

肥大型心筋症の左室局所拡張機能: Sector analysis を適用した心電図順・逆方向同期心プールスキャン法による検討

Regional left ventricular diastolic function in hypertrophic cardiomyopathy: Application of "sector analysis" to ECG forward and reverse gated radionuclide ventriculography

石田 良雄
松原 昇
谷 明博
尾崎 仁
松山 泰三
佐藤 秀幸
堀 正二
北畠 颯
鎌田 武信
小塚 隆弘*

Yoshio ISHIDA
Noboru MATSUBARA
Akihiro TANI
Hitoshi OZAKI
Taizo MATSUYAMA
Hideyuki SATO
Masatsugu HORI
Akira KITABATAKE
Takenobu KAMADA
Takahiro KOZUKA*

Summary

To estimate regional left ventricular (LV) diastolic filling patterns in hypertrophic cardiomyopathy (HCM), a computer-assisted method by applying "sector analysis" to ECG forward and reverse gated radionuclide ventriculography was developed. Fourteen patients with HCM (four with localized septal hypertrophy, seven with apical hypertrophy and three with septal and apical hypertrophy according to echocardiography) were observed at rest. After establishing serial 20 msec imaged frames, the LV region of interest was subdivided into eight sectors radiating from the geometric center. A time-activity curve was generated for each sector and was fitted by third-order harmonics of the Fourier series. From each fitted curve, the regional peak filling rate (rPFR) and the time to rPFR (rTPFR) in the forward gating method and regional atrial contribution to filling (rAC/FV) in the reverse gating method were calculated. The coefficient of variance of rTPFR was used as an index of LV diastolic asynchrony.

大阪大学医学部 第一内科
*大阪大学医学部附属病院 中央放射線部
大阪市福島区福島 1-1-50 (〒553)

The First Department of Medicine, Osaka University School of Medicine, and *Division of Nuclear Medicine, Osaka University Hospital, Fukushima 1-1-50, Fukushima-ku, Osaka 553

Received for publication July 25, 1988; accepted August 20, 1988 (Ref. No. 35-PS 75)

In HCM, a prominent delay of rTPFR was observed in the hypertrophied regions. The coefficient of variance of rTPFR correlated inversely with global LVPFR ($r = -0.62, p < 0.05$), indicating that diastolic asynchrony is one of the determinants of the LV early filling rate. Regional AC/FV was augmented in the hypertrophied regions, indicating the important role of atrial systolic LV filling for slowed early filling. Thus, this new method provides valuable information concerning regional diastolic LV wall mechanics in HCM.

Key words

Hypertrophic cardiomyopathy
ventriculography

Diastolic filling patterns
Sector analysis

Diastolic asynchrony

Radionuclide

はじめに

冠動脈疾患あるいは肥大型心筋症では、局所心筋の収縮、弛緩異常の特徴を観察することにより、左室全体の機能評価よりも敏感に心機能異常を検出できる場合が多い。また、これらの疾患で種々の治療効果を判定する場合、局所機能評価がより直接的である。実験的には、超音波クリスタルによる計測法が開発されて、虚血心、肥大型の左室壁動態の力学的検討が行われてきた。これらの基礎的解析をもとに、臨床的にも局所機能評価の試みが、左室造影法、心プールのスキニング法、心エコー図法を用いて、画像処理法の開発により進歩してきている。心プールのスキニング法では、すでに左室画素毎の放射能時系列曲線をフーリエ解析し、phase, amplitude の値より局所収縮機能異常を診断する方法 (phase analysis) が普及したが、一画素の放射能曲線では低いカウント値による統計的誤差が大きいためその限界が指摘されている¹⁾。これに代わって、左室を数個のセクターに分割して解析する sector analysis が開発され、画素数を増やすことにより統計的誤差が減少し、また局所機能異常部位の同定が容易になる、などの有用性により、現在では本法が好んで用いられている。また、phase analysis では、収縮期および拡張期の異常をそれぞれ分離して評価することが困難であったが、sector analysis では、どちらの時相において異常が生じているかを評価することが可能である。そこで、本研究では、肥大型心筋症にお

いて左室拡張期充満機能を局所で評価することを目的に、心電図 R 波順・逆同期心プールのスキニング法に sector analysis を導入した新しい局所解析法を開発し、本疾患の左室局所拡張機能を検討した。肥大型心筋症では、左室拡張早期充満の低下が観察され、左室弛緩速度の低下が主たる原因と考えられているが、その機序がまだ明らかでない。本研究では、一つの要因として、局所心筋肥厚によって生じると推定される左室弛緩過程の局所間の不均一性が重要であると考え、とくに左室局所拡張機能と左室全体の拡張機能との関連に注目した。

対 象

心電図および超音波心エコー図にて肥大型心筋症 (HCM) が疑われ、心筋生検にて病理学的に確定診断された 17 例の HCM 例を対象とした。心肥大を生じる他の疾患の合併例、また HCM でも左室全周にわたり広範囲な肥大を認めた例は対象から除外した。また、対象例には左室流出路狭窄例は含まれていなかった。同じ年齢分布の正常人 10 例を対照群とした。Table 1 にその内訳を示したが、HCM 例は、M モード心エコー図および断層心エコー図の所見より、中隔肥厚 (SH) 型、心尖部肥厚 (AH) 型、両合併 (SH+AH) 型に分類した。HCM 例はすべて NYHA II 度の例であった。Table 1 のように、計測時の心拍数は、正常群と HCM 群との間に差がなかった。

Table 1. Study patients

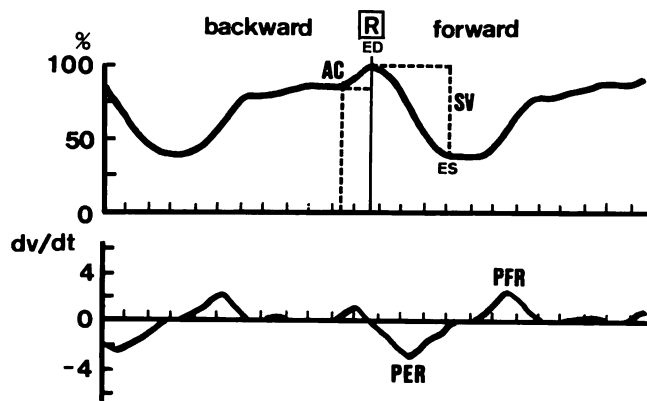
	n	Age (yrs)	M:F	HR (bpm)	SWTH (mm)	PWTH (mm)
Normal	10	50±7	10:0	65±10	9.9±1.0	9.4±0.5
Hypertrophic cardiomyopathy						
SH	4	45±12	3:1	61±5	17.5±2.9	10.0±1.6
AH	7	54±6	6:1	61±9	11.7±1.4	10.9±2.3
SH+AH	3	52±22	2:1	63±8	22.0±2.6	10.7±2.1

mean±SD HR=heart rate; SH=septal hypertrophy; AH=apical hypertrophy; SWTH and PWTH=septal and posterior wall thickness estimated by echocardiography.

方 法

前日より投薬を中止し、Tc-99m in vivo 標識赤血球をトレーサーとする平衡時心プルスキャン法を、空腹時、安静仰臥位にて実施した。左前斜位 40~45° で足方に 10~15° 傾斜させた位置(modified LAO) に設定したシンチカメラにて撮像し、オンラインのミニコンピューターシステム(HARP)にて、リストモード法によりデータ収集した。収集時間は6分、約400心拍とした。画像信号、10 msec 毎のタイムマーカ、心電図 R 波ト

リガ信号をそれぞれ時系列に記録したリストデータをもとに、既報の心電図 R 波同期順・逆方向イメージ編集法²⁾により、20 msec/frame のマルチゲートイメージを再構成した。R 波順方向同期および逆方向同期にて得られた2種のマルチゲートイメージより、fixed ROI 法にて、2種の左室容積曲線を計測し、R 波の位置で結合した。順方向同期による曲線は主として収縮期および拡張早期の左室機能評価に用い、逆方向同期による曲線は左房収縮による左室充満機能の評価に用いた。本計測から、左室機能指標として Fig. 1 に示し



EF: ejection fraction

PER: peak ejection rate

t-PER: time from R wave to PER

t-ES: time from R wave to ES

PFR: peak filling rate

t-PFR: time from ES to PFR

AC/SV: atrial contribution to filling

Fig. 1. A "forward-backward" composite of a left ventricular time-activity curve with radionuclide ventriculography and computer-derived hemodynamic parameters.

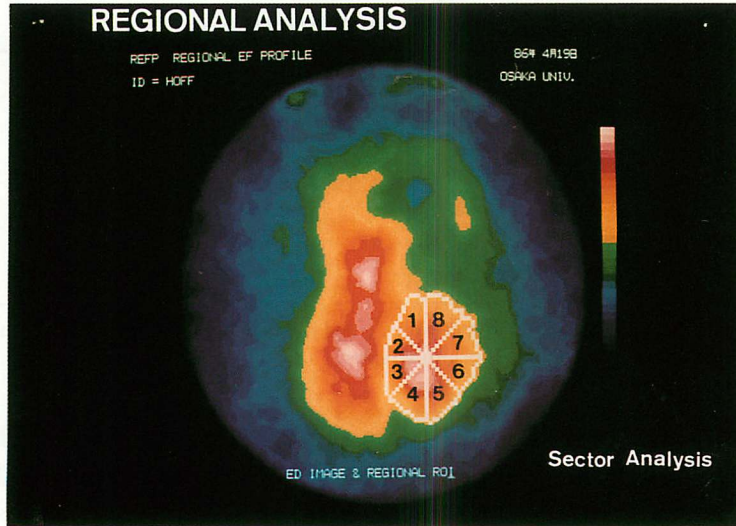


Fig. 2. Sector analysis for assessing left ventricular (LV) asynchrony.

The LV region of interest is determined in the end-diastolic image and then subdivided into 8 annular sectors from which sector time-activity curves are generated from the image sequence.

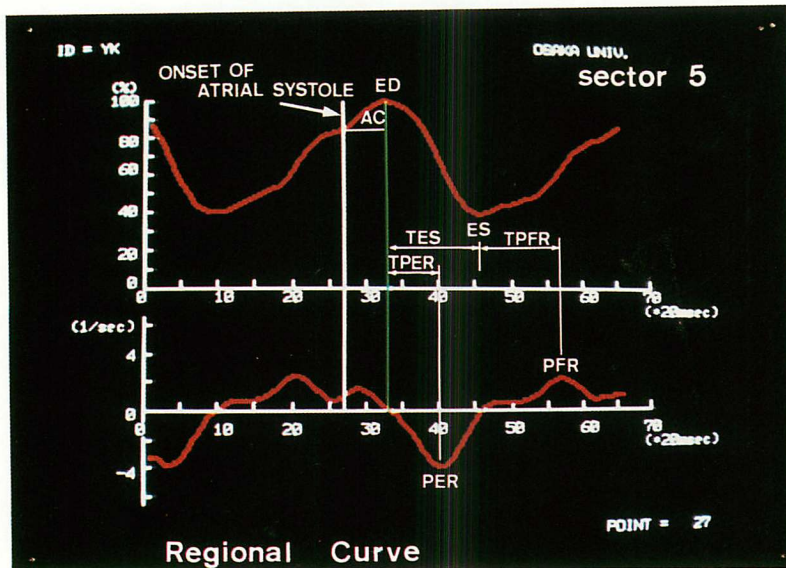


Fig. 4. A representative sector time-activity curve and hemodynamic parameters of regional left ventricular (LV) function.

ED=end-diastole; ES=end-systole; AC=extent of LV filling volume with atrial systole; PER=peak ejection rate; PFR=peak filling rate; TPER=time to PER; TES=time to ES; TPFR=time to PFR.

AC divided by total filling volume (AC/FV) is calculated in each sector as an index of atrial contribution to LV sector filling.

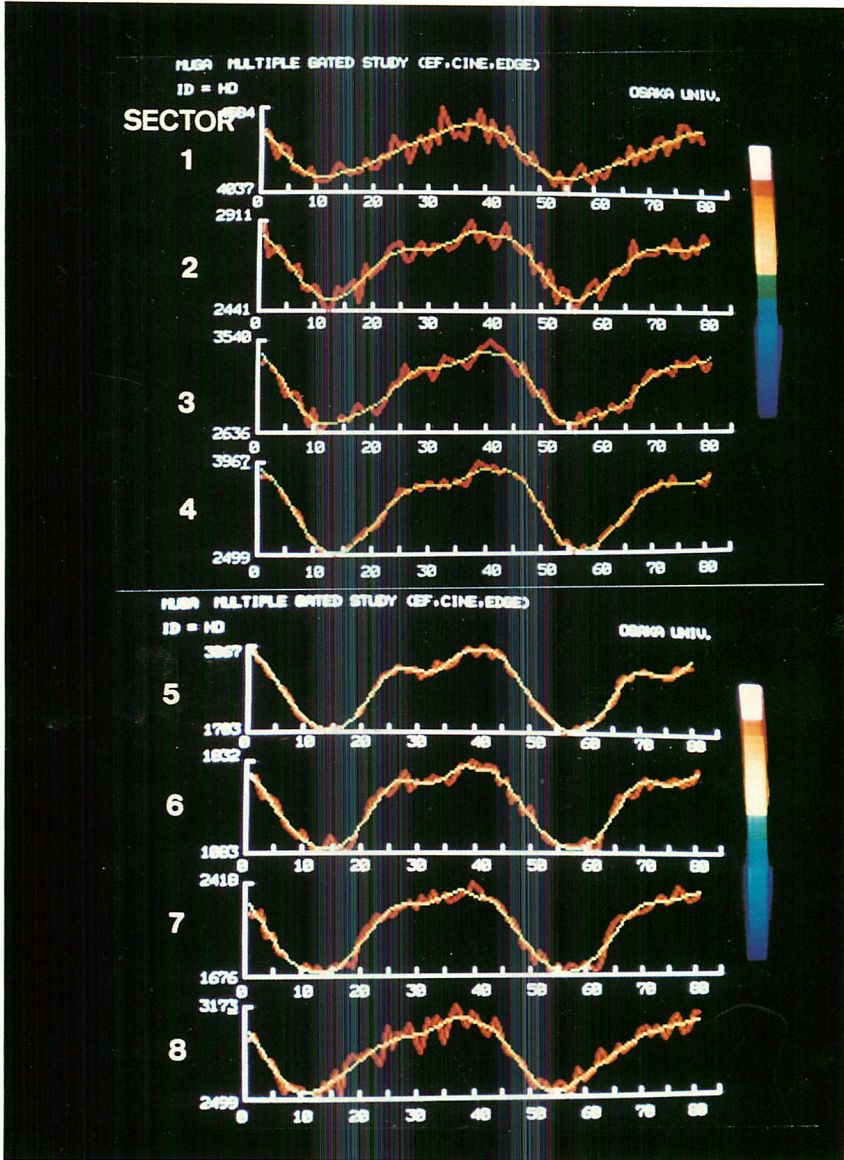


Fig. 3. Regional time-activity curves at 8 annular sectors.

These curves are fitted by third-order harmonics of the Fourier series for eliminating the statistical noise.

たように, 駆出率 (EF), 最大駆出速度 (PER), R 波から PER までの時間 (TPER), 曲線の最小値 (収縮末期, ES) までの時間 (TES), 最大充満速度 (PER), ES から PFR までの時間 (TPFR) および左房収縮による左室充満量の全充満量への寄与率 (AC/FV) を求めた.

左室局所解析のために, sector analysis を以上の R 波順・逆方向同期心プルスキャン法に適用した. 拡張末期イメージで閾値法による左室輪郭自動抽出と面積重心設定を行い, 心尖部の認識ののち, かかる面積重心を頂点とし等角度の 8 個のセクター (関心領域) を Fig. 2 のように設定した. これらのセクターを上記の 2 種のマルチゲートイメージに適用して, 各セクター内の放射能時系列曲線を計測した. Fig. 3 のように各曲線はカウントの低下のため振動するので, これに対処すべくフーリエ近似 (三次項から五次項) による曲線近似を行い, かかる近似曲線から Fig. 4 のように左室全体で求めたものと同じ指標を抽出した. 左房・大動脈近傍の 2 セクターは, fixed ROI 法を使用した場合, 左室のみのデータを分離することが困難であるので, この 2 セクターを除いた 6 セクターのデータを解析の対象とした. 以上の方法によって, 収縮期, 拡張早期だけでなく, 心房収縮期においても左室局所機能解析を可能にした. また, HCM 例で拡張期の asynchrony の程度を定量的に取り扱う指標として, TPFRR のセクター間の分散に注目し, 変動係数 (6 セクター間での TPFRR の標準偏差/平均値, CV, %) を指標

として用いた.

結 果

1. 左室機能の検討

Table 2 に正常群と HCM の各群の左室機能指標の値を示した. 収縮機能としての EF, PER は, HCM の各群ともに正常群との間に有意な差はみられなかった. しかし, 拡張早期充満機能では, PFR および PER で規準化した PFR は正常群に比して低値を示し, 拡張早期充満の障害が認められた. 一方, 心房収縮期の左室充満量の全充満量への寄与率 (AC/FV) は正常群より上昇していた. また, PER, ES, PFR の各時相を検討した結果, TPER, TES は, HCM の各群ともに正常群との間に差がみられなかったが, TPFRR は HCM の各群ともに正常群より延長していた.

2. 左室局所機能の検討

Fig. 5 に正常例と, HCM のなかでも中隔部から心尖部に及ぶ心筋肥厚 (SH+AH) が認められた例の, 左室全体の一心周期の放射能時系列曲線とセクターの同曲線の重ね書きを示した. 正常例では, 各セクターで振幅が異なる, つまり局所駆出率は異なり, PER および PFR も異なるが, PER, ES, PFR の各時相はセクター間で一定していた. しかし, HCM 例では, PER, ES の時相にセクター間での差異は少ないが, PFR の時相はセクター間で非常に異なることが知られた. セクター 2 から 5 (中隔部および心尖部) までの曲線の TPFRR が非常に延長し, セクター 6~8 (後

Table 2. Summary of left ventricular function in the normals, and SH and SH+AH groups

	EF (%)	PER (EDV/S)	PFR (EDV/S)	PFR/PER	AC/FV (%)
Normal	67±6	2.8±0.5	2.5±0.4	0.89±0.11	17±4
SH	72±9	2.5±0.4	1.8±0.2*	0.67±0.28*	21±4*
AH	69±5	2.7±0.8	1.7±0.4*	0.68±0.16*	23±7*
SH+AH	71±5	3.1±0.3	1.9±0.4*	0.63±0.14*	30±10*

mean±SD, * p<0.05 vs Normal.

Impaired LV early filling rate (PFR or PFR/PER) and augmented atrial contribution to LV filling (AC/FV) are observed in each HCM group. Abbreviations: see Table 1.

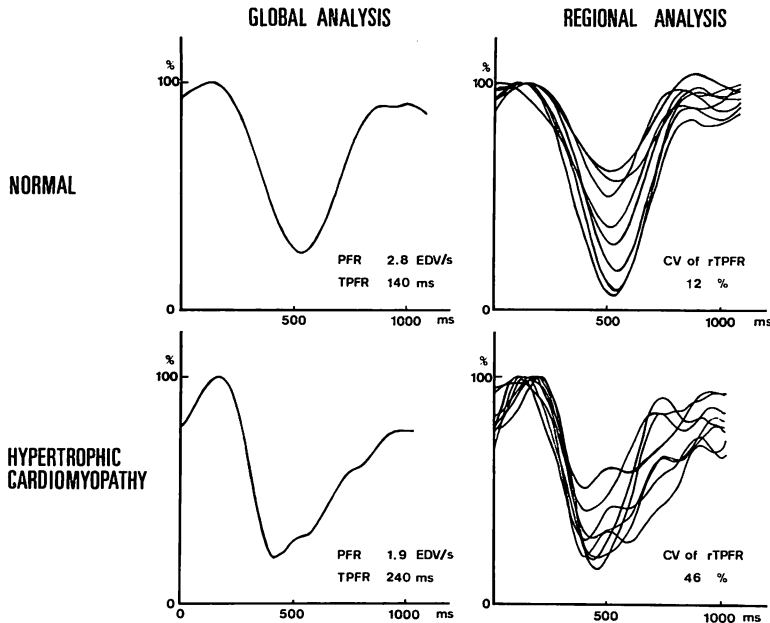


Fig. 5. Representative LV global and regional time-activity curves in cases of the normal group (upper panel) and the HCM group (lower panel).

In contrast with the normal group with synchronous LV performance, the HCM group shows marked regional asynchrony in diastole.

側壁)のTPFRは正常であるので局所TPFRの変動が非常に大きく、すなわち左室 asynchrony が拡張期に生じていることが知られた。全例での検討では、Fig. 6 に示したように、TPFR、TESは、各群内ではセクター間の差異は少なく、収縮期には asynchrony が存在しないことが知られた。しかし、TPFRは、正常群ではセクター間でほぼ一定しているのに対し、HCM群のうち、中隔に限局性肥厚のあるSH群では、セクター2,3でTPFRの著明な延長が認められた。また、心尖部肥厚例のAH群では、セクター3および5でTPFRの有意な延長が認められ、セクター2,4でも延長傾向をみた。以上より、HCMでは、心筋肥厚部における心筋弛緩速度の低下により、拡張早期充満時相においても、左室壁の伸展速度が低下すると考えられた。

更に、かかる拡張期左室 asynchrony の程度を

セクター間のTPFRの変動係数(CV)により評価し、左室全体のPFRとの関係のみたところ、Fig. 7のように、逆相関が認められた。すなわち、asynchronyの程度の強い例程、左室の早期充満の障害が強いことが示唆された。以上、拡張早期充満時相の局所機能に注目したが、続いて拡張後期の左房収縮時相について検討した。Fig. 8は、セクターの放射能曲線から求めた左房収縮による充満の寄与率である。正常例では、局所間でほぼ一定で約20%前後であるが、HCM群ではすべてのセクターで正常より高い傾向があり、SH群ではセクター3、AH群ではセクター3から6、SH+AH群ではセクター4から6のそれぞれ心筋肥厚部が正常値より有意に高い値を示し、左房収縮時の壁伸展の相対的増加を示唆した。

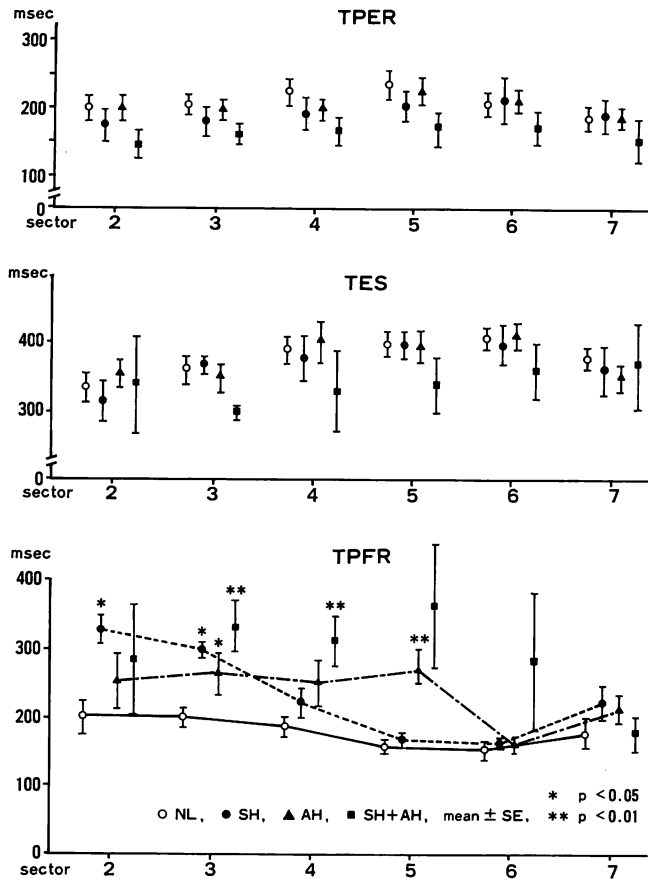


Fig. 6. Diastolic asynchrony in HCM groups as indicated by regional variation of rTPFR among the sectors.

In the regions with the hypertrophied myocardium, regional TPFR shows a marked delay in each of the HCM groups.

考 察

1. 心プルスキャンによる左室局所機能解析

左室造影法, 心プルスキャン法, 心エコー図法による左室局所機能解析法が開発され, とくに虚血性心疾患, 肥大型心筋症の診断に利用されてきた. 虚血の徴候として局所壁運動異常が敏感な指標になること, またその異常部位より狭窄冠動脈を診断することができるなどの利点とともに, これら局所機能が障害される疾患では, 治療の効

果は直接的に局所機能の変化として観察する必要があることが, 臨床的に局所機能評価法を進歩させた原因といえる.

心プルスキャン法による左室局所機能解析法には, 大きく分けて二つの方法が示されてきた. 第一は, 機能画像作成によるもので, 拡張終期画像から収縮終期画像の引き算による“stroke volume”画像, およびその逆の引き算による“paradox”画像, そして画素ごとの放射能時系列曲線のフーリエ解析による“phase”画像, “ampli-

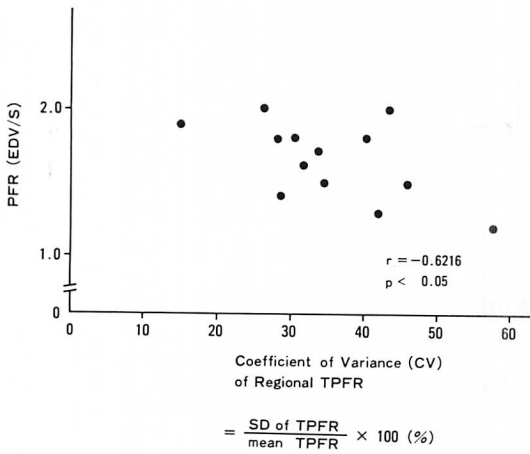


Fig. 7. Relationship between coefficient of variance (CV) of regional TPFPR as an index of the severity of diastolic asynchrony and LV peak filling rate (PFR).

tude”画像などである。第二は、左室造影の画像処理法として一般的になっている左室内径変化、あるいは局所面積変化の定量的評価と同じ考え方で、左室内の局所容積変化を定量的に評価する方法であり、“sector analysis”がその代表である。前者のうち、とくに“phase”画像は左室壁運動の異常の評価に一時盛んに用いられた。画素ごとの位相角の分布を画像化するとともに、左室内での位相角の標準偏差により位相の乱れ度を定量化し、壁運動異常の程度を評価した。しかし、この方法には、種々の限界がある。なかでも、一画素の、非常に少ない放射能カウントの変化では、統計的誤差が大きいため、求めた指標の信頼度が著しく低いこと、またフーリエ解析では、収縮期における異常と拡張期における異常の分離が困難であることなどが重要と考えられる。一方、後者のsector analysisでは、左室を分割するセクター

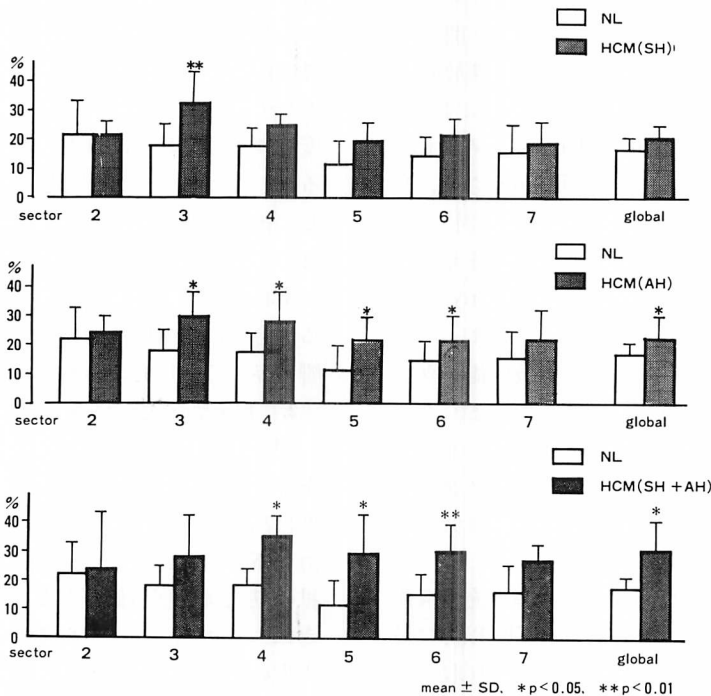


Fig. 8. Regional atrial systolic LV filling (rAC/FV) determined in sector time-activity curves. rAC/FV increases in the hypertrophied regions in each of the HCM groups.

数にもよるが、セクター内の複数の画素の変化を併せて計測するため、低カウントによる統計的誤差は軽減し得る大きな利点がある。また、それによって、各セクターでの一心周期の容積曲線が解析対象として十分な精度で得られるので、収縮期の異常か、拡張期の異常か、あるいは両時相での異常かが検出可能である。冠動脈疾患、肥大型心筋症のなかには、収縮期指標は正常でも拡張期指標が異常を呈する例が少なくないので、この利点は非常に有用である。

我々は、これまでに心電図 R 波同期順方向および逆方向イメージ編集法を開発し、心房収縮期を含めて、左室容積曲線の解析による心機能評価を行ってきた³⁾。今回は、この順・逆同期法に“sector analysis”を応用して、拡張早期充満時相、および拡張終期の左房収縮による左室充満時相の局所拡張機能を解析しようとした。

この“sector analysis”は、最初 Vitale らによって開発された方法である⁴⁾。左室拡張終期像の重心を頂点とする等角度の 28 セクターを関心領域として設定し、各セクター内の一心周期放射能時系列曲線を計測し、そのフーリエ解析により、各セクターの phase と駆出率 (EF) を求め、本法の基礎的検討を行った。その後、Bonow らは、セクター数を 20 に減らして冠動脈疾患で検討し、上記指標に加えて、最大充満速度の時相を各セクターで求め、その分散度を拡張期 asynchrony の指標として用いた⁵⁾。セクターの数の設定は、セクター内の画素数、つまりセクター内放射能カウント値と関連して本法の重要な問題点である。セクター数を増やせば画素数が減り、低カウントによる統計的誤差が大きくなる。しかし、セクター数を減らせば当然のことながら空間分解能は低下する。

我々の目的は、肥大型心筋症で拡張期充満機能を局所的に求めることであるので、EF 以外に最大充満速度 (PFR) およびその時相、左房収縮による左室充満への寄与率などの局所解析を必要とした。また、肥大型心筋症では、冠動脈疾患例に

比べて、高い空間分解能を必要としないと考えた。そこで、中隔部、下壁心尖部、後側壁部、前壁部をそれぞれ 2 項域に分ける 8 個のセクターを用いることにし、低カウントによる統計的誤差の増大を抑えることに重点を置いた。この結果、各セクターの容積曲線は、ノイズの少ない曲線として得ることができた。実際には、更にノイズ除去のためフーリエ近似(三次項あるいは五次項)による曲線近似を行い、収縮期、拡張期の種々の心機能指標を求めた。

この sector analysis による局所解析は、左室造影法での局所内径短縮率計測の方法に類似するが、本法では左室辺縁が明確に示されないため、内径変化の評価は困難であり、局所容積変化によって局所機能を評価せざるを得ない点で異なっている。左室造影法に比べて、三次元情報を含んでいるという利点があるにしろ、目標とする局所部位が収縮・拡張による左室の軸の変化により異なるセクター間を移動するという問題が指摘されるかもしれない。Vitale らは、重心は一心周期の間ではほぼ同位置に留まること、また長軸と水平面とのなす角度の一心周期内での変動がセクターの角度より小さければ、重大な問題ではないとしている⁴⁾。したがってこの問題は、セクター数を増やして細かく局所機能を評価する場合、重大となるだろうが、今回のように大きなセクターを採用し、左室心筋の比較的大きな部分の機能を見ようとする場合は、局所機能諸指標の差の判定に大きな影響を与えるとは考えられなかった。

2. 肥大型心筋症の左室拡張期充満様式

肥大型心筋症では、収縮期心機能指標は正常値を示すことが多いが、一方拡張機能障害を示す頻度は高い。左室拡張末期圧の上昇、左室弛緩速度の低下、左室拡張期圧・容積関係の上方への移動、拡張期充満速度の低下などが臨床的に観察されてきた⁶⁾。今回、心プールのスキャン法を用いて、肥大型心筋症の拡張期充満様式を観察した結果、駆出率 (EF)、最大駆出速度 (PER) は正常あるいは正常値より高い値を示したにもかかわらず、正常

例に比べて、最大充満速度 (PFR), PER で規準化した PFR (PFR/PER), PFR の時相 (TPFR) は、肥大型心筋症の各群ともに、すべて異常を示した。左房収縮の寄与率 (AC/FV) は、この拡張早期充満障害により増加することも、今回の結果から明らかになった。

このような、左室拡張早期充満の障害のメカニズムは、左室心筋の機能的因子として、① 左室スティフネスの増大と、② 左室弛緩障害が重要と考えられる。心筋肥厚と線維組織の増加によって心筋のスティフネスが増大し、拡張期左室圧・容積関係は上方へ偏位しかつ急峻になることが示されてきた⁷⁾。また、最近では、左室弛緩速度の評価が、左室等容弛緩期圧下降脚の時定数 (T) を用いて臨床的にも行われるようになり、本疾患でかかる左室弛緩速度の低下が示されている。また、病的心では、左室弛緩速度低下の影響は拡張終期にまで及び、左室のスティフネスの増大に関与することも示唆されている⁸⁾。最近、僧帽弁輪に電磁流量計を装着した実験犬で、拡張早期での左室充満を規定する因子が検討され、左室弛緩速度とともに左房圧が主たる因子であることが示された⁹⁾。本疾患では、左房圧が増大し充満を促進する方向に作用していると考えられるが、それでも拡張早期充満の障害が観察されるのは、左室弛緩の遅延が著しいことによると考えられる。

しかし、この弛緩障害の原因については、まだ十分に明らかにされていないようである。これまでに、① 左室弛緩速度は負荷依存性であるので、収縮終期容積が小さく、心筋壁厚の大きい本疾患では、僧帽弁開放後充満開始時の Laplace 負荷が小さいため、弛緩速度が低下する¹⁰⁾、② クロスブリッジでの発生張力減衰に対するカルシウムによる調節が、本疾患でしばしば認められる Ca overload¹¹⁾、あるいは心筋虚血¹²⁾により障害されるため、弛緩障害が起きる、などが推定されてきた。

今回我々は、本疾患では局所的な心筋肥厚により弛緩障害も局所的に障害されると考えられるの

で、弛緩の過程に左室内で非協調性が生じること、そしてその非協調性も、拡張早期充満に影響を及ぼすと考えた。Brutsaert らも、かかる心筋弛緩の不均一性を左室弛緩障害の重要な一因子であると示唆している¹³⁾。また、冠動脈疾患では、先の Bonow らの検討がある⁵⁾。以上に基づいて、sector analysis による局所拡張期容積曲線の解析を行ったわけであるが、この結果、心筋肥厚部に相当する左室分画において、最大充満速度の時相 (TPFR) が正常部に比べて著しく遅延していることが観察された。非肥厚部も、これまでに報告した¹⁴⁾ように、正常値よりも延長する場合は認められた。この TPFR の局所間の分散によって、本疾患では、Fig. 5 のように、拡張期にのみ強い asynchrony が出現することが知られた。

そこで、かかる asynchrony の効果によって左室全体の早期充満が影響を受けるかを検討するために、asynchrony の程度を示す指標として、大動脈および左房に近接する 2 セクターを除いた 6 セクターの TPFR の変動係数 (CV) を用い、左室 PFR との関係を検討した。この結果、両者に負の相関が認められ、asynchrony の程度が強くなるに従って、左室拡張早期充満の障害の程度が強くなることが示された (Fig. 7)。したがって、本疾患では局所的な左室弛緩の不均一性が左室充満に大きな影響を与えることが示唆された。Bonow らは、本疾患で Ca 拮抗剤の投与によって左室充満速度が改善すること、そしてこの時、拡張期 asynchrony の改善を伴うことを示している¹⁵⁾が、これは今回の検討から十分予測される成績である。

我々は、更に左房収縮による左室充満時相の局所容積変化の検討を、心電図 R 波同期逆方向同期イメージ編集法を用いて行った。この結果、Fig. 8 に示したように、肥大型心筋症の各群で、肥厚部および非肥厚部ともに、左房収縮による相対的左室充満率は正常群より高い傾向を示した。肥厚部での有意な上昇は、拡張早期充満の低下の反映が大きいと考えられたが、非肥厚部でも

上昇する傾向を示したことについては, 左房圧の上昇によって左房収縮時の左房前負荷が増加し, 左房の Frank-Starling 効果により, 左室への流入血液量が増加したことをその一因として推定できる。

以上のように, 肥大型心筋症では, 肥厚部心筋の弛緩機能障害によって拡張期 asynchrony が生じ, 拡張早期の左室充満を障害すること, これに対して左房収縮による拡張終期の左室充満の寄与が増大し, 代償的役割を果たすことが, 今回の検討より明らかになった。

心電図 R 波順・逆同期心プルスキャン法に sector analysis を適用した今回の新しい局所解析法は, 拡張早期時相および拡張終期時相において, 肥大型心筋症の左室拡張期局所壁動態の特徴を明らかにするうえで非常に有用な方法であり, 定量的解析により興味ある新しい知見を提供した。

要 約

肥大型心筋症 (HCM) の拡張期左室充満機能を局所的に解析するため, 心電図 R 波順・逆同期心プルスキャン法にセクター解析法を導入した新しい局所機能評価法を開発した。

左室を 8 セクターに分割し, 各セクターの一心周期時系列放射能曲線を計測し, そのフーリエ近似により, 局所拡張期充満指標 (最大充満速度: PFR, PFR の時相: TPFR, 左房寄与率: AC/FV) を求めた。

中隔肥大型の HCM 4 例, 心尖部肥大型の HCM 7 例, 両肥大型の HCM 3 例における検討の結果, 肥厚心筋部での TPFR の延長によって拡張期左室 asynchrony が生じ, 左室全体の PFR を規定すること, かかる早期充満異常に対して左房寄与率の増加が起こることなど, HCM の左室充満様式の特徴が明らかになった。

文 献

- 1) Green MV, Bacharach SL: Functional imaging of the heart: Methods, limitations, and examples from gated blood pool scintigraphy. *Prog Cardiovasc Dis* 28: 319-348, 1986
- 2) 石田良雄: 心音 II 音同期心電図 R 派逆周期 RI 心プルーイメージング法による冠動脈疾患の左室拡張期充満動態の解析: 拡張早期充満異常と左房収縮の役割. *核医学* 21: 841-843, 1984
- 3) 石田良雄, 金 奉賀, 常岡 豊, 松原 昇, 武田 裕, 井上通敏, 鎌田武信, 木村和文, 小塚隆弘: 拡張早期左室最大充満速度の臨床計測における問題点. *心臓* 19: 240-250, 1987
- 4) Vitale DF, Green MV, Bacharach SL, Bonow RO, Watson RM, Findley SL, Jones AE: Assessment of regional ventricular function by sector analysis: A method for objective evaluation of radionuclide blood pool studies. *Am J Cardiol* 52: 1112-1119, 1983
- 5) Bonow RO, Vitale DF, Bacharach SL, Frederick TM, Kent KM, Green MV: Asynchronous left ventricular regional function and impaired global diastolic filling in patients with coronary artery disease: Reversal after coronary angioplasty. *Circulation* 71: 297-307, 1985
- 6) Wigle ED, Sasson Z, Henderson MA, Ruddy TD, Fulop J, Rakowski H, William WG: Hypertrophic cardiomyopathy: The importance of the site and the extent of hypertrophy. A review. *Prog Cardiovasc Dis* 28: 1-83, 1986
- 7) Gaasch WH, Levine HJ, Quinones MA: Left ventricular compliance: Mechanisms and clinical implications. *Am J Cardiol* 38: 645-653, 1976
- 8) Paulus WJ, Lorell BH, Craig WE, Wynne J, Murgo JP, Grossman W: Comparison of the effects of nitroprusside and nifedipine on diastolic properties in patients with hypertrophic cardiomyopathy: Altered left ventricular loading or improved muscle inactivation? *J Am Coll Cardiol* 2: 879-886, 1983
- 9) Ishida Y, Meisner JS, Tsujioka K, Gallo JI, Yoran C, Frater RWM, Yellin EL: Left ventricular filling dynamics: Influence of left ventricular relaxation and left atrial pressure. *Circulation* 74: 187-196, 1986
- 10) Brutsaert DL, Housmans PR, Goethals MA: Dual control of relaxation: Its role in the ventricular function in the mammalian heart. *Circ Res* 47: 637-645, 1980
- 11) Morgan MP, Morgan KG: Intracellular calcium levels during contraction and relaxation of mammalian cardiac vascular smooth muscle as detected with aequorin. *Am J Med* 77: 33-46, 1984
- 12) Cannon III RO, Rosing DR, Maron BJ, Leon MB, Bonow RO, Watson RM, Epstein SE: Myocardial ischemia in hypertrophic cardiomyopathy: Contri-

- bution of patients with inadequate vasodilator reserve and elevated left ventricular filling pressures. *Circulation* **71**: 234-243, 1985
- 13) Brutsaert DL, Rodemkers FE, Sys SU: Triple control of relaxation: Implications in cardiac disease. *Circulation* **69**: 190-196, 1984
- 14) Ishida Y, Kim BH, Matsubara N, Takeda H, Tsuneoka Y, Hiraoka T, Kimura K, Kamada T: LV early filling functions diffusely impaired in hypertrophic cardiomyopathy with localized hypertrophy. *Circulation* **74**: 451, 1986
- 15) Bonow RO, Vitale D, Bacharach S: Regional left ventricular asynchrony and impaired global left ventricular diastolic filling in hypertrophic cardiomyopathy: Effect of verapamil. *Circulation* **70** (Suppl 2): 303, 1984