

心筋ブリッジにおける冠血流速波形  
の特徴：ドップラーガイドワイヤー  
による検討

**Phasic Coronary Flow Velocity Pattern  
Characteristics of Myocardial Bridg-  
ing : A Doppler Guide Wire Study**

与那覇 靖\*<sup>1</sup>  
吉田 清  
赤阪 隆史  
高木 力  
穂積 健之  
盛岡 茂文  
吉川 純一\*<sup>2</sup>

Osamu YONAHA, MD\*<sup>1</sup>  
Kiyoshi YOSHIDA, MD, FJCC  
Takashi AKASAKA, MD, FJCC  
Tsutomu TAKAGI, MD  
Takeshi HOZUMI, MD  
Shigefumi MORIOKA, MD, FJCC  
Junichi YOSHIKAWA, MD, FJCC\*<sup>2</sup>

**Abstract**

The phasic coronary flow velocity pattern of myocardial bridging was analyzed using a 0.014 inch, 15 MHz Doppler guide wire. Coronary flow velocities and coronary flow reserve at rest and maximum hyperemic time were measured in nine patients with myocardial bridging and 11 normal subjects.

Systolic flow reversal followed by prominent early diastolic peak velocity patterns was observed in seven patients (78%) in vessels with myocardial bridging. The systolic time velocity integral was significantly smaller in patients with myocardial bridging than in normal subjects ( $-1.3 \pm 1.5$  vs  $4.0 \pm 1.2$  cm,  $p < 0.01$ ), but the diastolic time velocity integral was not significantly different. However, the time velocity integral throughout a cardiac cycle was significantly different between the two groups ( $12.8 \pm 2.2$  vs  $18.8 \pm 6.3$  cm,  $p < 0.05$ ). Maximum hyperemic time-averaged peak velocity was significantly lower in patients with myocardial bridging than in normal subjects ( $40.7 \pm 10.3$  vs  $57.6 \pm 15.5$  cm/sec,  $p < 0.01$ ), but there was no significant difference in coronary flow reserve between the two groups ( $2.9 \pm 0.6$  vs  $3.3 \pm 0.4$ ).

Systolic flow reversal followed by prominent early diastolic peak velocity patterns was observed in patients with myocardial bridging. The systolic time velocity integral was significantly smaller in patients with myocardial bridging, so the time velocity integral throughout a cardiac cycle was significantly smaller. There was no significant correlation between coronary flow reserve and ratio of stenosis, and coronary flow reserve was maintained.

J Cardiol 1997; 30 (6): 307-312

**Key Words**

Myocardial bridging, Doppler ultrasound (guide wire), Coronary flow reserve

はじめに

冠動脈が一部心筋内に埋没するために収縮期に血液が搾り出され、いわゆる milking 現象を起こし<sup>1)</sup>、その部位の狭窄または完全閉塞をきたす現象は心筋ブリッ

ジ (myocardial bridging) として報告されている<sup>2)</sup>。臨床的にも心筋ブリッジによる胸痛発作、心筋梗塞<sup>3)</sup> あるいは突然死<sup>4)</sup> が報告されているが、そのメカニズムについての詳細な検討はなされていない。

近年、ガイドワイヤー型ドップラー法が開発され<sup>5)</sup>

神戸市立中央市民病院 循環器センター内科：〒650 神戸市中央区港島中町 4-6; \*<sup>2</sup>大阪市立大学医学部 第一内科, 大阪; \*<sup>1</sup>(現)みなと協立総合病院 内科：〒456 名古屋市熱田区六番 3-18-5

Department of Cardiology, Kobe General Hospital, Kobe; \*<sup>2</sup>The First Department of Internal Medicine, Osaka City University Medical School, Osaka; \*<sup>1</sup>(present) Minato Kyoritsu General Hospital, Nagoya

Address for reprints: YONAHA O, MD, Department of Internal Medicine, Minato Kyoritsu General Hospital, 6 Ban 3-18-5, Atsuta-ku, Nagoya 456

Manuscript received April 23, 1997; revised October 2, 1997; accepted October 3, 1997

冠動脈の近位部から末梢までの血流速度波形の観察が出来、臨床的に冠動脈の循環動態の評価が容易となった。本研究の目的はこの方法により心筋ブリッジの冠血流速度波形の特徴を明らかにすることにある。

## 方 法

狭心症を疑われて冠動脈造影を施行し、造影上25%以上の有意狭窄を認めず、左前下行枝近位部から中央部に心筋ブリッジを認めた9例(男性8例, 女性1例)を対象とした。患者の平均年齢は $59 \pm 9$ 歳(44-74歳)で、全例、心エコー図上、壁運動異常または左室肥大を認めなかった。また、冠動脈に25%以上の狭窄がなく、心筋ブリッジも認めなかった正常心機能の胸痛症候群11例(男性3例, 女性8例)を正常対照群とした(平均年齢 $63 \pm 8$ 歳, 45-72歳)。陳旧性心筋梗塞、糖尿病、高血圧、高コレステロール血症などの冠血流予備能に影響を与える症例は除外した。

心筋ブリッジ群全例および正常対照群に対してトレッドミル負荷テストおよびthallium-201 ( $^{201}\text{Tl}$ )負荷心筋シンチグラフィーを施行した。全症例にインフォームドコンセントを得た後、通常的心臓カテーテル検査に引き続いて、5F Judkins型カテーテルを左冠動脈入口部に留置し、心電図、カテーテル先端の圧波形を記録しながら、0.014 inch, 15 MHz ドップラーガイドワイヤー [Flo-Wire, Cardiometrics 製 (Mountainview, CA, USA)] により冠動脈血流速度の計測を行った。計測部位は心筋ブリッジの極近位部、心筋ブリッジ近位部 [American Heart Association (AHA) 分類の分節 6]<sup>9)</sup>、遠位部 (AHA 分類の分節 7) で行った。対照群については、AHA 分類の分節 6 を近位部とし、分節 7 を遠位部として計測を行った。冠血流予備能はアデノシン三リン酸を体重当たり  $0.15 \text{ mg/kg/min}$  投与して、心筋ブリッジの遠位部で計測した。各部位において以下の項目を計測し、対照群と比較検討した。

収縮期最高流速 (cm/sec): systolic peak velocity (SPV)

拡張期最高流速 (cm/sec): diastolic peak velocity (DPV)

収縮期時間速度積分値 (cm): systolic time velocity integral (SVI)

拡張期時間速度積分値 (cm): diastolic time velocity integral (DVI)

時間速度積分値 (cm): time velocity integral (TVI) = SVI + DVI

安静時時間平均最高流速 (cm/sec): resting time-averaged peak velocity (RAPV)

最大充血時時間平均最高流速 (cm/sec): maximum hyperemic time-averaged peak velocity (MAPV)

冠血流予備能: coronary flow reserve (CFR) = MAPV/RAPV

狭窄率は連続の式に基づいて算出した。心筋ブリッジの長さは、収縮末期の心筋ブリッジ部位の近位部から遠位部を定量的冠動脈造影法のデンストメトリー法を用いて計測を行った。結果はすべて平均値±標準偏差で示した。心筋ブリッジ群と対照群とに unpaired *t* 検定を用い、相関は単回帰分析を用いて検討した。 $p < 0.05$  をもって統計学的に有意差ありと判定した。

## 結 果

全例でドップラーガイドワイヤーの挿入および冠血流速度波形の測定が可能であった。心筋ブリッジは同時期に施行した冠動脈造影 1,024 例中 9 例 (0.9%) に認められた。全例左前下行枝のほぼ中央部で、第 1 対角枝および中隔枝を分枝した末梢側に、収縮期に一致した milking 現象を認めた。心筋ブリッジの狭窄率と収縮期逆行性波、拡張早期の棘刺状波の血流速度、冠血流予備能の間に有意な相関関係は認めなかった。心筋ブリッジの狭窄率は平均  $64.0 \pm 16.0\%$  (33-84%) で、90% 以上の高度狭窄および完全閉塞例は認めなかった。またその長さは平均  $1.9 \pm 1.0 \text{ mm}$  (0.5-3.2 mm) であった。

Table 1 に示すごとく、年齢、心係数、肺動脈楔入圧、心拍数、平均大動脈圧、左室駆出率は両群間に有意差を認めなかった。心筋ブリッジ群の全症例および正常対照群に対してトレッドミル負荷テストと  $^{201}\text{Tl}$  負荷心筋シンチグラフィーを施行したが、陽性所見は認められなかった。

血流速度波形は、Fig. 1 に示すごとく、正常群では拡張期有意の血流パターンを示したが、心筋ブリッジ群では 9 例中 7 例で収縮期逆行性波を認め、続いて全例に拡張早期における棘刺状の速い波を認めた (Fig. 2)。

冠血流速度の検討では、Table 2 に示すごとく、収縮期最高流速は心筋ブリッジ群で有意に小さく ( $-9.4 \pm 10.5$  vs  $12.4 \pm 4.2 \text{ cm/sec}$ ,  $p < 0.01$ )、拡張期最高流速は心筋ブリッジ群で有意に大であった ( $57.2 \pm 21.0$  vs  $32.3 \pm$

**Table 1** Patient characteristics and catheterization measurements

	Patients with myocardial bridging (n=9)	Control subjects (n=11)	p value
Age (yr)	59±9	63±8	NS
Male (%)	8 (89%)	3 (27%)	
Smoking (%)	4 (44%)	0 (0%)	
LVH (UCG)	0 (0%)	0 (0%)	
Cardiac catheterization data			
Cardiac index (l/min/m <sup>2</sup> )	2.6±0.3	2.9±0.6	NS
Mean PCWP (mmHg)	7.1±2.8	6.4±3.0	NS
Heart rate (bpm)	68±8	67±5	NS
Mean aortic pressure (mmHg)	90.3±15.4	96.4±14.2	NS
Ejection fraction (%)	60.2±8.0	57.2±5.9	NS

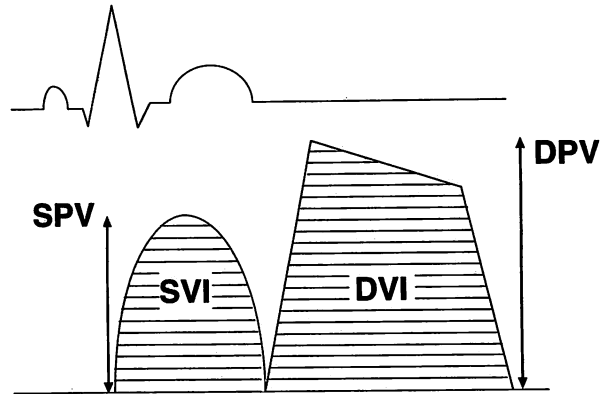
LVH=left ventricular hypertrophy; PCWP=pulmonary capillary wedge pressure.

10.3 cm/sec,  $p < 0.01$ ). 収縮期時間速度積分値 ( $-1.3 \pm 1.5$  vs  $4.0 \pm 1.2$  cm,  $p < 0.01$ ) および 1 心周期時間速度積分値 ( $12.8 \pm 2.2$  vs  $18.8 \pm 6.3$  cm,  $p < 0.05$ ) は心筋ブリッジ群で有意に小さかったが, 拡張期時間速度積分値は両群間で有意差を認めなかった. アデノシン三リン酸負荷後の最大充血時時間平均最高流速 ( $40.7 \pm 10.3$  vs  $57.6 \pm 15.5$  cm/sec,  $p < 0.01$ ) については両群間で有意差を認めたが, 安静時時間平均最高流速および冠血流予備能については有意差を認めなかった.

考 察

Fig. 2 に示したように, 心筋ブリッジ例での冠動脈血流速度波形は収縮期に逆行性波, 拡張早期に棘刺状波を呈した. 収縮期逆行性波の出現は, 心筋内に埋没した冠動脈が心筋の収縮に伴い圧搾され (milking 現象), 順行性波がブリッジ部位から近位部に向かって押し戻されることによると推察され, 拡張早期の棘刺状波は収縮期に順行性波が一時的に遮断され, そのため上昇した心筋ブリッジ近位部圧により血流が加速されたことによるリバウンド現象, あるいは拡張期の開始と同時に圧縮が解除されたために起こる吸引効果 (suction) と推察された.

今回の検討では, 時間速度積分値が正常群に比し有意に低下した. 血管径が等しいと仮定すれば, 1 心周期当たりの血流量の低下を示すことになるが, この値が正常群に比し有意に低下したのは, 収縮期逆行性波により収縮期の積分値が有意に低下したためであり, また冠動脈血流はその大部分が拡張期に流れ, 拡張期



**Fig. 1** Schematic illustration of the profile of coronary flow velocities in control subjects

Coronary flow is biphasic with both forward systolic and diastolic flow velocity.

SPV=systolic peak velocity; SVI=systolic time velocity integral; DVI=diastolic time velocity integral; DPV=diastolic peak velocity.

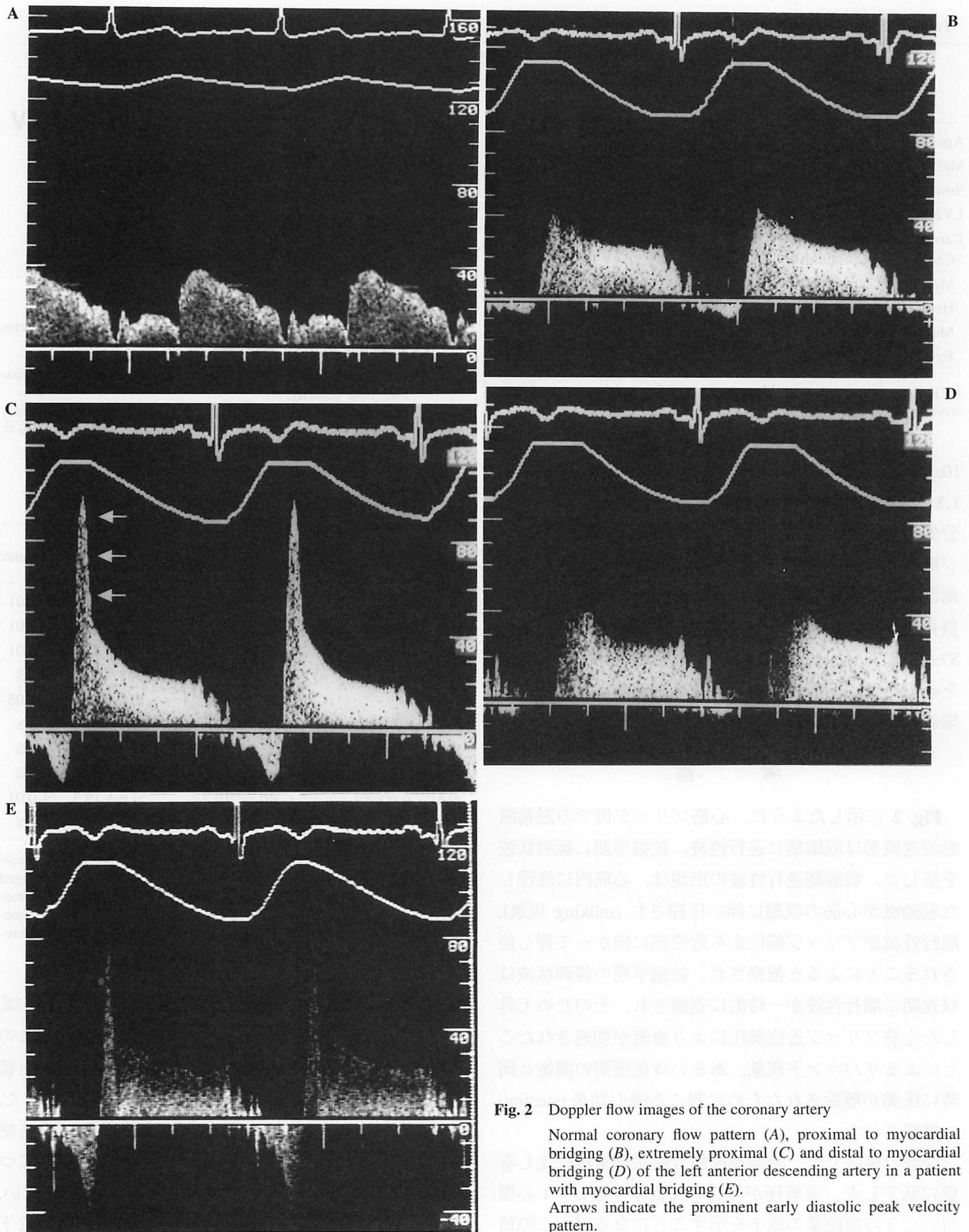
**Table 2** Coronary flow velocity measurements

	Patients with myocardial bridging	Control subjects	p value
SPV (cm/sec)	$-9.4 \pm 10.5$	$12.4 \pm 4.2$	$< 0.01$
DPV (cm/sec)	$57.2 \pm 21.0$	$32.3 \pm 10.3$	$< 0.01$
SVI (cm)	$-1.3 \pm 1.5$	$4.0 \pm 1.2$	$< 0.01$
DVI (cm)	$14.1 \pm 2.0$	$14.8 \pm 5.4$	NS
TVI (cm)	$12.8 \pm 2.2$	$18.8 \pm 6.3$	$< 0.05$
Prox-APV (cm/sec)	$18.3 \pm 3.7$	$17.4 \pm 5.5$	NS
Dist-APV (cm/sec)	$13.8 \pm 2.8$	$14.1 \pm 4.5$	NS
RAPV (cm/sec)	$14.4 \pm 3.3$	$17.6 \pm 5.3$	NS
MAPV (cm/sec)	$40.7 \pm 10.3$	$57.6 \pm 15.5$	$< 0.01$
CFR	$2.9 \pm 0.6$	$3.3 \pm 0.4$	NS

TVI=time velocity integral; Prox-APV=time-averaged peak velocity in proximal to myocardial bridging; Dist-APV=time-averaged peak velocity in distal to myocardial bridging; RAPV=resting time-averaged peak velocity; MAPV=maximum hyperemic time-averaged peak velocity; CFR=coronary flow reserve. Other abbreviations as in Fig. 1.

の積分値に有意差を認めなかったことを考慮すれば, 必ずしも血流の低下を反映しないと考えられた. この点については, 血管内超音波法の同時施行により, 血管径の変化を考慮して分析する必要があると考えられた.

心筋ブリッジによると思われる心筋虚血, 心筋梗塞<sup>9)</sup>, 突然死<sup>10)</sup>といった症例が報告され, その機序について議論されているが, いまだ結論には至っていない. Geら<sup>11)</sup>は, 心筋虚血の原因として冠血流予備能の低下を指摘している. 本研究でもアデノシン三リン酸により負荷を与えて冠予備能を測定した. 最大充血時時間平均最高流速は正常群に比し有意に低かったが, 予備



**Fig. 2** Doppler flow images of the coronary artery  
 Normal coronary flow pattern (A), proximal to myocardial bridging (B), extremely proximal (C) and distal to myocardial bridging (D) of the left anterior descending artery in a patient with myocardial bridging (E).  
 Arrows indicate the prominent early diastolic peak velocity pattern.

能は正常群との間に有意差を認めなかった。我々の検討では冠予備能の低下はなく、また<sup>201</sup>Tl負荷心筋シンチグラフィにおいても虚血所見はなく、冠予備能の低下により心筋ブリッジの心筋虚血の機序は説明出来ないと考えられた。しかし今回の検討では症例数が9例と少なく、高度狭窄例が含まれていないため、冠予備能と虚血の関係は今後更に検討する必要があると考えられた。

冠血流予備能と心筋ブリッジの狭窄率の間に有意な相関関係を認めなかったが、本研究の対象例には完全閉塞を含めた高度狭窄例が含まれていないため、それらの対象を含めた検討が必要と考えられた。また心筋ブリッジが虚血を引き起こす原因の一つとして、攣縮の関与が指摘されている<sup>8)</sup>。本研究では攣縮誘発試験を全例に施行したわけではないのでその関与については今後の検討を要する。

今回我々は、安静時の血流速度波形、冠血流予備能についての検討を行ったが、頻拍時のような拡張期の短縮する状況下での検討は行っておらず、頻拍の虚血発生については否定出来ない。今後、心房ペースング下での血流速度波形および冠血流予備能の検討も必要と考えられる。

## 結 論

- 1) ドップラーガイドワイヤーを用いて、心筋ブリッジ例の冠血流速度波形の検討を行った。血流速度波形では収縮期に逆行性波、拡張早期に棘刺状波を認めた。
- 2) 時間速度積分値は収縮期逆行性波による積分値低下のため、正常群に比し有意な低下を認めたが、拡張期の積分値に有意差は認められなかった。
- 3) 心筋ブリッジ例の狭窄率と冠血流予備能の間に有意な相関関係はなく、冠血流予備能は維持されていた。

## 要 約

心筋ブリッジ例の冠血流速度波形をドップラーガイドワイヤー (0.014 inch, 15 MHz) を用いて分析した。対象は9症例で、安静時および反応性充血時の冠血流速度波形と冠血流予備能を対照群11例のそれと比較した。

心筋ブリッジの部位では9例中7例(78%)に収縮期逆行性波を認め、続いて拡張早期に棘刺状の急峻な波を認めた。正常群に比しブリッジ群では収縮期時間速度積分値は有意に小さく ( $-1.3 \pm 1.5$  vs  $4.0 \pm 1.2$  cm,  $p < 0.01$ )、拡張期時間速度積分値は有意差を認めなかったが、1心周期の時間速度積分値には有意差を認めた ( $12.8 \pm 2.2$  vs  $18.8 \pm 6.3$  cm,  $p < 0.05$ )。最大充血時時間平均最高流速には有意差を認めたが ( $40.7 \pm 10.3$  vs  $57.6 \pm 15.5$  cm/sec,  $p < 0.01$ )、冠血流予備能は対照群との間に有意差を認めなかった ( $2.9 \pm 0.6$  vs  $3.3 \pm 0.4$ )。

心筋ブリッジは収縮期逆行性波および拡張早期の棘刺状波を特徴とし、収縮期逆行性波により収縮期時間速度積分値は有意に低下し、それにより時間速度積分値も有意に低下した。心筋ブリッジ例の狭窄率と冠血流予備能の間に有意な相関関係はなく、冠血流予備能は維持されていた。

J Cardiol 1997; 30 (6): 307-312

## 文 献

- 1) Portsmann W: Die intramurale Koronarie im Angiogram. Fortschr Roentgenstr 1960; **92**: 129 (abstr)
- 2) Schwarz ER, Klues HG, vom Dahl J, Klein I, Krebs W, Hanrath P: Functional angiographic and intracoronary Doppler flow characteristics in symptomatic patients with myocardial bridging: Effect of short-term intravenous beta-blocker medication. J Am Coll Cardiol 1996; **27**: 1637-1645
- 3) Bestetti RB, Finzi LA, Amaral FTV, Sches AL, Oliver AJSM: Myocardial bridging of coronary arteries associated with an impending acute myocardial infarction. Clin Cardiol 1987; **10**: 129-131
- 4) Maron BJ, Roberts WC, McAllister HA, Rosing DR, Epstein SE: Sudden death in young athletes. Circulation 1980; **62**: 218-229
- 5) Doucette JW, Corl PD, Payne HM, Flynn AE, Goto M, Nassi M, Segal J: Validation of a Doppler guide wire for intravascular measurement of coronary artery flow velocity. Circulation 1992; **85**: 1899-1911
- 6) American Heart Association committee report: A reporting system on patients evaluated for coronary artery disease. Circulation 1975; **51**: 4 (abstr)
- 7) Ge J, Erbel R, Rupprecht H-J, Koch L, Kearney P, Gorge G, Haude

M, Meyer J: Comparison of intravascular ultrasound and angiography in the assessment of myocardial bridging. *Circulation* 1994; **89**: 1725-1732

8) Grover M, Mancini GBJ: Myocardial bridge associated with pacing-induced coronary spasm. *Am Heart J* 1984; **108**: 1540-1543