

静脈還流血流速波形と心
機能：超音波パルス・ドップ
ラー法による検討

Venous flow velocity
patterns and cardiac
function studied by
Doppler echocardiogra-
phy

日村 好宏
神奈木俊子
谷尾 仁志
中村 保幸
久萬田俊明
河合 忠一

Yoshihiro HIMURA
Toshiko KANNAGI
Hitoshi TANIO
Yasuyuki NAKAMURA
Toshiaki KUMADA
Chuichi KAWAI

Summary

To study the relations of central venous flow velocity (VFV) to cardiac pump function, hepatic venous flow velocity was recorded using Doppler echocardiography in six normal subjects and 47 patients with heart disease, of whom 28 had sinus rhythm and 19, atrial fibrillation. The area under the VFV profile during systole and diastole in a cardiac cycle was computed, and termed the VIs (systolic time-velocity integral) and VId (diastolic time-velocity integral), respectively. VIs was divided by the sum of VIs and VId [$VIs/(VIs+VId)$], and this was termed the VI ratio. The cardiac index (CI) was estimated by Doppler echocardiography.

In normal subjects, the VFV pattern in a cardiac cycle was biphasic, the systolic VFV being dominant. In patients with atrial fibrillation, the systolic VFV was attenuated or absent, the diastolic VFV being dominant. The CI correlated well with the VI ratio ($r=0.80$; $p<.001$) in 14 patients with atrial fibrillation except for five patients with tricuspid regurgitation. Four patients in whom atrial fibrillation converted spontaneously to sinus rhythm showed an increase in the CI and the VI ratio according to the CI-VI ratio relationship. In patients with sinus rhythm, the CI tended to decrease as the VI ratio increased. In 15 patients who had a VI ratio of over 0.75, the CI correlated inversely with the VI ratio ($r=-0.70$; $p<0.01$). Three of four patients who had the VI ratio of 1.0 died of congestive heart failure.

Although there was positive correlation between the CI and VI ratio in patients without effective atrial contraction, there was inverse correlation in patients with effective atrial contraction. It is suggested that the VI ratio could be a good indicator of cardiac pump function.

Key words

Venous flow velocity Cardiac function Doppler echocardiography

京都大学医学部 第三内科
京都市左京区聖護院川原町 54 (〒606)

The Third Division, Department of Internal Medi-
cine, Faculty of Medicine, Kyoto University 54, Ka-
wahara-cho, Shogoin, Sakyo-ku, Kyoto 606

Received for publication September 12, 1987; accepted December 4, 1987 (Ref. No. 34-PS35)

はじめに

静脈還流に関する研究は実験的, 臨床的に数多く成されているが, その多くは呼吸, 心拍数, 不整脈および右房圧との関係を主体とした静脈還流パターンの生理学的現象の解明にとどまっている¹⁻¹⁰⁾. 一方, 経皮的ドップラー法から得られた頸静脈血流速度波形の異常パターンを分類して, 右心血行動態と比較検討した報告もあるが¹¹⁾, 心機能との関連性を評価したものはない. 心機能の

低下は心拍出量の減少, 末梢血管抵抗の増大をもたらすゆえ, 静脈還流パターンにも影響を及ぼす可能性がある. 今回我々は非観血的に超音波パルス・ドップラー法を用いて肝静脈血流速度波形の定量的解析を行い, 静脈還流と心機能との関連性を検討した.

方 法

対象はボランティア健康者 6 名 (すべて男性, 17 歳から 20 歳, 平均 18.8 ± 1.0 歳), および心疾

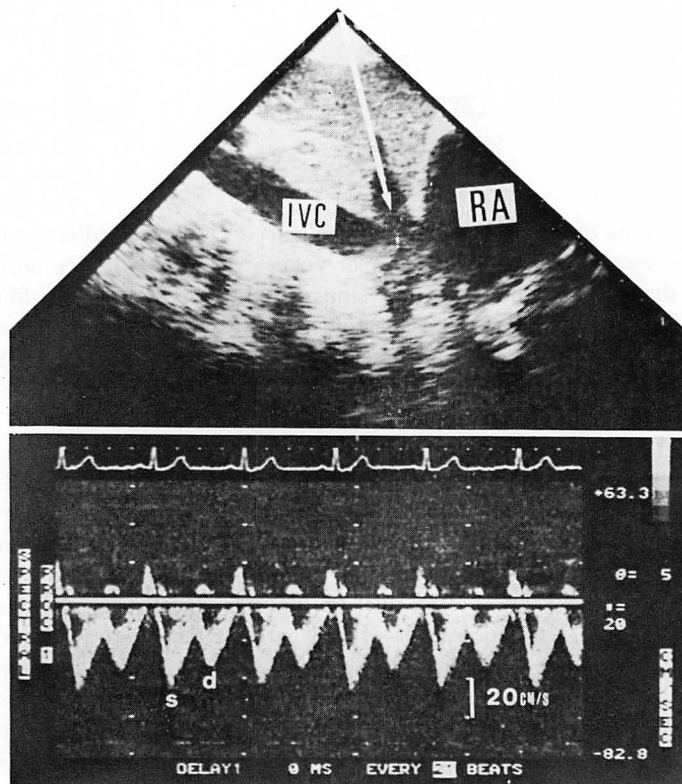


Fig. 1. Two-dimensional and pulsed Doppler echocardiograms illustrating the sample volume and hepatic venous flow velocity.

Upper: Cross-sectional imaging during the Doppler examination of the inferior vena cava (IVC) and the hepatic vein (HV). The HV lies more superficially and in more favorable angle in relation to the ultrasonic beam (arrow).

Lower: Venous flow velocity (VFV) in the HV is recorded by pulsed Doppler echocardiography from the subxyphoid in a normal subject, showing a biphasic pattern with dominant flow during systole.

RA=right atrium; s=systolic flow; d=diastolic flow.

患患者 47 名 (男性 27 名, 女性 20 名, 21 歳から 77 歳, 平均 53.4 ± 15.1 歳) である. 心疾患患者の内訳は弁膜症 11 例, 冠動脈疾患 11 例, 不整脈 7 例, 拡張型心筋症 7 例, 肥大型心筋症 3 例, 肺高血圧症 3 例, 心筋炎 3 例, 甲状腺機能亢進症と閉塞性肺疾患が各 1 例であり, そのうち洞調律は 28 例, 心房細動は 19 例である.

肝静脈血流速度波形の記録にはヒューレット・パッカー製 HP77020AC を使用した. 患者を仰臥位とし, 心窩部より 3.5 MHz のトランスデューサーを用いて下大静脈へ連結する肝静脈を描出し, その最も中枢側の肝静脈でドップラーシグナルの sampling を行った (Fig. 1). 静脈還流血流速度波形は呼吸の影響を受け易いために^{1,3,6)}, 記録は自然呼吸の呼気停止状態で行い, ビデオテープに収録した. 検査後, 血流波形をビデオテープから再生し, 装置内臓のジギタイザーを使用して, 血流波形を定量化した.

一心周期の肝静脈血流速度波形の解析は心室収縮期と拡張期に分けて行い, 洞調律例では連続する 5 心拍について, 心房細動例では先行 RR 間隔が 600 msec 以上の 5 心拍について, 収縮期および拡張期の各波形をおのおの時間積分し, 収縮

期の積分値を VIs (systolic time-velocity integral), 拡張期の積分値を VId (diastolic time-velocity integral) とした. また, 一心周期の全積分値に対する VIs の占める比率を VI 比 (VIs/(VIs+VId)) と定義した (Fig. 2).

心拍出量は心尖部からパルス・ドップラー法を用いて得られた左室流出路血流速度波形の時間積分値と, 傍胸骨左縁アプローチの長軸断層図より得られた大動脈弁輪部径, および心拍数との積で算出した¹²⁾. 三尖弁輪部の一心周期における最大移動距離は, 心尖部アプローチの四腔断層図より計測した. パルス・ドップラー法と熱希釈法から得られた心拍出量の相関については, 超音波パルス・ドップラー検査と診断的心臓カテーテル検査の施行日の間隔が一週間以内であった 20 例について施行した. 熱希釈法による心拍出量は, 診断的心臓カテーテル検査時に Swan-Ganz カテーテルを用いて行った.

結 果

健常者の肝静脈血流速度波形は収縮期優位の二峰性を呈した. 流速は呼吸状態により変化したが, 正常呼吸状態の呼気停止時には, 比較的安定した辺縁明瞭な血流速度波形が得られた (Fig. 1).

心房細動患者では収縮期優位が消失し, 拡張期優位の血流速度波形を呈したが, 収縮期血流速度波形は症例により異なっていた. Fig. 3 に示す如く, 収縮期血流速度波形が残存する症例, 全く消失する症例, あるいはトランスデューサーに向かう遠心性血流を示す症例が存在した.

Fig. 4 は突発性心房細動患者の肝静脈血流速度波形である. 同一症例の洞調律時と心房細動時とは肝静脈血流パターンは著しく異なり, 洞調律時には収縮期優位の二峰性を呈するが, 心房細動発作時には収縮期血流速度は減少し拡張期優位となった.

洞調律患者のなかにも拡張期血流速度波形の消失している症例が存在した. Fig. 5 はその典型

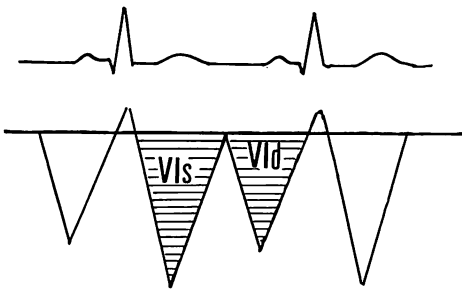


Fig. 2. Method of analyzing venous flow velocity pattern (VFV) in the hepatic vein.

Areas under the VFV profile during systole and diastole in one cardiac cycle are integrated, and termed VIs (systolic time-velocity integral) and VId (diastolic time-velocity integral), respectively.

The VI ratio is calculated by the formula VI ratio = $VIs/(VIs+VId)$.

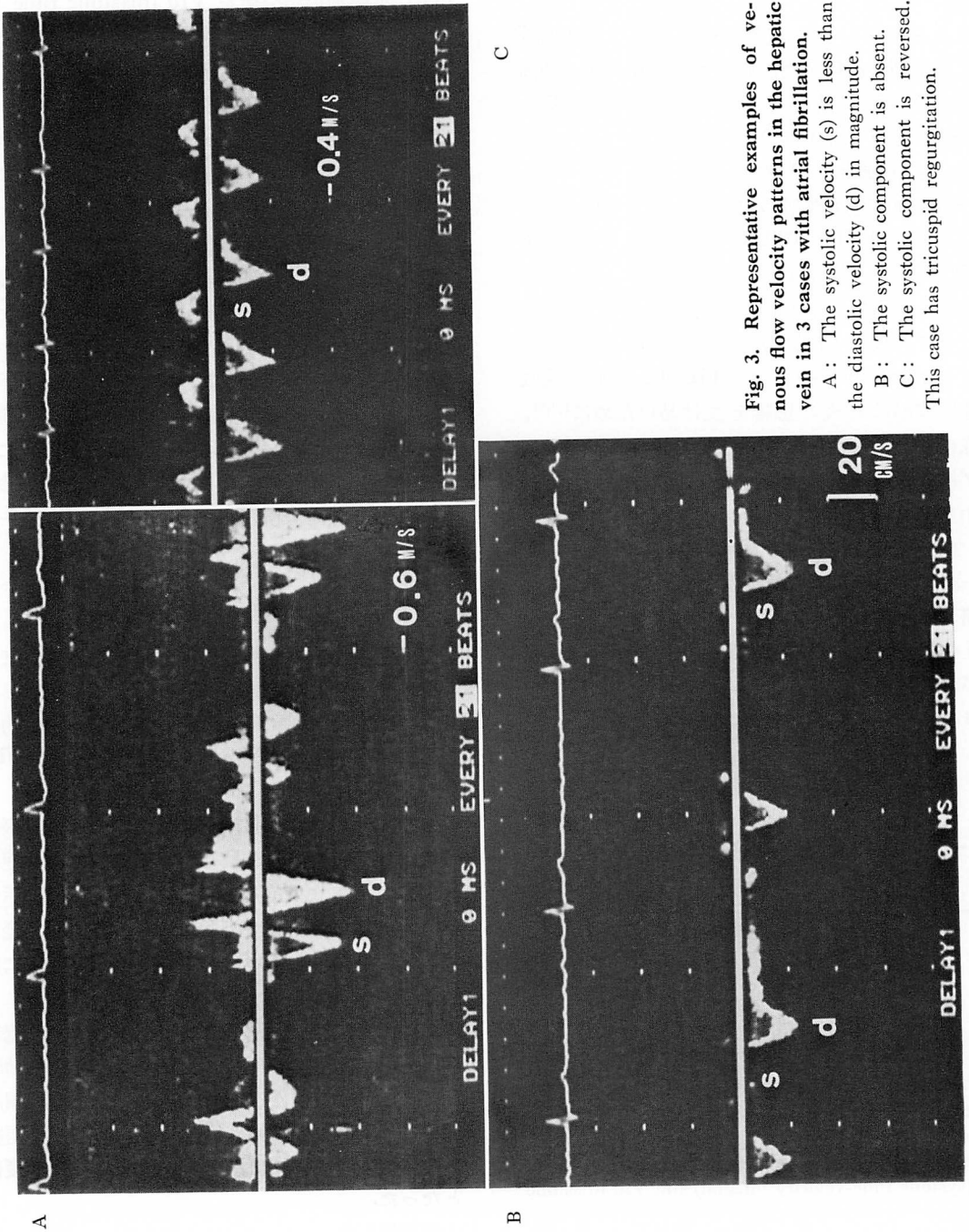


Fig. 3. Representative examples of venous flow velocity patterns in the hepatic vein in 3 cases with atrial fibrillation.

A: The systolic velocity (s) is less than the diastolic velocity (d) in magnitude.

B: The systolic component is absent.

C: The systolic component is reversed. This case has tricuspid regurgitation.

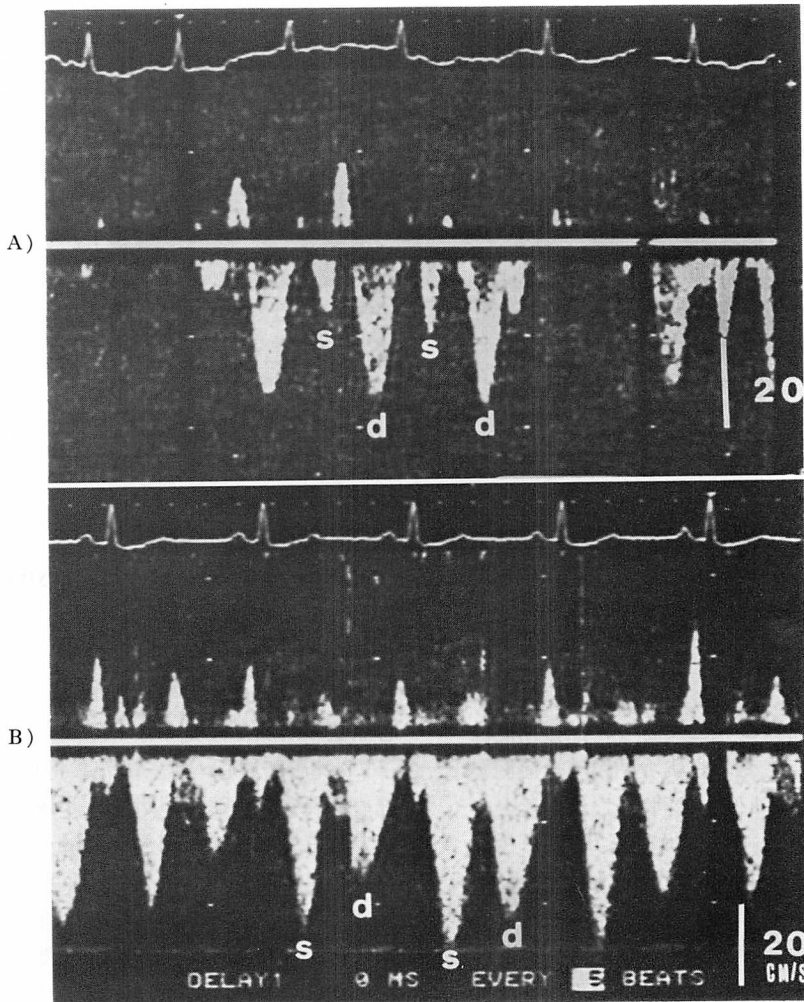


Fig. 4. Venous flow velocity patterns in the hepatic vein in a case of spontaneous conversion of atrial fibrillation (A) to sinus rhythm (B).

A: The systolic wave (s) is reduced.

B: Reappearance of atrial contraction is accompanied by the restoration of a larger systolic wave (s) than diastolic wave (d).

例を示す. 同様のパターンを呈した症例は4例存在した. そのうち3例は検査後1~2週間以内に死亡し, 他の1例も三枝病変の陳旧性心筋梗塞に心嚢液貯留を合併した症例で, 低心機能状態であった.

超音波パルス・ドップラー法によって左室流出路から求めた心拍出量と, 心臓カテーテル検査

時に熱希釈法から求めた心拍出量の比較では, 両者間に良好な相関が得られた (Fig. 6: $r=0.86$; $p<0.001$).

Fig. 7 は肝静脈血流速波形から得た VI 比と超音波パルス・ドップラー法で求めた心係数との関係を示す. 健常者の VI 比は 0.70 ± 0.06 , 心係数は 3.14 ± 0.22 L/min/m² であった. 心房細動

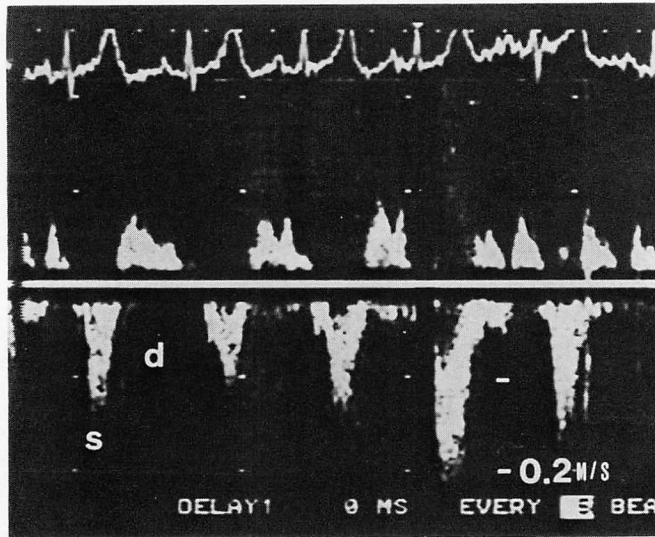


Fig. 5. Venous flow velocity pattern in the hepatic vein in a case of sinus rhythm with pulmonary embolism resulting in low output state.

The diastolic wave (d) is absent. This patient died shortly after the study.

患者は全例 VI 比が 0.5 未満であり, 拡張期優位の血流速度波形を呈した. 三尖弁閉鎖不全症例を除いた心房細動患者 14 例の検討では, VI 比と心係数は正相関を示した ($r=0.80$; $p<0.001$). また心房細動から洞調律へ自然回復した 4 例では, VI 比は全例 0.5 以上となって健常者に近づき, 心係数も増大した. 洞調律患者の VI 比は 2 例を除いて全て 0.5 以上であり, 収縮期優位の血流速度波形を示した. この 2 例のうち 1 例は冠動脈バイパス術後であり, 他の 1 例は心筋炎後の症例であった. **Fig. 7** から明らかごとく VI 比が 1.0 に近づくほど心係数は低下する傾向にあり, VI 比が 0.75 以上の洞調律患者 15 例では VI 比と心係数との間に有意な逆相関が得られた ($r=-0.70$; $p<0.01$). とりわけ VI 比が 1.0 となる症例, すなわち拡張期血流速度波形の消失する症例では心係数の著明な低下を認め, 3 例が死亡した. そのうち 1 例は心機能の悪化に伴い拡張期血流速度波形は消失した. 一方心不全症状の改善とともに VI 比が 0.79 から 0.63 に変化した症例が存在したが,

心係数の増加は軽度であった.

VI 比と断層心エコー図から得られた三尖弁輪部の最大移動距離との関係を **Fig. 8** に示す. 健常者の三尖弁輪部の動きは 15.8 ± 1.0 mm であった. 心房細動患者では, 三尖弁閉鎖不全症例を除けば, VI 比と三尖弁輪部の移動距離は正相関を示した ($r=0.80$; $p<0.001$). 洞調律へ自然回復した 4 例は, VI 比の増大と共に弁輪部の動きも増大した. 洞調律患者では, VI 比が 0.75 以上の 15 例で逆相関の傾向を示した ($r=-0.52$; $p<0.05$).

考 察

超音波パルス・ドップラー法から得た肝静脈血流速度波形は, 健常者で収縮期優位の二峰性を示した. この所見は, bristle flowmeter²⁾, 植え込み式パルス超音波血流量計⁹⁾, カテ先電磁血流量計^{7,8,10,12)}, および経皮的ドップラー法^{11,15)} などから得られた上下大静脈の血流速度波形とよく一致し, 超音波パルス・ドップラー法から得る肝静脈

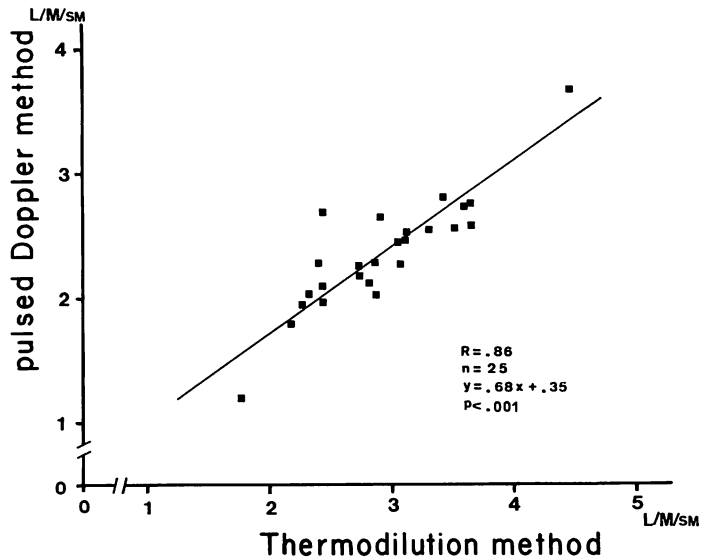


Fig. 6. Correlations between thermodilution and Doppler measurements of cardiac index (CI).

CI determined by the pulsed Doppler method correlates well with that by the thermodilution method.

血流速度波形が静脈還流を反映することを示している。肝静脈血流速度波形は、心窩部から肝静脈内へ超音波ビームを投入して得られる。この手法を用いれば、超音波ビームと肝静脈血流は同一方向を向き、呼期停止状態で辺縁鮮明な安定した波形が得られる。このほか、上・下大静脈の速度波形も超音波パルス・ドップラー法を用いて測定が可能である。下大静脈へのアプローチは右季肋部から行うが、この手法では血流とビーム方向とのなす角度が大となり、しばしば血流速度波形の解析が困難となる。また上大静脈では右鎖骨上窩からのアプローチが必要となり、ビームと血流方向が同一となるため、血流速度波形は比較的得られ易いが、多くは辺縁が多層性となり、血流解析が困難である。したがって本研究では静脈還流を評価する部位として肝静脈を用いた。

肝静脈血流速度波形は収縮期と拡張期の二峰性を呈する (Fig. 1)。Sivacyan らは経皮的ドップラー法から得た頸静脈血流速度パターンを収縮期

と拡張期に分けて分析し、右心血行動態に異常が起こるとこれらの波形が変化すると報告した¹¹⁾。しかし彼らの研究は定性的評価法にとどまり、定量的ではなかった。今回我々は肝静脈血流パターンの定量的評価の試みとして、収縮期および拡張期血流速度波形をおのおの時間積分し、一心周期における収縮期と拡張期の両波形面積に対する収縮期の占める比率 VI 比 (VI_s/(VI_s+VI_d)) を求めた。肝静脈径は個々の症例で異り、管径の相違は血流速度に影響を及ぼす。本研究では VI 比を求めることにより肝静脈径の影響を除去した。

二峰性を呈する静脈還流血流速度波形のうち、収縮期血流速度波形の成因に関しては長年議論的であった。1844年、Purkinjé は心室収縮期の弁輪部降下による吸引現象がその成因であると報告し¹³⁾、Brecher らも実験的に Purkinjé の吸引現象説を支持した⁴⁾。今回の我々の検討では、心房細動患者例では収縮期血流速度波形は減弱あるいは消失し、VI 比の低下にみるごとく拡張期血

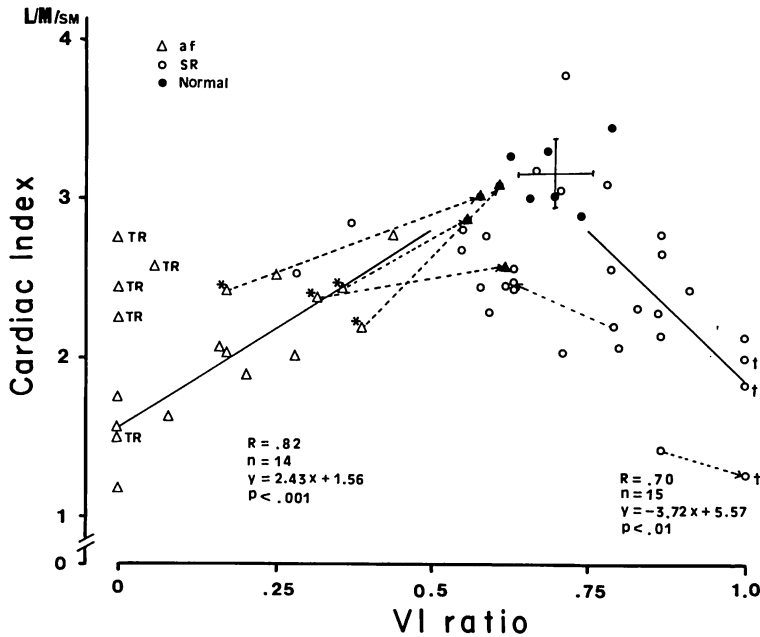


Fig. 7. Correlation between the cardiac index (CI) and the VI ratio.

In cases of atrial fibrillation, the VI ratio correlates well with CI, except for 5 cases with the tricuspid regurgitation. In 4 cases (*) of paroxysmal atrial fibrillation after spontaneous conversion to sinus rhythm, the VI ratio increases in proportion to the increase in the CI. In cases of sinus rhythm with the VI ratio over 0.75, there is a negative correlation between the VI ratio and the CI. Three of 4 patients who have VI ratio of 1.0 died of heart failure (symbols of † in the figure).

流速波形が優位であった (Fig. 5). さらに, VI 比と三尖弁輪部の運動は正の良い相関を示した (Fig. 8). 心房細動では心房の有効な収縮がない。それゆえ収縮期静脈還流波形形成への心房の収縮と弛緩の関与は極めて少ないか, 無視し得る。したがって, 心房細動が存在するにもかかわらず, VI 比と弁輪部の運動が正相関を示した我々の所見は, 収縮期静脈血流速の成因に房室弁輪部の運動が関与していることを示唆し, Purkinjé の収縮期静脈還流吸引説と一致する。一方, 洞調律患者の肝静脈血流速波形は2例を除き(後述)収縮期優位で, たとえ心機能が低下し三尖弁輪部の動きが障害されていても, 収縮期波形は維持される傾向にあった (Fig. 8). さらに同一症例で, 心房細動から洞調律へ自然回復した4例の肝静脈血流速パターンは, 拡張期優位から収縮期優位の

二峰性に変わり, 三尖弁輪部の移動距離も増加した。これらの結果は収縮期血流速波形が弁輪部の降下運動だけから形成されるのではないことを示し, 心房の有効な収縮および弛緩の存在もまた収縮期静脈還流に関与することを強く示唆している。1966年, Brawly ら⁸⁾や Pinkerson ら⁷⁾は心房細動症例や房室解離症例の静脈還流パターンを検討し, 心房の収縮および弛緩の関与もまた収縮期波形の重要な成因であると指摘した。Kalman-son らも完全房室ブロック例の頸静脈波形を分析し, 同様の結果を報告している¹⁵⁾。

心房細動時には収縮期血流速波形は弁輪部の動き以外に, 先行 RR 間隔および三尖弁閉鎖不全症の有無にも影響される。先行 RR 間隔が短縮すると収縮期血流速波形は低下することが報告されている¹⁶⁾。一回心拍出量に関しても先行

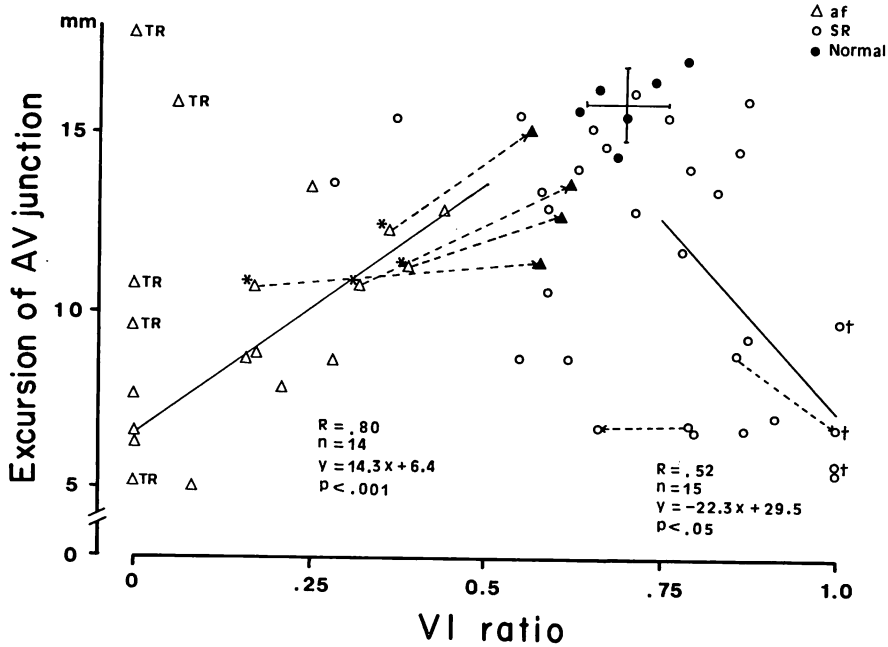


Fig. 8. Correlation between excursion of the atrioventricular (AV) junction and the VI ratio.

In cases of atrial fibrillation the VI ratio correlate well with excursion of the AV junction, except for 5 cases with tricuspid regurgitation. In cases of sinus rhythm with the VI ratio over 0.75, a negative correlation is shown.

af=atrial fibrillation; TR=tricuspid regurgitation; SR=sinus rhythm; †=death by heart failure.

RR 間隔が 600 msec までは先行 RR 間隔は正相関するが、600 msec 以上では先行 RR 間隔にかかわらず一定となるとの報告がある¹⁴⁾。今回我々が検討した結果でも、心房細動例の収縮期静脈還流血流速度波形は先行 RR 間隔が 600 msec 以上であれば、安定した一定の値を示した。したがって本研究では先行 RR 間隔の影響を少しでも除去するために、心房細動例では先行 RR 間隔が 600 msec 以上の心周期を分析した。また完全房室ブロックでは、RR 間隔が正常範囲にある場合に収縮期血流速度は最大となり、心房収縮または心室収縮が単独でおこった場合には、収縮期血流速度は低下する¹⁵⁾。本報告は完全房室ブロックや PR 間隔が延長した患者は含まれていない。心房細動に三尖弁閉鎖不全症を伴うと、肝静脈は収縮期に逆流血流を受け、収縮期血流速度波形が

消失したり、逆方向のシグナルとして描出される^{17,18)}。本症例でも 5 例中 4 例は収縮期血流速度は消失しており、三尖弁閉鎖不全症が存在する時の収縮期静脈波形の分析には注意を要する。

洞調律患者の肝静脈血流速度波形は 2 例を除き収縮期優位であった。この 2 例は冠動脈バイパス術後と心筋炎後で、いずれも臨床症状はなく、心機能も正常の症例であった (Fig. 7)。Sivaciyan らは、洞調律でありながら拡張期優位の異常な静脈還流パターンを示した症例のなかで、右心血行動態に異常を認めなかった 16 例のうち、14 例が開心術後例であったと報告している¹¹⁾。したがって、開心術や心筋炎では、その後に生じる心外膜の変化が右房の拡張機能 (とくにコンプライアンス) を障害し、その結果、収縮期血流速度を低下させる可能性がある。

拡張期静脈血流の成因に関しても種々の因子が関与する。右室拡張期には三尖弁が開放して右房から右室へ血液が流入する。拡張期血流速度波形は、この時相に一致して肝静脈から右房内へ移動する血流によって生じる。Brawly らはイヌを用いた実験で、右房圧と上下大静脈血流速度パターンを同時記録し、静脈還流血流速度波形は単に右房圧の鏡面像であると報告した⁸⁾。この結果は拡張期静脈還流が右房圧に依存することを示唆している。しかし、カテ先電磁血流量計を用いて心タンポナーデ¹⁹⁾、収縮性心膜炎²⁰⁾あるいは心房中隔欠損症および肺静脈還流異常などの先天性心疾患²¹⁾における静脈還流パターンを分析した報告によれば、静脈還流血流速度は必ずしも右房圧のみに依存せず、疾患特有の波形を呈したり、右心系圧以外の因子によっても影響されることがわかってきた。Syribian らは経皮的ドップラーを用いた頸静脈血流波形を検討し、心タンポナーデ時には拡張期血流が消失する例があることを見出し、右室拡張機能あるいはコンプライアンスの低下が拡張期静脈還流を制限すると報告した¹¹⁾。これらの研究結果は、拡張期静脈還流波形の形成には、右房・右室圧、右房および右室のコンプライアンスが関与することを示している。今回の我々の結果では、上述した2例を除き、洞調律患者では健常者と同様に、収縮期優位 (VI 比 ≥ 0.5) の静脈還流パターンを示した。しかし、注目すべきは拡張期血流速度波形が著明に低下している例が存在したことであり、そのうち4例は拡張期血流速度波形が完全に消失 (VI 比=1.0) していた (Fig. 7)。4例中3例は重症の虚血性心疾患で、著明な左室拡大と壁運動低下を認め、そのうち2例が左心不全で死亡した。他の1例は肺塞栓症であり、著明な右心負荷の状態 で死亡した (Figs. 7, 8)。これらの患者における拡張期血流速度波形の消失には、右心系圧の上昇、右室コンプライアンスの低下に加えて、心機能の低下もまた関与している可能性がある。たとえば右室圧の上昇がない場合でも、左心機能が著明に低下した場合、心室

中隔を介した、いわゆる Bernheim 効果^{11,22)}により右室拡張機能が障害され、その結果拡張期血流速度波形が低下する可能性も否定できない。VI 比の高い症例 (すなわち、拡張期血流速度の低下する症例) ほど心係数が低下する傾向がみられ、VI 比=1.0 の4症例中3例は死亡した (Fig. 7)。これらの所見は、左室ポンプ機能の低下に伴い拡張期血流速度波形が減少することを強く示唆するとともに、VI 比が左室ポンプ機能の良い指標となる可能性を示唆する。一方、心房細動例では洞調律群と異なり、VI 比は心係数の低下とともに減少した (Fig. 7)。前述したように、心房細動では、収縮期静脈還流血流速度波形の形成に房室弁輪部の運動が主体をなす。おそらく心室の収縮性が低下すると、弁輪部の上下運動も減少し、その結果 VI 比が減少すると思われる。VI 比と心係数とが洞調律と心房細動例とで正反対の相関関係を示した所見は今後の興味ある検討課題であろう。

拡張期静脈還流血流速度は心拍数にも影響をうける。静脈還流の実験では心拍数が 150/min を越えると拡張期血流速度波形が消失する¹⁶⁾。人においても、ペーシングで心拍数を 90/min 以上にすると、拡張期血流速度波形は収縮期血流速度波形に愈合する傾向を示す。今回の研究では拡張期血流速度波形の消失した症例の心拍数はいずれも 70~80/min であり、心拍数の拡張期血流波形消失への関与は少ないか、または無視できるものと思われる。

今回、非観血的に超音波パルス・ドップラー法を用いて得られた肝静脈血流速度波形の VI 比は、原因疾患にかかわらず、心房細動例では心係数と正相関し、洞調律例では逆相関する傾向にあり、心機能の臨床的評価に有用であることが示唆された。静脈還流血流速度波形は、心機能以外にも呼吸状態や心拍数などの生理的要因、心膜病変、心嚢水や各心腔内圧など多くの因子によって影響をうける。それゆえ、VI 比の使用に際しては、これら影響因子の関与を考慮する必要ある。

結 語

1. 健常者の肝静脈血流速度波形は収縮期優位の二峰性を示した。
2. 心房細動例では収縮期優位は消失し、三尖弁閉鎖不全症を除けば、心係数は VI 比と正相関した。また三尖弁輪部の移動距離と VI 比も正相関を示した。
3. 洞調律例では、VI 比が 0.75 以上の症例で心係数は VI 比と逆相関を示し、VI 比=1.0 の症例のなかに死亡例がみられた。
4. 以上より、静脈還流血流のうち、収縮期血流速度波形は心房の収縮と弛緩、弁輪部の移動の影響を受ける。洞調律例では拡張期血流速度波形の消失は重篤な心疾患の存在を示唆する。VI 比は心室のポンプ機能をよく反映し、臨床上、有用な新指標であると思われる。

要 約

静脈還流パターンと心機能との関連性を評価するために、超音波パルス・ラドップ法 (HP-77020AC) を用いて、健常者 6 名と心疾患患者 47 名 (心房細動 19 例、洞調律 28 例) の肝静脈の血流速度を測定した。一心周期の収縮期および拡張期の血流速度波形を各々時間積分し、収縮期の積分値を VIs (systolic time-velocity integral)、拡張期の積分値を VI_d (diastolic time-velocity integral) として、全積分値に対する VIs の占める比率を VI 比 $[VIs/(VIs+VI_d)]$ と定義した。超音波パルス・ドップラー法により心係数を算定した。

健常者の肝静脈血流速度波形は、収縮期優位の二峰性を示した。心房細動例では収縮期血流速度は減少ないし消失した。5 例の三尖弁閉鎖不全症を除く心房細動 14 例では、心係数と VI 比は正相関 ($r=0.80$; $p<0.001$) し、心房細動から洞調律へ自然回復した 4 例では、VI 比の増大とともに心係数は増大し、この関係上を動いた。洞調律例では、VI 比が 1.0 に近接すると心係数は減少す

る傾向を示し、VI 比が 0.75 以上の 15 例で、VI 比と心係数は逆相関を示した ($r=-0.70$; $p<0.01$)。とりわけ VI 比=1.0 の 4 症例で著明な心係数の低下を認め、その内 3 例が心不全で死亡した。

以上、心房の収縮および弛緩の有無により、VI 比と心係数とは正反対の相関関係を示したが、VI 比が左室ポンプ機能の良い指標となる可能性が示唆された。

文 献

- 1) Mixter G Jr: Respiratory augmentation of inferior vena caval flow demonstrated by a low resistance phasic flowmeter. *Am J Physiol* **172**: 446, 1953
- 2) Brecher GA: Cardiac variations in venous return studied with a new bristle flowmeter. *Am J Physiol* **176**: 423, 1954
- 3) Brecher GA, Hubay CA: Pulmonary blood flow and venous return during spontaneous respiration. *Circ Res* **3**: 210, 1955
- 4) Brecher GA: Venous Return. Grune & Stratton, New York, 1956
- 5) Guyton AC, Langston JB, Carrier D: Decrease of venous return caused by right atrial pulsation. *Circ Res* **10**: 188, 1962
- 6) Gunterroth WG, Morgan BC: Effect of heart beat and respiration on flow patterns in the cava, pulmonary artery, pulmonary vein and aorta in intact dogs. *Science* **150**: 373, 1965
- 7) Pinkerson AL, Luria MH, Freis EO: Effect of cardiac rhythm on vena caval blood flow. *Am J Physiol* **210**: 505, 1966
- 8) Brawly RK, Oldmann N, Vasko JR, Henney RP, Morrow AG: Influence of right atrial pressure pulse on instantaneous vena caval blood flow. *Am J Physiol* **211**: 347, 1966
- 9) Tafur E, Guntheroth WG: Simultaneous pressure, flow and diameter of vena cava with fright and exercise. *Circ Res* **19**: 42, 1966
- 10) Wexler L, Bergel DH, Gabe LT, Makin GS, Mills CJ: Velocity of blood flow in normal human vena cavae. *Circ Res* **23**: 349, 1968
- 11) Sivacyan V, Ranganathan N: Transcutaneous Doppler jugular venous flow velocity recording: Clinical and hemodynamic correlates. *Circulation* **57**: 930, 1978
- 12) Lewis JF, Kuo LC, Nelson JC, Limacher MC,

- Quinones MA : Pulsed Doppler echocardiographic determination of stroke volume and cardiac output : Clinical validation of two methods using the apical window. *Circulation* **70** : 425, 1984
- 13) Purkinjé JL : Über die Saugkraft des Herzens : Übersicht der Arbeiten und Veränderungen des Schlesischen Gesellschaft für vaterländische Kultur im Jahre 1843, p 157
 - 14) 外畑 巖, 岩瀬正嗣, 河合直樹 : 臨床心エコー図診断. スズケン出版部, 1986
 - 15) Kalmanson D, Veyrat C, Chiche P : Atrial versus ventricular contribution in determining systolic venous return : A new approach to an old riddle. *Cardiovasc Res* **5** : 293, 1971
 - 16) Benchimol A, Stegall HF, Gartlan JL, Barreto EC, Goldstein MR, Sandoval J : Right atrium and superior vena cava flow velocity in man measured with the Doppler-catheter flowmeter-telemetry system. *Am J Med* **48** : 303, 1970
 - 17) Diebold B, Touati R, Blanchard D, Colonna G, Guermonez JL, Peronneau P, Forman J, Maurice P : Quantitative assessment of tricuspid regurgitation using pulsed Doppler echocardiography. *Br Heart J* **50** : 443, 1983
 - 18) Curtius JM, Tyssen M, Breuer HM, Loogen F : Doppler versus contrast echocardiography for diagnosis of tricuspid regurgitation. *Am J Cardiol* **56** : 333, 1985
 - 19) Rittenhouse EA, Barnes RW : Doppler jugular flow velocity to differentiate cardiac tamponade from failure. *Arch Surg* **111** : 67, 1976
 - 20) Froysaker T : The influence of constrictive pericarditis on the superior vena caval flow pattern. *Scand J Thor Cardiovasc Surg* **6** : 227, 1972
 - 21) Matsuo S, Hayano M, Inoue J, Oku Y, Utsunomiya T, Koga H, Hashiba K : Superior and inferior vena cava flow velocity in patients with anomalous pulmonary vein connection. *Jpn Heart J* **23** : 169, 1982
 - 22) Bernheim P : De la stenose ventriculaire droite. *Rev Gen Clin Therap* **29** : 721, 1915