

《原 著》

心プールシンチ法を用いた 最大収縮期血圧—収縮末期容積関係の評価： 観血的左室収縮性指標との比較検討

山 本 朋 彦*

要旨 心プールシンチ法から計算した左室収縮末期容積と、カフ圧で測定した上腕動脈最大収縮期血圧から、最大収縮期血圧—左室収縮末期容積関係の傾き (P/V slope) および最大収縮期血圧/左室収縮末期容積比 (P/V ratio) を計算し、さらに心臓カテーテル検査法から求めた左室収縮性指標である mean V_{CF}, LVEF, ESVI, ESS/ESVI と比較し、P/V slope および P/V ratio の有用性を検討した。対象を心プールシンチと心臓カテーテル検査とを2週間以内に施行した12例とし、メトキサミン点滴静注により昇圧し、3点で最大収縮期血圧と左室収縮末期容積を測定した後、その回帰直線の傾きを P/V slope、昇圧前の最大収縮期血圧を左室収縮末期容積で除した値を P/V ratio とした。P/V slope および P/V ratio は、mean V_{CF}, LVEF, ESVI とは指数関数で、ESS/ESVI とは一次関数で、それぞれ $r = 0.83 \sim 0.88$ で回帰し、非観血的な左室収縮性指標として有用であると考えられた。

I. はじめに

E_{max} は、菅、佐川らにより提唱された心収縮性指標であるが¹⁾、計測には原則的に観血的操作を必要とする。そこで E_{max} に準じた心収縮性指標を非観血的に求めるため、左室収縮末期圧を最大収縮期血圧で代用し、最大収縮期血圧—収縮末期容積関係の傾きとして求められる P/V slope (slope of peak systolic pressure—end-systolic volume relation) や、単に最大収縮期血圧を左室収縮末期容積で除した値 P/V ratio (ratio of peak systolic pressure to end-systolic volume) も心収縮性指標として検討されている²⁻⁵⁾。

心プールシンチ法は心エコー法と並び非観血的

に、さらに左室形態に影響されず左室容積の測定が可能であり、その信頼性も高いとされている⁶⁾。ところで、心プールシンチ法からの左室容積を用いて圧容積関係を求め、観血法から求めた左室収縮性指標と比較した報告は少ない。

今回、心プールシンチ法とカフ圧水銀血圧計から求めた P/V slope と P/V ratio を、心臓カテーテル検査法より求めた観血的な左室収縮性指標と比較し、その有用性を検討したので報告する。

II. 対 象

対象は心臓カテーテル検査と心プールシンチを2週間以内に施行した12例で、内訳は虚血性心疾患8例、拡張型心筋症3例、僧帽弁閉鎖不全症1例である (Table 1)。平均年齢は57歳で、男性9例、女性3例である。いずれの症例も心プールシンチと心臓カテーテル検査との間に内服薬の変更は行っていない。また全例洞調律を示し、心房細動、著しい高血圧の症例は除外した。

* 新潟大学医学部内科学第一教室

受付：3年10月4日

最終稿受付：3年12月10日

別刷請求先：新潟市八千代2-2-8 (☎950)

新潟通信病院内科

山 本 朋 彦

Table 1 List of patients

Patient No.	Age	Sex	Diagnosis	Patient No.	Age	Sex	Diagnosis
1	28	F	DCM	7	38	M	OMI
2	54	F	DCM	8	61	M	OMI
3	57	M	DCM	9	62	M	OMI
4	60	M	AP	10	63	M	OMI
5	68	M	AP	11	65	M	OMI
6	71	F	AP	12	61	M	MR

DCM: Dilated Cardiomyopathy; OMI: Old Myocardial Infarction; AP: Angina Pectoris;
MR: Mitral Regurgitation

III. 方 法

1. 心プールシンチ法による左室容積計算法

心プールシンチはピロリン酸静注後 ^{99m}Tc 赤血球体内標識法で行った。使用した装置は低エネルギー汎用型コリメータを装着した対向型ロータカメラ ZLC 7500, データ処理装置 シンチパック 2400 である。左室容積の計算は, 木村の方法に従い, 心拍非同期心プール Single Photon Emission Computed Tomography (心拍非同期 SPECT 法) により計算した⁷⁾。まず薬物投与前のコントロール状態で, 心拍非同期で左心室の SPECT をとった。SPECT は 1 方向あたりの収集時間を 10 秒とし, 10 度ごとに 36 方向より 360 度でデータを収集した。得られた SPECT のデータをパターンワース・フィルタで処理した後, 吸収補正は行わず四腔断層像に再構築し, 左室以外にマスクをかけ, 左室最大カウントの 40% 域値で左室関心領域 (ROI) を囲んだ。そして, 1 スライスごとに左室 ROI 内のピクセル数を計算した後, 各スライスのピクセル数を合計して左室総ボクセル数とし, 1 ボクセルあたりの体積を総ボクセル数に乗じて左室容積とした。この方法による左室容積は, 左室造影法より求めた左室拡張末期容積と $y=1.01x-3.7$, $r=0.98$ で相関し, バックグラウンドや駆出率などに大きく影響されないとされている⁷⁾。

2. 最大収縮期血圧一左室収縮末期容積関係の計算法

最大収縮期血圧は, 水銀血圧計により右上腕に巻いたカフ圧で測定した。検査開始直後より検査

終了時まで 1 分ごとに血圧を測定し, カウント収集に 3 分間要した場合, その 3 回の最大収縮期血圧の平均値を用いた。

左室収縮末期容積の計測には前述の心拍非同期 SPECT 法と平衡時心電図同期心プールシンチ planar 法 (マルチゲート法) を合わせて用いた。心拍非同期 SPECT 法の後, 昇圧前に心室中隔が最もよく分離できる左前斜位からマルチゲート法でカウント収集した。その後メトキサミン 20 mg を生理的食塩水約 50 ml に溶解した溶液を 0.5~1.0 ml/min の速度で点滴静注し, 最大収縮期血圧が 10~20 mmHg 上昇した時点, および 20~40 mmHg 上昇した時点の 2 点で再度マルチゲート法で収集した。ここでメトキサミン昇圧により反射性徐脈が生じた場合は, 硫酸アトロピン 0.5~1.5 mg を静注し, 心拍数の 10% 以上の変化を抑えた。昇圧前の左室拡張末期容積としてはコントロール状態での心拍非同期 SPECT 法で計算された左室容積を用い, メトキサミン昇圧による左室拡張末期容積の変化はマルチゲート法で, 左室最大カウントの 45% 域値で決定した左室 ROI 内のカウント数の変化量から換算して求めた。その際, 収集時刻が後になるほど ^{99m}Tc は減衰していくため, カウント数を ^{99m}Tc の減衰曲線で補正した。左室収縮末期容積はマルチゲート法より得られた駆出率を用いて, 拡張末期容積 $\times (1 - \text{駆出率})$ の式で計算した。

3. P/V slope, P/V ratio の計算法

得られた結果をもとに, 最大収縮期血圧を縦軸に, 左室収縮末期容積を横軸にとった座標上に,

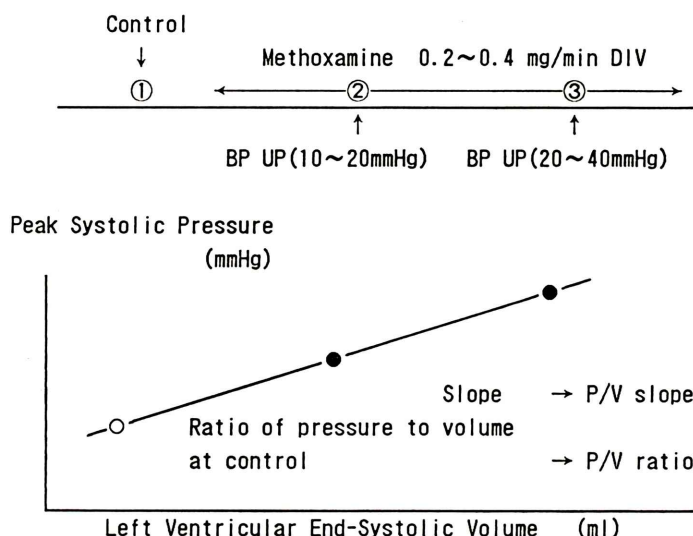


Fig. 1 Method to measure P/V slope and P/V ratio. Blood pressure and end-systolic volume were measured at control state (①) and at two different hemodynamic states (②, ③) during infusion of Methoxamine. P/V slope was defined as the slope of the regression line of peak systolic pressure—end-systolic volume relation. P/V ratio was defined as the ratio of peak systolic pressure to end-systolic volume at control state. BP: Blood pressure; DIV: Drip Infusion.

昇圧前および昇圧時 2 点の合計 3 点をプロットした。それら各点の 1 次回帰直線を計算し、その 1 次回帰式の傾きを P/V slope、昇圧前の最大収縮期血圧と左室収縮末期容積の比を P/V ratio とした (Fig. 1)。

ここで原則的には 3 点の計測としたが、血圧が 3 回計測できるほど上昇しなかった場合、心拍数が大きく変化した場合などでは、やむをえず 2 点を結ぶ直線の傾きを P/V slope とした。

4. 観血的左室収縮性指標の計測法

比較した左室収縮性指標は心臓カテーテル法より求めた。心ポンプ機能として収縮末期容積係数 (end-systolic volume index, 以下 ESVI), 駆出期の収縮性指標として左室駆出率 (left ventricular ejection fraction, 以下 LVEF), 平均円周短縮速度 (mean velocity of circumferential fiber shortening, 以下 mean V_{CF}), 収縮末期壁応力/収縮末期容積係数比 (ratio of end-systolic wall stress to ESVI, 以下 ESS/ESVI) の各指標を求め、P/V slope およ

び P/V ratio と比較した。

各指標は以下の方法により計算した。

1) 左室容積

左室造影法からの左室容積は、右前斜位 30 度からの一方向撮影法により Kasser の式で求めた。

左室容積 = $0.668 \cdot (A^2/L) \cdot (CF)^3 + 7.8$ (A = 左室投影面積, L = 左室長軸の長さ, CF = 補正係数)。

2) mean V_{CF}

mean V_{CF} は $(EDD - ESD)/(ET)$ の式より求めた (EDD = 拡張末期短軸径, ESD = 収縮末期短軸径, ET = 駆出時間)。なお、短軸径は右前斜位からの左室造影像より、 $(4A/\pi L) \cdot CF$ の式より求めた (A = 左室投影面積, π = 円周率, L = 左室長軸の長さ, CF = 補正係数)。ET は大動脈弁直上の大動脈圧波形の記録より、圧の立ち上がりから dirotic notch までの時間とした。

3) ESS

心臓カテーテル法からの ESS の計算は Mirsky の式によった。

$ESS = (P \cdot b/h) \cdot (1 - h/2b - b^2/2a^2) \times 1332$ (P = 収縮末期圧, h = 収縮末期壁厚, b = 収縮末期壁中心短軸半径, a = 収縮末期壁中心長軸半径). ここで収縮末期壁厚は, 右前斜位での左室造影像より, 収縮末期時の前側壁 2 か所での壁厚の平均値を便宜的に用いた.

5. 統計学的検討

P/V slope および P/V ratio と $mean V_{CF}$, $LVEF$, $ESVI$, $ESS/ESVI$ との関係の検討のため, まずグラフ上に各点をプロットし, おおのこの 1 次回帰式を計算した. その後, 直線より曲線で回帰した方がより fitting されそうな組み合わせについては 1 次回帰のほかに指数回帰を行い, より良く fitting された方の回帰式をとった. その際, 例えば P/V slope と $LVEF$ との指数関係を見る場合, P/V slope を対数変換し, $\log e(P/V \text{ slope}) = a \cdot (LVEF) + b$ の 1 次式としてから最小二乗法で検討を行い, その後 $P/V \text{ slope} = e^b \cdot e^{a \cdot (LVEF)}$ で表される指数関数式に再変換した.

IV. 結 果

1. P/V slope, P/V ratio, 観血的左室収縮性指標

Figure 2 に 12 例の圧容積関係の結果を示す. 血圧が 3 点計測できるほど上昇しなかった例が 1 例, 心拍数が大きく変化した例が 2 例と計 3 例で 3 点の計測ができなかったが, その 3 例においては 2 点を結ぶ直線の傾きを P/V slope として今回の検討に含めた. Table 2 に, 各症例の P/V slope, P/V ratio および $mean V_{CF}$, $LVEF$, $ESS/ESVI$, $ESVI$ の計測結果を示す.

2. P/V slope と観血的左室収縮性指標との関係

P/V slope と個々の観血的左室収縮性指標とを比較すると, P/V slope は, $mean V_{CF}$ とは $y = 0.34 \cdot e^{1.9x}$ ($r = 0.86$, $p < 0.001$) で表される指数関数で, $LVEF$ とは $y = 0.25 \cdot e^{0.041x}$ ($r = 0.83$, $p < 0.001$) で表される指数関数で, $ESVI$ とは $y = 7.8 \cdot e^{-0.028x}$ ($r = 0.88$, $p < 0.001$) で表される指数関数でおの

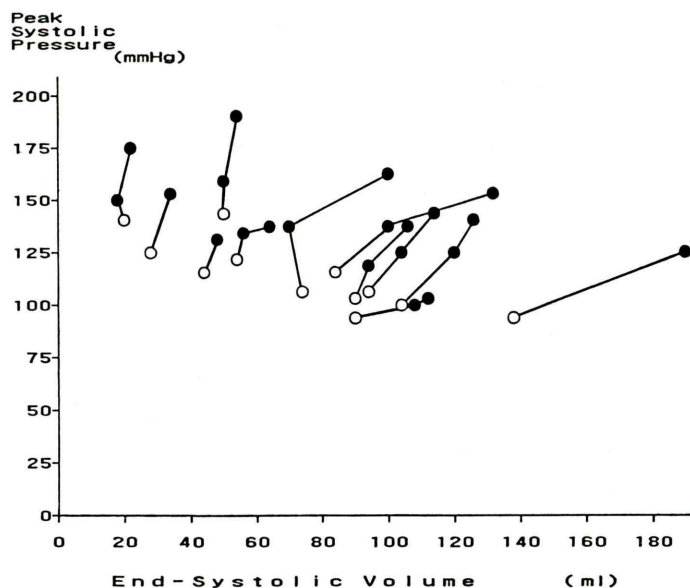


Fig. 2 Peak systolic pressure-end-systolic volume relation for each patient. Open circles were the points measured at control state and closed circles were the points measured during infusion of Methoxamine.

Table 2 Summary of results in individual patients

No.	P/V slope	P/V ratio	mean V_{CF}	LVEF	ESS	ESVI	ESS/ESVI
1	0.59	0.68	0.09	19	288	108.0	2.67
2	0.50	1.04	0.63	41	269	86.6	3.11
3	0.77	1.42	0.82	37	155	56.5	2.74
4	4.29	4.71	1.50	81	66	13.0	5.11
5	4.04	2.69	1.28	71	95	16.3	5.84
6	6.55	6.53	1.33	65	102	16.8	6.07
7	1.03	1.46	0.59	45	154	52.5	2.93
8	2.33	1.14	0.69	44	204	55.5	3.68
9	1.71	1.13	0.74	39	178	45.0	3.96
10	2.04	1.00	1.04	47	165	54.3	3.04
11	3.46	2.17	1.04	46	188	44.9	4.19
12	7.00	2.88	1.35	75	133	26.5	5.02

P/V slope: Slope of peak systolic pressure—end-systolic volume relation (mmHg/ml)

P/V ratio: Ratio of peak systolic pressure to end-systolic volume (mmHg/ml)

mean V_{CF} : Mean velocity of circumferential fiber shortening (circ/sec)

LVEF: Left ventricular ejection fraction (%)

ESS: End-systolic wall stress (dyne $\times 10^3/\text{cm}^2$)

ESVI: End-systolic volume index (ml/m²)

ESS/ESVI: Ratio of end-systolic wall stress to end-systolic volume index (dyne $\times 10^3/\text{cm}^2/\text{ml/m}^2$)

おの回帰した。ESS/ESVI とは $y=1.6x-3.7$ ($r=0.88$, $p<0.001$) の式で直線回帰した (Fig. 3)。

3. P/V ratio と観血的左室収縮性指標との関係

P/V ratio も同様に, mean V_{CF} とは $y=0.47 \cdot e^{1.4x}$ ($r=0.86$, $p<0.001$) の指数関数で, LVEF とは $y=0.35 \cdot e^{0.032x}$ ($r=0.86$, $p<0.001$) の指数関数で, ESVI とは $y=4.8 \cdot e^{-0.021x}$ ($r=0.87$, $p<0.001$) の指数関数で回帰した。ESS/ESVI とは $y=1.2x-2.6$ ($r=0.83$, $p<0.001$) の式で直線回帰した (Fig. 4)。

4. P/V slope と P/V ratio との関係

Figure 5 に今回検討した 12 症例の P/V slope と P/V ratio の関係を示す。縦軸に P/V slope, 横軸に P/V ratio をとっているが, 両者は相関係数 0.80 で直線回帰した。

V. 考 察

E_{\max} は, 菅, 佐川らにより提唱された心収縮能指標で, 前負荷, 後負荷の影響を受けにくい指標と言われている¹⁾。その動物実験より求められた E_{\max} を, 直接生体心で測定する方法がいくつか考えられている。代表的な方法としては, メト

キサミンやアンギオテンシンなどの昇圧剤やニトログリセリンやニトロプルシッドなどの降圧剤の投与により後負荷を変化させ, 左室収縮末期容積と左室収縮末期圧を計測する方法がある⁸⁾。しかし, それらの薬物投与では神経反射の影響が出てしまうため, 下大静脈をバルーンで急速に閉塞し前負荷を減少させ, その後の反射の起こる前の数心拍で左室収縮末期圧と左室収縮末期容積を測定する方法も考えられている⁹⁾。しかし, いずれの方法でも E_{\max} の測定には圧として収縮末期圧を用いるため, 原則的に観血的操作が必要となる。ところが, ここで収縮末期圧を非観血的に測定できる最大収縮期血圧で代用し, P/V slope として計算しても, 両者の値はきわめて良く相関することが確かめられている¹⁰⁾。

E_{\max} と他の収縮性指標との関係を見てみると, E_{\max} は LVEF とは指数関数^{11,12)} もしくは双曲線¹⁰⁾ で相関し, mean V_{CF} とは双曲線で相関する¹⁰⁾ とされている。

また P/V slope については LVEF との関係を見たものが多いが, P/V slope は LVEF と指数関数で相関すると言われている^{4,5,11,13)}。今回のわれ

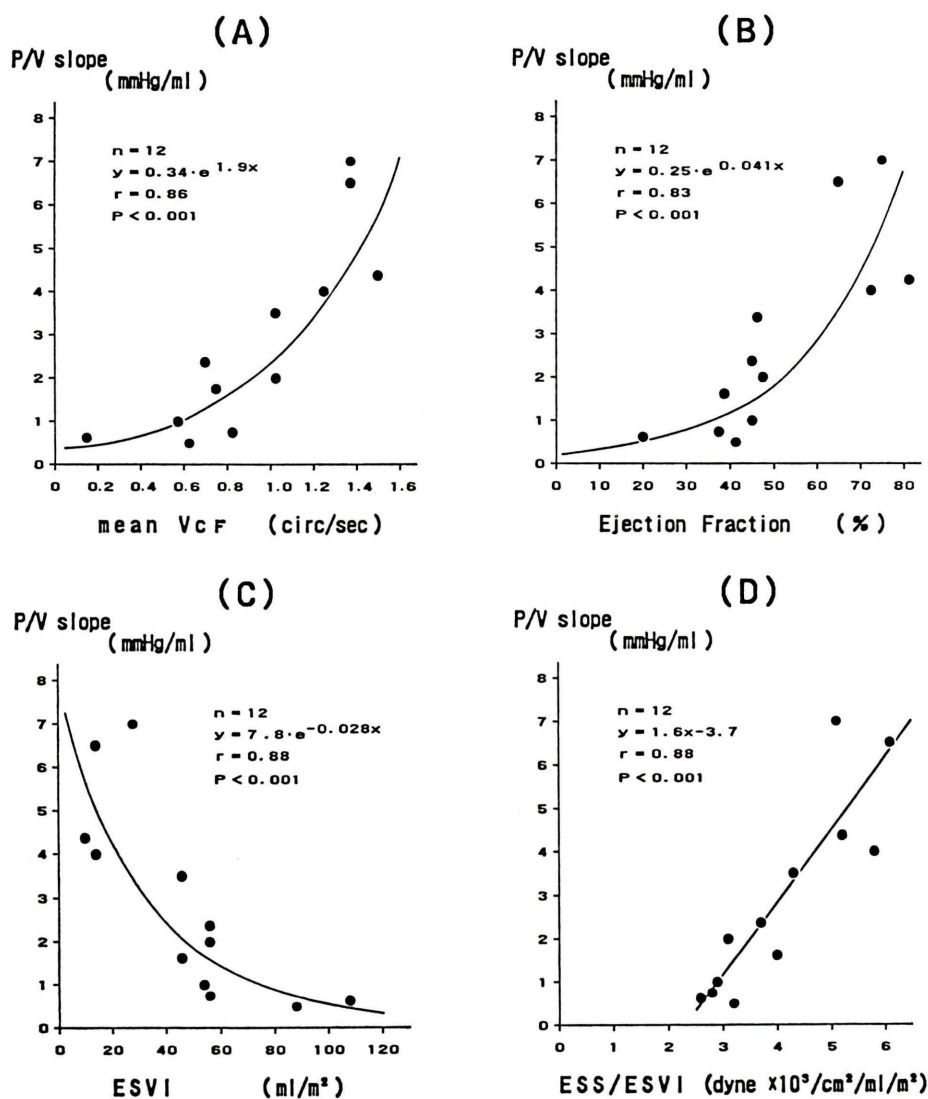


Fig. 3 Relations between P/V slope and mean V_{CF} , LVEF, ESVI and ESS/ESVI. P/V slope was exponentially correlated with mean V_{CF} , LVEF and ESVI (A, B, C), and linearly correlated with ESS/ESVI (D).

われの検討では、P/V slope は LVEF, mean V_{CF} , ESVI とは 1 次関数よりも指数関数でより良く fitting された。

ただし、P/V slope が他の指標に比して優れているかについては、今回の検討だけでは結論できない。文献的には、P/V slope は LVEF と指数関数で関連することより心収縮能が低下し始める時

点を LVEF に比し、より鋭敏に判断できると言われており¹³⁾、大動脈弁閉鎖不全症の患者では、LVEF では心収縮能を過大評価する傾向があるため、P/V slope の方が有用であるとの報告がある¹³⁾。

ところで ESS/ESVI は Carabello らによって提唱された指標で、心収縮能を表すと言われ、LVEF に比し弁膜症の手術予後をより良く予想す

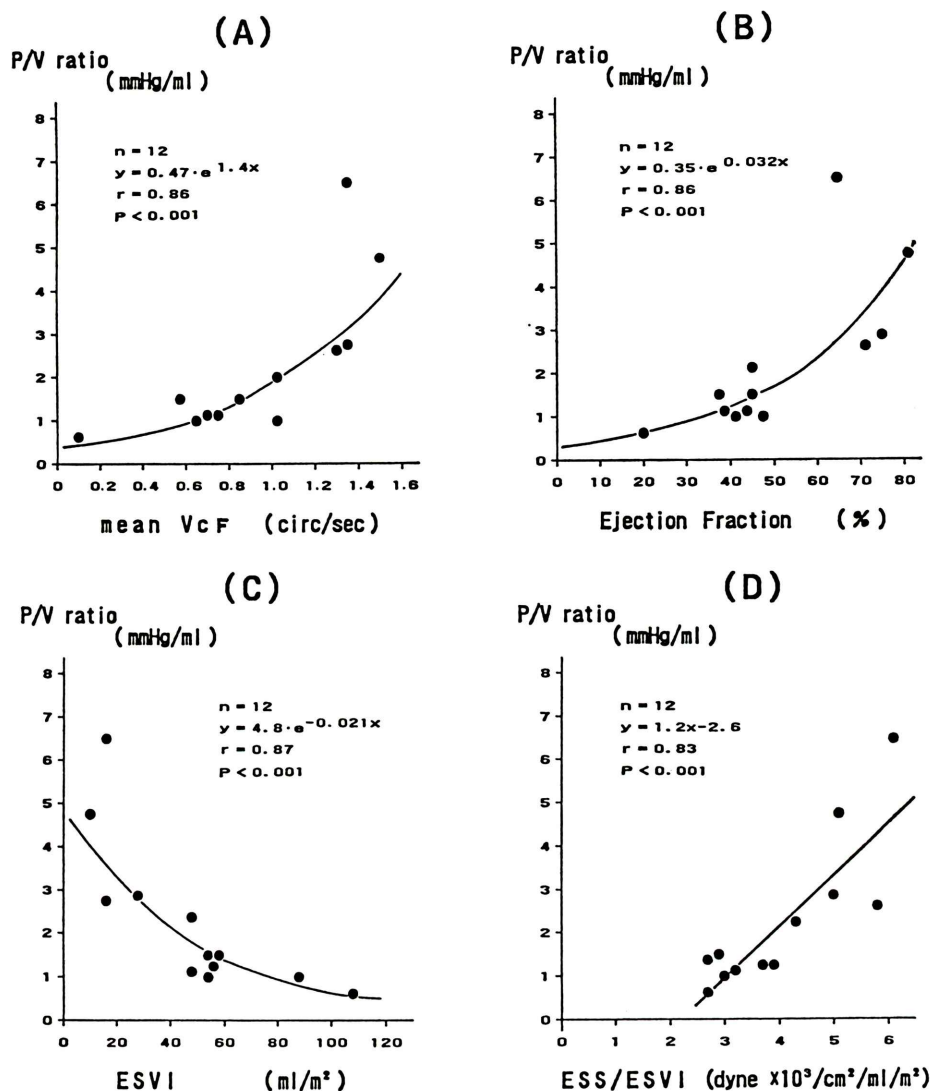


Fig. 4 Relations between P/V ratio and mean V_{CF}, LVEF, ESVI and ESS/ESVI. P/V ratio was exponentially correlated with mean V_{CF}, LVEF and ESVI (A, B, C), and linearly correlated with ESS/ESVI (D).

ることができ^{14,15)}，拡張型心筋症においても収縮能指標として有用であると言われている¹⁶⁾。今回の検討では P/V slope はこの ESS/ESVI と直線回帰した。

この直線回帰した原因としては，ESS と最大収縮期血圧とが収縮末期容積の変化に対して共に直線関係で変化することによると思われる。メトキ

サミン負荷で ESS と収縮末期容積の関係¹²⁾を，またニトロプルシッド負荷で ESS と収縮末期容積係数の関係¹⁷⁾をみた報告では，両者は直線関係になるという。また，その直線の傾きは P/V slope と同様に心収縮力を表すと言われている。このように ESS および 最大収縮期血圧は収縮末期容積に対して共に直線関係で変化するため，

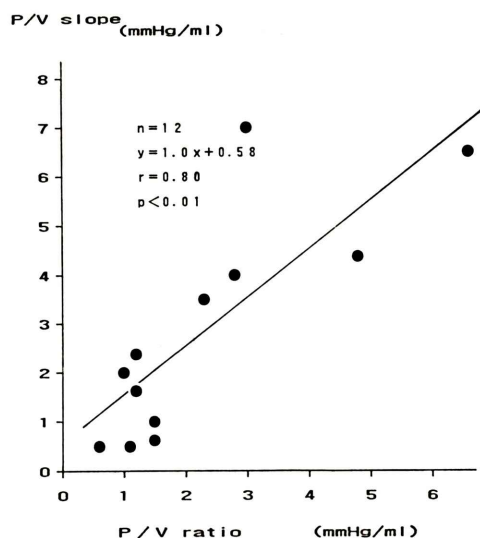


Fig. 5 Linear correlation between P/V slope and P/V ratio.

ESS—収縮末期容積係数関係の傾きと、最大収縮期血圧—収縮末期容積関係の傾きとして表される P/V slope も直線関係となることが想像できる。

ところで P/V ratio は最大収縮期血圧を収縮末期容積で除した値であり、比較的簡便に求められることから心収縮性指標としてよく用いられており、今回の検討でも P/V slope と同様に観血的指標とよく相関した。もともと P/V ratio とは、P/V slope の延長線が原点を通る、もしくはその延長線と x 軸の交点が同一症例では一定である、との仮定で論じられている指標である。今回の検討例では、ほぼその仮定が当てはまり、P/V slope と P/V ratio とがほぼ直線回帰し、いずれも観血的に得られた収縮性指標とよく相関したと考えられる。このように P/V ratio は P/V slope に比し理論的には劣るものの、簡便なる心収縮性指標として使用できると思われる。ただし、EL-Tobgi らは正常心収縮能群と心収縮能低下群を区別することは Emax では可能であるが、P/V ratio (原著では P/V_{es} と表現) ではそれが不可能で、ただ個々の症例の心収縮能の変化は表せると述べており¹⁸⁾、P/V ratio の限界を示している。

今回、左室容積の計算に心プールシンチ法を用いた。その際、左室 ROI のとり方、バックグラウンドの変化、胸壁による減衰などで容積測定に誤差が生じることは避けられない。今回の検討では原則的に3点で回帰式を求めたが、個々のデータのばらつきによる誤差を小さくするには、検査時間に余裕があればより多くの点で計測する方が望ましいと思われる。

また、メトキシアミン昇圧の際、反射性徐脈が生じるなど神経反射の影響が現れ、それが心収縮能に影響を与えることは完全には否定はできない。しかし、最大 dP/dT をメトキシアミン投与前後で比較した報告では、明らかな変化は認められなかったとされており^{8,19)}、心収縮能に対する影響は小さいと思われる。

VI. まとめ

心プールシンチから求めた左室容積と、カフ圧水銀血圧計より測定した最大収縮期血圧から P/V slope および P/V ratio を計算し、心臓カテーテル検査より求めた ESS/ESVI, mean V_{CF} , LVEF, ESVI と比較した。P/V slope および P/V ratio は mean V_{CF} , LVEF, ESVI と指数曲線で回帰し、ESS/ESVI と直線回帰した。相関係数はいずれも 0.83~0.88 であり、共に非観血的な左室収縮性指標となることが確認された。

本論文の要旨は、第30回日本核医学会総会(於：東京)で報告した。

稿を終えるにあたり、ご指導とご校閲を賜りました新潟大学医学部第一内科柴田昭教授に感謝いたします。また本研究にご助力いただいた同医療短期大学部津田隆志助教授、同医学部放射線科木村元政講師、小田野幾雄助教授にも感謝いたします。

文 献

- 1) Suga H, Sagawa K, Shoukas AA: Load independence of the instantaneous pressure-volume ratio of the canine left ventricle and effects of epinephrine and heart rate on the ratio. *Circ Res* 32: 314-322, 1973
- 2) Slutsky R, Watkins J, Costello D: Radionuclide

- evaluation of the systolic blood pressure/end-systolic volume relationship: Response to pharmacologic agents in patients with coronary artery disease. *Am Heart J* **105**: 53–59, 1983
- 3) 小山孝夫：虚血性心疾患診断における左室機能指標 peak systolic pressure/left ventricular end-systolic volume (PSP/LVESV) の有用性と限界——radio-nuclide ventriculography を用いた検討——. *核医学* **27**: 1119–1127, 1990
- 4) Watkins J, Slutsky R, Tubau J, et al: Scintigraphic study of relation between left ventricular peak systolic pressure and end-systolic volume in patients with coronary artery disease and normal subjects. *Br Heart J* **48**: 39–47, 1982
- 5) Adachi H, Sugihara H, Nakagawa H, et al: Peak systolic pressure-volume relationships in man: Noninvasive determination by equilibrium gated radionuclide angiocardiology and cuff sphygmomanometry. *核医学* **22**: 157–168, 1985
- 6) Kronenberg MW, Parrish MD, Jenkins DW Jr, et al: Accuracy of radionuclide ventriculography for estimation of left ventricular volume changes and end-systolic pressure-volume relations. *J Am Coll Cardiol* **6**: 1064–1072, 1985
- 7) 木村元政：心拍同期・非同期心プールSingle Photon Emission Computed Tomography による左室拡張末期容積算出に関する基礎的ならびに臨床的検討. *核医学* **25**: 493–504, 1988
- 8) Grossman W, Braunwald E, Mann T, et al: Contractile state of the left ventricle in man as evaluated from end-systolic pressure-volume relations. *Circulation* **56**: 845–852, 1977
- 9) Freeman GL, Little WC, O'Rourke RA: The effect of vasoactive agents on the left ventricular end-systolic pressure-volume relation in closed-chest dogs. *Circulation* **74**: 1107–1113, 1986
- 10) 松崎益徳, 石田 健, 塔間陽一, 他：非観血的心収縮能の評価：非観血法による Emax の妥当性とその問題点. *J Cardiogr* **10**: 663–675, 1980
- 11) Mehmel HC, Stockins B, Ruffmann K, et al: The linearity of the end-systolic pressure-volume relationship in man and its sensitivity for assessment of left ventricular function. *Circulation* **63**: 1216–1222, 1981
- 12) Mehmel HC, Schwarz F, Ruffmann K, et al: End-systolic pressure-volume and end-systolic stress-volume relationships in patients with aortic stenosis and with normal valvular function. *Basic Res Cardiol* **78**: 338–350, 1983
- 13) Shen WF, Roubin GS, Choong C Y-P, et al: Evaluation of relationship between myocardial contractile state and left ventricular function in patients with aortic regurgitation. *Circulation* **71**: 31–38, 1985
- 14) Carabello BA, Nolan SP, McGuire LB: Assessment of preoperative left ventricular function in patients with mitral regurgitation: Value of the end-systolic wall stress-end-systolic volume ratio. *Circulation* **64**: 1212–1217, 1981
- 15) Carabello BA, Williams H, Gash AK, et al: Hemodynamic predictors of outcome in patients undergoing valve replacement. *Circulation* **74**: 1309–1316, 1986
- 16) Roman MJ, Devereux RB, Cody RJ: Ability of left ventricular stress-shortening relations, end-systolic stress/volume ratio and indirect indexes to detect severe contractile failure in ischemic or idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* **64**: 1338–1343, 1989
- 17) 加瀬川均, 川副浩平, 藤田 毅, 他：収縮期末応力容積関係の臨床応用——慢性大動脈弁閉鎖不全症の術前後の心機能評価——. *日胸外会誌* **37**: 1273–1280, 1989
- 18) EL-Tobgi S, Fouad FM, Kramer JR, et al: Left ventricular function in coronary artery disease. Evaluation of slope of end-systolic pressure-volume line (Emax) and ratio of peak systolic pressure to end-systolic volume (P/Ves). *J Am Coll Cardiol* **3**: 781–788, 1984
- 19) Starling MR, Montgomery DG, Walsh RA: Load dependence of the single beat maximal pressure (stress)/volume ratios in humans. *J Am Coll Cardiol* **14**: 345–353, 1989

Summary

Scintigraphic Evaluation of the Peak Systolic Pressure–End-Systolic Volume Relation: Comparison with Invasive Left Ventricular Contractile Indexes

Tomohiko YAMAMOTO

First Department of Internal Medicine, Niigata University School of Medicine

We calculated the slope of peak systolic pressure–end-systolic volume relation (P/V slope) and the ratio of peak systolic pressure to end-systolic volume (P/V ratio) using radionuclide ventriculography and indirect sphygmomanometry to evaluate left ventricular contractility, and to assess the usefulness of these indexes, we compared them with mean V_{CF} , LVEF, ESVI and ESS/ESVI using cardiac catheterization. Subjects were 12 patients who had received both radionuclide ventriculography and cardiac catheterization within a two weeks period. Left ventricular end-systolic volume and peak blood pressure were measured at 3 different points, one in the control state and the other two at two different hemodynamic states during infusion of Methoxamine. We defined P/V slope as the slope of the regression line of peak systolic pressure–end-systolic volume relation, and P/V ratio as the ratio of peak systolic pressure to left ventricular end-systolic volume at control. Left ventricular volume was measured by the non-

gated-SPECT method and changes of the left ventricular volume was measured by the multigate method. P/V slope was correlated exponentially with mean V_{CF} , LVEF and ESVI ($y = 0.34 \cdot e^{1.9x}$, $r = 0.86$, $p < 0.001$ for mean V_{CF} ; $y = 0.25 \cdot e^{0.041x}$, $r = 0.83$, $p < 0.001$ for LVEF; $y = 7.8 \cdot e^{-0.028x}$, $r = 0.88$, $p < 0.001$ for ESVI), and correlated linearly with ESS/ESVI ($y = 1.6x - 3.7$, $r = 0.88$, $p < 0.001$). P/V ratio was also correlated exponentially with mean V_{CF} , LVEF and ESVI ($y = 0.47 \cdot e^{1.4x}$, $r = 0.86$, $p < 0.001$ for mean V_{CF} ; $y = 0.35 \cdot e^{0.032x}$, $r = 0.86$, $p < 0.001$ for LVEF; $y = 4.8 \cdot e^{-0.021x}$, $r = 0.87$, $p < 0.001$ for ESVI), and correlated linearly with ESS/ESVI ($y = 1.2x - 2.6$, $r = 0.83$, $p < 0.001$). We concluded that P/V slope and P/V ratio were useful indexes to evaluate left ventricular contractility noninvasively.

Key words: P/V slope, P/V ratio, Radionuclide ventriculography, Non-gated-SPECT, Left ventricular contractility.