

大動脈弁狭窄症における右冠動脈血流速度波形の特徴：ドップラーガイドワイヤーによる検討

Phasic Flow Velocity Characteristics of the Right Coronary Artery in Patients With Aortic Stenosis: A Doppler Guide Wire Study

大倉 宏之
吉田 清
赤阪 隆史
赤土 正洋
穂積 健之
高木 力
本多 康浩
山室 淳
渡辺 弘之*
吉川 純一*

Hiroyuki OKURA, MD
Kiyoshi YOSHIDA, MD, FJCC
Takashi AKASAKA, MD
Masahiro SHAKUDO, MD
Takeshi HOZUMI, MD
Tsutomu TAKAGI, MD
Yasuhiro HONDA, MD
Atsushi YAMAMURO, MD
Hiroyuki WATANABE, MD*
Junichi YOSHIKAWA, MD, FJCC*

Abstract

This study investigated the characteristics of the phasic flow velocity pattern of the right coronary artery and the relationship to hemodynamic parameters in patients with aortic stenosis. Coronary flow velocities were recorded at the proximal (segment 1) and the distal (segment 4PD) portion of the right coronary artery using a Doppler guide wire (0.014-in, 15 MHz) in 10 patients with aortic stenosis and 8 control subjects with normal coronary arteries. The diastolic to systolic peak velocity ratio at both the proximal and distal portion were significantly greater in patients with aortic stenosis than in control subjects. Systolic flow reversal was not seen in the right coronary artery in control subjects, but it was observed in 5 patients (50%) at the proximal portion and in 10 patients (100%) at the distal portion. Peak velocity of flow reversal at the distal portion showed a significant correlation with mean pressure gradient across the aortic valve ($y = -1.3x + 37.3$, $r = 0.71$, $p = 0.02$). Systolic flow reversal is characteristic in the right coronary artery, especially at the distal portion, in patients with aortic stenosis. This may be related to the pressure difference across the aortic valve through the posterior descending artery.

Key Words

aortic valve stenosis, Doppler ultrasound (guide wire), coronary circulation, coronary artery disease (right)

はじめに

大動脈弁狭窄症では、冠動脈造影上有意狭窄を伴わずとも、狭心痛をきたしうる事が知られている^{1,2)}。冠動脈造影上、収縮期に冠血流が逆行することが知ら

れていた³⁾が、術中の心外膜アプローチによる超音波ドップラー法やカテーテル先端型ドップラー装置を用いた検討では、左前下行枝の冠血流速度波形には収縮期逆行性波を認め、その程度は左室-大動脈間の平均圧較差と相関することが明らかにされている^{4,5)}。一方、

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; *大阪市立大学医学部 第一内科
Division of Cardiology, Kobe General Hospital, Kobe; *The First Department of Internal Medicine, Osaka City University Medical School, Osaka

Address for reprints: OKURA H, MD, Division of Cardiology, Kobe General Hospital, Minatojima-nakamachi 4-6, Chuo-ku, Kobe 650

Manuscript received February 13, 1996; accepted February 19, 1996

右冠動脈における血流速度パターンは、計測の困難さゆえ、これまで十分に検討はされていなかった。近年、ガイドワイヤー型ドップラー装置が開発され、左前下行枝近位部のみならず、左回旋枝、右冠動脈においても、近位部から遠位部まで血流速度波形を計測することが可能となった^{6,7)}。

本研究の目的は、大動脈弁狭窄症における右冠動脈血流速度波形を検討し、いかなる特徴を呈するかを明らかにすることにある。

対象と方法

対象は大動脈弁狭窄症例で、他の弁疾患や先天性心疾患を合併した症例、中等度以上の大動脈弁逆流合併例、および心房細動例を除外した10例で、男4例、女6例、平均年齢 63 ± 9 歳であった。右冠動脈に25%以上の狭窄を認めなかった正常心機能の胸痛症候群例で、かつ弁膜症や心筋疾患の合併を認めなかった8例を正常対照群とした。正常対照群は男4例、女4例、平均年齢 59 ± 12 歳であった。全例にインフォームドコンセントを得た後、通常の心臓カテーテル検査に引き続いて、5F Judkins type catheter を右冠動脈入口部に留置し、心電図、大動脈圧波形を記録しながら、0.014-in, 15 MHz ドップラーガイドワイヤー (Flowire, Cardiometrics 製) により冠動脈血流の計測を行った。計測部位は遠位部 (AHA 分類の分節 4PD 相当) および近位部 (同分節 1 相当) で行った。各部位において以下の項目を計測し、おのおのを比較検討した (Fig. 1)。

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 (SI)

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

拡張期収縮期最高流速比: DPV/SPV

拡張期分画 (%): diastolic fraction (DF) = $DI/(DI + SI)$

拡張期の開始から最高流速までの時間 (sec): time from the beginning of diastole to diastolic peak velocity (TDPV)

拡張期最高流速からその 1/2 流速までの時間 (sec):

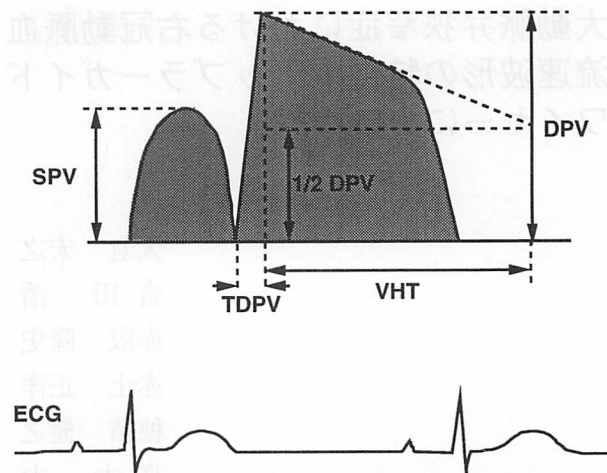


Fig. 1 Measurements of variables of coronary flow velocity

DPV = diastolic peak velocity; TDPV = time from the beginning of diastole to diastolic peak velocity; SPV = systolic peak velocity; VHT = velocity half time.

Table 1 Clinical and catheterization data of the subjects

	Patients with AS (n=10)	Controls (n=8)	p value
Age (yr)	63 ± 9	59 ± 12	NS
Heart rate (bpm)	71 ± 7	72 ± 14	NS
Cardiac catheterization data			
Cardiac index (l/min/m ²)	2.9 ± 0.4	2.9 ± 0.6	NS
Mean PCWP (mmHg)	12 ± 6	6 ± 3	NS
Mean aortic pressure (mmHg)	90 ± 15	98 ± 14	NS
Peak systolic LVP (mmHg)	206 ± 33	124 ± 14	p < 0.01
LVEDP (mmHg)	15 ± 8	10 ± 4	NS
LVEDV (ml)	132 ± 71	126 ± 52	NS
EF (%)	62 ± 4	55 ± 11	NS
Mean pressure gradient (mmHg)	74 ± 19	0	p < 0.01
Aortic valve area (cm ²)	0.52 ± 0.16	—	

AS = aortic stenosis; PCWP = pulmonary capillary wedge pressure; LVP = left ventricular pressure; LVEDP = left ventricular end-diastolic pressure; LVEDV = left ventricular end-diastolic volume; EF = ejection fraction; NS = not significant.

velocity half time (VHT)

結果は全て平均値 ± 標準偏差で示した。大動脈弁狭窄群と正常対照群との比較は unpaired t 検定を用い、 $p < 0.05$ をもって有意差の判定した。

結 果

全例で特に合併症なく、右冠動脈遠位部ま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。Table 1 に示すごとく、心拍出量、左

Table 2 Parameters of coronary flow velocity recordings

	Patients with AS (n=10)		Controls (n=8)	
	Proximal	Distal	Proximal	Distal
Heart rate (bpm)	71±7		72±14	
Peak velocity (cm/sec)				
Flow reversal	-0.9±1.0	-11.4±8.6		
Systole	28±13	6±23*	23±19	13±4
Diastole	50±22*	51±20*	28±20	26±11
DPV/SPV	1.7±0.5*	2.4±0.3*	1.3±0.4	1.9±0.4
Time velocity integral (cm)				
Flow reversal	0.6±1.2	1.1±1.2		
Systole	3.7±1.4*	2.4±1.5*	5.8±5.1	3.1±1.5
Diastole	18±8*	18±7*	10±8	9±5
Diastolic fraction (%)	82±7*	89±5*	65±10	75±3
TDPV (sec)	154±56	143±38	126±31	117±17
VHT (sec)	236±57	273±132	230±6	234±4

* $p < 0.01$ vs control. Diastolic fraction: DI/(DI+SI).

DPV/SPV = diastolic to systolic peak velocity ratio. Other abbreviations as in Table 1, Fig. 1.

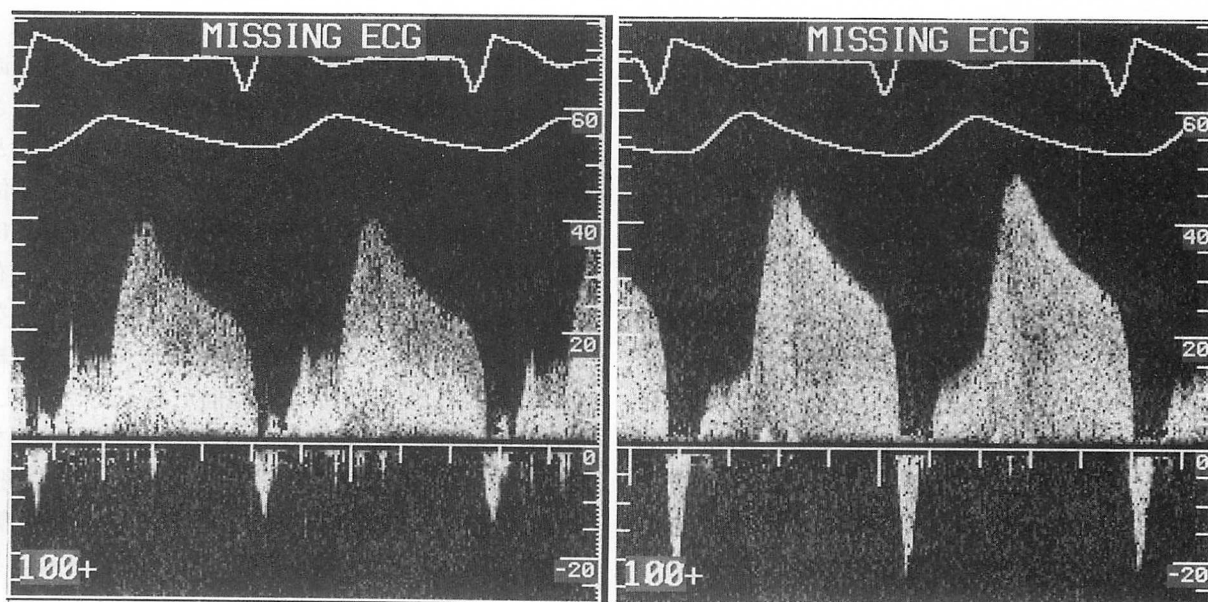


Fig. 2 Examples of coronary flow velocity recordings at the proximal (left) and distal portion (right) of the right coronary artery in a patient with aortic stenosis

室駆出率, 肺動脈楔入圧, 左室拡張末期圧, 平均大動脈圧は両群間で有意差を認めなかった。

冠血流速の検討では, **Table 2** および **Figs. 2, 3** に示すごとく, 近位部の収縮期最高流速 (SPV) は両群間で有意差を認めなかったが (28±13 vs 23±19 cm/sec, 有意差なし), 拡張期最高流速 (DPV: 50±22 vs 28±20 cm/sec, $p < 0.01$) および拡張期収縮期最高流速比

(DPV/SPV: 1.7±0.5 vs 1.3±0.4, $p < 0.01$) は大動脈弁狭窄症群で有意に大であった。また, 近位部での収縮期時間速度積分値 (SI: 3.7±1.4 vs 5.8±5.1 cm, $p < 0.01$) は大動脈弁狭窄症群で有意に小であり, 拡張期時間速度積分値 (DI: 18±8 vs 10±8 cm, $p < 0.01$) および拡張期分画 (DF: 82±7 vs 65±10%, $p < 0.01$) は大動脈弁狭窄症群で有意に大であった。また, 大動脈弁

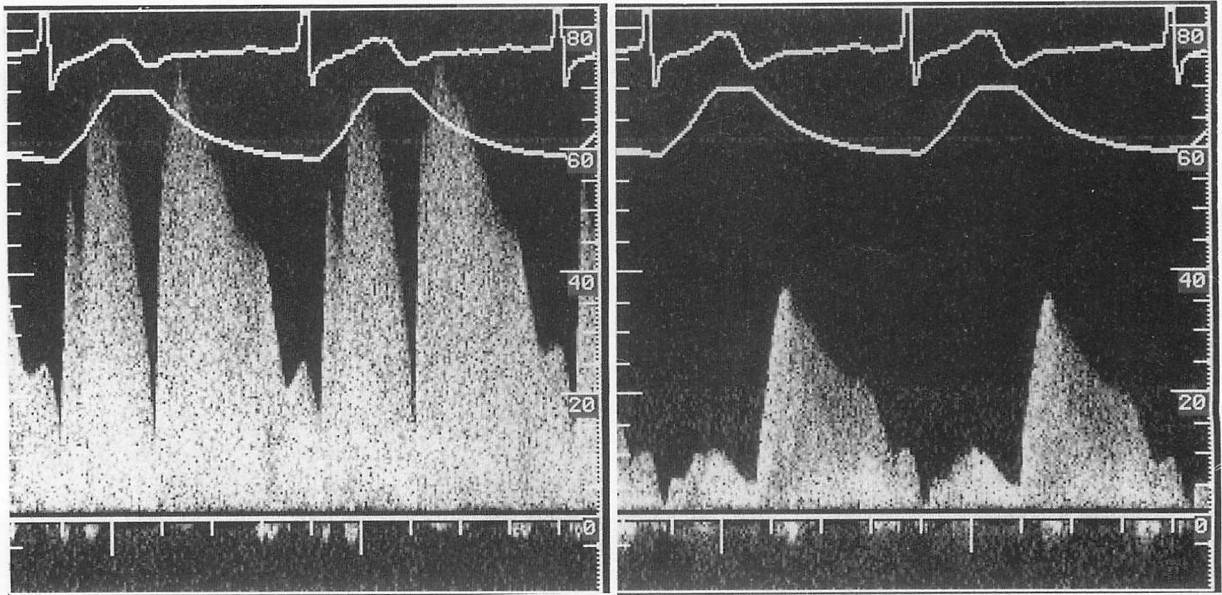


Fig. 3 Examples of coronary flow velocity recordings at the proximal (left) and distal portion (right) of the right coronary artery in a subject with normal coronary arteries

狭窄症群全 10 例中 5 例に収縮期逆行性波を認めた。拡張期開始-最高流速時間 (TDPV), 最高流速-1/2 流速時間 (VHT) は 2 群間に有意差を認めなかった。

遠位部の収縮期最高流速は大動脈弁狭窄症群で有意に小であり (6 ± 23 vs 13 ± 4 cm/sec, $p < 0.01$), 拡張期最高流速 (51 ± 20 vs 26 ± 11 cm/sec, $p < 0.01$) および両者の比 (2.4 ± 0.3 vs 1.9 ± 0.4 , $p < 0.01$) も大動脈弁狭窄症群で有意に大であった。また, 収縮期時間速度積分値 (2.4 ± 1.5 vs 3.1 ± 1.5 cm, $p < 0.01$) は大動脈弁狭窄症群で有意に小であり, 拡張期時間速度積分値 (18 ± 7 vs 9 ± 5 cm, $p < 0.01$) および拡張期分画 (89 ± 5 vs $75 \pm 3\%$, $p < 0.01$) は大動脈弁狭窄症群で有意に大であった。また, 大動脈弁狭窄症群 10 例全例に収縮期逆行性波を認めた。拡張期開始-最高速度時間とその後 1/2 流速までの時間 (TDPV, VHT) は 2 群間に有意差を認めなかった。

近位部の収縮期逆行性波の最高流速と左室-大動脈間平均圧較差の間には有意な相関は認めなかったが, 遠位部の収縮期逆行性波の最高流速と左室-大動脈間平均圧較差の間には, 有意な負の相関を認めた ($y = -1.3x + 37.3$, $r = 0.71$, $p = 0.02$)。

考 案

大動脈弁狭窄症における左冠動脈血流速度パターンは

収縮期逆行性波を特徴とし, 収縮期逆行性波の最高流速は左室-大動脈間平均圧較差と相関することが示されている^{4,5)}。一方, 右冠動脈血流速度波形は左冠動脈とは異なり, 正常例においても相対的に収縮期成分が優位なパターンを呈することが知られている⁶⁾。田中らはガイドワイヤー型ドップラー装置を用いた検討で, 右冠動脈遠位部では左冠動脈同様, 拡張期成分が優位なパターンであるが, 近位部では左冠動脈に比して収縮期成分の占める割合が大なる傾向があることを示し, これは収縮期成分のより大きい右室枝の血流速度波形を反映しているとしている⁶⁾。したがって, 大動脈弁狭窄症においても右冠動脈の血流速度波形は右室枝の影響を受け, 左冠動脈とは異なったパターンを呈することが予想される。

本研究の結果, 右冠動脈近位部では冠血流速度波形は相対的に収縮期成分が小なるパターンを呈したものの, 収縮期逆行性波は半数に認められたにすぎず, 左室-大動脈間平均圧較差との相関も認められなかった。一方, 遠位部では全例に収縮期逆行性波を認め, その最高流速波は左室-大動脈間平均圧較差と相関した。冠血流は冠流入圧と心筋内圧の差, すなわち冠灌流圧によって規定される。大動脈弁狭窄症では, 左室-大動脈間平均圧較差がこの冠灌流圧を規定する最も重要な因子と考えられる。本研究の結果から, 大動脈弁狭窄

症例における右冠動脈血流速波形は、遠位部では左冠動脈同様左室の影響を受け、近位部では左室の影響のみならず、右室枝に代表される右室の影響をも受けることを反映すると考えられた。その結果、左室圧により収縮期に心筋内の冠動脈のコンプライアンスが低下し、収縮期成分が抑えられ、更には逆行性波が生じるものと推測される。

一方、大動脈弁狭窄における収縮期逆行性波の成因として、弁狭窄通過時の高速血流による Venturi 効果も推定されている^{4,8,9)}。すなわち、大動脈弁狭窄症では、収縮期に弁口を通過する乱流によってその周囲の Valsalva 洞内に低圧の部分が生じ、その結果、冠動脈開口部において圧較差を生じることが収縮期逆行性波

の成因であるとの考え方である。しかし、もし Venturi 効果が収縮期逆行性波の主たる成因であるならば、右冠動脈においても、近位部ほど収縮期逆行性波が優位にみられると考えられる。しかし、今回の結果では遠位部ほど収縮期逆行性波が優位であり、この成因として Venturi 効果は否定的で、冠流入圧と心筋内圧の差が主であると考えられた。

ま と め

大動脈弁狭窄症例では、右冠動脈遠位部の冠血流速波形には、左冠動脈の場合と同様、収縮期逆行性波が認められた。その成因としては、右冠動脈後下行枝を介する左室-大動脈間平均圧較差の影響が推察された。

要 約

大動脈弁狭窄症の左冠動脈血流速波形は収縮期逆行性波を特徴とし、それには左室-大動脈間平均圧較差が関連していることが報告されている。しかし、大動脈弁狭窄症の右冠動脈血流速波形についての検討はいまだなされていない。本研究の目的は、大動脈弁狭窄症の右冠動脈血流速波形の特徴とその血行動態との関連を、ドップラーガイドワイヤーを用いて検討することである。大動脈弁狭窄症例 10 例の近位部 (AHA 分類分節 1) および遠位部 (同分節 4PD) の血流速波形をドップラーガイドワイヤーを用いて記録し、対照例 8 例のそれと比較した。大動脈弁狭窄症例では拡張期収縮期最高流速比は近位部、遠位部のいずれにおいても正常対照群に比して有意に大であった。また、近位部で 10 例中 5 例 (50%) に、遠位部では全例に収縮期逆行性波を認めた。遠位部における収縮期逆行性波の最大流速波は、左室-大動脈間平均圧較差と有意な相関を認めた ($y = -1.3x + 37.3$, $r = 0.71$, $p = 0.02$)。

大動脈弁狭窄症では右冠動脈においても、近位部では半数に、遠位部では全例に収縮期逆行性波を認めた。この特徴は後下行枝を介した左室-大動脈間平均圧較差に関連していると考えられた。

J Cardiol 1996; 27: 255-259

文 献

- 1) Buckberg G, Edber L, Herman M, Gorlin R: Ischemia in aortic stenosis: Hemodynamic prediction. *Am J Cardiol* 1975; **35**: 778-784
- 2) Marcus ML, Doty DB, Hiratsuka LF, Wright CB, Eastham CL: Decreased coronary reserve: A mechanism for angina pectoris in patients with aortic stenosis and normal coronary arteries. *N Engl J Med* 1982; **307**: 1362-1367
- 3) Carroll RJ, Falsetti HL: Retrograde coronary artery flow in aortic valve disease. *Circulation* 1976; **54**: 494-499
- 4) Fujiwara T, Nogami A, Masaki H, Yamane H, Matsuoka S, Yoshida H, Fukuda H, Katsumura T, Kajiji F: Coronary flow velocity waveforms in aortic stenosis and the effects of valve replacement. *Ann Thorac Surg* 1989; **48**: 518-522
- 5) Yoshikawa J, Akasaka T, Yoshida K, Takagi T: Systolic coronary flow reversal and abnormal diastolic flow patterns in patients with aortic stenosis: Assessment with an intracoronary Doppler catheter. *J Am Soc Echocardiogr* 1993; **6**: 516-524
- 6) Tanaka N, Yoshikawa J, Akasaka T, Shakudo M, Takagi T, Miyake S: Characteristics of the phasic flow velocity pattern in the right coronary artery and its positional change. *Jpn J Med Ultrason* 1994; **21**: 190-194 (In Japanese)
- 7) 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
- 8) Bellhouse BJ, Bellhouse FH: Fluid mechanics of model normal and stenosed aortic valves. *Circ Res* 1969; **25**: 693-704
- 9) Bellhouse BJ, Talbot L: The fluid mechanics of the aortic valve. *J Fluid Mech* 1969; **35**: 721-735