



| | |
|--------------|---|
| Title | T1-201心電図同期心筋SPECTの有用性に関する検討-第2編 局所壁収縮力(壁収縮率)の定量評価, 基礎的検討及び臨床応用- |
| Author(s) | 望月, 輝一 |
| Citation | 日本医学放射線学会雑誌. 1990, 50(2), p. 172-179 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/15534 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

Tl-201心電図同期心筋 SPECT の有用性に関する検討

—第2編 局所壁収縮力(壁収縮率)の定量評価, 基礎的検討及び臨床応用—

愛媛大学医学部放射線科

望月輝一

(平成元年5月22日受付)

(平成元年9月4日最終原稿受付)

Clinical Evaluation of the Tl-201 ECG-gated myocardial SPECT —Measurement of the Wall Systolic Thickening Rate—

Teruhito Mochizuki

Department of Radiology, Ehime University School of Medicine

Research Code No. : 705.2

Key Words : Thallium-201, ECG-gated, SPECT,
Left ventricular function

Using Tl-201 ECG-gated myocardial SPECT, we estimated local systolic thickening of the left ventricular wall as Wall Systolic Thickening Rate (WSTR).

Materials were 30 cases of 5 normals, 16 old myocardial infarctions (OMIs), 6 HCMs and 3 DCMs. The patients were injected with 111-185 MBq (3-5 mCi) of Tl-201 at rest. The projection data were acquired through 180 degrees in 24 directions, each of which consisted of 80-100 beats.

The fundamental phantom study with thickness of 4, 8, 12, 16, 20 and 24 mm revealed that if radionuclide concentration and acquisition time were under the same condition, pixel counts correlated well with thickness of phantom. Therefore, pixel counts could be substituted for the relative ED and ES wall thickness. The Wall Systolic Thickening Rate was calculated as WSTR = { (ES - ED pixel counts) × 100 / ED pixel counts (%) } with 5 points circumferential profile technique of both ED and ES short axial images from apex to base. Functional images of the WSTR were displayed with Bull's eye method and typical patterns were demonstrated.

Mean values of the mean WSTR (mWSTR) in the ROIs in each group were as follows; In normals, mWSTR was $53.1 \pm 4.5\%$ (mean \pm 1SD). In non-transmural OMIs, mWSTR was greater ($33.0 \pm 8.1\%$) than that in transmural OMIs ($14.0 \pm 4.5\%$) ($p < 0.01$). In HCMs with non-uniform wall thickness, mWSTR in relatively non-hypertrophied area was greater ($52.9 \pm 12.3\%$) than that in hypertrophied area ($21.7 \pm 6.4\%$) ($p < 0.01$). In DCMs, mWSTR was $18.5 \pm 1.9\%$.

This WSTR analysis was a new promising method with which we could appreciate local LV function and viability and was different from the analysis of wall motion of the blood pool study.

I. はじめに

心電図同期心筋single photon emission computed tomography(SPECT)^{1,2)}は、非同期法に比べ、

心筋の形態診断に有利であるばかりでなく、局所

壁運動の評価も可能であり有用な検査法である。

そもそも拡張期像と収縮期像を比較して診断する

ということは、形態や壁運動に加え局所の壁収縮そのものを見ていることでもある。視覚的診断でも、例えば拡張期像に於いて正常部に比べ著明に取り込みの低下した心筋梗塞部位でも、収縮期像で充分カウントの上昇するような部位では収縮力の残った viable な部位であろうし、逆にカウントが上昇せず収縮期像では、よりコントラストがついて欠損のようになってしまふ部位は viability のない部位であろうことが推測される。又、不均一な壁肥厚部を持つ HCM では、壁肥厚部は拡張期像で著明でも収縮期像ではその差が目立たなくなるが、それは壁肥厚部よりも非肥厚部のほうが収縮がよいことを表しているものと思われる。これらのことを見かけ上の問題ではなく実際に言い得ることを示し、客観的な定量評価法を確立するのが本研究の目的である。

II. 方法および対象

装置は single head の回転型ガンマカメラ（日立 γ -view-T）と核医学データ処理装置（HARP-system）で、低エネルギー高分解能型コリメーターを使用した。イメージサイズは 64×64 マトリックスで、マトリックスサイズは 6.1 mm で 1 スライス厚もある。

1. 基礎的検討

Fig. 1 の如く $3.7 \times 10^5 \text{ Bq/ml}$ ($10 \mu\text{Ci/ml}$) の Tc-99m を満たした厚さ 4, 8, 12, 16, 20, 24mm、直径 55mm の円筒状ファントムを作成し 180° , 24

方向に於いて、3, 6, 9 秒のデータ収集を行った。得られた 24 方向のオリジナルデータに 9 点スマージングを行い、フィルター逆投影法によって、横断面像を作成した。統計誤差を少なくするため円筒状ファントムの中央付近の 3 スライス面において、それぞれ 3箇所、計 9 本のプロフィールカーブを作成し、平均をもって厚さとピクセルカウントの関係を検討した。ピクセルカウントの測定は、プロフィールカーブの最大点のみをとる最大カウント法(1点法)、両隣のピクセルカウントを加算し計 3 点をとる 3 点法およびそのまた両隣を加算し計 5 点をとる 5 点法にて行った。

2. 臨床応用

(1) 対象

正常 5 例、陳旧性心筋梗塞 16 例（非貫壁性 9 例、貫壁性 7 例）、不均一な肥厚を有する HCM 6 例、DCM 3 例。男 22 例、女 8 例、年齢は 25~83 歳、平均 57.6 歳。ただし、心筋梗塞例では、梗塞部の RI カウントが健常部の 50% 未満を便宜上貫壁性、50% 以上を非貫壁性とした。

(2) 方法

安静時に塩化タリウム ($^{201}\text{TlCl}$) 111~185 MBq (3~5 mCi) を静注し 10 分後から SPECT のデータ収集を行った。データ収集は、R-R 間隔を約 20 分割するマルチゲート (MUGA) 法に依って RAO 45° ~LPO 45° の 180° , 24 方向、80~100 心拍/step にて行い、時間は 30~40 分を要した。R-R 間隔の最

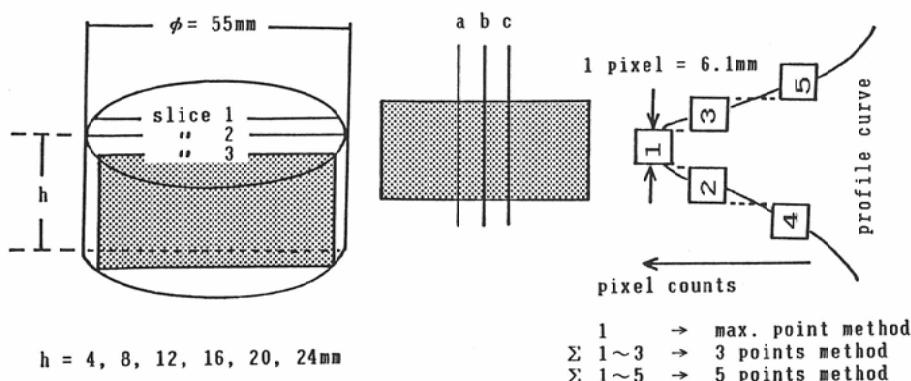


Fig. 1 $3.7 \times 10^5 \text{ Bq/ml}$ ($10 \mu\text{Ci/ml}$) of Tc-99m is filled in the tube phantoms with thickness of 4, 8, 12, 16, 20 and 24mm. Data were acquired through 180° and 24 directions with 3, 6 and 9 seconds per step.

初の3フレームを加算して拡張期像(ED像)を、収縮期の3フレームを加算して収縮期像(ES像)を作成した。得られたED, ES像の24方向のデータに9点スムージングを行い、フィルター逆投影法にて体軸横断像を再構成し、短軸像、長軸垂直断像、長軸水平断像を作成した。吸収補正是行っていない。

(3) 壁収縮率 (Wall Systolic Thickening Rate, WSTR) の測定

拡張期及び、収縮期の短軸像の心尖部から心基部までの10スライスで circumferential profile 法を行い、得られた拡張期及び、収縮期のカーブデータより、次式(1)で定めた壁収縮率(Wall Systolic Thickening Rate, WSTR)を算出し、カーブ表示及び、Bull's eye 表示(同心円表示)³⁾した。

壁収縮率 (Wall Systolic Thickening Rate, WSTR)

$$= (\text{ES カウント} - \text{ED カウント}) \times 100 / \text{ED カウント} (\%) \quad \dots \quad (1)$$

circumferential profile 法は前壁（時計の12時）を 0° とし反時計方向に 6° ごとに行ったので、中隔が 90° 、下壁が 180° 、側壁が 270° となっている。

また Fig. 2 に示すごとく正常部及び病変部に 3 スライス、 60° の範囲に关心領域 (ROI) を設定し、WSTR の平均値 (mWSTR) を測定した。

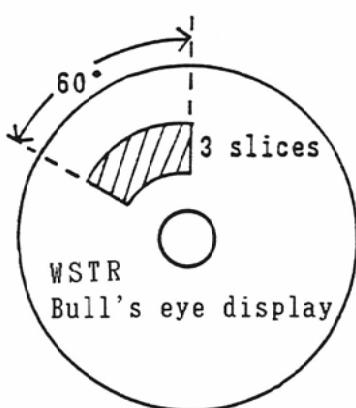


Fig. 2 A mean WSTR was calculated from the region of interest (ROI) taken in 60° and 3 slices on Bull's eye display of the WSTR. The ROI included 30 points ($\frac{60^\circ}{360^\circ} \times 60\text{points} \times 3\text{slices}$).

III. 結 果

1. 基礎的檢討

壁厚24mmのピクセルカウントを100%として、各壁厚におけるピクセルカウント(%)を各データ収集時間毎にプロットし、回帰式および相関係数をFig. 3のa~cに示した。3, 6, 9秒のデータ収集時間における直線性はいずれも良好であり、有意差はないものの、相関係数はいずれも5点法($r=0.995 \sim 0.999$)で最良であった。

2. 臨床的檢討

基礎的検討の結果、ピクセルカウントと壁厚の相関は5点法でより良い傾向がみられたので、circumferential profile 法は5点法で行った。

30例、計52関心領域(ROI)のWSTRの平均値(mWSTR)を測定した結果をFig. 4に示す。正常例におけるmWSTRは $53.1 \pm 4.5\%$ (平均値±1標準偏差)。非貫壁性心筋梗塞例では、集積低下のない比較的健常部のmWSTRが $46.4 \pm 5.9\%$ であったのに対し、病変部は $33.0 \pm 8.1\%$ であった。貫壁性心筋梗塞では、比較的健常部のmWSTRが $46.8 \pm 9.5\%$ であったのに対し、病変部は $14.0 \pm 4.6\%$ であった。HCMでは比較的肥厚の少ない部位のmWSTRは $52.9 \pm 12.3\%$ であったのに対し、肥厚部では $21.7 \pm 6.4\%$ であった。DCMでは $18.5 \pm 1.9\%$ であった。

IV. 症例呈示

正常例、陳旧性貫壁性心筋梗塞、陳旧性非貫壁性心筋梗塞、肥大型心筋症（HCM）、拡張型心筋症（DCM）につき壁収縮率（WSTR）をカーブ表示およびBull's eye（下段右）表示した。参照として短軸及び長軸断面の拡張期像を上段に、収縮期像を中段に、拡張期と収縮期像のBull's eye表示を下段左および中央に示した。

症例 1. 64歳男性, 正常例 (Fig. 5). 拡張期 (ED) 像と収縮期 (ES) 像及び ED, ES の Bull's eye 表示に於いて均一な心筋血流分布と良好な収縮を認める。壁収縮率は40~70%強で, Bull's eye 表示では均一で良好な壁収縮率であることが分る。

症例2. 61歳男性、陳旧性貫壁性下壁梗塞(Fig. 6)。梗塞部である下壁はED, ES像でほぼ欠損と

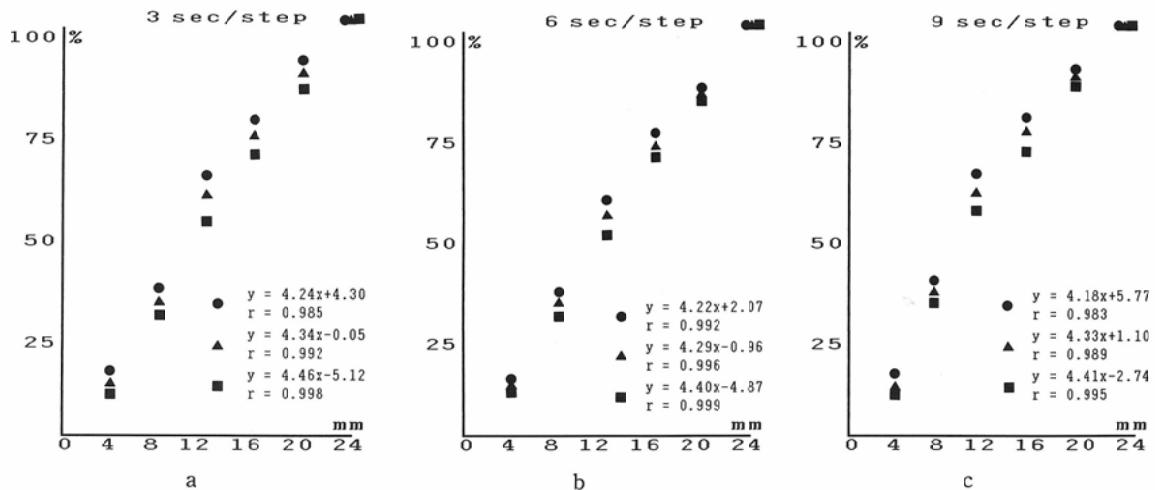


Fig. 3 Pixel counts (●: max. point method, ▲: 3 points method, ■: 5 points method) are plotted as a function of the thickness of tube phantoms in the acquisition times of 3 sec/step (a), 6 sec/step (b) and 9 sec/step (c), respectively. The 5 points circumferential profile analysis showed the best linear relationship.

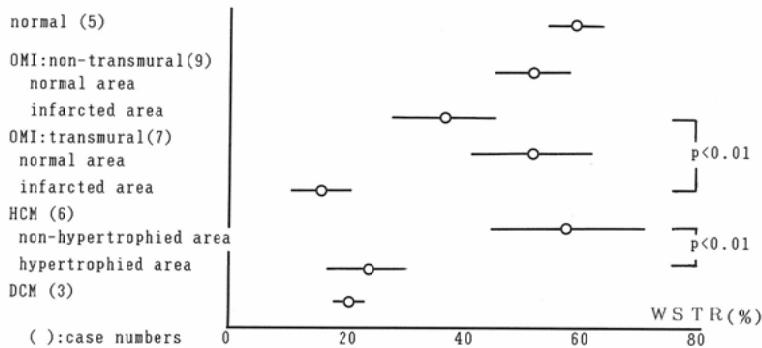


Fig. 4 Mean wall systolic thickening rates (wWSTR) of ROIs are shown (cf. Fig. 2). In the lesions of non-transmural OMI, systolic thickening ($mWSTR 33.0 \pm 8.1\%$, mean \pm SD) was observed, while in transmural OMI, systolic thickening was extremely poor ($mWSTR 14.0 \pm 4.6\%$) ($p < 0.01$). In HCM with nonuniform wall thickness, WSTR in relatively non-hypertrophied area greater ($52.9 \pm 12.3\%$) than that in hypertrophied area ($21.7 \pm 6.4\%$) ($p < 0.01$).

言い得るRI低下を認め、同部のWSTRも0～20%と非常に低く、ほとんど収縮していないviabilityのない梗塞部位と考えられる。

症例3. 54歳男性、陳旧性非貫壁性下壁梗塞(Fig. 7)。梗塞部である下壁はED像でRI低下を認め、ES像でもRI低下は、はっきり認められるが、欠損ではなくまた壁運動も見られ、高位の下壁を除きWSTRは30～60%と収縮力のある、viabilityの存在する梗塞部位と考えられる。

症例4. 47歳男性、肥大型心筋症(HCM) (Fig.

8)。ED像に於いて、中隔と高位前壁に著明で不均一な肥厚を認める。WSTRは、中隔と高位前壁の肥厚部に於いて0～30%と著明に低下しており、非肥厚部の収縮は50～100%と良好、むしろhyperkineticでHCMの特徴を表している。

症例5. 30歳男性、拡張型心筋症(DCM) (Fig. 9)。RI欠損のない著明な左室の拡張と全体的な壁運動の低下とが認められ、DCMに特徴的な所見である。WSTRも0～30%であり、全体的に著明に低下している。

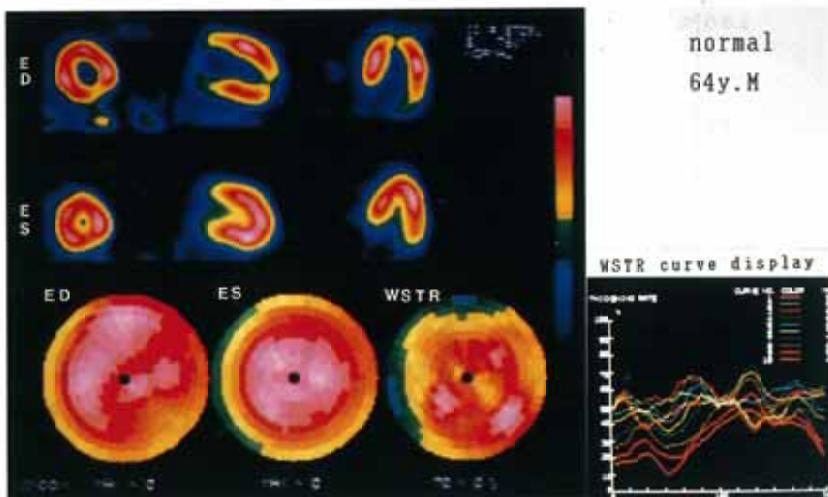


Fig. 5 Case 1. Sixty-four-year-old male as a normal control. The ED (upper), ES (middle) images and Bull's eye display (lower left and lower middle) showed the normal contraction and uniform distribution. The WSTR ranged from 40 to 70%. The WSTR Bull's eye display (lower right) demonstrated uniform and good systolic thickening of the whole left ventricle.

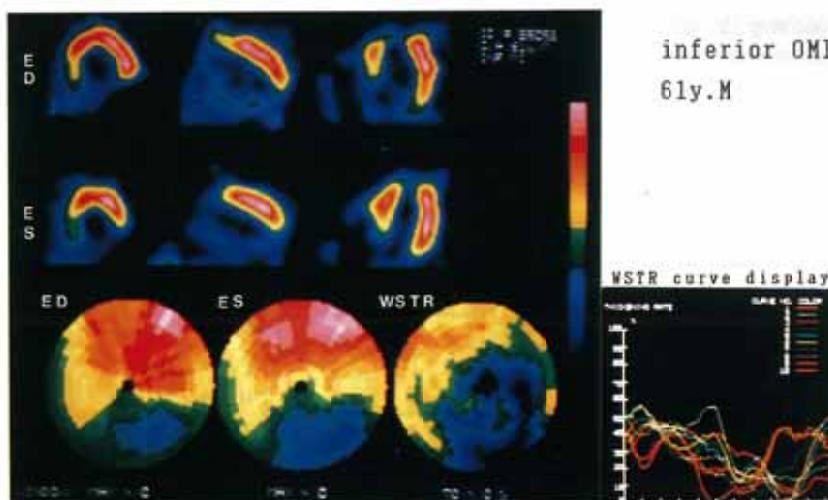


Fig. 6 Case 2. Sixty-one-year-old male with an old inferior transmural myocardial infarction. The ED, ES images and Bull's eye display showed the defect in the inferior wall. In the infarcted area, the WSTR ranged from 0 to 20%. The WSTR Bull's eye display demonstrated poor WSTR area in the inferior wall, suggesting no function and scar.

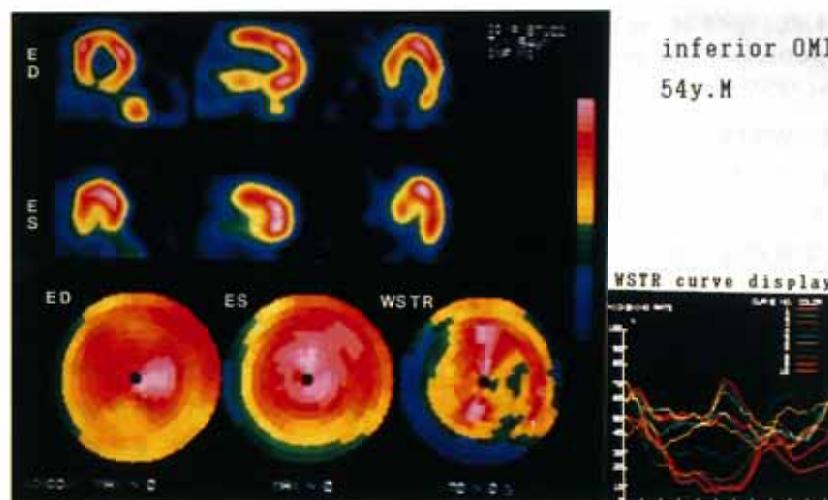


Fig. 7 Case 3. Fifty-four-year-old male with an old inferior non-transmural myocardial infarction. The ED, ES images and Bull's eye display showed low Tl-201 uptake in the inferior wall where wall motion could be seen. In the infarcted area, the WSTR ranged from 30 to 60% except high inferior wall. The WSTR Bull's eye display demonstrated a decreased to normal WSTR area in the inferior wall implying its persistent function and viability.

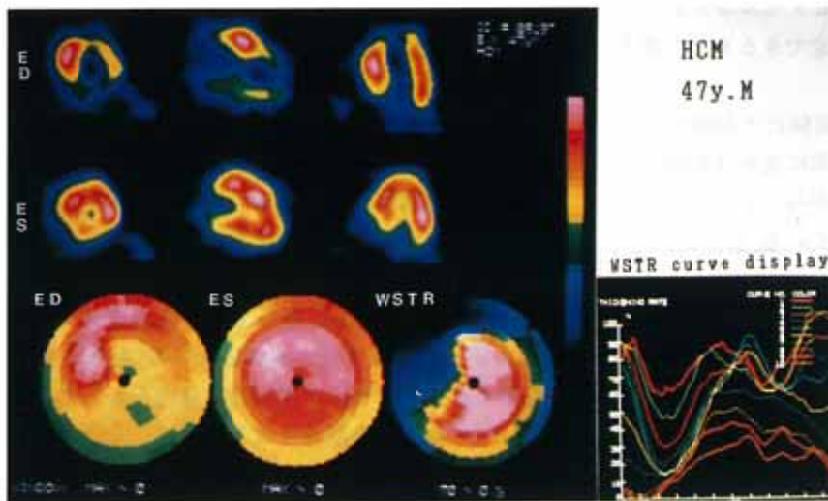


Fig. 8 Case 4. Forty-seven-year-old male with HCM. The ED, ES images and Bull's eye display showed septal to high anterior hypertrophy. The WSTR in the hypertrophied region ranged from 0 to 30%. The WSTR Bull's eye display demonstrated poor WSTR area in the non-uniform hypertrophied region suggesting poor function.

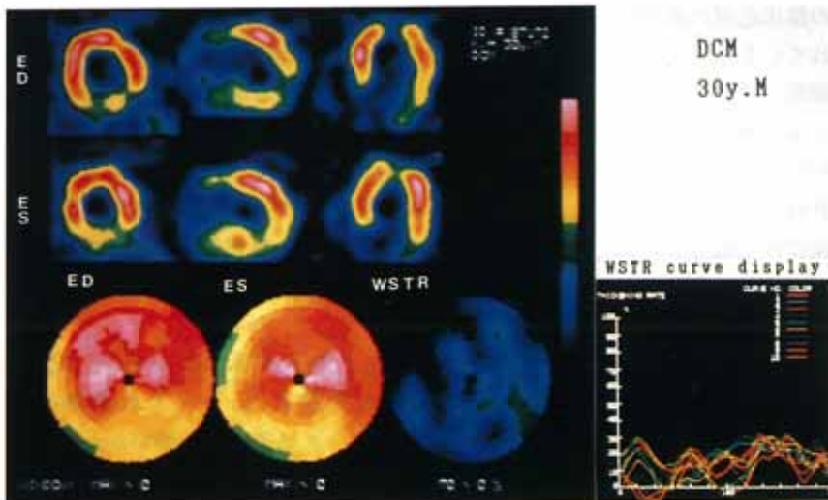


Fig. 9 Case 5. Thirty-year-old male with DCM. The ED, ES images and the Bull's eye display showed no defect, left ventricular enlargement and generalized hypokinesis which were characteristic in DCM. The WSTR ranged from 0 to 30%.

V. 考 察

従来より局所の心機能、壁運動はファーストバース法^{5,6)}あるいは心ブールマルチゲート(MUGA)法^{7,8)}を用いて解析されている。また、MUGA法をSPECTに応用した心電図同期心ブールSPECT^{9,10)}では3次元的な壁運動の評価が可能であり、より詳細な客観的局所心機能の評価法も報告されている¹¹⁾。しかし、これらは局所心筋の収縮をいわば間接的に見たものであって、心電図同期心筋SPECTにより壁厚そのものの収縮(systolic thickening)を解析した報告はみられない。本法は心筋自体の収縮を客観的に評価でき、しかもBull's

eye表示することにより、心筋全体の壁収縮率を機能画像として分りやすく表示することができた。壁収縮率(WSTR)の測定において最も重要なことは、ある部位の壁収縮率(WSTR)を $\{(収縮期壁厚 - 拡張期壁厚) \times 100 / 拡張期壁厚(\%) \}$ と設定した場合、壁収縮率(WSTR)を $\{(収縮期カウント - 拡張期カウント) \times 100 / 拡張期カウント(\%) \}$ で表し得るかどうかである。即ち、壁厚をどれだけ正確にピクセルカウントで表し得るかである。基礎的検討の結果、4~24mmの間では、同一濃度、同一収集時間であればFig. 3に示した如く厚さはピクセルカウントと比較的的良好な直線関

係が得られ、相対的な壁厚をピクセルカウントで置き換え、心筋壁の収縮を測定できるものと考えられた。

大獄ら¹²⁾は心筋ファントム実験にて10mm以下の壁厚とピクセルカウントの間に良好な相関を示しており、ピクセルカウントから、およその相対的壁厚を推定できると報告している。しかし、もう少し厚い方について厳密に言えば、壁厚が増加するにつれ傾きが緩やかになっており、壁の厚い部位の方が薄い部位に比べて若干壁収縮率を過小評価するものと思われる。これは、半値幅(FWHM)に対して壁厚が増加するにつれカウントがブラーーになっていく傾向を表しているが、使用したSPECTのFWHMが18~22mmであり、HCMで25mm(心エコー)程度までの臨床応用の範囲においては、ほぼ直線性が保たれていると考えられる。また下壁においては、収縮期では拡張期に比べ、左室内腔が小さくなることより減衰が少なくなり、ピクセルカウントがその分大きくなつて前壁よりも壁収縮率を若干過大評価するものと思われる。心尖部においては短軸像では心臓自体の動きによるずれが大きく、収縮期では内腔がつぶれてしまい不正確になりやすいので、心尖部が病変部位である場合は長軸2方向の視覚的判定と共に長軸像による壁収縮率の算定が有用と思われる。

心筋梗塞例においては、Tl摂取の少ない貫壁性梗塞部位に対し、Tl摂取の十分残っている非貫壁性梗塞部位では、さまざまな程度に壁収縮があることが確認できた($p < 0.01$) (Fig. 4)。このように心筋梗塞部位の残存心機能、viabilityの評価はPercutaneous Transluminal Coronary Angioplasty^{13)~15)}やA-Cバイパス術¹⁶⁾等の冠動脈血行再建術の適応決定や効果判定を行う際にも非常に重要であり本法が有用であると思われた。現段階では心筋のviabilityについては、臨床的には負荷心筋シンチグラフィーで虚血の有無と一緒に評価されることが多い¹⁷⁾¹⁸⁾が、2~5時間後に再分布が見られないことは必ずしもnon-viableであるとは言えず^{19)~23)}、心筋のviabilityを正確に評価するのには十分な検査とは言えない。再分布のない部位でも、Tlの再静注²²⁾により取り込みが見られる

例のあることは、安静時のTl心筋シンチグラフィーがviabilityの評価により適切であることを示唆しているものと考えられる。そして安静時にTl心筋シンチグラフィーを行うのであれば、形態評価にも優れ、壁運動や、壁収縮の評価できる心電図同期法がより有用である。WSTRが何%以上の部位であれば冠動脈再建術の効果が期待できるかは今後の課題であるが、本法によってviabilityがあるにもかかわらず、負荷心筋シンチグラフィーによってnon-viableと判定されていた症例のかなりな部分を客観的定量性をもって拾いあげできるものと期待される。

不均一な壁肥厚を有するHCMでは、比較的に肥厚の少ない部位では相対的な収縮力であるWSTRは平均52.9%と良好であるのに対して、肥厚の著明な部位では平均21.7%と低下していた。このように局所の壁収縮力を定量的に評価できることは、HCMの病態を知るうえでも、個々の経過を追う意味でも有用な手段であると思われる。

DCMは3例と症例が少ないと全例で左室全体のWSTRが20%前後と著明に低下しており、DCMの特徴的病態を表しているものと思われる。

²⁰¹Tlを用いた心電図同期心筋SPECTを臨床応用する場合の問題点は、データ収集時間が30~40分と長くデータ処理にも時間がかかることで日常の検査としては普及されていないが、本法は以上の有用性を考えると現状でも十分普及されるべきものと思われる。

VI. 結 語

心電図同期心筋SPECTを用いて、局所の壁収縮力を壁厚の収縮率(壁収縮率、WSTR)として定量評価を行った。

基礎的検討では、同一濃度、同一収集時間であれば、壁厚とピクセルカウントには比較的良好な直線関係が得られ、心電図同期心筋SPECTは、壁収縮率(WSTR)を{(ESカウント-EDカウント)×100/EDカウント(%)}で評価できるものと考えられた。

本法は、心筋壁の収縮そのものを評価でき、心筋梗塞部の残存心筋のviabilityや、HCMの肥厚

部や DCM の局所壁収縮力の定量評価が客観的にできるものと考えられた。

稿を終えるに臨み、ご指導、ご校閲を頂きました愛媛大学医学部放射線医学教室、浜本研教授に深甚なる感謝の意を表します。又、終始適切なご指導、ご協力を頂いた同内科学第二講座、伊藤武俊前助教授、藤原康史先生はじめ同内科学第二講座の皆様および同放射線医学教室の棚田修二講師、村瀬研也助手に心から感謝致します。

文 献

- 1) 二神康夫、浜田正行、市川毅彦、他：肥大型心筋症における心電図同期²⁰¹Tl 心筋 single photon computed tomography の有用性の検討、核医学, 20: 633-639, 1983
- 2) 玉木長良、向井孝夫、石井 靖、他：回転型ガンマカメラの心臓イメージングへの応用—第4報。心拍同期 ECT の試み一、核医学, 19: 757-763, 1982
- 3) Garcia EV, Train KV, Maddahi J, et al: Quantification of rotational Thallium-201 myocardial tomography. J Nucl Med 26: 17-26, 1985
- 4) DePasquale EE, Nody AC, Depuey EG, et al: Quantitative rotational thalium-201 tomography for identifying and localizing coronary artery disease. Circulation 77: 316-327, 1988
- 5) Hecht HS, Mirell SG, Rollet EL, et al: Left ventricular ejection fraction and segmental wall motion by peripheral first pass radionuclide angiography. J Nucl Med 19: 17-23, 1978
- 6) 西村恒彦、今井行雄、香川雅昭、他：心 RI アンギオグラフィによる左室駆出分画 (EF) の精度に関する検討—first pass 法について一、核医学, 17: 53-58, 1980
- 7) Strauss HW, Zaret BL, Hurley PJ, et al: A scintigraphic method for measuring left ventricular ejection in man without cardiac catheterization. Am J Cardiol 28: 575-580, 1971
- 8) 西村恒彦、香川雅昭、今井行雄、他：心 RI アンギオグラフィによる左室駆出分画 (EF) の精度に関する検討—MUGA 法について一、核医学, 17: 269-276, 1980
- 9) Moore ML, Murphy PH, Burdine JA: ECG gated emission computed tomography of the cardiac blood-pool. Radiology 134: 233-235, 1980
- 10) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, et al: Multiaxial tomography of heart chambers by gated blood-pool emission computed tomography using a rotating gamma camera. Radiology 147: 547-554, 1983
- 11) 津田隆俊、久保田昌宏、高橋貞一郎、他：心拍同期心プール断層法における位相解析一心ファンタムによる基礎的検討ならびに臨床応用一、核医学, 25: 542-555, 1988
- 12) 大嶽 達、渡部俊明、小坂 昇、他：Thallium-201 心筋 single photon emission computed tomography の定量性の検討—ファンタムを用いて一、核医学, 25: 255-264, 1988
- 13) Gruntzig A, Senning A, Siegenthaler W: Nonoperative dilatation of coronary artery stenosis. Percutaneous transluminal coronary angioplasty. New Eng J Med 301: 61-68, 1979
- 14) 延吉正清、堀内久徳：狭心症に対する PTCA。Medicina 24: 2379-2382, 1987
- 15) 光藤和明：心筋梗塞に対する PTCA。Medicina, 24: 2394-2398, 1987
- 16) 布施勝生：狭心症に対する CABG。Medicina, 24: 2384-2387, 1987
- 17) Maddahi J, Garcia EV, Berman DS, et al: Improved noninvasive assessment of coronary artery disease by quantitative analysis of regional stress myocardial distribution and washout of thallium-201. Circulation 64: 924-935, 1981
- 18) Rozanski A, Berman DS, Gray R, et al: Use of thallium-201 redistribution scintigraphy in the preoperative differentiation of reversible and non-reversible myocardial asynergy. Circulation 64: 936-944, 1981
- 19) Gutman J, Berman DS, Freeman M, et al: Time to completed redistribution of thallium-201 in exercise myocardial scintigraphy. Am Heart J 106: 989-995, 1983
- 20) Ziessman HA, Sigler CJ, Wells TM, et al: Utility of delayed 24 hour redistribution on SPECT thallium-201 myocardial perfusion studies. J Nucl Med 29: 769, 1988 (Abstr)
- 21) Hecht HS, Andreae G, Myler RK, et al: The role of 24 hour tomographic thallium-201 myocardial imaging in revascularization. J Nucl Med 29: 769, 1988 (Abstr)
- 22) Rocco T, Dilsizian V, Maltais F, et al: Thallium reinjection after delayed imaging demonstrates fill-in to regions with "fixed" defects. J Nucl Med 29: 769, 1988 (Abstr)
- 23) Tamaki N, Yonekura Y, Yamashita K, et al: Relation of left ventricular perfusion and wall motion with metabolic activity in persistent defects on thallium-201 tomography in healed myocardial infarction. Am J Cardiol 62: 202-208, 1988