

## 《研究速報》

## 心プール法による左室圧—容積曲線の検討

—方法論を中心にして—

廣江 道昭\* 杉本 圭市\*\* 白井 隆則\*\* 小池 朗\*\*  
 丹羽 明博\*\* 村松 靖次\*\* 横田 純一\*\* 谷口 興一\*\*\*  
 太田 淑子\* 日下部きよ子\* 松井 進\*\*\*\* 熊野 信雄\*\*\*\*  
 水川 勝海\*\*\*\*\*

## I. はじめに

心機能解析には心内圧と心容積を同時に評価することが重要であり<sup>1)</sup>, 左室圧—容積曲線(以下 P-V 曲線)<sup>2,3)</sup>の作成が望まれている。一般的な画像診断には造影剤を使用した左室造影法が汎用されている。しかし局所壁運動障害を示す症例では左室容積の計測上 geometry に問題があり<sup>4)</sup>, またペーシング負荷や薬剤負荷による心機能動態を評価する際には数回に及ぶ造影は不可能である。心エコー図を用いた研究もあるが, geometry による影響はさらに強く, 心容積算定には問題がある<sup>5)</sup>。

心電図同期型心プール法は前述した諸問題に拘束されず, 心容積曲線を詳細に解析するには最適である<sup>6)</sup>。著者らは心プール法と左室カテーテル法を同時に組合わせて P-V 曲線を作成し, 左室機能の解析について基礎的臨床成績を得たので報告する。

## II. 対象と方法

## 1. 対 象

虚血性心疾患 4 例と心臓神経症 2 例の合計 6 例を選択し, 年齢は平均 57±6 歳であった。全例に心臓カテーテル法がなされ診断された。冠状動脈病変は 0 枝病変 2 例, 1 枝病変 2 例, 2 枝病変 1 例, 左主幹部病変 1 例であった。

## 2. 心電図同期型心プール法

<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup> 25 mCi を in vivo にて赤血球に標識後, 左右心室を明瞭に分離できる左前斜位 (30~40 度) にて収集した。測定装置は低エネルギー用高感度平行穴コリメータを装着した東芝社製デジタルカメラ (GCA-90B 型) を用いた。心電図同期信号は日本光電社製ライフスコープ 10 から得て, 画像データはリストモードにより 1 ミリ秒の収集時間で収集した。

## 3. 左室内圧および心拍出量の測定

左室内圧はミラー社製カテ先マノメータ付カテーテルによって測定し, シーメンス社製ポリグラフにて記録した。熱希釈法による心拍出量は Swan-Ganz カテーテルとエドワード社製 9520A コンピュータにて 3 回測定し, その平均値とした。

## 4. 画像処理法と P-V 曲線の作成法

画像処理はリストモードで 4,000 K カウント収集した画像データを心電図同期信号を基準として 64×64 画素の 32 フレーム変換によった。心室容積曲線は半自動的心駆出率解析ソフトにて処理して算出, 作成した。左室圧曲線はシーメンス社製

\* 東京女子医科大学放射線医学教室核医学部

\*\* 北信総合病院内科, 放射線科

\*\*\* 東京医科歯科大学医学部第二内科教室

\*\*\*\* 東芝那須工場

\*\*\*\*\* 東芝メディカル

受付: 61 年 7 月 30 日

最終稿受付: 61 年 10 月 8 日

別刷請求先: 東京都新宿区河田町 8-1 (☎ 162)

東京女子医科大学放射線医学教室核医学部

廣江 道 昭

ポリグラフを介して生体情報収集インターフェースより GCA-90B 型に内蔵されているコンピュータに入力した。左室圧曲線は画像データ収集後に 10 ミリ秒の収集時間で 20 秒間の全心拍分の平均圧曲線とした。この圧曲線を画像データの 32 フレームに合わせて補間し、フレームごとの左室圧値を算出した。P-V 曲線の作成は前述の方法によって得た心室容積曲線と左室圧値をプロットすることによってなされた。

#### 5. 左室容積と左室圧容積仕事量の計測法

熱希釈法から測定した心拍出量 (CO), 心拍数 (HR), 体表面積 (BSA) と心プール法から測定した左室駆出率 (EF) を使用し、左室拡張終期容積 (EDVI ml/m<sup>2</sup>) を  $CO/EF \times HR \times BSA$  の式から計測した。左室正味仕事量 (LVNW g·m/m<sup>2</sup>) は P-V 曲線を積分することによって測定した左室収縮期仕事量 (LVSW) から左室拡張期仕事量 (LVDW) を差し引いて求めた。

#### 6. 心房ペーシング負荷法

右心房内にペーシングカテーテルを留置し、ペーシング心拍数を 80 拍/分, 100 拍/分, 130 拍/分, 160 拍/分の 4 段階に変化させた。ペーシング負荷はまず 2 分間おのおの心拍数でペーシングし、3 分目から画像データを収集する。その後左室圧を 20 秒間収集し終えた。なお心房ペーシング負荷によって Wenckebach 型房室ブロックが出現した場合には硫酸アトロピン 1~2 mg を静注した。

### III. 成 績

#### 1. P-V 曲線の実例

Fig. 1 に平均左室圧曲線、左室容積曲線と P-V 曲線の実例を示した。

#### 2. 心房ペーシング負荷による心機能動態

baseline (基本調律時) と心房ペーシング時の P-V 曲線を作成すると、心拍数が増加するに従い左室拡張終期圧 (LVEDP), EDVI, SVI は低下した。すなわち P-V 曲線は左下方に移動した (Fig. 2)。最大ペーシング負荷中 (160 拍/分), 2 例に胸痛、心電図上虚血性変化が観察された。LVEDP は上

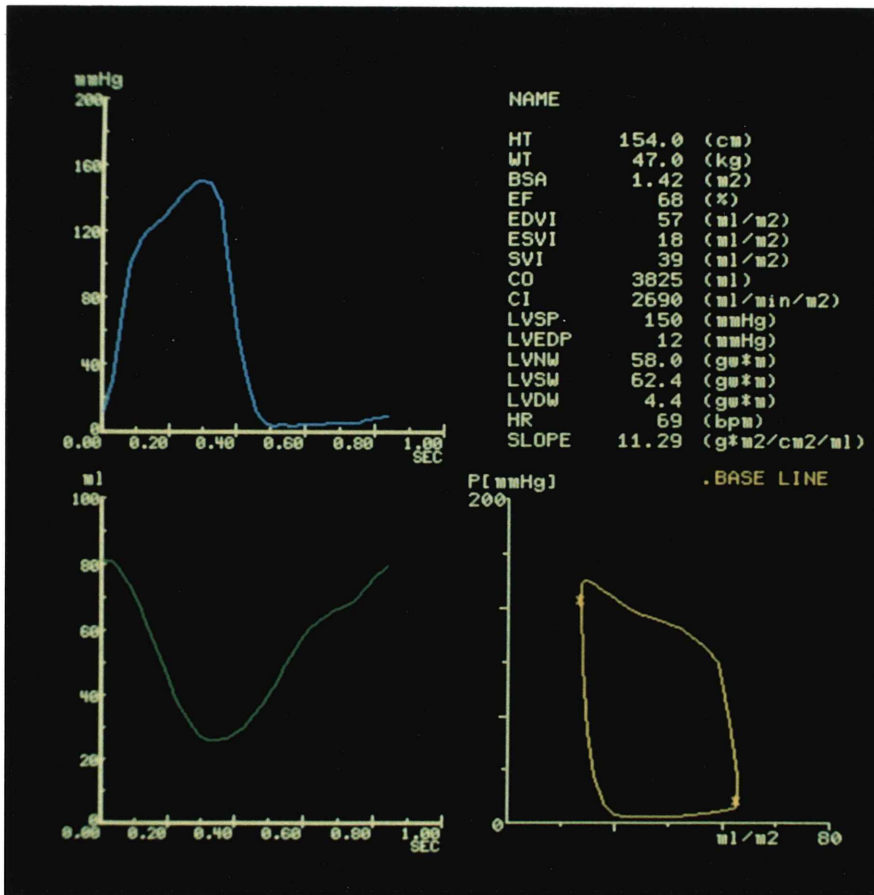
昇し、EF は低下し、P-V 曲線は上方に移動した (Fig. 3)。

### IV. 考 察

心プール法による左室容積曲線と左室内圧曲線を心電図 R 波同期信号にあわせてプロットし、P-V 曲線を作成する方法を開発した結果、baseline における左室機能の評価、心房ペーシングや薬剤負荷による心機能動態の把握などが容易にできることが判明した。Magorian ら<sup>7)</sup>や McKay ら<sup>8)</sup>によると心プール法による P-V 曲線は再現性や左室造影法による P-V 曲線との一貫性などに優れており臨床応用に期待がもたれると報告している。さらに Aroesty ら<sup>9)</sup>は冠動脈疾患患者に対して心房ペーシング負荷を行い、P-V 曲線の変化から虚血発作時の左室収縮期、拡張期機能を検討し、虚血の病態について解明している。しかし方法論に関する問題点として、彼らは心プールデータをフレームモードで収集している。特に baseline に R-R 間隔が一定でないと、得られた左室容積曲線や左室圧曲線が不正確になる。われわれはリストモードで収集しているため、最適なフレーム数に分割でき、精度の高い心機能分析が可能である。したがって、本法は心機能を表わす新しい見方を示唆しており、今後各種の心疾患に応用し、その病態解明および薬剤判定などへの期待がもたれる。

### 文 献

- 1) Ross J Jr: Cardiac function and myocardial contractility. *J Am Coll Cardiol* 1: 52-62, 1983
- 2) Rackley CE, Behar VS, Whalen RE, et al: Biplane cineangiographic determinations of left ventricular function: pressure-volume relationships. *Am Heart J* 74: 768-774, 1967
- 3) McLaurin LP, Grossman W, Stefadourous MA, et al: A new technique for the study of left ventricular pressure-volume relations in man. *Circulation* 48: 56-62, 1973
- 4) Dodge HT, Sandler H, Baxley WA, et al: Usefulness and limitations of radiographic methods for determining left ventricular volume. *Am J Cardiol* 18: 10-24, 1966
- 5) Teichholz L, Kreulen TH, Herman MV, et al: Problems in echocardiographic volume determinations:



**Fig. 1** Left ventricular pressure-volume (P-V) loop.  
 left upper: Micromanometer pressure recording  
 left lower: Radionuclide ventriculographic volume curve  
 right upper: Various parameters of left ventricular functions  
 right lower: P-V loop of the left ventricle.

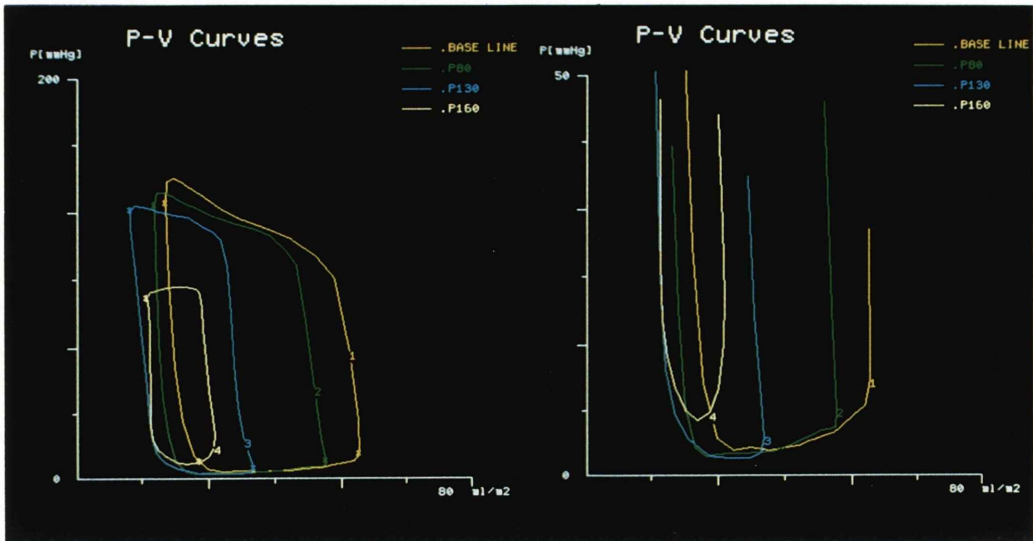


Fig. 2 Sequential P-V loops for a patient with normal coronary arteries on multi-stage pacing rates. There was a clear shift of the P-V loop to leftward with pacing tachycardia in the left panel. Diastolic P-V curves were shown in the right panel.

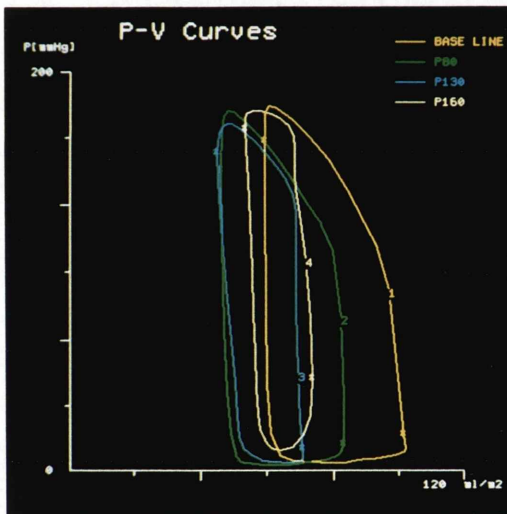


Fig. 3 Sequential P-V loops for a patient with coronary artery disease and pacing-induced ischemia. The P-V loops shifted to upward with an elevation of left ventricular end-diastolic pressure and a reduction of ejection fraction at a heart rate of 160 beats/min.

- echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *Am J Cardiol* **37**: 7-11, 1976
- 6) Strauss HW, Zaret BL, Hurlley PJ, et al: A scintigraphic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. *Am J Cardiol* **28**: 575-580, 1971
- 7) Magorien DJ, Shaffer P, Bush CA, et al: Assessment of left ventricular pressure-volume relations using gated radionuclide angiography, echocardiography, and micromanometer pressure recordings. *Circulation* **67**: 844-853, 1983
- 8) McKay RG, Aroesty JM, Heller GV, et al: Left ventricular pressure-volume diagrams and end-systolic pressure-volume relations in human beings. *J Am Coll Cardiol* **3**: 301-312, 1984
- 9) Aroesty JM, McKay RG, Heller GV, et al: Simultaneous assessment of left ventricular systolic and diastolic dysfunction during pacing-induced ischemia. *Circulation* **71**: 889-900, 1985

## Summary

### A New Method for a Left Ventricular Pressure-volume Loop Using Gated Radionuclide Ventriculography and Simultaneous Micromanometer Pressure Measurements in Human Beings

Michiaki HIROE\*, Keiichi SUGIMOTO\*\*, Takanori SHIRAI\*\*, Akira KOIKE\*\*, Akihiro NIWA\*\*, Yasuji MURAMATSU\*\*, Junichi YOKOTA\*\*, Koichi TANIGUCHI\*\*\*, Yoshiko OHTA\*, Kiyoko KUSAKABE\*, Susumu MATSUI\*\*\*\*, Nobuo KUMANO\*\*\*\* and Katsumi MIZUKAWA\*\*\*\*\*

\*Department of Radiology, Tokyo Women's Medical College

\*\*Medicine and Radiology, Hokushin Sogo Hospital

\*\*\*Department of Second Medicine, Tokyo Medical and Dental University

\*\*\*\*Toshiba Nasu Industry

\*\*\*\*\*Toshiba Medical

A new method for a left ventricular pressure-volume (P-V) loop was created to assess the P-V relations in response to heart rate by atrial pacing in 6 patients. Absolute left ventricular volume was measured using gated radionuclide ventriculography and cardiac output by Swan-Ganz catheter, and pressure recordings were simultaneously done by micromanometer catheter. Ventricular volume and pressure measurements were plotted from the synchronized R-wave into 32 points throughout a cardiac cycle. Then sequential P-V loops were drawn during atrial pacing tachycardia. The loops shifted to leftward in response to pacing tachycardia in 4 patients without pacing-induced ische-

mia. However, in 2 patients with ischemia, the loops shifted to upward with an elevation of left ventricular end-diastolic pressure and a reduction of ejection fraction.

This study indicates that P-V relations could be analyzed by this method using radionuclide volume and simultaneous pressure measurements, and that sequential P-V loop may be useful for evaluating left ventricular performance and contractility state under various interventions.

**Key words:** Pressure-volume loops, Gated radionuclide ventriculography, Micromanometer pressure, Atrial pacing.