齢者の剖検では、心疾患を伴わずに乳頭筋の線維化が単独に観察される事がある<sup>6)</sup>。また、Come ら<sup>7)</sup>による乳頭筋線維化のエコー図所見と上記の2例のそれとはよく合致している。それゆえ、今回、病理学的な確証は得られていないが、上記2例における乳頭筋のエコー輝度の上昇は、乳頭筋の線維化である可能性が高い。しかし、この2例では、それら乳頭筋ならびに周囲心室壁の動きには異常の見られなかったことを指摘しておく必要がある。今回の梗塞例中、乳頭筋エコー輝度の増強の見られた5例のうち2例には、梗塞であるという直接的な裏付けはないものの、3例には他の確証がある。エコー輝度をもって心筋組織性状を論じることはなお工学的に問題を残しているが、経験的にはすでに心エコー図で心筋線維化判別が可能であるという報告があり<sup>8)</sup>、近年、画像のコンピューター処理によって、梗塞のみならず、虚血部位まで検出できるという報告もある<sup>9)</sup>。これらの考えを参考にして、今回の結果から、乳頭筋周辺における左室 asynergy の存在を踏まえつつ、エコー輝度の増強をもって乳頭筋梗塞所見の第一ステップと見做しうるものと考えられる。

乳頭筋の冠動脈支配は、前乳頭筋では主に左前下行枝と左回旋枝の二重支配であるのに対し、後乳頭筋のそれは主に右冠動脈である<sup>10)</sup>。今回の対象はすべて右冠動脈領域の梗塞であり、後乳頭筋

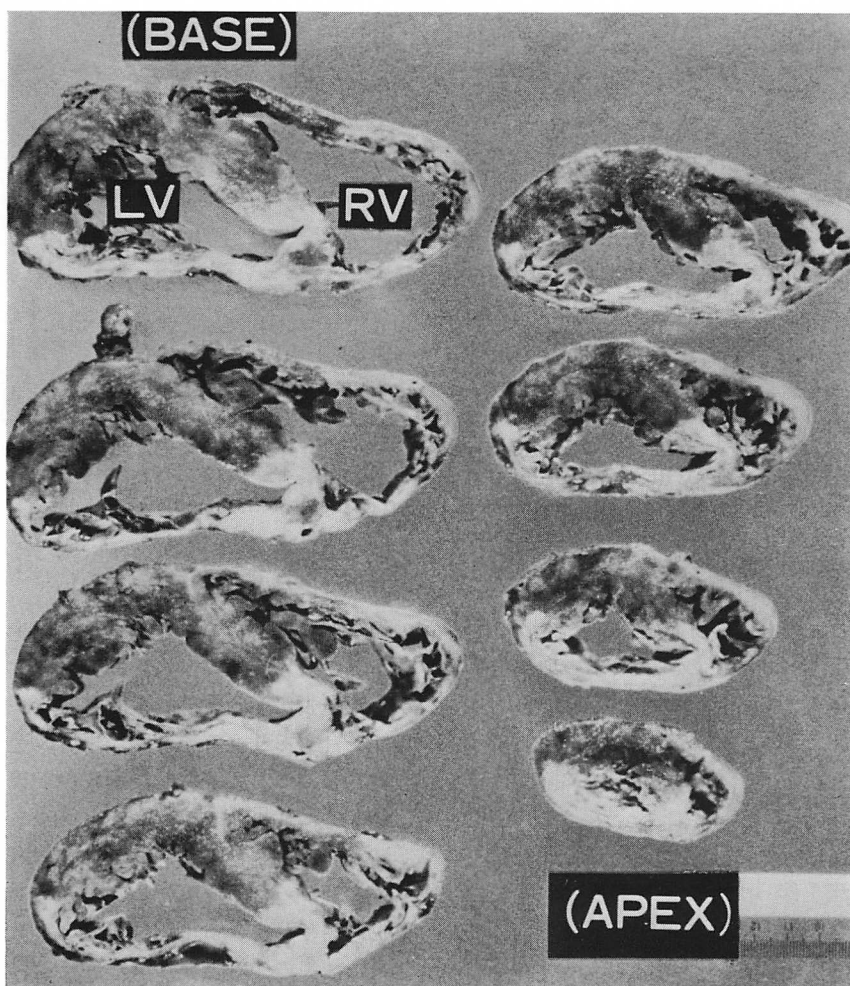


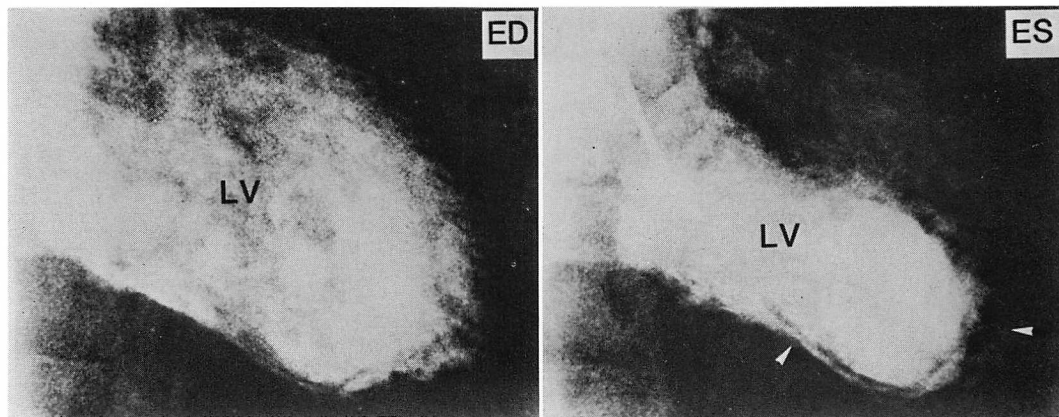
Fig. 7. Extent of infarction in Case 1.

Infarction is demonstrated in the posteromedial and posterior walls of the left ventricle from the apical level to the basal level.

RV=right ventricle, LV=left ventricle.

もやはり主に右冠動脈の支配を受けているはずである。しかるに後乳頭筋梗塞を発生した例は60例中5例(8%)に過ぎない。それゆえ、その発生を規定するものは、単に冠動脈分布だけではなく、なんらかの他の因子も介在するものと考えられる。今回、後乳頭筋梗塞の症例を吟味すれば、それらの症例ではいずれも乳頭筋の形態が fingerlike であり、かつ心室壁の梗塞が乳頭筋の左

室付着部を含んでいた。乳頭筋形態が重要な因子の一つである理由は、乳頭筋を栄養している血管支配が形態によって異なることによるのではないかと考えられる。Fingerlike の乳頭筋は心外膜側から central artery 1本で栄養されているのに対し、tethered type のそれは心内膜側の豊富な吻合枝から血液を供給されており、mixed type のものはこの吻合枝と central artery の2本の支配を受



**Fig. 8. Left ventriculograms of right anterior oblique projection illustrating the extent of infarction in a case with anterior mitral valve prolapse.**

Asynergy is confined within the region from the attachment of the papillary muscle to the apex. The arrowheads indicate the extent of infarction.

LV=left ventricle, ED=end-diastole, ES=end-systole.

けていることが、既に解剖学的に報告されている<sup>4)</sup>。それゆえ fingerlike の乳頭筋は虚血に対し最も弱い形態と考えられる。Central artery 1本で栄養されている fingerlike の乳頭筋の左室付着部が梗塞に含まれると、乳頭筋が梗塞に陥るのは当然である。

今回の乳頭筋梗塞例はすべて僧帽弁逸脱を合併し、僧帽弁逆流を伴っていた。乳頭筋の収縮、弛緩が完全ではないと思われる乳頭筋線維化の2例においても、僧帽弁閉鎖には異常がみられなかった。実験的にも乳頭筋自体を傷害しても僧帽弁逆流は生じない<sup>11)</sup>。今回の乳頭筋梗塞症例と乳頭筋単独の障害例との異なる点は、乳頭筋付着部周辺の左室 asynergy の有無である。この部の左室が dyskinesis を示すと、僧帽弁の不完全閉鎖を生じるという報告がある<sup>12)</sup>。今回の後乳頭筋梗塞における僧帽弁逸脱は、1例を除き後尖逸脱であった。その後尖逸脱の4例中2例では腱索断裂も認められた。しかし、これらの後尖逸脱が乳頭筋部分断裂のためである可能性は少ないと考えられる。なぜなら、今回は前尖逸脱例はなかったが、同じ後乳頭筋から前尖に付着する腱索と、後尖に付着する腱索のうち、後者が付着している乳頭筋

先端部分のみが断裂する可能性は少ないからである。この2例では、僧帽弁逸脱によって腱索に加わる緊張が増し<sup>13)</sup>、二次的に腱索が断裂したという場合もありうる。今回の場合、逸脱弁尖と梗塞の範囲との対応が、前尖逸脱例と後尖逸脱例とはまったく異なっていたこと、つまり後尖逸脱ではすべて梗塞の範囲が僧帽弁弁輪直下に及んでいたことから、弁輪直下の左室 asynergy が後尖逸脱に関与している可能性が考えられる。後尖の腱索は前尖のそれと異なり、弁尖に付着する腱索の他に basal chordae が弁輪部および弁腹部に付着している<sup>14)</sup>。この解剖学的な条件が後尖逸脱の成因の一つになっているのかもしれない。

乳頭筋機能不全症解明の目的で、まず今回は乳頭筋梗塞に基づくと考えられる乳頭筋自体の機能障害をとり上げたが、乳頭筋機能不全症という概念の内容の一角は明らかにし得たと考える。さらに本症に包括されている残りの疾患についての検討により、疾患概念として拡大されすぎている乳頭筋機能不全症が、成因からみて新たに再整理されることが期待されよう。



## 要 約

断層心エコー図を用い、乳頭筋梗塞の特徴および乳頭筋梗塞の発生を条件付けている因子について分析した。対象は陳旧性下壁梗塞例 60 例で、対照は年齢を考慮した健常者 63 例である。

1. 後乳頭筋の形態は fingerlike および non-fingerlike の 2 型に分類され、それぞれ 43%、57% を占めた。健常乳頭筋のエコー強度は、健常左室壁のそれに比し弱かった。

2. 下壁梗塞例のうち、後乳頭筋のエコー輝度の上昇していた例は 5 例に認められ、乳頭筋の収縮は認められなかった。そのうち 2 例は、病理組織学的に乳頭筋梗塞である事が確認された。その乳頭筋形態は fingerlike で、乳頭筋左室付着部はすべて梗塞の範囲に含まれていた。全例に僧帽弁逸脱が認められ、4 例は後尖逸脱例、1 例は前尖逸脱例であった。後尖逸脱例では梗塞の範囲が僧帽弁輪直下に及んでおり、そうでない例は前尖逸脱例であった。

3. 後乳頭筋梗塞の断層心エコー図所見として採るべきものは、乳頭筋左室付着部を含む左室 asynergy の上に、① 乳頭筋エコー輝度増強、② 後交連側僧帽弁、特に後尖の逸脱である。また乳頭筋梗塞の発生を条件付けている因子は、① 乳頭筋形態が fingerlike であること、② 梗塞の範囲が乳頭筋左室付着部に及んでいることの二者であり、これは fingerlike の乳頭筋の血管支配が central artery 一枝である事と関係している。

4. 今回の検討により、いわゆる乳頭筋機能不全症の概念の一部が明らかにされたものと考えられる。

本研究の一部は昭和 60 年度文部省科学研究費 (60770675) によった事を付記する。

## 文 献

- 1) Burch GE, DePasquale, Phillips JH: The syndrome of papillary muscle dysfunction. *Am Heart J* 75: 399-415, 1968
- 2) Sonnenblick EH: Force-velocity relations in mammalian heart muscle. *Am J Physiol* 202: 931-939, 1962
- 3) Marzilli M, Sabbah HN, Goldstein S, Stein PD: Assessment of papillary muscle function in the intact heart. *Circulation* 71: 1017-1022, 1985
- 4) De Busk RF, Harrison D: The spectrum of papillary-muscle disease. *N Engl J Med* 281: 1458-1467, 1969
- 5) Ranganathan N, Burch GE: Gross morphology and arterial supply of the papillary muscles of the left ventricle of man. *Am Heart J* 77: 506-516, 1969
- 6) DePasquale NP, Burch GE: The necropsy incidence of gross scars or acute infarction of the papillary muscles of the left ventricle. *Am J Cardiol* 17: 169-170, 1966
- 7) Come PC, Riley MF: M-mode and cross-sectional echocardiographic recognition of fibrosis and calcification of the mitral valve chordae and left ventricular papillary muscles. *Am J Cardiol* 49: 461-466, 1982
- 8) Rasmussen S, Corya BC, Feigenbaum H, Knoebel SB: Detection of myocardial scar tissue by M-mode echocardiography. *Circulation* 57: 230-237, 1978
- 9) Schnittger I, Vieli A, Heiserman J, Director BA, Billingham ME, Ellis SG, Kernoff RS, Takamoto T, Popp RL: Ultrasonic tissue characterization: Detection of acute myocardial ischemia in dogs. *Circulation* 72: 193-199, 1985
- 10) James TN: Anatomy of the coronary arteries in health and disease. *Circulation* 32: 1020-1033, 1965
- 11) Miller GE, Cohn KE, Kerth WJ, Selzen A, Gerbode F: Experimental papillary muscle infarction. *J Thorac Cardiovasc Surg* 56: 611-616, 1968
- 12) Godley RW, Wann LS, Roger EW, Feigenbaum H, Weyman AE: Incomplete mitral leaflet closure in patients with papillary muscle dysfunction. *Circulation* 63: 565-571, 1981
- 13) Salisbury PF, Cross CE, Rieben PA: Chorda tendinea tension. *Am J Physiol* 205: 385-393, 1963
- 14) Lam JHC, Ranganathan N, Wigle ED, Silver MD: Morphology of the human mitral valve. *Circulation* 41: 449-458, 1970