

心房細動例における左室機能曲線による心機能評価：心電図同期心プールシンチグラフィーを用いて

Left ventricular function during atrial fibrillation assessed by left ventricular function curve using ECG-gated blood pool scintigraphy

稲垣 末次
足立 晴彦
杉原 洋樹
中川 博昭
窪田 靖志
古川 啓三
朝山 純
勝目 紘
伊地知浜夫
望月 茂*

Suetsugu INAGAKI
Haruhiko ADACHI
Hiroki SUGIHARA
Hiroaki NAKAGAWA
Yasushi KUBOTA
Keizo FURUKAWA
Jun ASAYAMA
Hiroshi KATSUME
Hamao IJICHI
Shigeru MOCHIZUKI*

Summary

Cardiac function is difficult to assess in patients with atrial fibrillation due to the widely fluctuating cycle lengths resulting in variable ventricular hemodynamics. With respect to ECG-gated blood pool scintigraphy, distortion of the time activity curve occurs due to a summation of irregular cycle lengths. Therefore, performing such a study has been regarded meaningless. To evaluate left ventricular function during atrial fibrillation using scintigraphic technique, a new processing algorithm was devised to make multiple gated images which are discriminated by the preceding R-R interval, and left ventricular filling and function curves were established.

The left ventricular filling curve, obtained by plotting end-diastolic volume against the preceding R-R intervals demonstrated an impairment of blood filling in cases of mitral stenosis and constrictive pericarditis, which resolved after mitral commissurotomy in case of mitral stenosis.

The left ventricular function curve, established by plotting stroke volume against end-diastolic volume, was analyzed according to indices such as "slope" and "position". Both of these indices

京都府立医科大学 第二内科
京都市上京区河原町広小路 (〒602)
*国立八日市病院 内科
八日市市五智町 255 (〒527)

The Second Department of Internal Medicine, Kyoto Prefectural University of Medicine, Hirokoji, Kawaramachi, Kamigyo-ku, Kyoto 602
*National Yohkaichi Hospital, Gochi-cho 255, Yohkaichi 527

Received for publication March 12, 1986; accepted April 26, 1986 (Ref. No. 31-45)

were significantly reduced in relation to the severity of heart failure according to the NYHA's functional classification and cardiomegaly on chest radiography. On individual comparisons of underlying diseases, the indices decreased in the following order; lone atrial fibrillation, hyperthyroidism, aging, hypertension, mitral valve disease, ischemic heart disease, dilated cardiomyopathy and aortic regurgitation. The indices correlated closely with ejection fraction. In cases of mitral regurgitation, however, the function curves were situated to the right and above those of lone atrial fibrillation and decreased in slope despite the fairly well-maintained ejection fraction. After treatment with digitalis and/or diuretics, the function curves shifted to the left and upward.

In conclusion, left ventricular filling and function curves based on a newly-devised algorithm of ECG-gated blood pool scintigraphy are of considerable clinical value in evaluating cardiac performance in patients with atrial fibrillation. They are widely applicable to the assessment of therapeutic and interventional effects.

Key words

Atrial fibrillation ECG gated blood pool scintigraphy Left ventricular function curve Left ventricular filling curve

はじめに

心房細動は高頻度に遭遇する不整脈の一つである。そのほとんどは基礎疾患を有するが¹⁾, そのような心房細動例は, それを合併しない症例に比して死亡率が高い^{2,3)}とされることから, その心機能評価は臨床的に重要である。しかし心房細動では心周期 (R-R 間隔) が不整で, 心動態が心拍ごとに変動するため正確な評価方法は少なく, 侵襲的, 非侵襲的方法を問わず, いかなる心臓検査法でも, 数心拍を計測した平均値を用いざるを得ない状況である。平衡時心電図同期心プールシンチグラフィ (以下, 心プール法) を用いても, 心房細動時には同様の問題点を含み, 特にこの場合にはガンマカメラを用いた測定システムの計数効率が低い。したがって一心周期の心室容量変化をカウント数で測定するには, 心電図 R 波に同期し, 数百心拍を加算して統計精度を高める必要があるなど, 方法論上の制約がある。そのため, 期外収縮の頻発する場合や R-R 間隔が不整な心房細動例への適用は困難であり, 多くの施設で検討の対象外とされてきた。

しかし心房細動では拡張期の長さが様々に変化し, 心拍ごとに左室へ流入する血液量 (前負荷) が

変化するので, 次に続く収縮期での駆出量は Frank-Starling の法則に従って, 前負荷に対応したものとなる。この現象を応用すると, 心房細動での心機能曲線を求めることが可能であり, 先行 R-R 間隔 (preceding R-R interval; PRR) の長短で分類したマルチゲート像の編集・解析により, 先行 R-R 間隔に対する左室拡張終期容量の関係から左室充満曲線が, また左室拡張終期容量に対する駆出量の関係から左室機能曲線が, それぞれ作成できる⁴⁾。今回, この左室機能曲線の定量化を試み, その成績を旧 NYHA 心機能分類および心胸郭比など, 臨床的な心不全重症度と対比するとともに, 平均駆出率とも比較検討した。さらに左室機能曲線による心不全治療の効果判定法, また左室充満曲線による僧帽弁交連切開術の効果判定法としても応用し, その有用性を評価したので報告する。

対 象

対象は比較的若年 (50 歳以下) の心房細動例で, 基礎疾患の明らかでない孤立性心房細動 (lone Af) 2 例, 高齢ではあるが明らかな心疾患のない者 (高齢者) 9 例, 甲状腺機能亢進症 4 例, 僧帽弁狭窄症 7 例, 僧帽弁閉鎖不全症 5 例, 大動脈弁閉

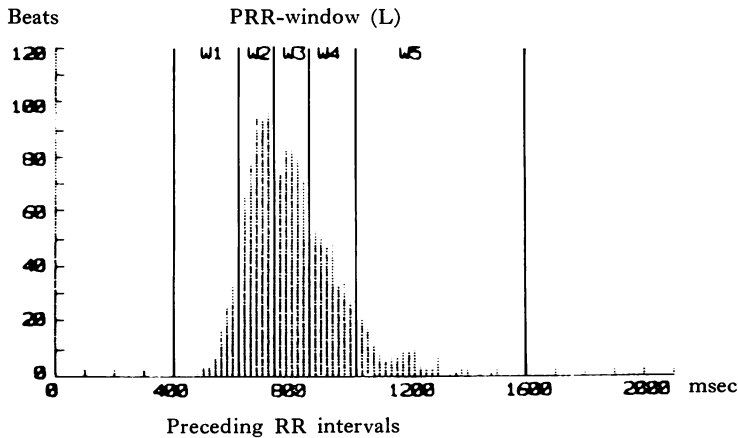


Fig. 1. A representative example of the R-R interval histogram displayed on CRT, where six cursors are used to preset five PRR-windows.

W 1, 2, ..., n mean the 1st, 2nd, ..., nth PRR-window.
PRR=preceding R-R interval.

f

鎖不全症 2 例, 連合弁膜症 7 例, 虚血性心疾患 6 例, 高血圧症 5 例, 拡張型心筋症 3 例, 収縮性心外膜炎 2 例の計 52 例である. 臨床的心不全重症度として旧 NYHA 心機能分類により 4 群 (I=17 例, II=18 例, III=10 例, IV=5 例) に, また胸部単純写真の心胸郭比 (CTR) により 4 群 (49% 以下 11 例, 50~59% 18 例, 60~69% 15 例, 70% 以上 6 例) に分類して検討した. また 3 例で心不全治療前後に, 1 例 (52 歳女性) で僧帽弁交連切開術前後の値を比較検討した.

方 法

1. データ収集

^{99m}Tc (20 mCi) を用いて in vivo 赤血球標識による心 RI アンジオグラフィーを行った後, 血中放射能が平衡に達した時点で, ガンマカメラ (日立ガンマビュー F または Searle LFOV) を左右心室の最も明瞭に分離できる左前斜位に設定し, 撮像した. イメージデータはリストモードを用いて, 心電図信号と 10 msec ごとのタイマーととも収集し, 核医学データ処理装置 (日立 HARP RP-100Z または島津 Scintipac 1200) 内蔵の磁気ディスクへ転送した.

2. データ処理

1. 先行 R-R 間隔別 マルチゲート像の編集: リストモードにて同時採取した心電図 R 波トリガーを順次検出し, すべての R-R 間隔 (RR) のデータファイル (RR table) を作成するとともに, R-R ヒストグラムとして画面に表示し, これを症例ごとの分布に応じて適宜 4~5 分割して先行 R-R 間隔幅 (PRR window) を設定した (Fig. 1). イメージ編集は既報⁴⁾のアルゴリズムにより, RR table を参照しながらおのおのの先行 R-R 間隔に続く RR だけを弁別し, 対応するリストモードデータのみをフレームモードへ変換 (64×64 pixels, 1 frame=30 msec) して, 先行 R-R 間隔別マルチゲート像を得た. なお短い R-R データ加算による収縮終期付近の精度低下を防ぐため, 500 msec 以下の R-R データはイメージ変換せずに除去した.

2. マルチゲート像の解析: 左室関心領域は拡張終期および収縮終期像に設定し, バックグラウンド減算のち左室の time activity curve を作成した. 検査終了時に採血した 10 ml の静脈血カウント数を用いて, Dehmer ら⁵⁾の方法により左室カウント数を絶対量 (ml) へ変換し, 体表面積で

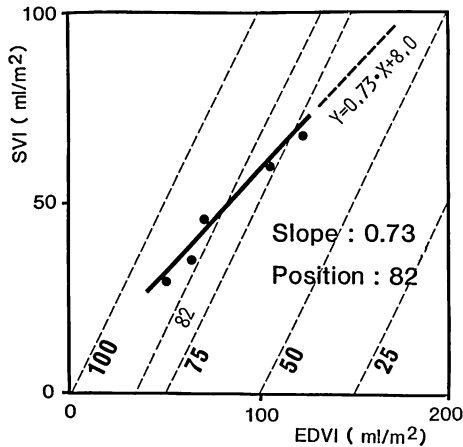


Fig. 2. Schematic illustration to determine "slope" and "position" of the left ventricular function curve.

Slope (0.73 in the present case) is obtained as coefficient of a linear regression line. Position (82 in the present case) is determined by a scoring line (dashed and slant lines) which intersects at the center of a given function curve.

EDVI=end-diastolic volume index; SVI=stroke volume index.

補正して, 拡張終期容量 (end-diastolic volume index; EDVI) および駆出量 (stroke volume index; SVI) を算出した. また先行 R-R 間隔を考慮せずに一括して加算したマルチゲート像を同様に解析し, 平均駆出率を求めた.

3. 左室充満曲線の作成

縦軸に EDVI, 横軸に先行 R-R 間隔をとり, PRR-window の中央値に対する EDVI をプロットして作成した.

4. 左室機能曲線の作成と定量的評価

縦軸に SVI, 横軸に EDVI をとり, 先行 R-R 間隔ごとの値をプロットして作成した.

一般的に心機能曲線は, 正常対照と比較して, 上下・左右の位置関係や曲線の傾きから異常であるか否か判断されるが, 二次元平面上に表現されたままでは客観性に乏しく, 多数の症例を対象とした比較が困難である. それゆえ本研究では左室機能曲線の傾き (slope) と位置 (position) を定量

化して検討した (Fig. 2). まずプロットして作成した左室機能曲線は結果的には curvilinear であったが, 便宜的に直線回帰し, その勾配を slope とした. また左室機能曲線図上で, 原点と EDVI 200 ml/m², SVI 200 ml/m² の点を結ぶ線より右下方に, EDVI 200 ml/m², SVI 0 ml/m² の点まで平行に 100 等分し, 与えられた左室機能曲線の中心が存在する位置を 100~0 のスコアにより算出して position とした. すなわち左室機能曲線が左上方に位置するほど高くスコア化した.

結 果

1. 左室充満曲線

1. 疾患による特徴: 左室充満曲線を疾患別に検討すると (Fig. 3), 若年の孤立性心房細動や明かな心疾患を認めない高齢者では, 先行 R-R 間隔の延長とともに拡張終期容量は増加し, 充満曲線は急峻に立ち上がり, その後プラトーに達する傾向を示した. これに対し僧帽弁狭窄症での拡張終期容量は緩徐な増加を続け, 左室への流入障害を示唆した. また収縮性心外膜炎例では, 先行 R-R 間隔に対して拡張終期容量はほとんど変化を示さず, 硬化した心外膜による充満障害を示唆した.

2. 治療効果の判定: 術前 0.9 cm² の僧帽弁口面積が直視下交連切開術にて 1.8 cm² に増加した僧帽弁狭窄症例では, 術後の左室充満曲線は術前に比べて傾きがやや急となり, 僧帽弁口開大による左室流入の改善を示した (Fig. 4).

2. 左室機能曲線

1. 旧 NYHA 心機能分類との対比: 各症例で先行 R-R 間隔ごとの EDVI に対する SV をプロットして求めた左室機能曲線は, 臨床的な心不全重症度として旧 NYHA 心機能分類と対比した場合, 4 群に分類された. Class I では全体として曲線の傾きは急峻で, かつ左上方に位置し, Class II では傾きはやや緩やかとなり右下方に偏位, Class III, Class IV の順に, この傾向は顕著であった (Fig. 5, top). これらを傾き (slope)

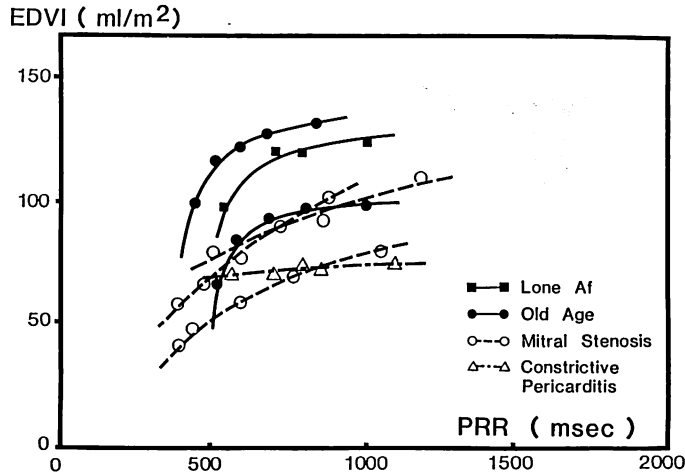


Fig. 3. Comparison of the left ventricular filling curves in various diseases.

In lone atrial fibrillation and in the aged, the initial portions of the filling curves are steep, and the later portions are nearly flat with the long PRR exceeding 1000 msec. In mitral stenosis, however, the curves are less steep and EDVI gradually increase throughout the measured PRR.

Abbreviations are as in Figs. 1 and 2.

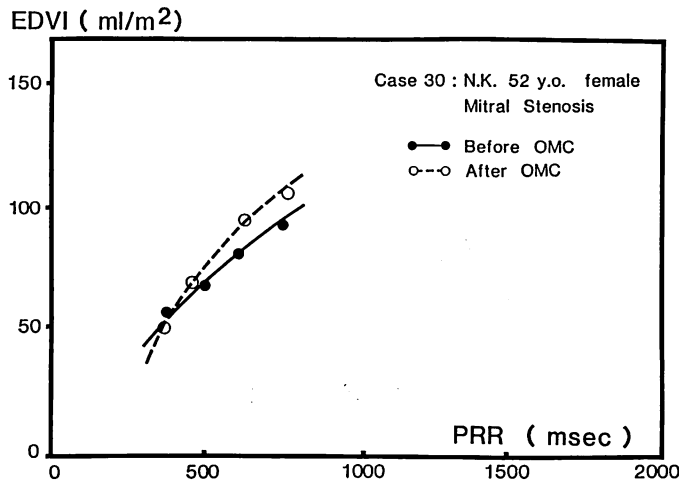


Fig. 4. Changes in the left ventricular filling curve in mitral stenosis before and after open mitral commissurotomy (OMC).

と位置 (position) の2指標で見ると, Class I では $\text{slope}=1.27\pm 0.36$, $\text{position}=81.8\pm 5.95$ (mean \pm SD), Class II ではそれぞれ 0.85 ± 0.22 , 75.0 ± 9.05 , Class III では 0.66 ± 0.23 , 55.2 ± 13.9 , Class IV では 0.55 ± 0.20 , 33.4 ± 12.9 となり, 各

群間に両指標, あるいはいずれかで有意差を認めた (Fig. 6).

2. 心胸郭比との対比: 心不全重症度を推定するのに最も簡易である心胸郭比との対比では, その増大群ほど左室機能曲線の傾きは緩やかとな

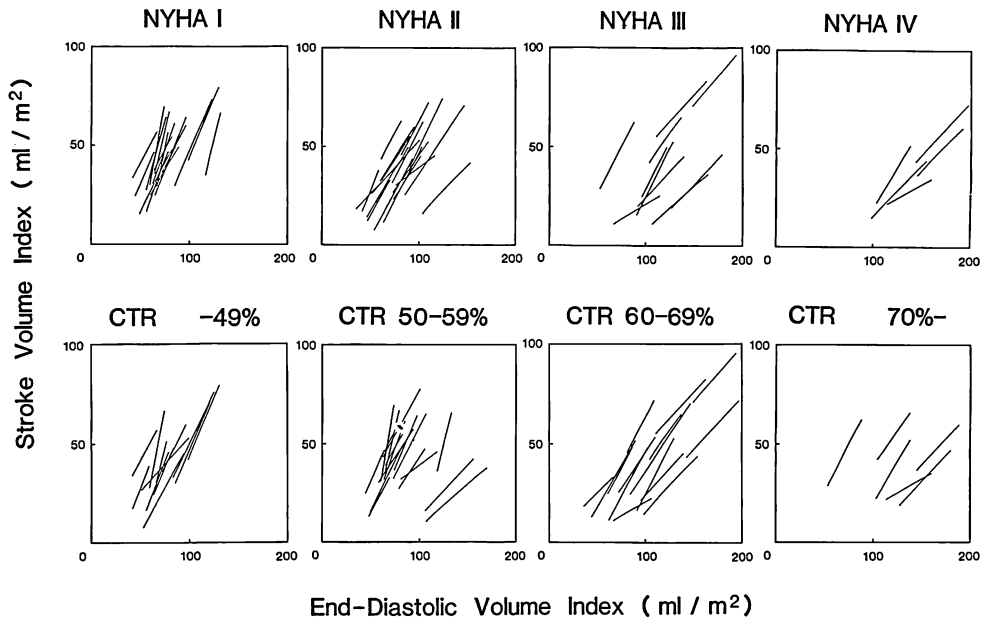


Fig. 5. Comparison of the left ventricular function curves in each group according to the NYHA's functional classification (top) and with the cardiothoracic ratios (CTR) (bottom).

Note that the function curves become less steep and shift to the right and downward with progress of heart failure.

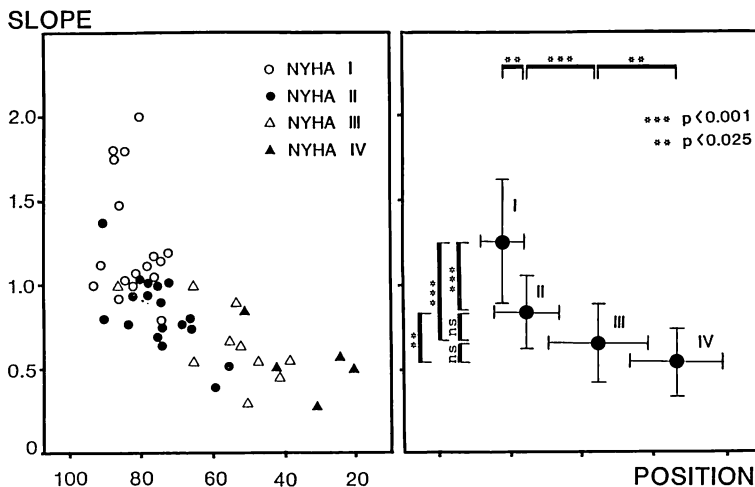


Fig. 6. Comparison of slope and position of the left ventricular function curves in each group classified by NYHA's functional class.

Mean values ± 1 standard deviation are plotted.

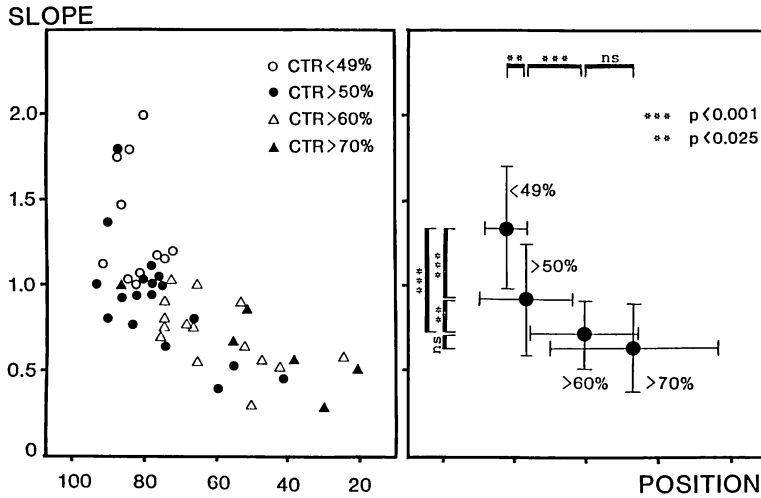


Fig. 7. Comparison of slope and position of the left ventricular function curves in each group classified by the cardiothoracic ratios (CTR).

Mean values \pm 1 standard deviation are plotted.

り、右下方に位置する傾向を認めた (Fig. 5, bottom). Slope と position の値はそれぞれ CTR < 49% の場合 1.35 ± 0.36 , 81.7 ± 5.89 , CTR が 50~59% では 0.92 ± 0.33 , 76.3 ± 13.0 , 60~69% の場合 0.72 ± 0.20 , 60.3 ± 15.2 , CTR < 70% では 0.65 ± 0.26 , 44.6 ± 23.2 となり、後 2 群間には有意差はないが他の各群間に両指標、あるいはいずれかで有意差を認めた (Fig. 7).

3. 疾患別の比較: 孤立性心房細動例や甲状腺機能亢進症では slope, position はともに高値を示し、高齢者、高血圧症、虚血性心疾患、拡張型心筋症の順に両指標は低値を示した。弁膜症では僧帽弁狭窄症で slope がやや低下し、大動脈弁閉鎖不全症は両指標とも著明に低下を示した。僧帽弁閉鎖不全症では広範囲に分布したが、EDVI, SVI とともに高値をとることが多く、実際の左室機能曲線は右方に偏位し、かつ上方に位置する例がみられた (Fig. 8)。また収縮性心外膜炎では先行 R-R 間隔に対する EDVI 変化が僅少のため、左室機能曲線は描けず、プロットした点が集簇する特徴的なパターンを呈した。

4. 平均駆出率との関係: 先行 R-R 間隔を考

慮せず一括加算したマルチゲート像から求めた平均駆出率を、50% 以上、30~49%, 29% 以下の 3 群に大別すると、低下群ほど slope, position 値は小であった。しかし個々の症例ごとに見ると、僧帽弁閉鎖不全症の 3 例では、平均駆出率が 50% 以上であるにもかかわらず slope が低値を示した (Fig. 9 left)。これらでは EDVI, SVI とともに増大しており、左室機能曲線は右上方に位置した (Fig. 9 right)。

5. 治療効果の判定: 左心不全を呈して入院した 3 症例でジギタリス、利尿剤などによる心不全治療前後を比較すると、大動脈弁閉鎖不全症兼僧帽弁閉鎖不全症例 (52 歳, 男性) では上記薬剤により左室機能曲線は左上方へ移動し、傾きがやや急となった。僧帽弁狭窄症例 (62 歳, 女性) では利尿剤により左方へ移動した。また虚血性心疾患例 (70 歳, 女性) ではジギタリスにより左上方へ移動した (Fig. 10)。

考 按

心房細動における心動態は、有効な心房収縮がなく心室収縮が不規則な点で、正常洞調律の場合

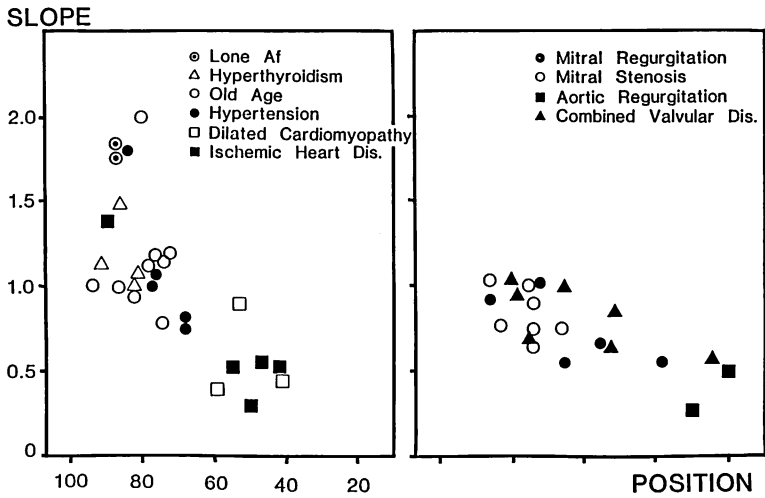


Fig. 8. Comparison of slope and position of the left ventricular function curves in various diseased entities.

Both of the indices decrease in the following order: lone atrial fibrillation, hyperthyroidism, the aged, hypertension, mitral stenosis, ischemic heart disease, dilated cardiomyopathy, and aortic regurgitation.

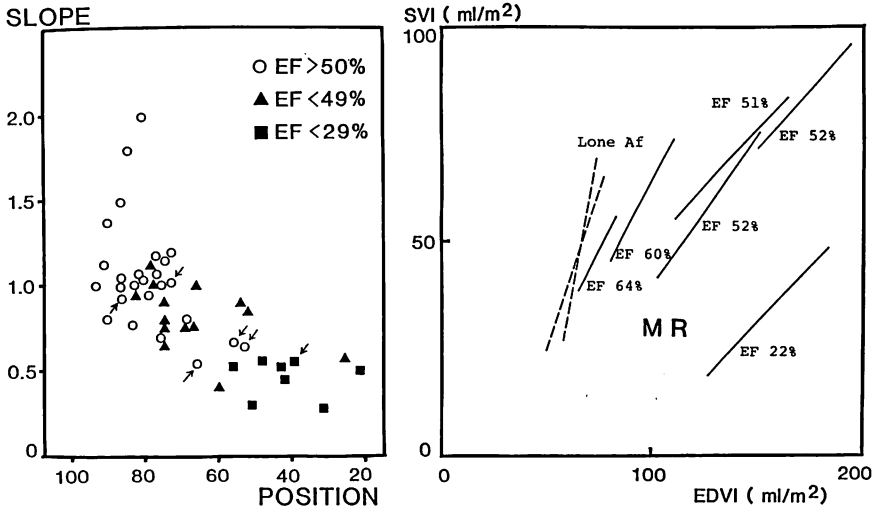


Fig. 9. Comparison of slope and position with ejection fraction (EF).

Both of these indices correlate closely with EF except for some cases of mitral regurgitation (MR) indicated by arrows. The curves of MR, which have a decrease in slope despite fairly well maintained EF, are situated to the right and upward of those of lone atrial fibrillation (right).

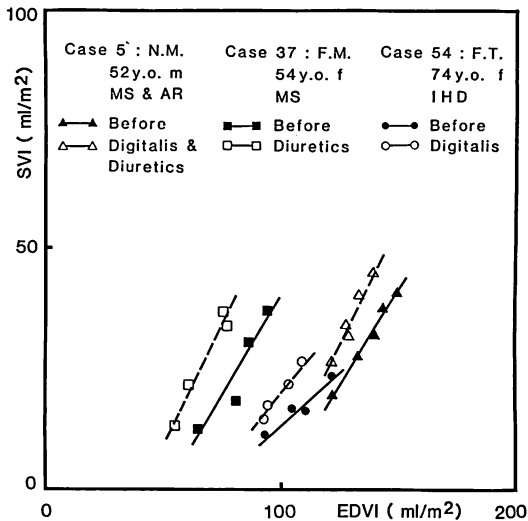


Fig. 10. Changes in the left ventricular function curves in 3 patients with manifest congestive heart failure after treatment with digitalis and/or diuretics.

Note the distinct shift of curves to the left and upward.

MS=mitral stenosis; MR=mitral regurgitation; AR=aortic regurgitation; IHD=ischemic heart disease.

と大きく異なる。特に、不整調律のために前負荷、後負荷、心筋収縮性などが心拍ごとに変動し^{6,7)}、したがって心房細動例の心機能評価は容易でない。左室造影法を例にとれば、トレース可能なものは連続した3~4心拍程度なので、心房細動における心機能のvariabilityを評価するには少なすぎる。また一般的に数心拍分の指標を計測し、その平均値を代表とすることも多いが、本来変動する心機能を単一の値で評価することにも問題がある^{8,9)}。このように心房細動例の心機能はvariableであるがゆえに、測定方法による制約とともに、求めた諸指標の扱いには未解決な点があり、確実な評価方法が少ないのが現状である。

心房細動では拡張期の長さが様々に変化し、心拍ごとに左室へ流入する血液量、すなわち前負荷が変化する現象が生じる。続く収縮期での駆出量

は Frank-Starling の法則に従って前負荷に応じたものとなる。したがって異なった前負荷に対する左室からの駆出量の関係を見ることにより、一種の左室機能曲線を求めることが可能となる。すなわち、正常洞調律での左室機能曲線は心房ペースング¹⁰⁻¹²⁾、容量負荷¹³⁾、薬剤負荷¹⁴⁾、または静脈灌流の制限¹⁵⁾などの負荷を併用しなければ求め得ないが、心房細動ではそれらを必要とせずで作成可能である。

この観点から、心房細動における左室機能曲線は種々の方法で作成されてきた。前負荷の指標として、本来収縮開始時の心筋筋長¹⁶⁾が望ましいが、測定が困難なため、これに代えて左室に装着した mercury resistance gauge による筋長や左室拡張終期圧¹⁷⁾、心膜につけた金属クリップをシネ撮影して推定した左室径¹⁸⁾、左室造影法で求めた拡張終期容量^{19,20)}などを横軸にとり、これに対して左室収縮期圧、大動脈圧、駆出量、左室仕事量などを縦軸にとった左室機能曲線が報告されてきた。しかし、これらは侵襲的検査を必要とし、臨床応用は困難である。近年、非侵襲的検査法の進歩により、心エコー図法による左室容量測定をもとに作成した左室機能曲線²⁰⁾や、核医学検査では single probe 法による心拍毎の time activity curve 解析^{8,9,22)}、心プール法による左室容量曲線の試み²³⁾などが散見される。しかし左心機能の客観的評価としての応用や、臨床的な心不全重症度と対比したものは極めて少なく、殊に心プール法を用いた報告はない。

本研究で示したような心プール法を用いた心房細動例の左室機能解析法の利点は数多い。すなわち、心プール法が非侵襲的で臨床に幅広く安全に適用され、得られた情報は検者の技術に左右されることが少なく、心室形状に影響されずにその容量を算出しうることが挙げられる。さらに安静時のデータから、コンピューター処理により、比較的容易に左室機能曲線や左室充満曲線が得られることもある。これらの曲線の解析は、換言すれば心房細動例における左室機能のvariabilityの評

価と言い得る。

左室充満曲線においては、若年の孤立性心房細動や明かな心疾患を認めない高齢者と比較して、僧帽弁狭窄症や収縮性心外膜炎例で特徴的な所見を呈した。僧帽弁狭窄症では弁口狭窄による拡張早期の急速流入が障害されるので、左室の血液充満は拡張期の長さ強く影響され、殊に心房収縮の関与がない心房細動では、左室拡張期容量は全拡張期を通じて漸増する²⁴⁾。これは、我々の左室充満曲線による検討では、先行 R-R 間隔の延長に対する拡張終期容量の緩徐な増加として反映されている。同症の1例で、直視下交連切開術後の左室充満曲線が術前のそれに比べその傾きがやや急峻化したのは、僧帽弁口開大による左室流入の改善によるものと考えられ、これにより治療効果の判定を行いうる可能性がある。収縮性心外膜炎例では先行 R-R 間隔の延長に対して拡張終期容量にほとんど変化がなく、心室拡張性が高度に制限された病態が反映されていた。ただし収縮性心外膜炎例以外でも、心拍数が低く、先行 R-R 間隔が約 1000 msec 以上となると、充満曲線はプラトーに達してしまうため、その判定には採取された先行 R-R 間隔の範囲に注意する必要がある。

前述のように、左室機能曲線の作成には測定方法により種々の指標が用いられるので、その意義は単一のものではない。本法では縦軸に SVI を採っているため、左室機能曲線には後負荷の影響が考慮されておらず、これが直ちに心筋収縮性を表わすとは言えないが、ポンプ機能の評価という点で意義がある。通常、左室機能曲線は二次元平面上に描画されるので、上下・左右の位置関係や曲線の傾きを、正常対照または各種治療や負荷前と比較することで視覚的にも判断しうる反面、客観性に乏しく、多数例を対象とした検討が困難である。この点を解決するため、左室機能曲線の傾きと位置の定量化を工夫した。左室機能曲線を旧 NYHA 心機能分類や心胸郭比により分類して比較すると、重症群ほど右下方に位置するとともに、傾きは減少し、本法による左室機能曲線の位

置と傾きが視覚的にも定量的にも、臨床的な心不全重症度とよく一致することを認めた。

左室機能曲線を疾患別に比較した報告は極めて少ない。藤井ら²¹⁾は10例を検討し、孤立性心房細動と比較して、陳旧性心筋梗塞症や大動脈弁閉鎖不全症では右方に、僧帽弁閉鎖不全症では右上方へ偏位し、僧帽弁狭窄症で左方または右方に位置すると報告した。われわれの slope および position による定量的評価では、孤立性心房細動や甲状腺機能亢進症で両指標は高値をとり、高齢者の心房細動、高血圧症、虚血性心疾患、拡張型心筋症、大動脈弁閉鎖不全症の順に両指標は平行して低下した。原因となる基礎疾患がなく、心房細動を唯一の所見とするものは孤立性心房細動と呼ばれているが、White²⁵⁾は50歳以上のものに多いこのような状態は、心疾患の徴候というよりは、白髪のごとき機能的異常であると述べている。今回対象とした高齢者の心房細動には軽度の動脈硬化を認めたものも含めたが、そのポンプ機能は良好であった。

大動脈弁閉鎖不全症と心房細動の合併の報告は少ないが、検討した2例ともに slope, position のいずれも著明に低下していたことは、本症での心房細動合併の意義を示すものであろう。僧帽弁狭窄症で position は孤立性心房細動のそれに近いが、slope が低下していたことは、左室の代償性拡大を示さず、収縮性の低下もしくはポンプ機能障害の存在を示唆するものであろう。僧帽弁閉鎖不全症での左室機能曲線は右方、かつ上方に偏位するものが多く、明らかに他疾患群と分離して位置する例がみられ、しかも slope の低下を伴うことは特異である。本症では左室からの駆出に際し低圧系の左心房への逆流が起るので、後負荷が軽減される結果、収縮性が低下した状態でも駆出率は見掛け上高く保たれ、これを過大評価することが指摘されている。我々の結果でも、3例で、平均駆出率が50%以上であるにも拘らず slope は低値という相反した結果が示されたことは、これを裏付けるものである。これらの現象より、本症

では駆出率に代わる指標が検討されている^{26~28)}が、本法の slope による評価法は、心筋細動に限るとはいえ、その打開策の一つであろう。

本法による左室機能曲線は、動物実験ではなく、臨床例を対象として求めたものなので、心拍ごとに変動する前負荷、後負荷、心筋収縮性の3要因を互いに独立させて検査することは不可能であり、一方、心筋細動における心機能を規定する最大の要因は前負荷とされている⁶⁾ことから、この変化に注目してポンプ機能を評価することは有意義と考えられる。しかし、他の2要因の関与、すなわち拡張期が長いほど大動脈拡張期圧(後負荷)が低下し、続く心拍における駆出率が増加する影響²⁹⁾や、先々行 R-R 間隔/先行 R-R 間隔比が小さいほど、次に続く心拍の収縮性が増強する post-extra systolic potentiation 類似の影響^{30~34)}は考慮されていないので、本法による左室機能評価の際には、その点の認識が必要である。

さらに今回の問題点は、リストモードでデータ収集したため、収集時に大量の記憶容量を必要とし、イメージ変換処理に時間がかかることであった。しかし我々は新しいアルゴリズムを用いた先行 R-R 間隔別マルチゲート像の同時編集法を既に開発した³⁵⁾。これにより記憶容量の節約と処理時間の解消が実現され、臨床応用はさらに容易になった。

今後は同一症例の長期観察、各種治療や薬剤負荷における急性および慢性効果を検討する予定である。

要 約

心筋細動例の心機能評価を目的とし、心電図同期心プールシンチグラフィを用いて先行 R-R 間隔別マルチゲート像を編集し、左室充満曲線および左室機能曲線を作成して検討した。

1. 左室充満曲線では、僧帽弁狭窄症や収縮性心外膜炎で左室充満障害が示され、前者では交連切開術後に傾きが急峻となり、治療効果の判定が可能であった。

2. 左室機能曲線を旧 NYHA 心機能分類や心胸郭比などの臨床的な心不全重症度と対比すると、重症群ほど右下方に位置し、傾き (slope) と位置 (position) による定量的評価では、両指標の低下として表現された。

3. 疾患別の比較では、slope と position は孤立性心筋細動例や甲状腺機能亢進症で大であり、高齢者、高血圧症、僧帽弁狭窄症、虚血性心疾患、拡張型心筋症、大動脈弁閉鎖不全症の順に低下した。僧帽弁閉鎖不全症では右上方へ位置し、slope は低下した。

4. 平均駆出率と左室機能曲線による評価は、僧帽弁閉鎖不全症を除き、一致する傾向を認めた。

5. 心不全治療により、左室機能曲線は左方もしくは左上方へ推移し、治療効果の判定に有用であった。

文 献

- 1) Kannel WB, Abott RD, Savage DD, McNamara PM: Epidemiologic features of chronic atrial fibrillation: The Framingham study. *N Engl J Med* **306**: 1018, 1982
- 2) Gajewski J, Singer RB: Mortality in an insured population with atrial fibrillation. *JAMA* **245**: 1540, 1981
- 3) Kramer RJ, Zeldis SM, Hamby RI: Atrial fibrillation: A marker for abnormal left ventricular function in coronary heart disease. *Br Heart J* **47**: 606, 1982
- 4) Inagaki S, Adachi H, Mochizuki S, Sugihara H, Nakagawa H, Kubota Y, Niki I, Katsume H, Ijichi H, Koike K: Evaluation of left ventricular function in patients with atrial fibrillation by ECG gated blood pool scintigraphy: Analysis of left ventricular filling and function curve. *Jpn J Nucl Med* **22**: 1765, 1985 (in Japanese)
- 5) Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD, Twieg D, Falkoff M, Parkey RW, Willerson JT: Nongeometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. *Am J Cardiol* **45**: 293, 1980
- 6) Karlner JS, Gault JH, Bouchard RJ, Holzer J: Factors influencing the ejection fraction and the mean rate of circumferential fibre shortening dur-

- ing atrial fibrillation in man. *Cardiovasc Res* **8**: 18, 1974
- 7) Abildskov JA, Millar K, Burgess MJ: Atrial fibrillation. *Am J Cardiol* **28**: 263, 1971
 - 8) Schneider J, Berger HJ, Sands MJ, Lachman AB, Zaret BL: Beat-to-beat left ventricular performance in atrial fibrillation: Radionuclide assessment with the computer nuclear probe. *Am J Cardiol* **51**: 1189, 1983
 - 9) Benjelloun H, Itti R, Phillippe L, Lorgeron JM, Brochier M: Beat-to-beat assessment of left ventricular ejection in atrial fibrillation. *Eur J Nucl Med* **8**: 206, 1983
 - 10) Parker JO, Khaja F, Case RB: Analysis of left ventricular function by atrial pacing. *Circulation* **43**: 241, 1971
 - 11) Linhart JW: Pacing-induced changes in stroke volume in the evaluation of myocardial function. *Circulation* **43**: 253, 1971
 - 12) Morton MJ, McAnulty JH, Rahimtoola SH: "Ventricular function curve" from a single diagnostic left ventriculogram: Technique, results and value. *Am J Cardiol* **41**: 710, 1978
 - 13) Kelly DT, Spotnitz HM, Beiser DG, Pierce JE, Epstein ST: Effects of chronic right ventricular volume and pressure loading on left ventricular performance. *Circulation* **44**: 403, 1971
 - 14) Ross JJr, Braunwald E: The study of left ventricular function in man by increasing resistance to ventricular ejection with angiotensin. *Circulation* **29**: 739, 1964
 - 15) Ross JJr, Braunwald E: Studies on Starling's law of the heart. 6. The Effects of impeding venous return on performance of the normal and failing human left ventricle. *Circulation* **30**: 719, 1964
 - 16) Starling EH: The Linacre Lecture on the Law of the Heart. Longmans, Green & Co. Ltd, London, 1918
 - 17) Braunwald E, Frye RL, Aygen MM, Gilbert JW: Studies on Starling's law of the heart. 3. Observation in patients with mitral stenosis and atrial fibrillation on the relationship between left ventricular end-diastolic segment length, filling pressure, and the characteristics of ventricular contraction. *J Clin Invest* **39**: 1874, 1960
 - 18) Goldblatt A, Harrison DC, Glick G, Braunwald E: Studies on cardiac dimensions in intact, unanaesthetized man. 2. Effects of respiration. *Circ Res* **13**: 455, 1963
 - 19) Dodge HT, Kirkham FT, King CV: Ventricular dynamics in atrial fibrillation. *Circulation* **15**: 335, 1957
 - 20) Gleason WL, Braunwald E: Studies on Starling's law of the heart. 6. Relationship between left ventricular end-diastolic volume and stroke volume in man with observations on the mechanism of pulsus alternans. *Circulation* **25**: 841, 1962
 - 21) Fujii J, Watanabe H, Watanabe T, Kato K: Left ventricular function curve determined by ultrasound cardiography (UCG). *Heart* **6**: 1543, 1974 (in Japanese)
 - 22) Bacharach SL, Green MV, Bonow RO, Findley SL, Ostrow HG, Johnston GS: Measurement of ventricular function by ECG gating during atrial fibrillation. *J Nucl Med* **22**: 226, 1981
 - 23) Minato K, Yonekura Y, Yamamoto K, Mukai T, Tamaki N, Fujita T, Ishii Y, Hirakawa A, Torizuka K: A method of measuring the LV-curve for atrial fibrillation. *Jpn J Nucl Med* **18**: 87, 1981 (in Japanese)
 - 24) Shabetai R: Profiles in constrictive pericarditis, cardiac tamponade, and restrictive cardiomyopathy. in *Cardiac Catheterization and Angiography*. edited by Grossman W, Lea & Febiger, Philadelphia, 1974, p 307
 - 25) White PD: *Heart Disease*. 4th ed, McMillan Co, New York, 1951, p 899
 - 26) Borow KM, Green LH, Mann T, Sloss LJ, Braunwald E, Collins JJJr, Cohn L, Grossman W: End-systolic volume as a predictor of postoperative left ventricular performance in volume overload from valvular regurgitation. *Am J Med* **68**: 655, 1980
 - 27) Grossman W, Braunwald E, Mann T, McLaurin LP, Green LH: Contractile state of the left ventricle in man as evaluated from end-systolic pressure-volume relations. *Circulation* **56**: 845, 1977
 - 28) 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, 1981
 - 29) Einthoven W, Korteweg AJ: On the variability of the size of the pulse in case of auricular fibrillation. *Heart* **6**: 107, 1915
 - 30) Koch-Weser J, Blinks JR: The influence of the interval between beats on myocardial contractility. *Pharmacol Rev* **15**: 601, 1963
 - 31) Meijler FL, Strackee J, Van Capelle FJL, Du Perron JC: Computer analysis of the RR interval-contraction relationship during random stimulation of the isolated heart. *Cir Res* **22**: 695, 1968
 - 32) Rogel S, Mahler Y: Myocardial tension in atrial fibrillation. *J Appl Physiol* **27**: 822, 1969

- 33) Edmands RE, Greenspan K, Fisch C: The role of inotropic variation in ventricular function during atrial fibrillation. *J Clin Invest* **49**: 738, 1970
- 34) Gibson DG, Broder G, Sowton E: Effect of varying pulse interval in atrial fibrillation on left ventricular function in man. *Br Heart J* **33**: 388, 1971
- 35) Inagaki S, Adachi H, Sugihara H, Kubota Y, Nakagawa H, Okamoto K, Katsume H, Ijichi H, Hirataka K, Hosoba M, Wani H: A method for multiple gated acquisition with discrimination of preceding R-R intervals during atrial fibrillation. *Jpn J Nucl Med* **22**: 1591, 1985 (abstr) (in Japanese)