

謝 辞

本シンポジウムをまとめるにあたり、ご指導いただいた次の諸先生に深謝いたします。

米倉義晴先生 福井医科大学

松平正道先生 先端医学薬学研究センター

(前 金沢大学医学部附属病院)

峰谷武憲先生 秋田県総合リハビリ精神医療センター

檀村紳也先生 済生会山口総合病院

4. 心筋SPECTの臨床的な問題点—核医学技術者の立場から— Symposium

高野政明
東邦大学医学部附属大森病院

1. はじめに

近年, single photon emission computed tomography (SPECT)は多検出器型高速演算処理SPECTシステムの登場により, 短時間に解像度のよいデータ収集, 解析処理, 画像作成が可能となった. 心筋SPECTにおいては円軌道からより体表に近接した軌道による180度および360度データ収集, そして吸収や散乱線成分のデータ抽出も可能となった. また ^{99m}Tc 標識製剤, ^{123}I 標識製剤の臨床応用に伴う検査法の多様化により, 画像作成の再検討や新たな展開が求められている.

今回, 心筋SPECT画像分布を三次元ボクセル単位で捉え, 異核種間の分布差, 再構成角度の違いによる分布差, 心電図同期による収縮様式の分布変化を三次元画像, ボクセル分布容積, カウントで示した. そしておもに近接軌道による360度収集データから180度, 360度再構成画像の分布差を視覚的評価の正当性と比較検討したので報告する.

2. 目的

^{201}Tl chloride (^{201}Tl)心筋SPECTでは, 単検出器型SPECT装置において, 心臓の軸を中心とする180度範囲のデータから重畳積分法を用いた180度再構成(180°スキャン)¹⁾が確立され, 現在も多くの施設において利用されている. エネルギーが低く散乱, 吸収の影響が大きい ^{201}Tl 心筋SPECTにおいて180°スキャンは360°スキャンに比べコントラストのよい画像²⁾が効率よく得られることにあった. しかし, 180°スキャンにおいては不完全再構成による画像の歪が指摘³⁾され定量性に問題を残した. また, 心筋虚血領域によるコントラスト依存が示されたが⁴⁾, 臨床画像による是非は曖昧となっている. 本検討は ^{99m}Tc -MIBI心筋SPECT画像における180度, 360度再構成画像の画像分布差をボクセル容積で定量し, 読影する医師の視覚的評価と比較検討することを目的とした.

3. 対 象

虚血性心疾患 25例(男性 18例, 女性 7例)で, 心筋梗塞 12例, 狭心症 13例である. 病変部位の内訳は前

壁中隔(A/S) 8例, 下後壁(I/P) 9例, 前壁(ANT) 3例, 側壁(LAT) 5例であった.

4. 方 法

^{99m}Tc -MIBI心筋SPECT検査は一日法により, 運動負荷時と安静時の順で 4 時間の間隔で行い投与量は370MBqと740MBqとした. 装置は低エネルギー汎用型コリメータを装着したPRISM 3000を使用し, データ収集は64×64マトリクスサイズ, 1方向60心拍16分割, 6度ごと60方向の360度近接軌道による心電図同期SPECTにてプロジェクションデータを得た. データ処理装置ODYSSEYを用いて心電図同期プロジェクションデータを非同期に変換したのち, 画質改善フィルタとしてlow-pass filterにて処理を行い, ramp filterによる360度再構成画像および右前45度から左後45度の180度再構成画像より短軸像を作成し同一データの360度画像と180度画像とした. 吸収補正, 散乱線補正は行わなかった. 両画像は左室心筋以外が取り除かれるようにマスキングを施し, Application Visualization System・Medical Viewerによりボクセル解析を行った.

5. 解析方法

視覚的評価は下限カットオフ40%で示された180度画像と360度画像のフィルム写真で行い, 負荷時画像における虚血領域の程度と, 負荷時画像と安静時画像からバイアビリティの程度を心臓核医学に10年間の経験をもつ循環器内科の医師が判定した. ボクセル解析は画像を構成するボクセルのなかでマックスカウントを100%として, 他のボクセルに対しカウント数のスレッショールド値5%ごとのボクセル数よりボクセル分布容積曲線を作成するとともに, スレッショールド40%, 50%, 60%, 70%のボクセル積算数からスレッショールドごとの左室心筋容積を算出した.

負荷時画像における180度心筋容積と360度心筋容積から式(1)による再構成容積変化率を求め, 医師が判定した虚血領域の程度と比較検討した.

再構成容積変化率＝

$$\frac{360\text{度心筋容積}-180\text{度心筋容積}}{360\text{度心筋容積}} \dots\dots (1)$$

また、負荷時画像と安静時画像のそれぞれの180度心筋容積と360度心筋容積から式(2)によるバイアリティ容積変化率を求め、360度バイアリティ容積変化率と180度バイアリティ容積変化率の差(360-180バイアリティ容積変化率)を、医師が判定した心筋バイアリティの程度と比較検討した。

バイアリティ容積変化率＝

$$\frac{\text{安静時心筋容積}-\text{負荷心筋容積}}{\text{安静時心筋容積}} \dots\dots (2)$$

式(1)にて得られる再構成容積変化率は再構成角度によるカウント分布の片寄りを反映すると思われる、また式(2)にて得られるバイアリティ容積変化率はバイアリティのカウント分布変化に敏感に反応すると考え、360-180バイアリティ容積変化率は心筋バイアリティの評価に影響すると思われる。

6. 結 果

Fig.1に負荷時画像における虚血領域の広がりか両画像で視覚的に差がないと判定された症例を左に、180度画像の虚血領域の広がり大きいと判定された症例を右に示す。360度画像の虚血領域の広がり大きいと判定された症例はなかった。

上段画像左は下後壁の狭心症症例である(Case 12)。両画像とも下後壁に明かな虚血領域を認め、180度画像では中隔領域が、360度画像では前壁から側壁の領域が強調された画像となった。また、心内腔は180度画像が大きく、この傾向は今回検討した全症例で認められた。ボクセル容積分布曲線ではほぼ類似の曲線を示しているが、スレッシュホールド50%以下の域において360度画像の容積増加があった。再構成容積変化率は11～15%の間の変化にとどまった。再構成容積変化率は式(1)から、正の値であれば360度画像が大きいことを示し、負の値であれば180度画像が大きいことを示す。上段画像右は下後壁の心筋梗塞症例である(Case 3)。両画像とも下後壁に明かな虚血領域を認めるものの、180画像でその領域は大きいと判定され

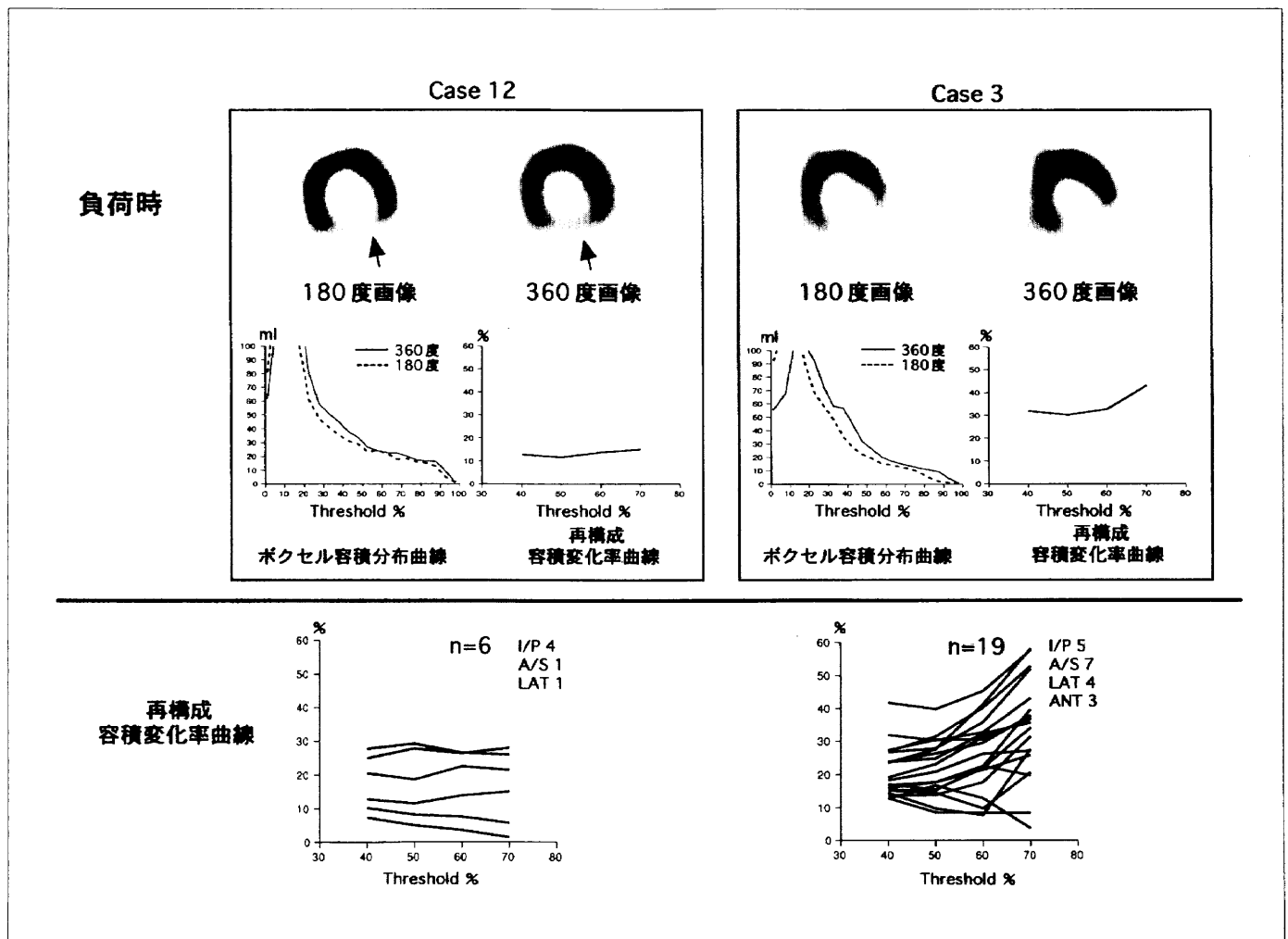


Fig. 1 視覚的評価と再構成変化率の関係。

た。また、360度画像において前壁領域が強調された画像となった。ボクセル容積分布曲線では、180度画像で全域に容積が減少した。再構成容積変化率はスレッシュホールド60~70%にかけて11%上昇した。同一データにおいて、スレッシュホールドにより再構成容積変化率が変動することは画像分布の違いをあらわす指標となり、再構成の違いによって決定される。下段左に虚血領域の広がり両画像で視覚的に差がないと判定された6例の再構成容積変化率曲線を示す。再構成容積変化率は各スレッシュホールドにおいて大きな変動はみられなかった。下段右に180度画像の虚血領域が大きいと判定された19例の再構成容積変化率曲線を示す。スレッシュホールドが高くなるにつれ再構成変化率が上昇する傾向がみられた。

Fig.2に負荷時画像と安静時画像から心筋バイアリティは保たれているが両画像で差がないと判定された症例を左に、360度画像の方が心筋バイアリティの評価が高いと判定された症例を中央に、180度画像の方が心筋バイアリティの評価が高いと判定された症例を右に示す。両画像でバイアリティが認められ

ないと判定されたものは除いた。

上段画像左は前壁中隔の心筋梗塞症例である(Case 7)。両画像とも前壁中隔に中程度の虚血領域を認め、360度画像では側壁から後壁が強調された画像となった。バイアリティ容積変化率は正の値を示し、またスレッシュホールドが高くなるにつれ上昇するが大きな違いはみられなかった。バイアリティ容積変化率は式(2)から正の値であれば安静時心筋容積が大きいことを示し、負の値であれば負荷時心筋容積が大きいことを示す。上段画像中央は下後壁の心筋梗塞症例である(Case 25)。負荷時では両画像とも等しい欠損を下後壁に認めるが安静時では360度画像により良好な集積増加を認めた。バイアリティ容積変化率は両画像において正の値を示すが180度画像でスレッシュホールドが高くなるにつれ低下する傾向がみられた。上段画像右は前壁中隔の狭心症症例である(Case 17)。180度画像では中隔で集積低下がみられたが360度画像ではほぼ正常であった。バイアリティ容積変化率は180度画像において正の値を示しスレッシュホールドが高くなるにつれ上昇するが、360度画像では負の値

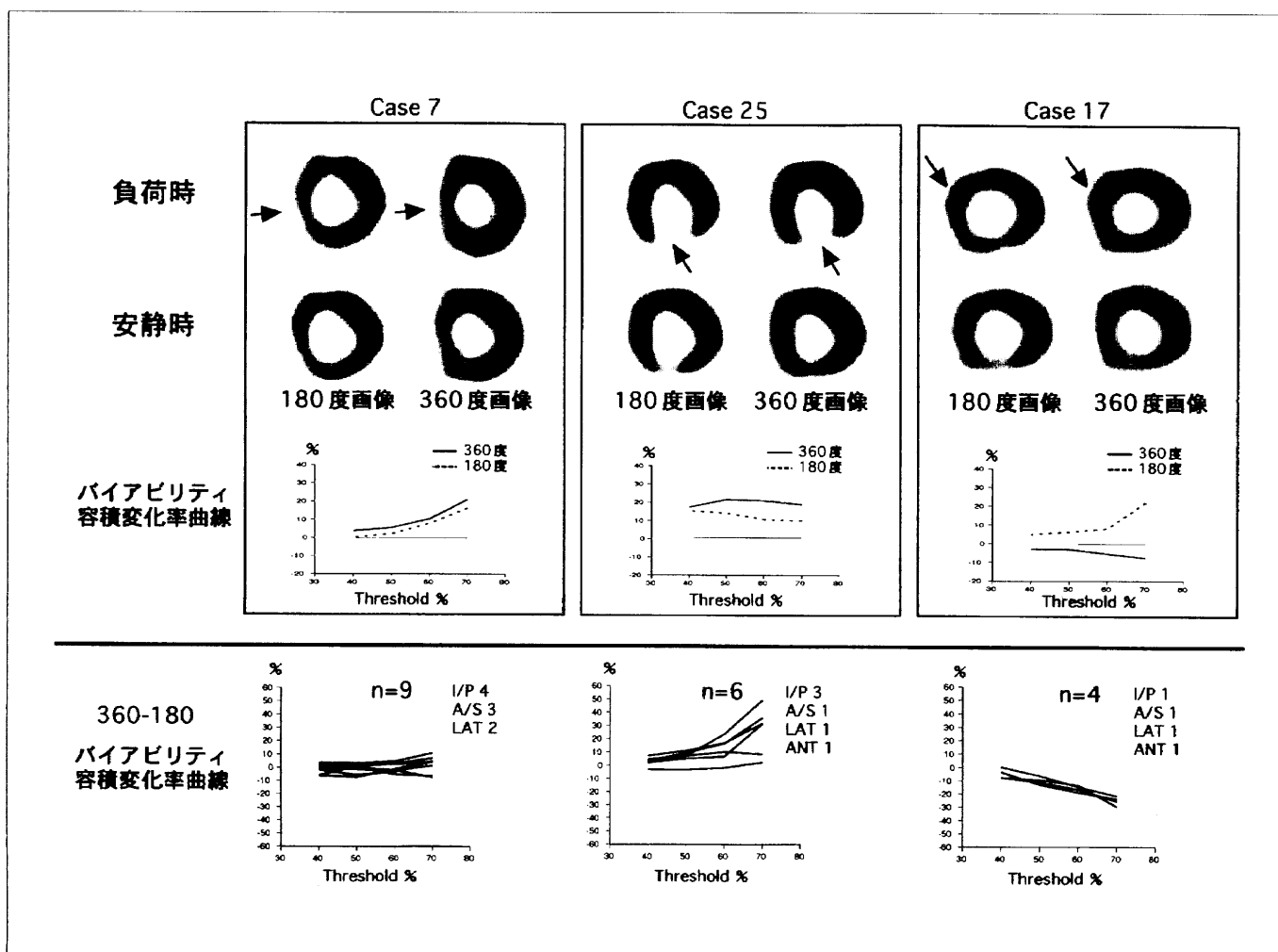


Fig. 2 視覚的評価とバイアリティ変化率の関係。

を示しスレッシュホールドによる大きな変化はなかった。下段は360-180バイアビリティ容積変化率曲線である。左は心筋バイアビリティの評価において両画像で視覚的に差がないと判定された9例で、いずれにおいてもスレッシュホールドによる360-180バイアビリティ容積変化率の大きな変化はなかった。この変化率の差が正の値であれば360度画像がバイアビリティの評価が高いことを示し、負の値であれば180度画像の評価が高いことを示す。中央は360度画像に心筋バイアビリティの評価が高いと判定された6例で、4例はスレッシュホールドが高くなるにつれ360-180バイアビリティ容積変化率は上昇し、2例は変化がみられなかった。右は180度画像に心筋バイアビリティの評価が高いと判定された4例で、値は負を示しスレッシュホールドが高くなるにつれ360-180バイアビリティ容積変化率は低下した。

7. 考 察

心筋SPECT画像においてRIカウントを情報源とする三次元分布画像は、心筋の虚血領域の存在と重症度およびバイアビリティの状態を濃度差および広がりて表現する。その客観的な指標として極座標表示が一般的に用いられている。本論は再構成角度の違いが、視覚を通して導かれる経験的主観の心筋画像評価と特定のカウン域にある心筋画像の容積とでどのような関係であるかを課題とした。

7-1 負荷時における虚血領域の程度について

視覚的评价と再構成変化率の関係から、再構成角度の違いにより虚血領域の広がり方が両画像で視覚的に差

がないと判定された群、180度画像の虚血領域の広がり方が大きいと判定された群の再構成容積変化率曲線は変化しないもの、上昇するものとそれぞれ一定のパターンと傾向を示す。虚血領域の部位による判定差は両画像で差がないと判定された群で下後壁の症例が多い傾向を示すものの特定はできなかった。これは現時点のボクセル解析がグローバルな指標であることにほかならない。つまりスレッシュホールドによる再構成容積変化率の変動は虚血領域を示すカウン域に大きな影響は与えないが正常領域とされるカウン域に大きく影響すると思われる。

7-2 心筋バイアビリティの程度について

視覚的评价とバイアビリティ変化率の関係から、再構成角度の違いにより心筋バイアビリティは保たれているが両画像で差がないと判定された群、360度画像の方が心筋バイアビリティの評価が高いと判定された群、180度画像の方が心筋バイアビリティの評価が高いと判定された群の360-180バイアビリティ容積変化率曲線はほぼ変化しないもの、上昇するもの、低下するものとそれぞれ一定のパターンと傾向を示す。このパターンで両画像で差があると判定された群は負荷時と安静時画像からの容積変化率と180度と360度画像からの容積変化率のバランスが崩れていることを意味し、360-180バイアビリティ容積変化率曲線は虚血領域を示すカウン域にも影響を与える症例があると思われる。しかしながら虚血部位による判定差は、両画像で差があると判定された群において360度画像に心筋バイアビリティ評価が高いと判定された群で下後壁の症例が多い傾向を示すものの特定はできなかった。

参考文献

- 1) Tamaki N, Mukai T, Ishii Y, et al.: Comparative study of thallium emission myocardial tomography by a 180° and 360° data collection. J. Nucl. Med., 23, 661-666, (1982).
- 2) Hoffman EJ: 180° Compared with 360° sampling in SPECT. J. Nucl. Med., 23, 745-747, (1982).
- 3) Hosoba M, Wani H, Toyama H, et al.: Comparison of 180° and 360° scan in the quantitative gated cardiac pool SPECT. Jpn. J. Nucl. Med., 23, 849-853, (1986).
- 4) Kashikura K, Kobayashi H, Momose M, et al.: Effect of reconstruction arc in myocardial SPECT imaging. Jpn. J. Nucl. Med., 33, 375-382, (1996).