

## $^{99m}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤のためのRIアンジオグラフィによる心拍出量の算出の試み

滝 淳一\* 村守 朗\*  
 中嶋 憲一\* 黄 義孝\*  
 宮崎 吉春\*\* 村田 義治\*\*\*

絹谷 清剛\* 松成 一朗\*  
 米山 達也\* 利波 紀久\*  
 森下 大樹\*\*\*

$^{99m}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤はRIアンジオグラフィが可能であるが、 $^{99m}\text{Tc}$ -標識赤血球(RBC)を用いたアンジオグラフィと異なり心拍出量(CO)の算出は不可能であった。これは従来法では $^{99m}\text{Tc}$ -RBCが平衡状態に達したときの左室カウントが必要であり、心筋血流製剤ではこれが得られないことによる。そこで $^{99m}\text{Tc}$ のdynamicデータのみからのCOの算出法を考案し、その精度を従来からの $^{99m}\text{Tc}$ -RBCを用いたRIアンジオグラフィによる心拍出量と比較検討した。

【理論】

### 1. $^{99m}\text{Tc}$ -RBCを用いた従来法

Stewart-Hamiltonの指示薬希釈法の原理に基づいている。すなわちRIを投与した場合、初回通過のみを考え再循環がないとすると、総投与量Iは、 $I = \int \text{CO} \cdot \text{C}(t) dt$ となる(CO=血流量すなわち心拍出量、C(t)=時間tにおける左室RI濃度)。したがって、 $\text{CO} = I / \int \text{C}(t) dt \cdots (1)$ となる。

ここで左室のカウントをf(t)とし左室内のRIが係数kの効率でガンマカメラでカウントされるとすると、 $f(t) = k \cdot V \cdot \text{C}(t)$ となる(Vは左室容積)。すると(1)式は $\text{CO} = k \cdot V \cdot I / \int f(t) dt \cdots (2)$ となる。

ところが人体では投与されたRIは血管内に留まるために平衡状態( $t = t_{\text{eq}}$ )では $f(t_{\text{eq}}) = k \cdot V \cdot \text{C}(t_{\text{eq}})$ すなわち $k \cdot V = f(t_{\text{eq}}) / \text{C}(t_{\text{eq}}) \cdots (3)$ となる。また循環血液量をTBVとすると $I = \text{C}(t_{\text{eq}}) \cdot \text{TBV} \cdots (4)$ となる。(3)、(4)式を(2)式に代入すると、 $\text{CO} = f(t_{\text{eq}}) \cdot \text{TBV} / \int f(t) dt$ となる。

f( $t_{\text{eq}}$ )は平衡状態の心室カウントであり、心プールデータの平衡時左室カウントから得ることができる。TBVは、あらかじめ投与RIを1000倍希釈した標準液1mlを作成しておき(A cpm(count per minute)とする)、次に心室プールデータ収集後に1ml採血し(B cpmとする)ウエルカウンターで両者を同時にカウントすると $\text{TBV} = 1000A/B$ (ml)として求めることができる。∫f(t)dtは左室ROIのTACを指数または、γ関数で近似しその曲線下の面積(S)より求める(図1)。

### 2. $^{99m}\text{Tc}$ 初回通過のみからのCO算出法

前項同様に $\text{CO} = I / \int \text{C}(t) dt \cdots (1)$ でf(t)を時間tの左室カウントとすると $f(t) = k_1 V \text{C}(t)$ (V=左室容積(ml),  $k_1$ =補正係数)となり、 $\text{C}(t) = f(t) / k_1 V \cdots (5)$ となる。(5)式を(1)式に代入し $\text{CO} = k_1 V / \int f(t) dt$

…(6)となる。

ボラス投与時の胸部全体の最高カウントを $C_{\text{max}}$ (cpm)とし補正係数を $k_2$ とすると $C_{\text{max}} = k_2 I$ となり(6)式は $\text{CO} = (k_1/k_2) C_{\text{max}} V / \int f(t) dt \cdots (7)$ となる。Vは左室を回転楕円体と仮定して、 $V = 8A^2/3\pi L$ (A=左室投影面積、L=左室長軸長)より求めることができる。実際には図2の様に胸部全体のROIの時間放射能曲線の最高カウントより $C_{\text{max}}$ を、左室ROIよりA、Lを求めることになる。ただし、A、Lは正面像のみからは求めることができないので、心筋SPECTより得た左室長軸と胸部前面とのなす角αを用いて  $L_{\text{ROI}} = \sqrt{X^2 + Y^2}$   $L = \sqrt{(X/\cos \alpha)^2 + Y^2}$   $A = A_{\text{ROI}} \cdot L / L_{\text{ROI}}$ より補正して求めた。

【方法】

対象：虚血性心疾患を疑われた患者57例(男性32例、女性25例、平均年齢 $68 \pm 11$ 歳)。

プロトコル：まず従来法でのCO算出のため $^{99m}\text{Tc}$  in-vivo標識RBC 111MBqによるRIアンジオグラフィを左前斜位より1フレーム/秒で施行し、5分後より1分間のプール像を撮像した。COの算出は上記のStewart-Hamiltonの方法に従って算出した。RIの分布容積(TBV)は採血により求めた。プール像撮像後ただちに $^{99m}\text{Tc}$  740MBqによるRIアンジオグラフィを胸部全体が視野に入るよう正面より $64 \times 64$ マトリックスで1秒毎に施行した。CO算出としては前項の(7)式に従って求めた。 $A_{\text{ROI}}$ はRIの左室通過時に心プールが最もよく描出された3フレームを加算して左室最高カウントの40%でカットしたときの左室心室ROIより求めた面積、 $L_{\text{ROI}}$ はその左室長軸長である(図2)。∫f(t)dtはRIの左室通過時の時間放射能曲線をガンマ関数近似しその積分値より求めた。角αは同時期の心筋SPECT像より求めた。ただし( $k_1/k_2$ )はいずれも胸腔内のRIの減弱係数なのでほぼ等しいと考え1とした。

【結果】

従来法の $^{99m}\text{Tc}$ -RBCによるCO(X)と $^{99m}\text{Tc}$ のRIアンジオグラフィのみによるCO(Y)の間には $Y = 1.0X + 89$  (ml/min),  $r = 0.94$ ,  $p < 0.0001$ の良好な相関を認めた(図3)。検者内、検者間の相関もそれぞれ $r = 0.98$ ,  $r = 0.96$ と良好であった。

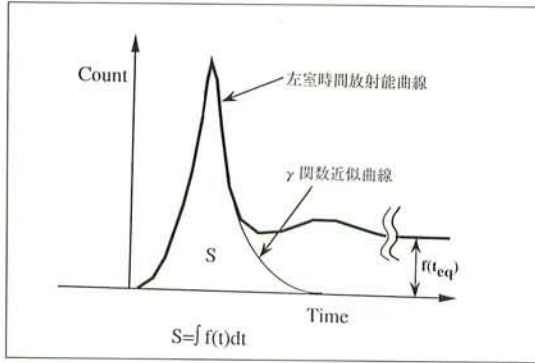
【結論】

以上により $^{99m}\text{Tc}$ 標識心筋血流製剤の投与時に1~2分間のRIアンジオグラフィのデータを収集することと、それに引き続く心筋SPECTを施行することにより、精度よく心拍出量の算出が可能になると思われる。

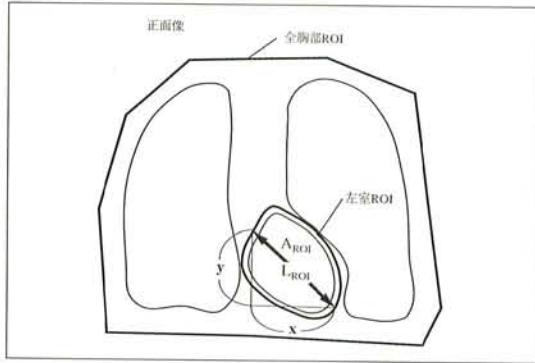
\* 金沢大学核医学科

\*\* 公立能登総合病院 中央放射線部

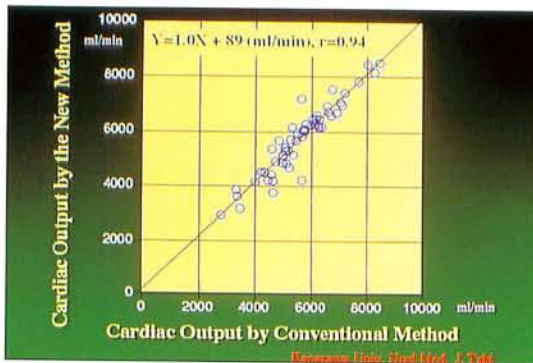
\*\*\* 同 内 科



▲ 図1



▲ 図2



▲ 図3