

超音波ドップラー法の虚血性心疾患への応用：虚血誘発時における左室拡張期動態評価の有用性と問題点

Transmitral blood flow velocity patterns evaluated by pulsed Doppler echocardiography in diagnosing transient myocardial ischemia

古川 啓三
辻 光
井上 直人
東 秋弘
盛川 洋一
北村 浩一
朝山 純
勝目 紘
落合 正和
伊地知浜夫

Keizo FURUKAWA
Hikari TSUJI
Naoto INOUE
Akihiro AZUMA
Yoichi MORIKAWA
Hirokazu KITAMURA
Jun ASAYAMA
Hiroshi KATSUME
Masakazu OCHIAI
Hamao IJICHI

Summary

To evaluate the influences of transient myocardial ischemia on transmitral blood flow velocity patterns, pulsed Doppler echocardiography was performed during coronary artery occlusion in 10 anesthetized open-chest dogs, and also during esophageal pacing or the administration of dipyridamole in 79 patients with coronary artery disease (CAD), and in 19 control subjects.

During occlusion of the coronary artery, an abrupt decrease in the peak velocity of the rapid filling wave (R) was noted within one min simultaneously with rapid decrease of % wall thickening in the ischemic regions. The peak velocity of atrial filling was augmented compensatorily. Although the transmitral blood flow velocity pattern did not change in the controls with esophageal pacing, changes similar to those which were obtained during experimental studies were demonstrated in CAD patients. There were no significant differences between transmitral blood flow velocity patterns of patients with multivessel disease and those with single vessel disease. Ischemic changes in transmitral blood flow velocity patterns were not demonstrated in patients with mitral regurgitation. Sublingual nitroglycerin normalized post-pacing abnormal blood flow velocity patterns. In contrast, after the intravenous administration of 0.56 mg/kg of dipyridamole, R and A were increased and the A/R ratio

京都府立医科大学 第二内科
京都市上京区河原町広小路上ル (〒602)

The Second Department of Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Kawaramachi-Hirokoji, Kamikyo-ku, Kyoto 602

Received for publication June 10, 1987; accepted September 2, 1987 (Ref. No. 34-PS18)

was unchanged both in CAD patients and the control groups. Deceleration time, or the half time, was prolonged during both provocation tests in CAD patients, and these changes were transient and were restored within several min. Furthermore, they were noted more frequently than was the development of ST depression on ECG, or chest pain.

These findings indicate that the transmitral blood flow velocity patterns obtained by pulsed Doppler echocardiography are useful for detecting transient myocardial ischemia, though they have limitations in diagnosing the extent of coronary artery disease.

Key words

Myocardial ischemia

Transmitral flow pattern

Pulsed Doppler echocardiography

はじめに

冠動脈閉塞により、当該灌流域の心筋が30ないし60秒後に能動的収縮を消失することは、諸家の実験¹⁻³⁾、また最近では冠動脈拡張術中の左室局所壁動態⁴⁾により確認されている。さらにこれらは心電図変化よりも早期に発現し、心筋虚血による機能的障害を検出するのに最も鋭敏な指標とされている⁵⁾。臨床的に、この異常壁動態の検出にはその非侵襲性、簡便性、反復記録が可能なこと等の理由により、現在 RI アンジオグラフィや超音波が臨床で繁用されているが、これらは方法論的には制約がある。すなわち前者では時間あるいは空間的分解能が十分ではなく、また後者では全例に良好な超音波窓が得られるとは限らない。

超音波ドップラー法は、断層心エコー図下に目的とする心腔あるいは大血管内の血流を測定することが可能であり、なかでも最も容易かつ正確に記録可能な僧帽弁口血流は、左室拡張性を反映するものとして、各種の心疾患の拡張期動態の解析に用いられている⁶⁻⁸⁾。今回、我々は、心筋虚血時における左室全体のポンプ機能の異常は収縮異常に先行し、拡張期動態が早期かつ鋭敏に障害されることに着目し⁹⁾、実験的ならびに臨床例で一過性心筋虚血を誘発し、その際の僧帽弁口血流動態より虚血性心疾患の診断、重症度判定を試み、本法の有用性ならびに問題点について検討したので報告する。

対象と方法

1. 急性冠動脈閉塞実験

10頭の雑種成犬(体重: 12~20 kg)を α -クロラロース 60 mg/kg 静脈内投与にて麻酔し、Harvard型陽圧人工呼吸装置下に左側開胸し、冠動脈左回旋枝鈍縁枝分岐直後を剝離後、occluderを装着した。右内頸動脈から左室内に Millar 製カテーテル先端型圧トランス デューサーを挿入、留置した。さらに洞結節をホルマリンにて破壊後、左心耳に双極電極を装着し、100~120/分で心房ペーシングを施行した。イヌを右側臥位として、体表面より 3.75 MHz 超音波探触子より心尖部二腔断面を描出して僧帽弁口部に関心領域を設定し、超音波パルス・ドップラー法を用いて左室流入血流波形を記録した。記録は東芝製超音波断層・ドップラー複合装置 SSH-60A を用い、冠動脈閉塞前、occluderにより血行遮断中(2分間)および閉塞解除後(5分間)を、30秒ごとに紙送速度 50 mm/sec にて行った。この記録にもとづき、急速流入波(R波)の最高流速(R)、心房流入波(A波)の最高流速(A)、両波の最高流速の比(A/R)を計測した。

また、左室乳頭筋部の短軸断層像を同様のプロトコールで収録し、左室局所壁動態を既報のごとく解析した¹⁰⁾。すなわち、拡張および収縮末期の左室短軸断層像を digitizer より personal computer に入力、同像を後乳頭筋の付着部より時計方向に8等分し、拡張末期および収縮末期の局所

平均壁厚 (THd, THs) を求め、それぞれの局所壁厚増加率 [%WT = (THs - THd)/THd × 100] を算出した。

2. 食道ペースング負荷

冠動脈造影検査にて有意狭窄を確認した虚血性心疾患患者 46 例 (平均年齢 57 ± 9 歳, 男 40 例,

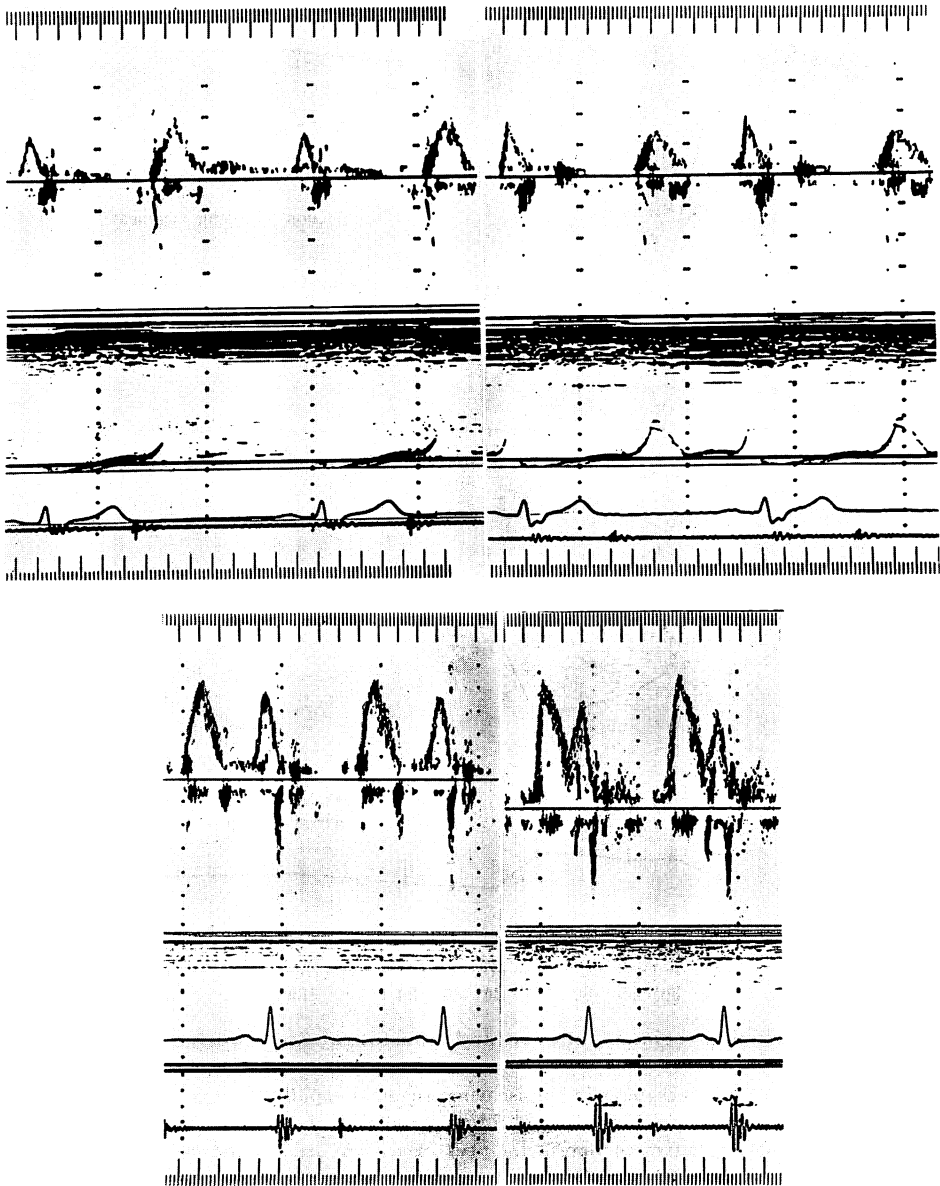


Fig. 1. Illustrative pulsed Doppler echocardiograms in a patient with coronary artery disease at pre- and post-esophageal pacing (upper panel), and before and after administration of dipyridamole (lower panel).

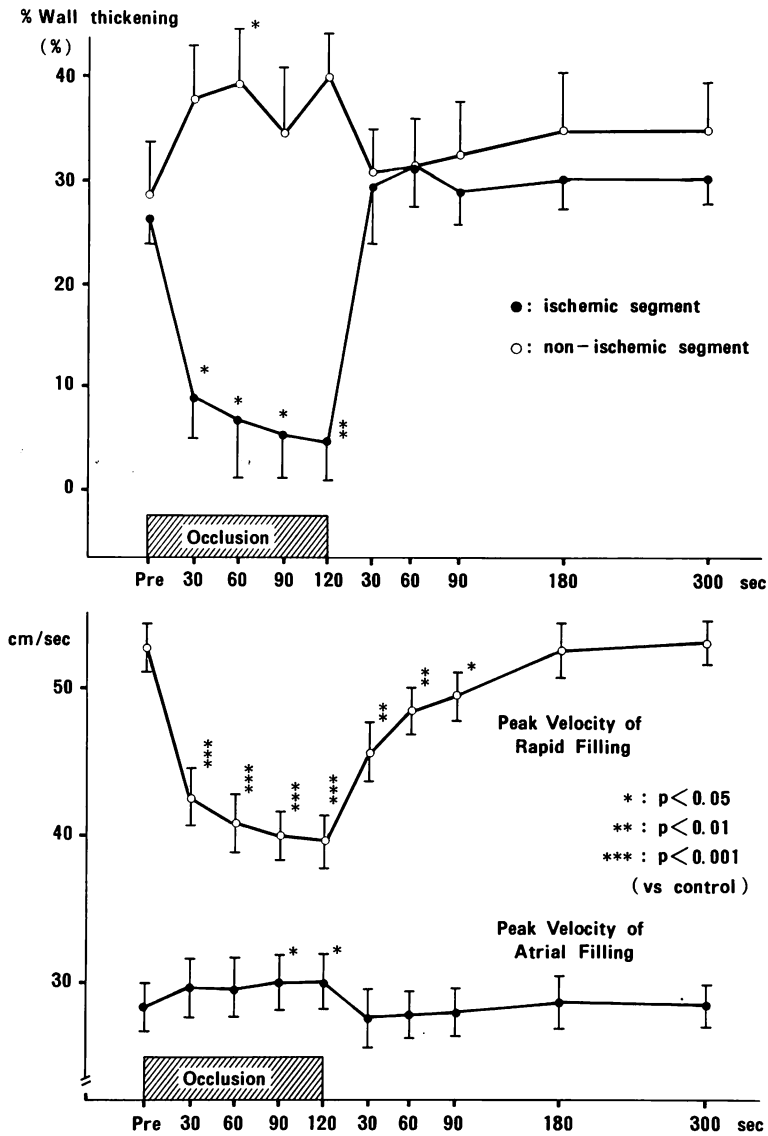


Fig. 2. Left ventricular regional function and transmitral flows during coronary occlusion in dogs.

After occlusion, % wall thickening in the ischemic segment rapidly decreases (upper). Note the abrupt decrease in the peak velocity of rapid filling, parallel to the deterioration of ischemic wall function and compensatory augmentation of the peak velocity of atrial filling (lower panel). During reperfusion phase, % wall thickening is rapidly restored, while the peak velocity of rapid filling gradually reaches the pre-occlusion values.

女6例)を対象とし、有意狭窄を認めなかった10例を対照群(平均年齢 54 ± 10 歳, 男6例, 女4例)とした。虚血性心疾患群では一枝病変(SVD)群20例, 多枝病変(MVD)群26例であった。

食道ペースティングはVygon製食道ペースティング・カテーテルを食道に挿入, フクダ電子製食道ペースティング電気刺激装置(BC-02EP)をもちいて心電図(四肢ならびに V_1, V_5, V_6 誘導)モニター下に施行した。ペースティングは同誘導にてP波が最大となる部位で出力13~19mA, パルス幅13~18msecで, 心拍数100/分より開始, 3分毎に10~20/分ずつ増加させ, 胸痛, 有意な心電図変化あるいは房室ブロック出現まで継続した。血圧はcuff法により測定した。

超音波パルス・ドップラー法は前述の装置あるいはSSH-65Aを用い, 同様の方法で半呼吸停

止下に負荷前および負荷終了後, 経時的(1~2分ごと)に記録した(Fig. 1)。左室流入波形より前述の指標の他, R波の減速時間(DT)も併せて測定した。さらにそのうち20例では, 前述のペースティング負荷の影響が消失した後, ニトログリセリン(NTG)0.3mgを舌下投与し, 再びペースティング負荷を施行, 同様に左室流入波形を記録した。

3. ディピリダモール負荷

冠動脈造影検査にて有意狭窄を確認した虚血性心疾患患者33例(平均年齢 53 ± 8 歳, 32例, 女1例)を対象とし, 有意狭窄を認めなかった9例を対照群(平均年齢 50 ± 9 歳, 男8例, 女1例)とした。虚血性心疾患群ではSVD群15例, MVD群18例であった。

心電図(四肢誘導ならびに V_1, V_5, V_6)モニター下に, Albroらの方法¹¹⁾に準じ, ディピリダ

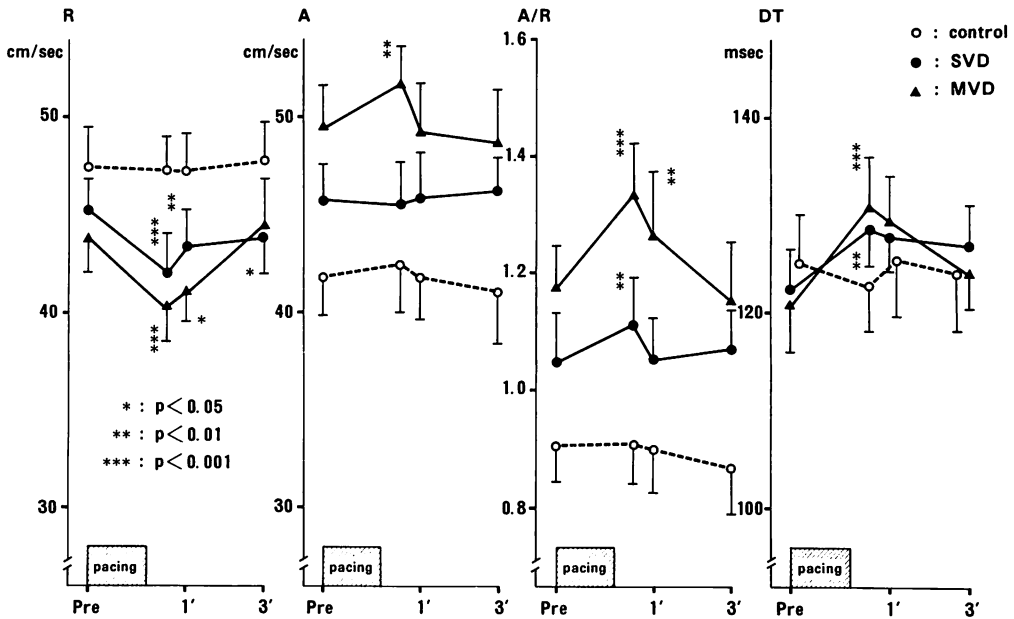


Fig. 3. Effects of esophageal pacing on transmitral flow patterns.

Immediately after pacing, the peak velocity of rapid filling (R) decreases in the CAD groups. The peak velocity of atrial filling (A) increases, so that A/R consequently increases. Deceleration time (DT) is also prolonged in the CAD groups. These changes are more prominent in the group of multivessel disease than in the group of single vessel disease. Transmitral flow pattern does not change in the control group.

モール 0.56 mg/kg を4分間にて静脈投与した。本剤投与前, 投与中ならびに後は2分ごとに同様の方法と装置を用い, 左室流入波形を記録した (Fig. 1)。なお, 血圧は cuff 法により測定した。

結 果

1. 急性冠動脈閉塞

冠動脈閉塞により当該領域の局所壁厚増加率 (% wall thickening) は 30~60 秒で急速に悪化, 閉塞前 $27.2 \pm 3.4\%$ より 120 秒後には $4.5 \pm 4.0\%$ に低下した。これと平行して僧帽弁口血流の R は 52.4 ± 2.5 cm/sec より 39.2 ± 3.1 cm/sec へと急速に低下, 一方, A は徐々に増高した (Fig. 2)。なお, 非虚血部局所壁厚増加率はむしろ増大した。閉塞解除後は局所壁厚増加率は速やかに回復, R は緩徐に回復した。また閉塞時には左室拡張

末期圧は 2.8 ± 1.2 mmHg の上昇, 同収縮期圧は 12 ± 4 mmHg, 左室圧+dP/dT は 346 ± 82 mmHg/sec, 同-dP/dT は 246 ± 72 mmHg/sec の低下を示した。

2. 食道ペースング負荷

虚血群ではペースング負荷直後に R は低下, A は増高し, A/R は増加した。また, R 波の DT も延長した (Fig. 3)。これらの変化は MVD 群で SVD 群に比し著明であった。また, これらの指標はいずれも負荷直後から1分以内に有意の変化を示し, 負荷後3分には前値に復した。対照群では負荷前後を通じ不変であった。また, ペースング負荷前, 終了以降の心拍数および収縮期血圧は虚血群ならびに対照群ともに有意な変化はなかった。

負荷前後の差 ($\Delta R, \Delta A, \Delta A/R, \Delta DT$) として検

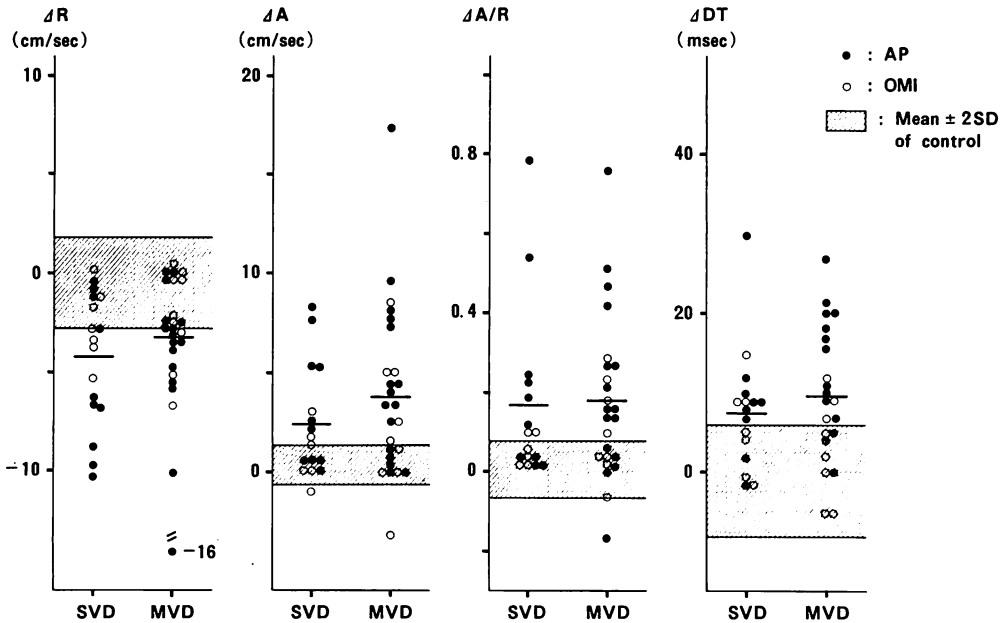


Fig. 4. Changes of transmitral flow velocities and deceleration time with pacing.

CAD patients distribute widely beyond the mean \pm 2SD of the normal control (shaded areas), and their deviations are smaller in patients with old myocardial infarction (open circles) than in those with angina pectoris (closed circles). There are no significant differences between the group of single vessel disease and the group of multivessel disease.

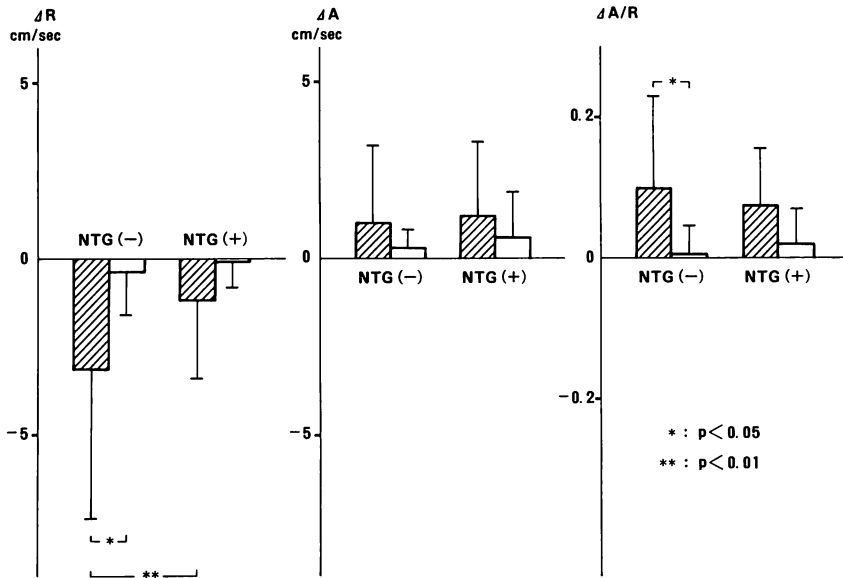


Fig. 5. Effects of sublingual nitroglycerin on changes of transmitral flow patterns induced by esophageal pacing.

Before administration of nitroglycerin, there is a significant difference in pacing-induced changes of R and the A/R between the CAD patients (shaded bars) and the control (open bars) group. However, after sublingual nitroglycerin administration, these differences resolved.

討すると、虚血群では正常範囲内(対照群の mean ± 2SD) より逸脱する症例を多く認めた (Fig. 4). 各指標による明らかな差はなかったが、同時に検討した胸痛、心電図変化は検討した症例の 26%, 54% に認めたのに比し、 $\Delta A/R$, ΔDT の異常例は 58%, 63% とドップラー法でより高頻度に認めた。しかし、罹患血管別にみた SVD 群と MVD 群の差は明らかではなかったが、陳旧性心筋梗塞 (OMI) 合併例では、狭心症 (AP) 例に比し、その変化はいずれも小さかった。NTG 投与の影響の検討では (Fig. 5), 投与前に虚血群と対照群との間に認められた ΔR , $\Delta A/R$ の有意差は、投与後のペースング負荷において消失した。また、僧帽弁閉鎖不全合併症 (MR) では非合併群 (non-MR) に比し、ペースング負荷において R, A/R, DT とともに明らかな変動を示さなかった (Fig. 6).

Table 1. Incidence of symptoms, electrocardiographic ST depression and transmitral flow changes

	Esophageal pacing		Dipyridamole	
	Total	AP	Total	AP
Chest pain	12/46 (26%)	12/28 (42%)	6/33 (18%)	3/13 (23%)
ST depression	25/46 (54%)	18/28 (64%)	9/32 (28%)	5/13 (38%)
A/R increase*	23/39 (58%)	17/26 (65%)	3/32 (9%)	2/13 (15%)
D(H) prolongation*	24/38 (63%)	16/21 (76%)	14/32 (44%)	8/13 (62%)

D(H)T=deceleration (half) time.

*; more than mean + 2SD of control values.

3. ディピリダモール負荷

虚血群, 対照群ともディピリダモール負荷後には R, A はともに有意に増加し, A/R は不変で

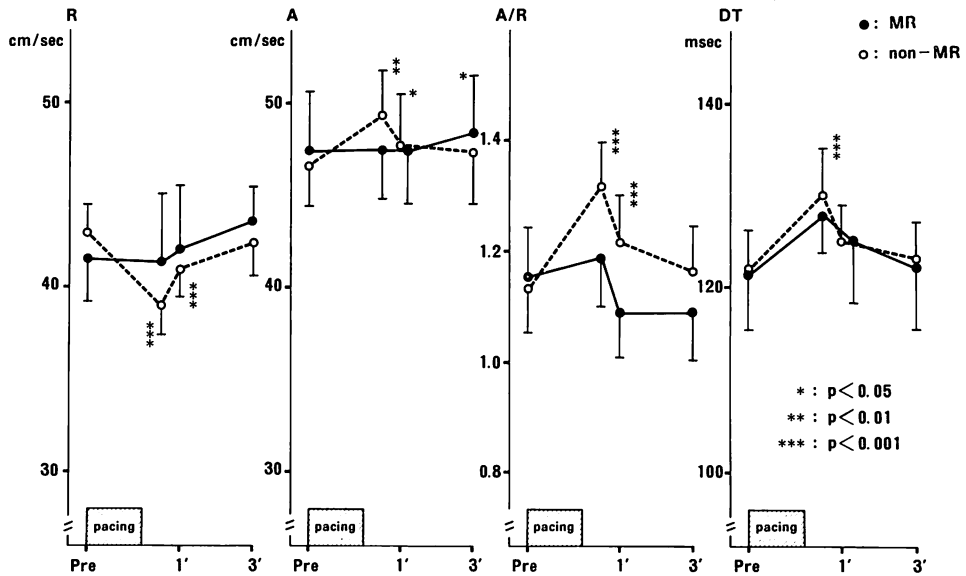


Fig. 6. Pacing-induced changes in patients with mitral regurgitation.
 In patients with mitral regurgitation, there are no changes of transmitral flow patterns with pacing.

あった (Fig. 7). しかし, R 波の 1/2 減速時間 (DHT) は対照群で短縮, SVD 群で不変の傾向を示し, MVD 群では有意に延長した. また, 虚血群, 対照群ともに本剤投与前後では心拍数は 65 ± 10 より 76 ± 11 /分へと軽度増加, 収縮期血圧は 128 ± 12 より 123 ± 13 mmHg と軽度低下した.

負荷前後の差 ΔR , ΔA , $\Delta A/R$ は対照群と差がなかったが, ΔDHT は MVD 群で明らかに延長し, SVD 群との間にも有意差を示した (Fig. 8). また, 胸痛, 心電図変化は検討した症例の 18%, 28% に認めたのに比し, ΔDHT の異常例は 44% と高頻度であった (Table 1).

考 察

実験犬ならびに臨床例で誘発された心筋虚血時における左室拡張性の変化として共通して報告されていることは, 左室弛緩の障害とコンプライアンスの低下である¹²⁻¹⁴⁾. しかしその際の左房・左室血流動態に関しては検討が少なく, 特に近年

心臓超音波断層法とともに開発された超音波パルス・ドップラー法により評価した報告は稀である¹⁵⁾. 本研究は麻酔開胸犬での冠動脈閉塞あるいは虚血性心疾患々々での食道ペースング, ならびにディピリダモール負荷における一過性心筋虚血誘発時の左房・左室血流動態が, 以下の超音波パルス・ドップラー法の僧帽弁口血流の所見に現われることの報告である. すなわち, その血流パターンの変化とは急速流入波の最高流速 (R) の減高, 同波の減速時間 (DT, DHT) の延長, ならびに心房流入波の最高流速 (A) の増高等の所見である. また, これらの僧帽弁口血流動態はイヌを用いた急性虚血実験でも明らかのように, 心筋虚血を最も機能的に, しかも鋭敏に反映する局所収縮異常と平行して出現し, 虚血性心疾患の診断ならびに重症度評価に応用し得る事を示した.

超音波パルス・ドップラー法で記録される僧帽弁口における血流波形は左室拡張期容積変化と近似し, 本法は左室拡張能を知る一つの方法と考えられている¹⁶⁾. 一方, 僧帽弁口血流波形, 特に急

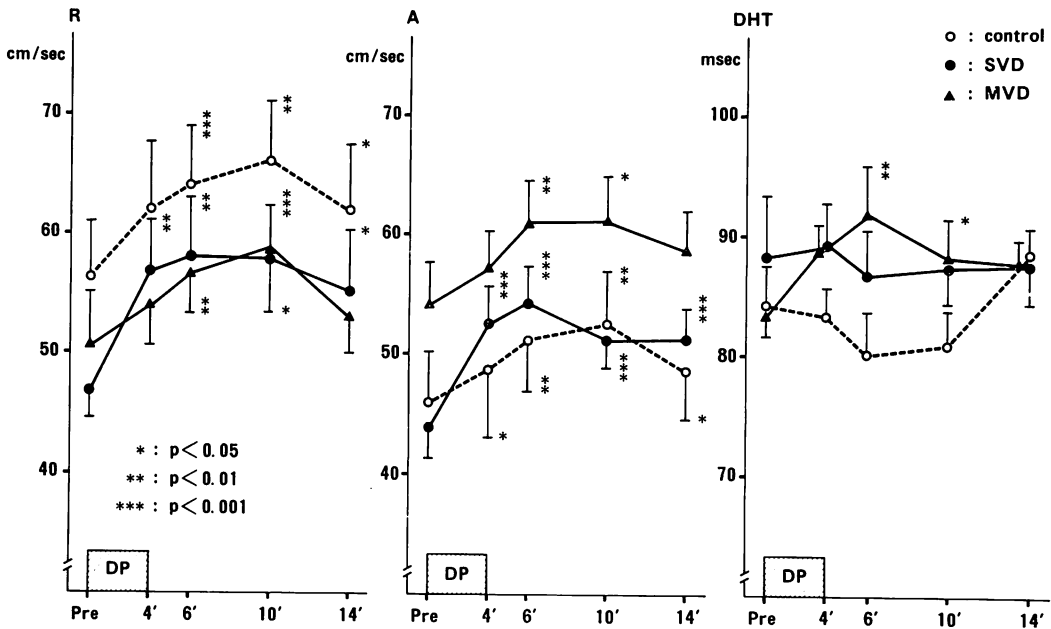


Fig. 7. Effects of dipyridamole administration on transmitral flow patterns.

Dipyridamole increases both R and A both in the CAD and control groups. However, deceleration half time is shortened in the controls, unchanged in the group of single vessel disease, and significantly prolonged in the group of multivessel disease.

速流入波は左室弛緩性のみならず、前負荷¹⁷⁾、後負荷¹⁸⁾によっても影響を受ける。今回の一過性心筋虚血誘発時に得られた急速流入波の変化に、左室弛緩障害のほか、これらの要因の関与について冠動脈閉塞実験の結果より検討すると、まず冠動脈閉塞中は左室拡張末期圧は上昇し、前負荷が増大することから R の増高に働く可能性がある。一方、拡張期動脈圧は低下することから、左室内径が増大するとしても後負荷の著変は考え難く、冠動脈閉塞部位が比較的末梢であり虚血範囲が狭く、左室拡大およびそれに伴う壁厚減少も軽微と推察された。以上より、今回の僧帽弁口の急速流入波の変化には、誘発された心筋虚血による左室弛緩障害が主に作用しているものと考えられた。一方、心房流入波はこの急速流入期での流入障害のため左房が拡大し、心房のスターリング効果により増高するものと考えられた。

上述の実験的検討をふまえ、虚血性心疾患々々で食道ペーシングとディピリダモール負荷により一過性心筋虚血を誘発し、虚血性心疾患の診断ならびに重症度判定における本法の有用性と限界を検討した。本疾患々々での心筋虚血の誘発は運動負荷が一般的である。しかし、運動負荷は心拍数が増加し拡張期が著明に短縮するため虚血の発現がより早期である拡張期の時相分析には不適である。

食道ペーシング負荷では、ペーシング終了直後から、冠動脈閉塞実験と同様に、虚血性心疾患々々において急速流入波の R の減高、心房流入波の A ならびに A/R の増高を認め、さらに R 波の減速時間 DT が延長する。一方、ニトログリセリン舌下投与後のペーシング負荷時にはこれらの変化は減弱した。

一方、ディピリダモール負荷では、前二者の結

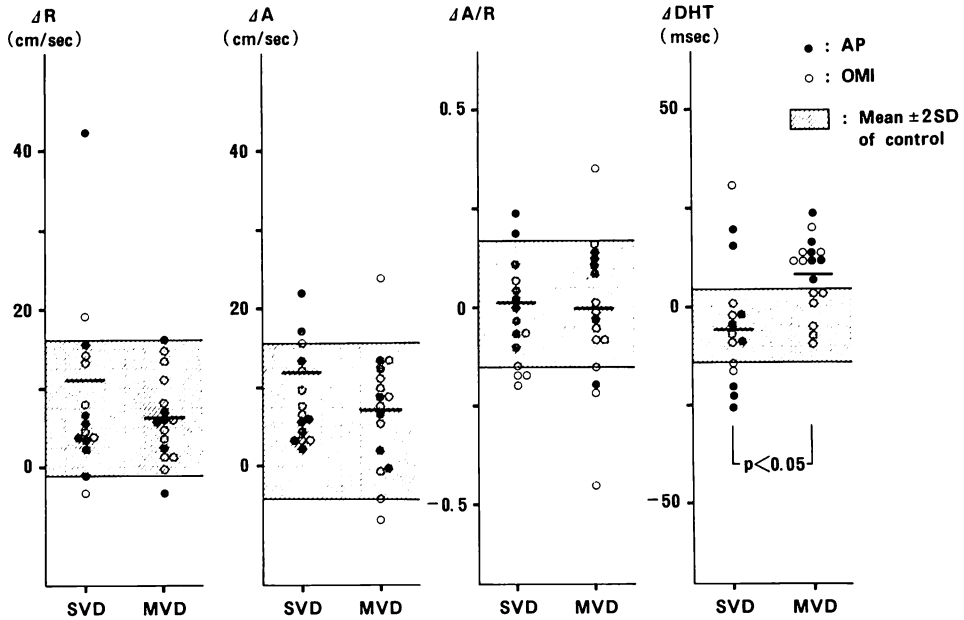


Fig. 8. Changes of transmitral flow velocities and deceleration half time with dipyridamole.

R, A and the A/R of the CAD groups are within normal ranges (mean \pm 2SD, shaded areas). Deceleration half time in patients with multivessel disease is deviated from the normal range and prolonged significantly as compared with the values of patients with single vessel disease.

果とは異なった僧帽弁口血流動態を示した。すなわち、疾患群、対照群共に R, A は増高し、これらの指標で2群を鑑別し得なかった。この理由はディピリダモール負荷では末梢動脈の拡張作用で後負荷が軽減し、心拍出量を増加することによると思われた。しかし、R 波の1/2減速時間 DHTは、疾患群、とくに多枝病変群で延長し、対照群とはその態度が異なった。この DHT の延長は心筋虚血による左室弛緩障害のため、拡張早期の左房・左室圧較差が容易に解消されず、拡張早期左室流入が延長するためと推察された。これらの超音波パルス・ドップラー法にて得られた僧帽弁口血流の異常は、同時に検討した胸痛あるいは心電図変化よりもその出現頻度が高く、本法が誘発される心筋虚血の診断に優れている事を示した。

最後に本法の問題点につき考察を加える。今回

の臨床例での僧帽弁口血流の変化は罹患血管数に比例して増悪したものの、1枝病変群と多枝病変群とを分別し得なかった。この原因を検討すると、まず今回の対象患者に陳旧性心筋梗塞患者を多く含んでいたことがあげられる。陳旧性心筋梗塞患者では新たに誘発される虚血範囲が狭く、したがって左室機能障害が僅少であった可能性がある。特に、左室駆出率の低下例では僧帽弁口血流がほとんど変化しない症例もあった。また、これらの患者の一部は軽度ながらも僧帽弁閉鎖不全を合併しており、今回の結果でも、僧帽弁閉鎖不全の合併は、虚血により生じる僧帽弁口血流の変化を減弱させる方向に作用する。次に、今回採用した負荷方法は血行動態変化を大きく変化させることなく虚血を誘発する事が可能であり、また体動や過呼吸による血流波形の記録上の障害を生ずる

ことなく、有用であったが、一方、運動負荷と比較した場合は、負荷量が少なく、誘発される心筋虚血そのものの程度が弱かった。以上の要因が、今回の罹患血管数別の重症度を明瞭にし得なかった理由と考えられる。

要 約

実験的ならびに臨床的に一過性心筋虚血の誘発を行い、その際の僧帽弁口血流動態を超音波パルス・ドップラー法により評価し、本法の虚血性心疾患の診断、重症度判定における有用性と問題点につき検討した結果、

1. 冠動脈閉塞実験ならびに食道ペースング負荷での一過性心筋虚血の誘発により、急速流入波の最高流速 R は減高、心房流入波の最高流速 A ならびに A/R は増大した。また、急速流入波の減速時間は延長した。

2. ディピリダモール負荷では R, A は疾患群、対照群共に増高したが、R の減速時間は疾患群とくに多枝病変群で有意に延長した。

3. これらの変化は罹患血管数に比例して増悪したが、1 枝病変群と多枝病変群とは明らかに区別し得なかった。

4. 虚血誘発時のドップラー血流変化は、自覚症状、心電図変化よりも鋭敏であった。

5. 陳旧性心筋梗塞あるいは MR 合併例では、上述の僧帽弁口血流の変化は軽微であった。

以上、超音波パルス・ドップラー法の左室流入波形により、心筋虚血の誘発に伴う左室流入障害を鋭敏にとらえることが可能で、虚血性心疾患の非観血的診断に有用であった。しかし、罹患血管数別の重症度は明瞭にし得ず、疾患群の分類法、指標および負荷方法等の再検討を要すると思われる。

文 献

1) Tennant R, Wiggers CJ: The effect of coronary occlusion on myocardial contraction. *Am J Physiol* **112**: 351, 1935
 2) Theroux P, Franklin D, Ross JJr, Kemper WS:

Regional myocardial function during acute coronary occlusion and its modification by pharmacologic agents in the dog. *Circ Res* **35**: 896, 1974
 3) Tomoike H, Franklin D, Ross J Jr: Detection of myocardial ischemia by regional dysfunction during and after rapid pacing in conscious dogs. *Circulation* **58**: 48, 1978
 4) Alam M, Khaja F, Brymer J, Marzelli M, Goldstein S: Echocardiographic evaluation of left ventricular function during coronary artery angioplasty. *Am J Cardiol* **57**: 20, 1986
 5) 河野義雄: 心筋虚血時におけるイヌ左心室の局所壁動態. 京府医大誌 **94**: 589, 1985
 6) Kitabatake A, Inoue M, Asao J, Tanouchi T, Masuyama H, Abe H, Morita H, Senda S, Matsuo H: Transmitral blood flow reflecting diastolic behavior of the left ventricle in health and disease. *Jpn Circ J* **46**: 92, 1982
 7) Tanouchi J, Kitabatake A, Asao M, Morita T, Masuyama T, Hori M, Inoue M, Abe H: Role of left ventricular relaxation on transmitral flow dynamics during early diastole: A study with pulsed Doppler flowmetry. *J Cardiolgr* **13**: 301, 1983
 8) Fujii J, Yazaki Y, Sawada H, Aizawa T, Watanabe H, Kato K: Noninvasive assessment of left and right ventricular filling in myocardial infarction with a two-dimensional Doppler echocardiographic method. *J Am Coll Cardiol* **5**: 1155, 1985
 9) Aroesty JM, McKay RG, Heller GV, Royal HD, Als AV, Grossman W: Simultaneous assessment of left ventricular systolic and diastolic dysfunction during pacing-induced ischemia. *Circulation* **71**: 889, 1985
 10) 樋上雅一, 辻 光, 播磨成人, 北村浩一, 幸田正明, 古川啓三, 朝山 純, 勝目 紘, 伊地知浜夫: 冠動脈結紮時における局所壁動態の超音波断層法による定量的解析. 日超医講演論文集 **46**: 181, 1985
 11) Albro PC, Gould KL, Westcott RJ, Hamilton GW, Ritchie JL, Williams DL: Noninvasive assessment of coronary stenoses by myocardial imaging during pharmacologic coronary vasodilation. *Am J Cardiol* **42**: 751, 1978
 12) Barry WH, Brooker JZ, Alderman EL, Harrison DC: Changes in diastolic stiffness and tone of left ventricle during angina pectoris. *Circulation* **49**: 255, 1974
 13) McLaurin LP, Rolett El, Grossman W: Impaired left ventricular relaxation during pacing-induced ischemia. *Am J Cardiol* **32**: 751, 1973
 14) Mann T, Goldberg S, Mudge GH Jr, Grossman

古川, 辻, 井上, ほか

- W: Factors contributing to altered left ventricular diastolic properties during angina pectoris. *Circulation* **59**: 14, 1979
- 15) 辻 光: ヒトの急性虚血誘発心における左室流入動態. *京府医大誌* **95**: 1391, 1986
- 16) Spirito PS, Maron BJ, Bonow RO: Noninvasive assessment of left ventricular diastolic function: Comparative analysis of Doppler echocardiographic and radionuclide angiographic techniques. *J Am Coll Cardiol* **7**: 518, 1986
- 17) 高橋利之, 佐藤 広, 飯塚昌彦, 芹沢 剛, 大谷 哲夫, 河本修身, 望月孝俊, 坂本二哉, 杉本恒明: Lower body negative pressure 時の左室流入血流パターンの変化: 超音波パルス・ドプラーによる検討. *日超医講演論文集* **47**: 729, 1985
- 18) 栗原 敏修, 林 享, 松浦 泰彦, 大西 修作, 安井 潔, 浅生雅人, 福島正勝, 阿部 裕: Cold Pressor Stimulation による高血圧症の左室流入血流様式の反応性についての検討. *日超医講演論文集* **48**: 917, 1986