

## 《原 著》

in vivo  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識を用いた心拍同期心プール・  
スキャンによる左室容積の解析

林田 孝平\* 西村 恒彦\* 植原 敏勇\* 大嶺 広海\*  
小塚 隆弘\*

**要旨**  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球を用いた心拍同期心プール・スキャンによる左室カウントから左室容積を解析する方法を開発した。(1) 心ファントム実験では、既知の容積とカウント数とはよく一致した。(2) 虚血性心疾患30症例で心拍同期心プール・スキャンを施行した。各患者の標準化のため、 $^{99m}\text{Tc}$ -の投与量と循環血液量で左室カウントを補正した。左室駆出率を求め、同時に施行した色素希釈法による分時拍出量を除して左室容積を算出した。補正した左室カウント(x)と色素希釈法を併用した左室容積(y)との相関は、0.962と高く、一次回帰式  $y = 40.89x + 30.03$  を得た。(3) この回帰式を用いて、各種心疾患45症例の左室容積を求めた。(3) このうち32症例では、2週間以内にシネ撮影を施行し、その左室容積と心拍同期心プール・スキャンにより推定した左室容積の間によい相関を得た。以上により、本法を利用すれば、非観血的に左室容積の絶対値の推定が可能と結論した。

### I. はじめに

左室容積は、左心機能評価の際、重要なパラメータの一つである。

Dodge ら<sup>1)</sup>は、幾何学的計算すなわち Area-Length 法により、左室容積を測定し、今日では、もっとも信頼性の高い方法として知られている。

非観血的左室容積解析法は(1)心エコー図法、(2)心拍同期による RI 心プール・スキャン法(以下心拍同期心プール・スキャンとする)がある。

心エコー図法は、幾何学的効率にて左室容積の解析を行う。しかし Teichholz ら<sup>2)</sup>の検討によると Asynergy を有する虚血性心疾患では計測誤差が大きい。

Strauss ら<sup>3)</sup>が開発した心拍同期心プール・スキャンは、カウント効率を用いた左室容積の解析法である。Slutsky ら<sup>4)</sup>は、左室カウントを投与放射

能量および循環血液量で補正し、患者間の個体差の標準化を試みた。ついで補正した左室カウントが、シネ撮影により求めた左室容積と高い相関があるとしている。このことは、心拍同期心プール・スキャンにより絶対値としての左室容積の推定が可能であることを示唆している。

今回、著者らは、30症例で in vivo  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識による心拍同期心プール・スキャンを行い、色素希釈法を併用することにより、左室カウントから絶対値としての左室容積を求める方法を開発した。そこで、本法を用いて、各種心疾患45症例の左室容積を解析し、このうち32症例で、シネ撮影による左室容積と比較した。さらに心ファントムによる基礎的検討も併せて行ったので、報告する。

### II. 方 法

#### 1. バルーンを用いた心ファントムによる基礎的検討

##### (1) シネ撮影による心ファントムの容積算出

発泡スチロールを左心室の形状にくり抜きゴム製バルーンを入れ、心ファントムとする。この心基部および心尖部にあたる位置にチューブをつけ

\* 国立循環器病センター放射線診療部

受付：57年1月7日

最終稿受付：57年6月4日

別刷請求先：吹田市藤白台5-125 (番号565)

国立循環器病センター放診部

林田 孝平

た。長方形のペイスン(8l用)の中央部に、心ファントムを固定し、周囲へ生食水4lを注いだ(Fig. 1)。76%ウログラフィンを生食水で1/10に希釈し、X線造影剤を調製した。造影剤50mlを心基部のチューブから注入し、心尖部より空気抜きをしたのち、6インチI.I.(poly-diagnostic CRM 101B フィリップス社)にて、シネ撮影を行った。ついで、心ファントムに造影剤25mlずつを段階的に加え、350mlまで(計13回)のシネ撮影をした。シネ・フィルムは容積解析装置(5600 S/M and B 横河ヒューレット・パッカード社)を用いて、心ファントム容積を求めた。このようにして求めた心ファントムの容積と実際の容積を比較した。

#### (2) シンチカメラによる心ファントムのカウント計測

心ファントムは、(1)と同一のものを使用した。心拍同期心プール・スキャンでの肺、左室腔に似たモデルをつくることが必要である。すなわち、肺としてのバックグラウンドとしては、周囲の生食水4lの中に $^{99m}\text{TcO}_4^-$  1mCiを入れ、比放射能を $2.5 \times 10^{-4}$  mCi/mlとした。また、バルーンへの注入には生食水500mlに $^{99m}\text{TcO}_4^-$  4mCiを入れた比放射能 $8 \times 10^{-3}$  mCi/mlの溶液を用いた。まず、心ファントムに50mlを注入し、ついで12.5mlずつ段階的に加え、各注入ごとに高分解能コリメータを用いて、10秒間のカウント計測を行った(Fig. 2)。心ファントム部に关心領域を

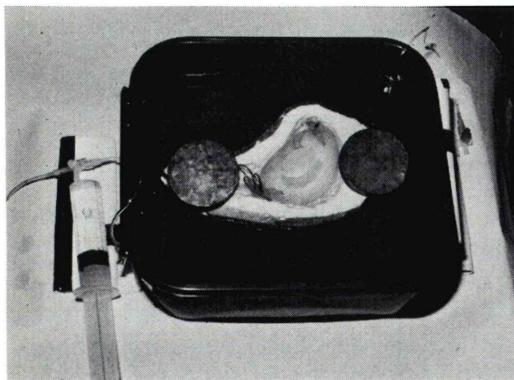


Fig. 1 Cardiac phantom for volume study.

設け、求めたカウント数と実際の容積を比較した。

#### 2. 心拍同期心プール・スキャン法

##### (1) in vivoによる $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識法

Davelら<sup>5)</sup>の方法にしたがい、in vivoによる $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識を行った。すなわちテクネピロリン酸キット(第一ラジオアイソトープ製)を生食水で溶解し、その半量をRIインターミッテントで静注する。ついで、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$  15~20mCiをRIアンジオセットにて急速注入した<sup>6)</sup>(Fig. 3)。

##### (2) 左室カウント計測

左・右室分離が良好な体位 LAO 40°にて $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球による心拍同期心プール・スキャンを行った。

マルチゲート法<sup>7)</sup>は、フレーム・モードにて

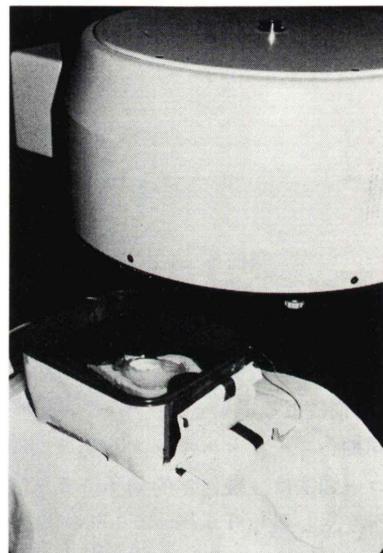


Fig. 2 Volume study by high resolution collimator using cardiac phantom.

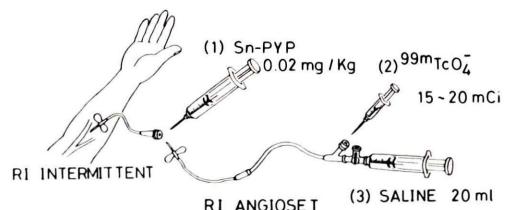


Fig. 3 Single venipuncture method for labeling RBC with  $^{99m}\text{Tc}$ .

$64 \times 64$  マトリックスで R-R 間隔を 20 等分し、心拍同期加算にて 200 万カウントを収集した。左室に閑心領域を設定し、バックグラウンドを減ずれば、左室の相対的容積曲線が得られ、最大カウント値が左室拡張末期カウント数、最小カウント値が左室収縮末期カウント数である。

使用機種は、高分解能コリメータを装着したシンチカメラ (Ohio-Nuclear Σ 410S 型) およびオンラインで接続したデータ処理装置 (DEC, PDP 11/34, 96 KB) である。

### (3) 左室カウントの補正

標識後、 $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球の静脈血中のカウントで左室カウントを補正した。すなわち、採血した血液を、マイクロピペット (Eppendorf pipette 4700) で 4 ml 用プラスチック試験管 5 本に 0.1 ml 分注した。ついで、ウェル型シンチレーション・カウンター (Multi-Mode Scaler TDC-601 Aloka 製) を用いて、5 検体を 0.1 分間計測した。このうち中央の 3 測定値の平均を in vitro カウントとした。このカウントで、 $^{99m}\text{Tc}$  の投与量と循環血液量を同時に補正できる。

ここで、左室拡張末期カウント数を EDC とし、R-R 間隔を RR (msec)、左室カウントと in vitro カウントの計測時間差による  $^{99m}\text{Tc}$  の物理学的減衰を time factor とすると、補正した左室拡張末期カウント Radionuclide Volume (無名数) は次の式で求められる。

#### Radionuclide Volume

$$= \frac{\text{EDC} \times \text{RR}/20}{\text{in vitro カウント} \times \text{time factor}}$$

### 3. 絶対値としての左室容積の解析

#### (1) Dye volume の算出

色素希釈法による心拍出量算出を、心拍同期心プール・スキャン施行の直前に行った。市田ら<sup>8)</sup>が開発した虚血式イヤーデンシットメーター (日本光電、デイルタック MLC 4100) を用いてジアグノグリーン (第一製薬) 5 mg を急速注入して、分時拍出量を求めた。この際、イヤープレスチモグラフィを併用することにより、耳朶の血管拡張の程度を一定にした。測定は少なくとも 3 回行い、

再現性を確認した。

ここで、色素希釈法による分時拍出量を C.O. ( $\text{l}/\text{min}$ ) とし、マルチゲート法で求められる左室駆出率を EF (%), 心拍数を HR ( $/\text{分}$ ) とすると色素希釈法を併用した左室拡張末期容積 Dye Volume ( $\text{ml}$ ) は次の式で求められる。

$$\text{Dye volume} = \frac{\text{CO}}{\text{EF} \times \text{HR}} \times 10^5$$

#### (2) Radionuclide volume と Dye volume の比較

補正した左室カウントと色素希釈法で求めた左室容積を左室拡張末期で比較し、相関および回帰式を求めた。

対象は、左右短絡、弁逆流、不整脈のない、主として、虚血性心疾患症 30 例である。

#### (3) Radionuclide volume による絶対値としての左室容積の推定

各種心疾患において、(2) で求めた回帰式を用いて、絶対値としての左室容積を推定した。対象は、冠動脈病変がない狭心症 5 例、心筋梗塞症 (一枝障害 7 例、二枝障害 9 例、三枝障害 7 例) 大動脈弁および僧帽弁逆流症 9 例、心室中隔欠損症 4 例、肥大型心筋症 4 例、計 45 例である。ついで、心拍同期心プール・スキャンと心カテーテル法の施行間隔が 2 週間以内である 32 症例について、回帰式により求めた左室容積とシネ撮影による左室容積を比較した。

### 4. 胸壁の吸収補正の影響

人体との吸収係数がほぼ等しいアクリル板を用いれば、厚さ 1 cm で  $^{99m}\text{Tc}$  は約 10% が減衰する。そこで、左室カウントを胸壁の厚さで補正する必要があるか否かを検討した。胸壁の影響をうける左室カウント法と影響をうけない色素希釈法による左室容積の誤差を胸壁の厚さと比較した。

対象は、3. (2) の症例のうち、胸部レントゲン四方向を撮影している 21 例である。胸壁の厚さは、胸部レントゲン第一斜位像にて左室中央部で計測した。

### III. 結 果

#### 1. バルーンを用いた心ファントムによる基礎的検討

##### (1) シネ撮影による心ファントムの容積算出

心ファントムにX線造影剤50mlを加えついで25mlずつ漸増し、350mlまで(計13回)のシネ撮影により求めた容積(y)、心ファントムへ実際に加えた容積(x)とすると相関は0.999で、一次回帰式 $y=0.84x+15.97$ を得た(Fig. 4)。

##### (2) シンチカメラによる心ファントムのカウント計測

心ファントムに、比放射能 $8 \times 10^{-3}$  mCi/mlの溶液50ml加え、ついで12.5mlずつ漸増して50mlまでの(計25回)カウント計測では、心ファントムのカウント数(y)、実際に加えた容積(x)とすると相関は0.999で、一次回帰式 $Y=129.65x+3158.95$ を得た(Fig. 5)。

#### 2. 心拍同期心プール・スキャンによる左室カウントの計測およびその補正

マルチゲート法にて、左室の相対的容積曲線、左室拡張(および収縮)末期カウント、左室駆出率が求まる(Fig. 6)。症例は、左室機能正常で左室拡張末期カウント4327、左室収縮末期カウント1847、左室駆出率58%である。

左室カウントの補正是in vitroカウントおよび

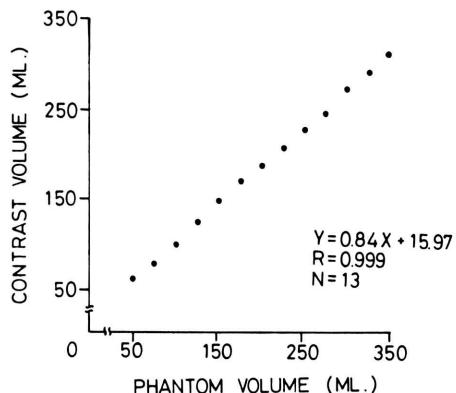


Fig. 4 Correlation between measured volumes in cardiac phantom and volumes by contrast angiography.

心拍数による。すなわち、in vitroカウントは96393で、計測時間差によるtime factor 1.1、RR間隔940msecより、補正した左室拡張末期カウントは1.918と求めることができる。

#### 3. 絶対量としての左室容積の解析

主に虚血性心疾患30例で、心拍同期心プール・スキャンの施行直前に、色素希釈法による心拍出量を用いて左室駆出率により左室拡張末期容積(y)を求め、補正した左室拡張末期カウント(x)との相関は0.962で、一次回帰式 $y=40.89x+30.08$ を得た(Fig. 7)。この回帰式を用いれば、色素希釈法による左室拡張末期容積を推定する方法で、心拍出量を求めることなく、補正した左室拡張末期カウントから絶対値としての左室容積の解析ができる。

(Fig. 6)の症例は、補正した左室拡張末期カウント1.918である。この回帰式を用いて絶対値としての左室拡張末期容積108.5(ml)が求まる。

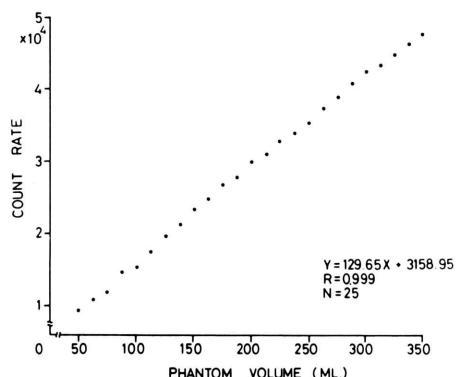


Fig. 5 Correlation between measured volumes in cardiac phantom and count rates by high resolution collimator.

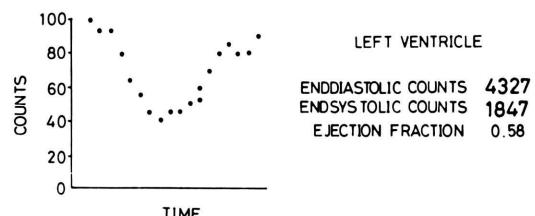


Fig. 6 Count rate curve of left ventricle by gated cardiac pool scan.

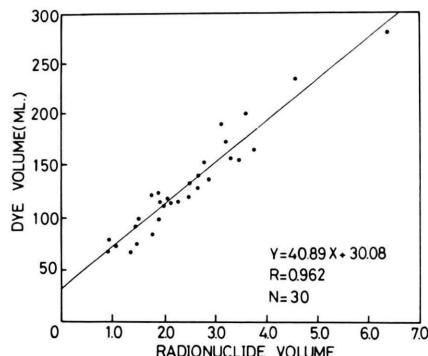


Fig. 7 Correlation between radionuclide volumes and dye volumes. With this equation, left ventricular volumes, as real quantity, can determined by gated cardiac pool scan.

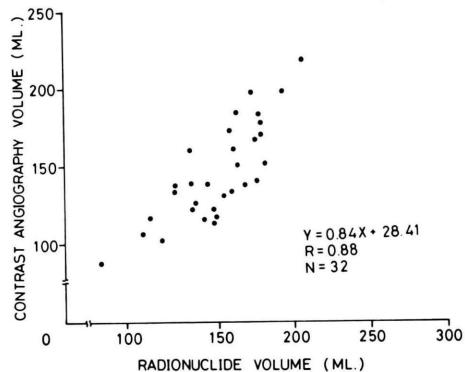


Fig. 10 Correlation between radionuclide volumes and contrast angiographic volumes.

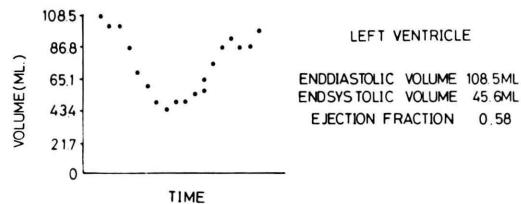


Fig. 8 Absolute volume curve of left ventricle by gated cardiac pool scan.

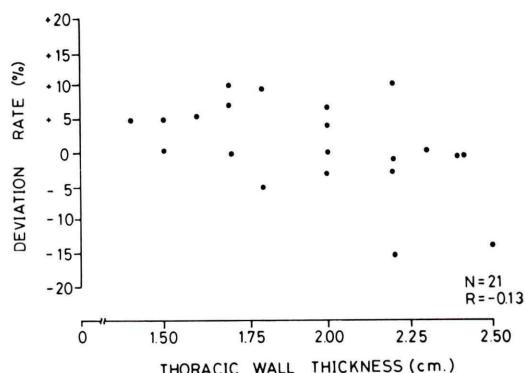


Fig. 11 Correlation between deviation rate by thoracic wall attenuation and thoracic wall thickness.

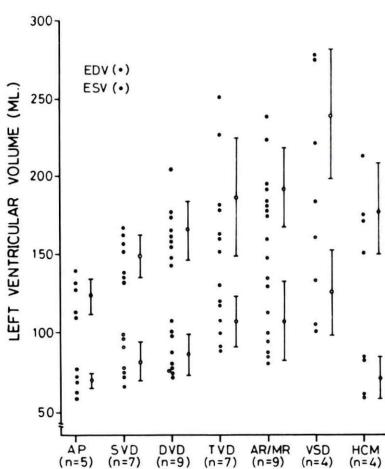


Fig. 9 Volume studies of left ventricle in various disease.

左室駆出率 58% により、左室収縮末期容積 45.6 ml も求められる。相対的左室容積曲線は、縦軸に絶対値のスケール (ml) をとることにより、絶対的左室容積曲線へと変換できる (Fig. 8)。

さらに、左右短絡、弁逆流を有する疾患を含めた45症例で、補正した左室カウントから左室容積を解析した (Fig. 9)。このうち 32 症例は、2 週間以内に心カテーテル検査を行った。シネ撮影による左室拡張末期容積 (y) と左室カウントより求めた左室拡張末期容積 (x) との相関は 0.88 で、一次回帰式  $y = 0.84x + 28.41$  を得た (Fig. 10)。

#### 4. 胸壁の吸収補正の影響

左室拡張末期においてカウント法と色素希釈法の左室容積の差をカウント法の左室容積で除し、偏位率とした。胸部レントゲンでの胸壁の厚さ (cm) と偏位率 (%) を比較したところ相関は -0.13 であった (Fig. 11)。

#### IV. 考 案

心拍同期心プール・スキャンによる左室容積の解析法を開発し、基礎的および臨床的検討を行った。

基礎的検討では、心ファントムを用いて、シネ撮影による容積算出、シンチカメラによるカウント計測を行った。シネ撮影による心ファントム容積は過小に評価をしていたが、実際の容積とよく一致し、シンチカメラによるカウント計測値も実際の容積と高い相関があった。これらの結果よりカウント数から容積への変換が精度高く行われていることが確認された。

心プール・スキャン剤として *in vivo* 標識  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球を用いた場合、著者らの検討では<sup>9)</sup>、標識率は  $96.67 \pm 0.91\%$  と高く、かつ安定していた。標識後 5 分から 20 分までの静脈血中のカウント変動は、 $^{99m}\text{Tc}$ -人血清アルブミン標識法で、7.07%，*in vivo*  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球標識法で 1.67% と後者が容積推定などの定量的解析に適している<sup>9)</sup>。

左室カウントは、投与放射能量および循環血液量で補正する必要がある。補正法には、(1) 平衡時の  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球の静脈血中カウント (i) シンチレーションカウンター計測法、(ii) シンチカメラ計測法、(2)  $^{99m}\text{Tc}$  の投与放射能量と循環血液量、(i)  $^{131}\text{I}$ -人血清アルブミンによる循環血液量の測定、(ii) 体表面積による循環血液量の推定などがある。

著者らはウエル型シンチレーション・カウンターを用いて、静脈血中のカウントを計測し、これによる補正を行った。かりに、*in vitro* カウント (0.1 分間計測) を 90000 とすると計測誤差は次の式で求められる。

$$\pm \sqrt{\frac{90000 \times 10}{0.1}} / 90000 \times 10 = \pm 0.33\%$$

つぎに分注操作に用いたマイクロピペットの使用説明書によれば“水”を用いた重量法による精度の検定は 0.5% 以下である。しかし“水”より粘性が高い“血液”の分注ということ、血液 0.1 ml 中の  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球の比率が必ずしも一定でないことにより、分注によるカウントの変動率は、シ

ンチレーション・カウンターの計測誤差よりも大きくなる。この意味で *in vitro* カウントとして、5 検体の中央計測値の平均をとるのは、理にかなっている。

Dehmer ら<sup>10)</sup>が行っているシンチカメラ計測法は、採血した血液 10 ml を注射器のまま、シンチカメラで計測する方法である。かりに  $^{99m}\text{TcO}_4^-$  20 mCi を静注し、循環血液量 5 l とすると、10 ml の血液には  $4 \times 10^{-2}$  mCi の放射能量がある。そこで、高分解能コリメータを用いて計測する。ところが、このコリメータは、計数効率が低く、低線量の測定には不利で、注射器の位置によるカウント効率の変動も大きいと予想される。したがって、シンチカメラ計測法は誤差が大きくなる。つぎに、 $^{131}\text{I}$ -人血清アルブミンあるいは体表面積から求まる循環血液量は、必ずしも正確とは言えない<sup>11)</sup>。前者は末梢血中のヘマトクリット値の誤差、代謝・排泄によるアルブミンと赤血球の分布誤差、後者は心不全、浮腫などの病態による算出誤差が循環血液量の推定の精度を低くしている。また、投与した  $^{99m}\text{Tc}$  は、循環動態の変化により、循環血の分布比率が異なることで  $^{99m}\text{Tc}$  の投与量と循環血中における比放射能とは必ずしも一致しないと考えられる。これらのことにより、左室カウントの補正には、シンチレーション・カウンター計測法が適切であろう。

さて、左室容積の解析には、絶対量としての心拍出量測定が必要である。心拍出量測定には、(1) 色素希釈法、(2) 放射性核種のファースト・パス法、(i)  $\gamma$  の関数の適用、(ii) peak-plateau 値<sup>12)</sup>などがある。

色素希釈法で、虚血式アピース型デンシトメーターを用いた心拍出量測定は、動脈血採血によるキュベット法と比較し、高い相関 (0.960) があった<sup>8)</sup>。著者らは、心拍数の変化、ジアグノグリーンの注入速度の影響を少なくする目的で心拍出量は 3 回測定し、再現性を確認した。放射性核種によるファースト・パス法は、再循環があり一回しか施行できない。この場合、ファースト・パス法により得られるカーブは、心肺系・注入速度の

影響をうけ、一回の測定値では、絶対値としての信頼性が低い。さらに $^{131}$ I-人血清アルブミンによる循環血液量測定を行う必要があり煩雑である。したがって正確な心拍出量の決定のためには、色素希釈法を併用した方がよいと考える。

心拍出量から左室容積の算出には、左室駆出率が必要である。著者らの施設で、50症例において、心拍同期心プール・スキャンとシネ撮影による左室駆出率を比較したところ相関は0.902と高かった<sup>7)</sup>。また、色素希釈法と心拍同期心プール・スキャンは、同時期に行うことができ、同一病態について、心拍出量と左室駆出率を求めることができた。

以上の結果に基づき、補正した左室カウントと色素希釈法を併用して求めた左室容積を比較して相関は高かった。さらに、これらに関する回帰式を用いれば補正した左室カウントから心拍出量を測定しなくとも、絶対値としての左室容積を得ることができる。この回帰式を用いた各種心疾患の左室容積は、シネ撮影による左室容積と比較し、過大に評価しているが、両者の相関は高かった。心ファントムの実験では、シネ撮影の左室容積を過小に評価していることを考えれば、左室カウントから求められる左室容積の方が、実際の左室容積に近いともいえる。シネ撮影の左室容積の算出では被検者の病態の変化・グリッドなどの要因により、左室容積は過小評価される可能性もある。

弁逆流・左右短絡を有する症例では、色素希釈法で求められる心拍出量は、弁逆流・左右短絡量を差し引いた心拍出量と解される。Straussら<sup>13)</sup>は、差し引いた心拍出量つまり体循環への拍出量を“forward”拍出量としている。回帰式で求められる左室容積による一回拍出量と“forward”拍出量との差は、弁逆流・左右短絡量を表わすと考えられる。すでにDehmerら<sup>10)</sup>は、左室カウントによる心拍量とFick法による“forward”拍出量の差を用いて、逆流量の推定を試み、良好な結果を得ている。

このように本法は、非観血的に絶対量としての左室容積だけでなく弁逆流量あるいは左右短絡量

の推定にも応用できうる。これらの臨床応用については、別の機会に検討したい。

最後に胸壁の吸収補正について検討した結果、左室カウントから求められる容積は、胸壁の厚さの影響は少なかった。これは、循環血液量の補正が、胸壁の厚さをも加味した補正であると考えた。

## V. まとめ

心拍同期心プール・スキャンにより求められる左室カウントを補正し、色素希釈法を併用した左室容積との関係により絶対量としての左室容積を求めた。基礎的および臨床的にも検討を加え、非観血的な左室容積の解析法としての信頼性が高いと結論した。

謝辞：貴重なデータを提供していただいた心臓内科、心臓外科の諸先生に深謝申し上げます。また、RI診療に協力していただいた林真、香川雅昭、山田幸典、伊藤慎三各技師とシネ撮影の実験に協力していただいた若松孝司技師に感謝申し上げます。

## 文 献

- Dodge HT, Sandleartt, Ballew DW, et al: The use of biplane angiography for the measurement of left ventricular volume in man. Am Heart J **60**: 762-776, 1960
- Teichholz LE, Kreulen T, Herman MV, et al: Problems in echocardiographic volume determinations: Echocardiographic angiographic correlation in the presence or absence of asynergy. Am J Cardiol **37**: 7-11, 1976
- Strauss HW, Zaret BL, Hurley PL, et al: A scintiphotographic method for measuring left ventricular ejection fraction in man without cardiac catheterization. Am J Cardiol **28**: 575-580, 1971
- Slutsky R, Karliner J, Ricci D, et al: Left ventricular volumes by gated equilibrium radionuclide angiography: A new method. Circulation **60**: 556-564, 1979
- Pavel DG, Zimmar AM, Patterson VN, et al: In vivo labeling of red blood cells with  $^{99m}$ Tc: A new approach to blood pool visualization. J Nucl Med **18**: 305-308, 1977
- 林田孝平、西村恒彦、植原敏勇、他：ラジオアイソトープ心アンジオグラフィー—in vivo  $^{99m}$ Tc-赤血球標識の実際と被曝軽減の試み—Radioisotopes **30**: 36-38, 1981

- 7) 西村恒彦, 香川雅昭, 今井行雄, 他: 心 RI アンジオグラフィーによる左室駆出分画(EF)の精度に関する検討(II)—MUGA 法について— 核医学 **17**: 269-276, 1980
- 8) 市田聰, 森 隆豊, 石原正光, 他: 虚血式 Ear piece 型 Densitometer による心拍出量測定の検討—とくに耳朶容積および同時記録による測定精度向上の試み— 臨床病理 **27**: 1147-1150, 1979
- 9) 林田孝平, 西村恒彦, 植原敏勇, 他: *in vivo* 標識  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球における標識率の検討—RI アンジオグラフィーにおける応用— 核医学 **18**: 495-501, 1981
- 10) Dehmer GJ, Lewis SE, Hillis LD, et al: Nongeometric determination of left ventricular volumes from equilibrium blood pool scans. Am J Cardiol **45**: 203-300, 1980
- 11) Albert, SN (藤田達士訳): 循環血液量と細胞外液. 真興交易医書出版部, 1971
- 12) 栗原 正, 成田充啓, 宇佐美暢久, 他: 平衡時 Multi-gate 法 RI 心血管造影法による左室容積の測定. 核医学 **18**: 1295-1299, 1981
- 13) Strauss HW, Pitt B: Cardiovascular Nuclear Medicine. Mosby 1979.

### Summary

#### Nongeometric Determination of Left Ventricular Volumes by Gated Equilibrium Cardiac Pool Scan

Kohei HAYASHIDA, Tsunehiko NISHIMURA, Toshiisa UEHARA,  
Hiromi OHMINE and Takahiro KOZUKA

*Department of Diagnostic Radiology National Cardiovascular Center Suita, Osaka, Japan*

This study was made for utility of nongeometric count method to determine volumes of left ventricle. Assisted with dye dilution method, we tried to analyse absolute left ventricular volume (LVV) from left ventricular counts (LVC).

The conclusion was as follows.

- 1) Using cardiac phantom, the increment of count rates corresponded well with that of measured volumes from 50 to 350 ml.
- 2) In 30 cases of ischemic heart disease, LVC were calculated from gated pool cardiac scan by *in vivo* labeling of RBC with  $^{99m}\text{Tc}$ . For standardization, LVC were corrected by administrated dose of  $^{99m}\text{Tc}$  and total blood volume with counts in 0.1 ml of blood pool. On the other hand, LVV were obtained from cardiac output by dye dilution

method. Comparing standardized LVC (x) with LVV (y), there was good correlation ( $R=0.962$ ) with an equation of  $y=40.89 x + 30.08$ .

3) In 45 cases of various cardiac disease, LVV could determine, as real quantity, from standardized LVC using the equation. In 32 of 45 cases, the equation derived LVV was correlated well with angiographic LVV.

We concluded that determination of left ventricular volumes by gated cardiac pool scan could be used as a noninvasive means of evaluating left ventricular function.

**Key words:** left ventricular volumes, nongeometric volume determination, *in vivo*  $^{99m}\text{Tc}$ -RBC labeling, gated cardiac pool scan.