

収縮性心膜炎における大静脈血流波形：カテーテル先端型ドップラー流速計による評価

Vena caval flow patterns in patients with constrictive pericarditis: Analysis by catheter-tip Doppler flowmetry

福田 恵一
半田俊之介
阿部 純久
京谷 晋吾
井上 宗信
根岸 耕二
佐藤 徹
堀 進悟
中村 芳郎

Keiichi FUKUDA
Shunosuke HANDA
Sumihisa ABE
Shingo KYOTANI
Soushin INOUE
Koji NEGISHI
Toru SATOH
Shingo HORI
Yoshiro NAKAMURA

Summary

Changes in superior and inferior vena caval flow patterns were analyzed in 5 patients with constrictive pericarditis and were compared with those of 10 normal control subjects. Caval flows were measured using catheter-tip Doppler flowmeters. The normal controls showed biphasic M-shaped flow patterns; the peaks of the first forward flow (S wave) and of the second forward flow (D wave) appeared coincident with mid-systole and mid-diastole, respectively. Reverse flows fell during the atrial contraction period (A wave) and late systole (V wave). In the normal controls, the ratios of the S wave to the D wave (S/D ratio) and the A wave to the S wave (A/S ratio) were 2.15 ± 0.41 and 0.18 ± 0.10 , respectively, and there was a disproportionate respiratory variation in the S and D waves in the normal controls. In constrictive pericarditis, superior and inferior vena caval flow velocities were lower than those in the normal controls. The S/D and A/S ratios were 1.46 ± 0.27 ($p < 0.05$ vs control) and 0.66 ± 0.15 ($p < 0.01$ vs control), respectively, with the A wave increasing in proportion to the severity of constrictive pericarditis. In addition, there was only a minimal respiratory variation in constrictive pericarditis. In conclusion, recognition of the patterns of the superior and inferior vena caval flow velocities may be useful for diagnosing constrictive pericarditis.

Key words

Superior vena cava Inferior vena cava Venous flow pattern Constrictive pericarditis Catheter-tip Doppler flowmeter

慶應義塾大学医学部 内科呼吸循環科
東京都新宿区信濃町 35 (〒160)

Cardiopulmonary Division, Department of Medicine,
Keio University School of Medicine, Shinanomachi
35, Shinjuku-ku, Tokyo 160

Received for publication February 2, 1990; accepted August 4, 1990 (Ref. No. 37-234)

緒 言

収縮性心膜炎の病態は拡張障害に主因があるとされており, 心臓への血液流入パターンにも異常を伴うことが想像される. 1960年代, Shabetaiら¹⁾は, 心タンポナーデや収縮性心膜炎の血行動態について詳細な検討を行なっている. しかし, 静脈血流波形に関する適当な測定法が無かったため²⁻⁴⁾, 詳細な研究が行なわれる機会は少なかった. 近年, 超音波パルス・ドップラー法が開発され, 臨床例で上大静脈, 肝静脈の血流波形が非侵襲的に計測できるようになり^{5,6)}, 右心系の血液流入障害を有する疾患では, 静脈血流波形の診断的価値が評価されるようになった^{7,8)}. さらにカテーテル先端型ドップラー流速計も開発され, 冠動脈その他の血流速度測定に用いられ, その有用性が報告されている⁹⁻¹¹⁾. 本研究ではカテーテル先端型ドップラー流速計を上大静脈, 下大静脈(以下SVC, IVC)の血流速度測定に応用し, 波形を健常者と対比し, 収縮性心膜炎における血流特性を明らかにすることを目的とした.

対象と方法

収縮性心膜炎(CP群)5例, 器質的心疾患を認めない健常者10例を対象とした. CP群5例はいずれも男性で, 平均年齢は48±6歳であった. 病因は5例中1例がウイルス性心膜炎の後遺症, 4例は原因不明である. 収縮性心膜炎の診断は, 臨床症候に加え, 胸部レ線上の心膜石灰化, 左室・右室拡張末期圧, 右房圧, 肺動脈楔入圧の上昇およびそれらの一致(圧較差3mmHg以下)によった. 健常群10例は胸痛その他を主訴として心臓カテーテル検査を施行し, 器質的病変を認めなかった症例で, 男性8例, 女性2例である. 両群の血行動態諸指標をTable 1に示した. 心拍数, 大動脈圧, 肺動脈圧には差を認めない. 左室拡張末期圧, 肺動脈楔入圧, 右室拡張末期圧, 右房圧はCP群で有意に上昇していた. 心係数は両者に有意差はないものの, CP群で低い傾向にあ

Table 1. Hemodynamic data of patients with constrictive pericarditis and normal controls

	Constrictive pericarditis	Normal controls
Patients (No.)	5	10
Age (yrs)	48±6	58± 6
Heart rate (b/min)	74±8	68±10
AOP (mmHg)	106±8/67±5	126±18/70±11
LVP (mmHg)	108±8/17±4*	129±19/ 6± 3
PCWP (mmHg)	a: 17±4** v: 16±4** (14±3*)	a: 5±1 v: 4±1 (3±1)
PAP (mmHg)	25±6/15±3* (19±4)	26±6/8±3 (12±5)
RVP (mmHg)	26±6/15±4**	28±7/3±2
RAP (mmHg)	a: 14±4** v: 13±4** (11±3*)	a: 4±2 v: 3±2 (2±1)
Cardiac index (l/min/m ²)	2.9±0.3	3.6±0.8

AOP=aortic pressure; LVP=left ventricular pressure; PCWP=pulmonary capillary wedge pressure; PAP=pulmonary artery pressure; RVP=right ventricular pressure; RAP=right atrial pressure.

(): mean pressure.

* p<0.05, ** p<0.01 vs control.

った.

SVC, IVC 血流波形の測定には, 通常的心カテーテル検査終了後に大腿静脈より7Fレーマンのカテーテルを挿入し, これをガイドとして Millar 製 mikro-tip ドップラー流速カテーテルモデル DC-101 を測定部位に進めた. 測定には Millar 製ドップラー流速計 MVD-20 を用いた. 測定部位は第5胸椎より第11胸椎までの各椎体上縁の高さである. 安静呼吸下に連続3呼吸周期を計測し, 呼吸終末期の波形の平均値と呼吸性変動のパターンにより両群を比較した. SVC, IVC 圧をレーマンカテーテルの先端で同時に計測した.

統計には analysis of variance を用い, p<0.05 を有意とした. 論文中の数値の表示は mean±SD とした.

成 績

1. 健常者における上下大静脈血流波形

Fig. 1 に呼気時における上大静脈流速波形を示した。上段より心電図, 大動脈圧, 上大静脈血流, 上大静脈圧を示す。血流波形は収縮期と拡張期にピークを持つ二峰性を呈し, 静脈圧波形の x 谷, y 谷, a 波, v 波と鏡像関係をなしていた。各波形成分を順方向性の収縮期波 (S 波), 拡張期波 (D 波), 逆方向性の心房収縮期波 (A 波), 心室収縮後期波 (V 波) と定義した。健常群では S 波優位であった。心房収縮期波 A 波は逆行性, V 波は順行性を呈していた。

Fig. 2 に上大静脈血流の呼吸性変動を示した。

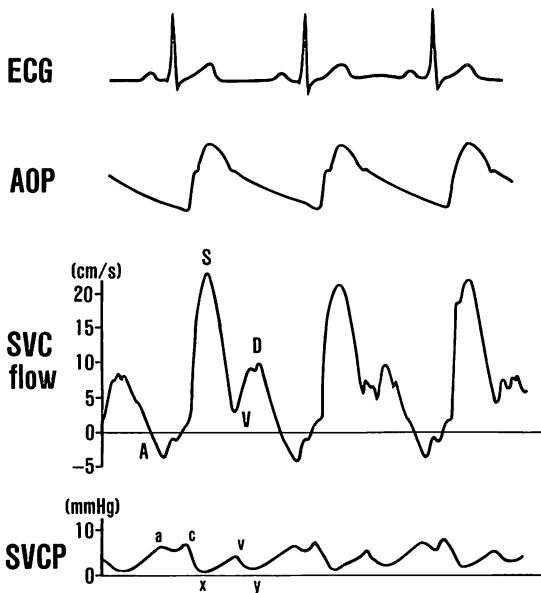


Fig. 1. Catheter-tip Doppler recording of superior vena caval flow velocity in a normal subject.

Caval systolic flow velocity (S) and diastolic flow velocity (D), both toward the right atrium, are inscribed above the baseline.

ECG=electrocardiogram; AOP=aortic pressure; SVC flow=superior vena caval flow velocity; SVCP=pressure at the superior vena cava.

健常群では上大静脈血流速度は呼吸周期により大きく変動し, 呼気時に増加した。呼気時には S 波, D 波が増高するだけではなく, A 波 V 波も順方向性に増大し, S 波, D 波, A 波, V 波の相対的關係は保たれていた。A 波は呼気時には逆流方向を, 吸気時には順方向を示した。V 波は呼気吸気とも順方向性であった。

下大静脈血流は流速が上大静脈のそれよりもやや低いものの, 血流波形自体は上大静脈のそれにほぼ類似していた。

2. 収縮性心膜炎における上下大静脈血流波形

上大静脈血流速度波形を Figs. 3, 4 に示した。Fig. 3 の症例では健常群と同様に, S 波, D 波, A 波, V 波の各波形は認められるものの, S 波, D 波とも波高が低下した。さらに両者の波高の差も小さくなり, S/D 比は縮小した。A 波のみならず, V 波も逆流方向を呈した。

Fig. 4 の症例では上記の症例に比して constriction の程度が強く, 静脈圧も平均 17 mmHg と著しく上昇していた。A 波の逆流成分は著しく増大していた。

CP 群における下大静脈血流の呼吸性変動を Fig. 5 に示した。S 波, A 波に若干の変化はあるものの, 血流の呼吸性変動は健常群に比して小さく, CP 群に特徴的であった。

3. 収縮性心膜炎群, 健常群における波形成分の比較

両群における各波形成分の血流速度を Table 2 に示した。CP 群では健常群に比し, 両大静脈での S 波の波高は低下していた ($p < 0.01$)。D 波も低下していたが ($p < 0.05$), 減少の程度は S 波よりも少なかった。

両群における呼気時の S 波と D 波の波高の比 (S/D 比) は, 健常群では 2.15 ± 0.41 , CP 群では 1.46 ± 0.27 で, CP 群で低下 ($p < 0.05$) していた (Fig. 6)。

両群における呼気時の A 波と S 波の波高の比 (A/S 比) を Fig. 7 に示した。A/S 比は健常群で 0.18 ± 0.10 , CP 群で 0.66 ± 0.15 で, CP 群で高かった ($p < 0.01$)。

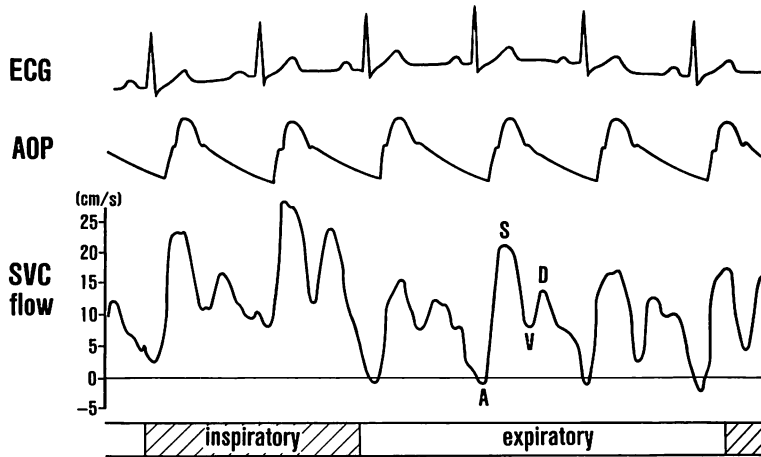


Fig. 2. Respiratory variations of Doppler recording of superior vena caval flow velocity in a normal subject.

Inspiration is indicated by a shaded zone; and expiration, by a clear zone.

Abbreviations: see Fig. 1.

考 按

大静脈血流 S 波は心房の拡張と心室収縮に伴う三尖弁の心室側への引き寄せにより生じ, D 波は心室の拡張期の血液流入により生じると考えられている. CP 群で S/D 比が低下した理由として, 収縮性心膜炎では心室のみならず心房の拡張も障害され, 心房の reserver としての機能が低下するため S 波が相対的に減少すること, その結果, 心房より心室への流入は急速流入期に集中して流入し, D 波が相対的に増高することが考えられる.

1970 年, すでに Shabetai ら¹⁾は, 収縮性心膜炎における上大静脈血流波形が明瞭な二峰性と呼吸性変動の減少を示すことを指摘しているが, 多数例について詳細な検討はない. 今回の我々の検討では, 5 例いずれについても同様な所見があり, 本症の特徴としてよいと考えられる.

健常例と比べ, CP 群で呼吸性変動が小さい理由として, 収縮性心膜炎では心膜の圧迫により心室の拡張末期容積が制限され, 心室への血液流入が呼吸性変動を受けにくくなること, 静脈圧が胸

腔内圧よりも常に高いため, 两大静脈は持続的に怒張した状態にあり, 胸腔内圧の変化に伴う血管径の変化を受けにくくなることなどが考えられる.

CP 群で A 波が呼気・吸気ともに強い逆流を示す機構として, 収縮性心膜炎では心室の拡張障害のため, 心房収縮の時点ですでに心室の拡張末期圧が上昇しており, 血液が流入できずに大静脈系への逆流が生じたものと考えられる.

収縮後期の逆流の機構としては, 心室収縮に伴って右心室側に引き寄せられていた三尖弁が, 等容拡張期に右心房側に戻ろうとする際に, 収縮性心膜炎では心房容積が拘束されているため, 右心房内の血液が大静脈側に逆流するためと考えられる.

Manga ら¹²⁾は収縮性心膜炎では約 70% の症例に肝拍動 (hepatic pulsation) が存在することを報告し, Coralli ら¹³⁾は収縮性心膜炎の肝拍動の波形が肝静脈圧波形と一致したと報告している. これらは大静脈血流を測定したものではないが, 収縮性心膜炎の静脈血流に, 心房収縮期に一致した逆流があることを示唆している. Hatle

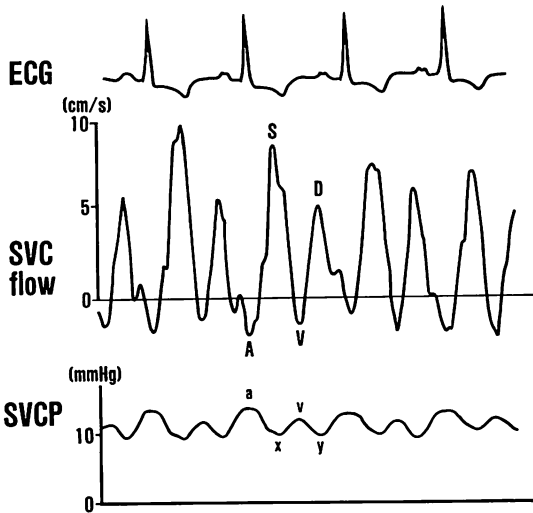


Fig. 3. Representative recording of superior vena caval flow velocity in a patient with constrictive pericarditis.

Caval systolic flow velocity (S) and diastolic flow velocity (D), both toward the right atrium, are inscribed above the baseline.

Abbreviations: see Fig. 1.

ら¹⁴⁾, Schiavone ら¹⁵⁾は収縮性心膜炎と拘束型心筋症に対し、それぞれパルス・ドップラー心エコー図法、経食道ドップラー心エコー図法を用いて僧帽弁、三尖弁、大動脈、肺動脈および肺静脈の血流を比較している。Hatle ら¹⁴⁾は両者の房室弁通過血流の呼吸性変動に差のあることを示し、Schiavone ら¹⁵⁾は肺静脈血流において収縮期血流と拡張期血流の比に差があることを示した。しかしこれらはいずれも大静脈血流を直接記録したのではなく、本研究で示した大静脈血流速度とは異なるものである。von Bibra ら¹⁶⁾はパルス・ドップラー心エコー図法を用いて収縮性心膜炎の肝静脈血流を測定し、収縮後期と心房収縮期に逆流(本研究のV波とA波に相当)を呈し、収縮期血液流入速度も低下(S/D比の減少に相当)したことを報告している。

収縮性心膜炎以外に右心系の血液流入障害を呈する疾患として、心タンポナーデが知られてい

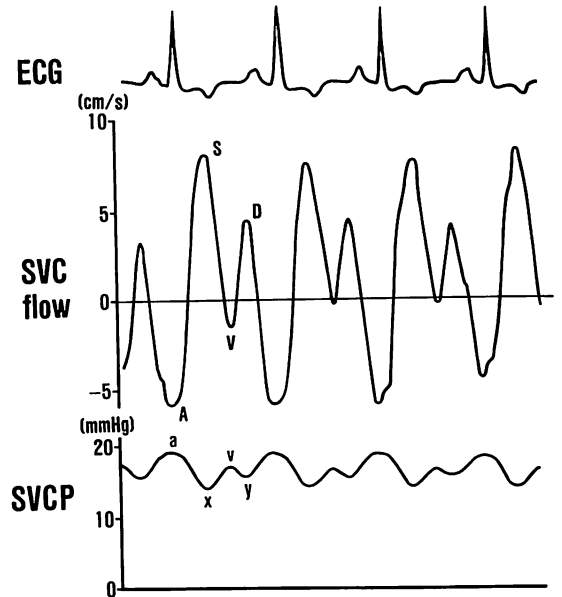


Fig. 4. Catheter-tip Doppler recording of superior vena caval flow velocity in another representative patient with constrictive pericarditis.

Note that the mean SVCP is elevated to 17 mmHg, indicating that the constriction is extremely severe. In this patient, caval reverse flow during the atrial contraction (A wave) is prominent.

Abbreviations: see Fig. 1.

る。この際の血行動態は収縮性心膜炎と著しく異なることが古くから知られている。心タンポナーデ時の两大静脈血流波形の変化に関しては、実験的、臨床的検討を含め、いくつかの報告が行なわれている^{1,7,8,17,18)}。Shabetai ら¹⁾はヒトの心タンポナーデ時の上大静脈の血流は一峰性で、そのピークは静脈圧波形のx谷の部分に一致するものであったとしている。我々¹⁷⁾も成犬で実験的に心タンポナーデを作成して两大静脈の血流波形を測定し、心周期の時相ごとに波形を解析したが、その結果、心タンポナーデの進行に伴い、上大静脈血流ではS波、D波は減高し、A波の逆流成分が増大するとともに、収縮末期から急速流入期にピークを持つ血流(これをタンポナーデ波(T波)とした)が出現した。心タンポナーデの進行に伴い、

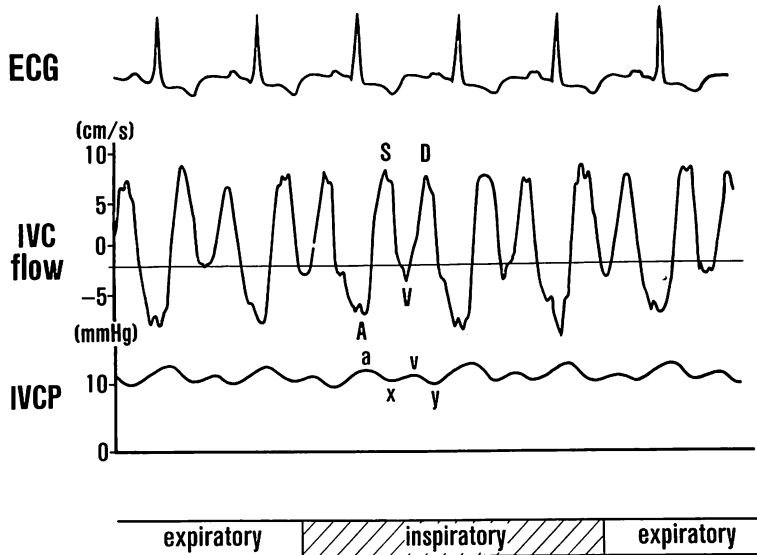


Fig. 5. Respiratory variations in Doppler recording of inferior vena caval flow velocity in a patient with constrictive pericarditis.

Inspiration is indicated by a shaded zone; and expiration, by clear zones. In patients with constrictive pericarditis, the respiratory variation of the superior and inferior vena caval flow velocities is minimal.

Abbreviations: see Fig. 1.

この T 波を中心とした一峰性の血流波形となるとともに、血流波形全体としては振幅が増加し、激しい振動流を呈した。心タンポナーデでは心嚢内の容積が一定であるため、心周期における心房への血液流入パターンは心室容積変化と相補的にならざるを得ない。心室容積は収縮末期が最も小さいので、主として収縮末期より急速流入期にかけて血液流入が行なわれ、T 波を形成すると考えられた。我々のデータと Shabetai ら¹⁾のデータとでは若干の時相のズレがあるが、これは当時の血流測定法では正確な時相を観察することが困難であったことによるものと考えられた。我々¹⁷⁾の他に井島ら¹⁸⁾、Appleton ら⁹⁾の心タンポナーデにおける結果も、本研究で得られた収縮性心膜炎の血流波形とは大きく異なるものであった。このように右心系の拡張障害を主因とする両疾患が、静脈血流波形では大きく相違する点は興味深い。

パルス・ドップラー法では必ずしも全例で良好

な波形が得られるわけではない。カテーテル先端型ドップラー血流計は侵襲的な検査であるという欠点はあるが、パルス・ドップラー法と比べ、全例でノイズの少ない良好な静脈血流波形が得られるという利点を持つ。本研究の結果、右心系の流入障害を伴う疾患では大静脈血流波形は著明に変化し、疾患の病態の特徴をよく反映することが示された。大静脈血流波形は今後さらに検討すべき課題であると考えられる。

結 論

カテーテル先端型ドップラー流速計を用い、健常者 10 例および収縮性心膜炎 5 例の上大静脈、下大静脈血流を測定した。

1. 健常者では上・下両大静脈血流波形はほぼ相似形で二峰性を呈し、静脈圧の x 谷, y 谷, a 波, v 波に対応して S 波, D 波, A 波, V 波が観察された。血流は S 波優位であった。また呼

Table 2. Vena caval flow-parameters of patients with constrictive pericarditis and controls

	Constrictive pericarditis (cm/s)	Normal controls (cm/s)
SVC		
Inspiratory S	9.0±1.0**	32.7±10.8
D	5.6±1.1	13.7±12.4
A	-2.4±3.2	-2.2± 7.1
V	-2.2±1.8**	3.4± 4.2
Expiratory S	7.6±1.3**	21.3±10.9
D	5.2±0.9*	9.9± 5.1
A	-5.0±2.4	-4.1± 2.8
V	-1.4±2.2	1.2± 4.3
IVC		
Inspiratory S	7.4±1.1**	30.2± 8.8
D	4.2±0.8*	13.8± 9.7
A	-5.4±1.1	-2.4± 7.9
V	-1.4±1.1*	6.3± 8.3
Expiratory S	7.0±1.1**	19.6± 8.7
D	4.6±1.2*	9.6± 5.7
A	-4.9±0.9	-3.8± 3.6
V	-2.2±0.8**	3.3± 4.0

SVC=superior vena cava; IVC=inferior vena cava.

* p<0.05, ** p<0.01 vs controls.

吸気変動が大きく、A 波は呼気時のみ逆行性を示した。V 波は呼気・吸気とも順行性であった。

2. 収縮性心膜炎における両大静脈血流波形では、D 波に比し S 波の流速が相対的により低下し、S/D 比は減少した。また呼吸性変動は小さく、A 波・V 波のいずれも呼気・吸気ともに強い逆流を示した。A/S 比は健常群に比し有意に増大していた。

要 約

カテーテル先端型ドップラー流速計を用いて健常者 10 例および収縮性心膜炎 5 例の上大静脈および下大静脈血流波形を測定し、血流パターンの相違を対比検討した。健常者では SVC, IVC 血流はほぼ相似形で二峰性を呈し、静脈圧の x 谷、

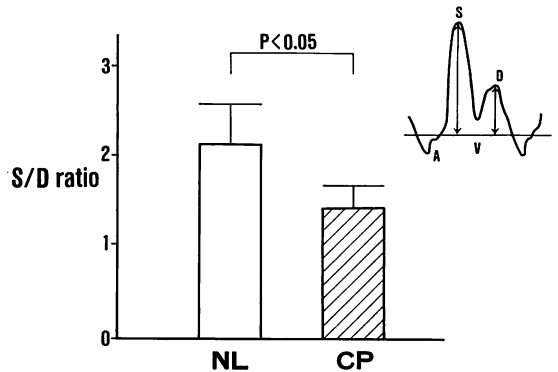


Fig. 6. The ratio of the systolic (S) to the diastolic (D) flow velocity (S/D ratio) in normal control subjects (NL) and patients with constrictive pericarditis (CP).

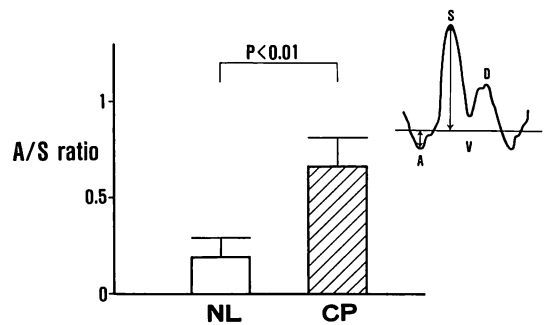


Fig. 7. The ratio of the flow during atrial contraction (A) to the systolic flow (S) (A/S ratio) in normal control subjects (NL) and patients with constrictive pericarditis (CP).

y 谷、a 波、v 波に対応して、S 波、D 波、A 波、V 波が観察された。血流は S 波優位であった。また呼吸性変動が大きく、A 波は呼気時のみ逆行性を示した。V 波は呼気、吸気とも順行性であった。S 波と D 波の波高の比 (S/D 比) および A 波と S 波の波高の比 (A/S 比) は、それぞれ 2.15 ± 0.41 , 0.18 ± 0.10 であった。収縮性心膜炎では上・下大静脈の血流速度は健常例に比し有意に低かった。D 波に比し S 波の流速が相対的により低く、S/D 比は 1.46 ± 0.27 に低下した ($p < 0.05$)。また呼吸性変動は小さく、A 波、V 波と

も, 呼気, 吸気ともに強い逆流を示し, A/S 比は健常群に比し有意に大で ($p < 0.01$), 0.66 ± 0.15 となった.

収縮性心膜炎の大静脈血流は健常者に比し特徴的な波形を呈し, 本症の診断上有用な所見と考えられた.

文 献

- 1) Shabetai R, Fowler NO, Guntheroth WG: The hemodynamics of cardiac tamponade and constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* **26**: 480-489, 1970
- 2) Frøysaker T: Normal flow pattern in the superior vena cava in man during thoracotomy. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg* **6**: 22-32, 1972
- 3) Wexler L, Bergel DH, Gabe IT, Makin JS, Mills CJ: Velocity of blood flow in normal human venae cavae. *Circ Res* **23**: 349-359, 1968
- 4) Gabe IT, Gault JH, Ross J Jr, Mason DT, Mills CJ, Schillingford JP, Braunwald E: Measurement of instantaneous blood flow velocity and pressure in conscious man with a catheter-tip velocity probe. *Circulation* **40**: 603-614, 1969
- 5) Cohen ML, Cohen BS, Kronzon I, Lighty GW, Winer HE: Superior vena caval blood flow velocities in adults: A Doppler echocardiographic study. *J Appl Physiol* **61**: 215-219, 1986
- 6) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL: Superior vena cava and hepatic vein Doppler echocardiography in healthy adults. *J Am Coll Cardiol* **10**: 1032-1039, 1987
- 7) Appleton CP, Hatle LK, Popp RL: Cardiac tamponade and pericardial effusion: Respiratory variation in transvalvular flow velocities studied by Doppler echocardiography. *J Am Coll Cardiol* **11**: 1020-1030, 1988
- 8) Fowler NO: The significance of echocardiographic Doppler studies in cardiac tamponade. *J Am Coll Cardiol* **11**: 1031-1033, 1988
- 9) Wilson RF, Laughlin DE, Ackell PH, Chilian WM, Holida MD, Hartley CJ, Armstrong ML, Marcus ML, White CW: Transluminal subselective measurement of coronary artery blood flow velocity and vasodilator reserve in man. *Circulation* **72**: 82-92, 1985
- 10) Sibley DH, Millar HD, Hartley CJ, Whitlow PL: Subselective measurement of coronary blood flow velocity using a steerable Doppler catheter. *J Am Coll Cardiol* **8**: 1332-1340, 1986
- 11) Wainai Y, Handa S, Iwanaga S, Negishi K, Nishikawa Y, Abe S, Ohnishi S, Nakamura Y: Measurement of coronary flow velocity with Doppler catheter: Evaluation of coronary flow reserve in successful angioplasty. *Resp & Circ* **37**: 675-681, 1989 (in Japanese)
- 12) Manga P, Vythilingum S, Mitha AS: Pulsatile hepatomegaly in constrictive pericarditis. *Br Heart J* **52**: 465-467, 1984
- 13) Coralli RJ, Crawley IS: Hepatic pulsations in constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* **58**: 370-373, 1986
- 14) Hatle LK, Appleton CP, Popp RL: Differentiation of constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy by Doppler echocardiography. *Circulation* **79**: 357-370, 1989
- 15) Schiavone WA, Calafiore PA, Salcedo EE: Transesophageal Doppler echocardiographic demonstration of pulmonary venous flow velocity in restrictive cardiomyopathy and constrictive pericarditis. *Am J Cardiol* **63**: 1286-1288, 1989
- 16) von Bibra H, Schober K, Jenni R, Raymonde B, Sebening H, Blömer H: Diagnosis of constrictive pericarditis by pulsed Doppler echocardiography of the hepatic vein. *Am J Cardiol* **63**: 483-488, 1989
- 17) Fukuda K, Hori S, Kusuhara M, Sato T, Kyotani S, Inoue S, Handa S, Nakamura Y: Changes in superior and inferior vena cava flow in experimental cardiac tamponade. *J Jpn Coll Angiol* **31**: 169-175, 1991
- 18) 井島 宏, 佐藤育男, 堀 原一: 出血性ショックと心原性ショックの上・下大静脈還流に与える影響の差異に関する研究. *胸部外科* **27**: 566-572, 1974