《ノート》

心プール SPECT の定量性について
——180° スキャンと 360° スキャンの比較——

Comparison of 180° and 360° Scans in the Quantitative Gated Cardiac Pool SPECT

細羽　実*　和迩　秀信*　外山比南子**　村田　啓***
田中　栄一****

Minoru HOSOBA*, Hidenobu WANI*, Hinako TOYAMA**, Hajime MURATA*** and Eiichi TANAKA****

*Medical Systems Division, Shimadzu Corporation
**Department of Nuclear Medicine, University of Tsukuba
***Toranomon Hospital
****National Institute of Radiological Science

I. はじめに

現在，Single Photon Emission Computed Tomography (SPECT) は，核医学の主流とも言うべき地位を確保しつつある．特に，心臓核医学では，Tl-201 を使用した虚血性心疾患の診断 (Tl-201 心筋スキャン)，Tc-99m 標識赤血球を使用した心機能，壁運動の評価 (Tc-99m心プール・ゲート・スキャン) などが，代表的な方法として確立されている．

Tl-201 心筋スキャンでは，Tamaki ら (1982)[1] が心臓の軸を中心とする 180° の範囲のデータ収集法を開発し (180° スキャン)，吸収補正なしの重畳積分法により画像を再構成した．180°スキャンによれば，lesion contrast のよいイメージが 360° スキャンに比べて半分の検査時間で得られるため，現在多くの施設において利用されている．一方，Coleman ら (1982)[2] は，360° スキャンでは従来法による吸収補正が可能なため，濃度の均一なイメージが得られ，より定量的であることを示した．Hoffman (1982)[3] は，180° スキャン対 360° スキャンの議論を展開し，180°スキャンの方がコントラストがよいのは Tl-201 という核種の特異性によるものであることを強調した．すなわち，エネルギーが低いため散乱，吸収の影響が大きいという点である．

その後，エネルギーの意味からみても問題のない Tc-99m 心プール・ゲート・スキャンにおいても，180° スキャンを用いた報告が出ている[4]．しかし定量的な診断を行うためには，180°スキャンは，従来法では吸収補正が行えないなどの問題点をもっている．われわれは，心プール SPECT における 180° スキャンの定量性について，ファントム実験を行い，再構成画像の濃度の歪，形状の歪について 360° スキャンと比較して検討を行ったので報告する．

* 島津製作所医用機器事業部技術部
** 筑波大学医学部核医学科
*** 虎の門病院核医学科
**** 放射線医学総合研究所
受付：61 年 1 月 7 日
最終稿受付：61 年 3 月 3 日
別刷請求先：京都市中京区西ノ京桑原町 1　(〒 604)
島津製作所医用技術部
細　羽　　実

Key words: SPECT, cardiac pool image, 180° scan.

Presented by Medical*Online

II. 対象と方法

直径 20 cm, 高さ 20 cm の円柱および，左心室および右心室を模擬する球形のプラスチック内にそれぞれ一様に Tc-99m を満たしたファントムを作成した．Fig. 1A に示すように 2 つの球形のファントムは，中心より 5 cm 離れた位置に置かれている．左心室の容積は 65 m*l*, 右心室の容積は 52 m*l* とした．このファントムに 360° および 180° スキャンを行い，それぞれから得られる再構成画像を比較検討した．また，正常者に 360° の心電同期心プールスキャン，を施行し，180°, 360° スキャンの比較を行った．

使用した SPECT システムは，高分解能コリメータを装着した，島津製作所製 SCINTIPAC-2400＋ZLC-7500 SPECT システムである．マトリックス・サイズは，64×64，ピクセル・サイズは，6 mm×6 mm で，360° を 64 方向 (時計方向の回転) により収集した．収集後，左心室を模擬する球の中心と円柱ファントムの中心を結ぶ角度を中央におく32方向のデータを取り出し，180°スキャンのデータとした．正常者例では，同様に 360° スキャンを行い，左心室の軸を中心とする32方向のデータを取り出して，180°スキャンのデータとした．再構成には，180° でも吸収補正が可能な RPC (Radial Post Correction) 法[5] を用いた．吸収補正係数は，0.15/cm である．再構成フィルターは SHEPP-LOGAN フィルターである[6]．また，再構成の前処理として，カット・オフ周波数 0.4 cycles/cm の 2次元バターワース・フィルターを用いた[7]．

再構成は，6 mm スライスで行い，特定のしきい値での等高線により，各スライスでの心室の輪郭を取り出し，左右の心室の容積比を，ピクセル数とカウント値から評価した．

III. 結　果

再構成された画像より適当なしきい値を設定し，等高線レベルによる輪郭抽出を行った．Fig. 1A に，各しきい値 (40, 50, 60%) における左右心室の容積比を 180° スキャンおよび 360° スキャンについて求めた結果をプロットした．VOLUME とあるのは，輪郭内のピクセル数から算出した容積であり，DENSITY とあるのは，輪郭内の全カウント値から算出した容積である．真の容積を与えるしきい値は，360° スキャンの VOLUME の曲線上で下向きの矢印で示した所である．真に近い容積を与える 50% のしきい値では，360° スキャンに比べ 180° スキャンが 15 から 20% の低い値を示した．特に濃度で計測した容積では，20から30% の低下を示した．50% のしきい値において抽出された輪郭形状を Fig. 1B-1, B-2 に 360° スキャン，180°スキャンのそれぞれの場合について表示した．抽出された輪郭は極座標上で，4次のフーリエ級数で近似してある．180°スキャンでは 360°スキャンに比べ，右心が楕円状に歪んでいることがわかる．

さらに，形状の歪みを定量的に評価するため Fig. 2A, B に示す方法を検討した．すなわち，輪郭の中心より放射状の線を引き，その i 番目の線が輪郭と交わる点までの距離 li を求め，真の輪郭までの距離 Li との差の絶対値の平均を %ERROR とした (Fig. 2B)．Fig. 2D には 360° スキャンにおける真の輪郭と抽出された 3 つの断層像の輪郭を重ねて表示した．ほとんど完全に重なり合って差がないことがわかる．Fig. 2E は 180° スキャンにおいて同様に真の輪郭と重ね合わせたものである．T は真の輪郭を示す．180° スキャンでは，形状が大きく歪んでいることがわかる．Fig. 2C は，%ERROR の値を 360° と 180° の各スキャンにおいて，左右の心室を比較したものである．左心室の歪は，約 4% から 17% へ，右心室は，2% から 19% へとそれぞれ増加する結果となった．

Figure 3 は，正常例の心プール・ゲート・スキャンにおいて 180° と 360° スキャンの違いを拡張期，収縮期において比較したものである．360°スキャンに比して，180°スキャンは右心室の歪が大きいことがわかる．収縮期と拡張期で大きさが違うことから，歪の程度も違ってくる傾向がみられた．

Presented by Medical*Online

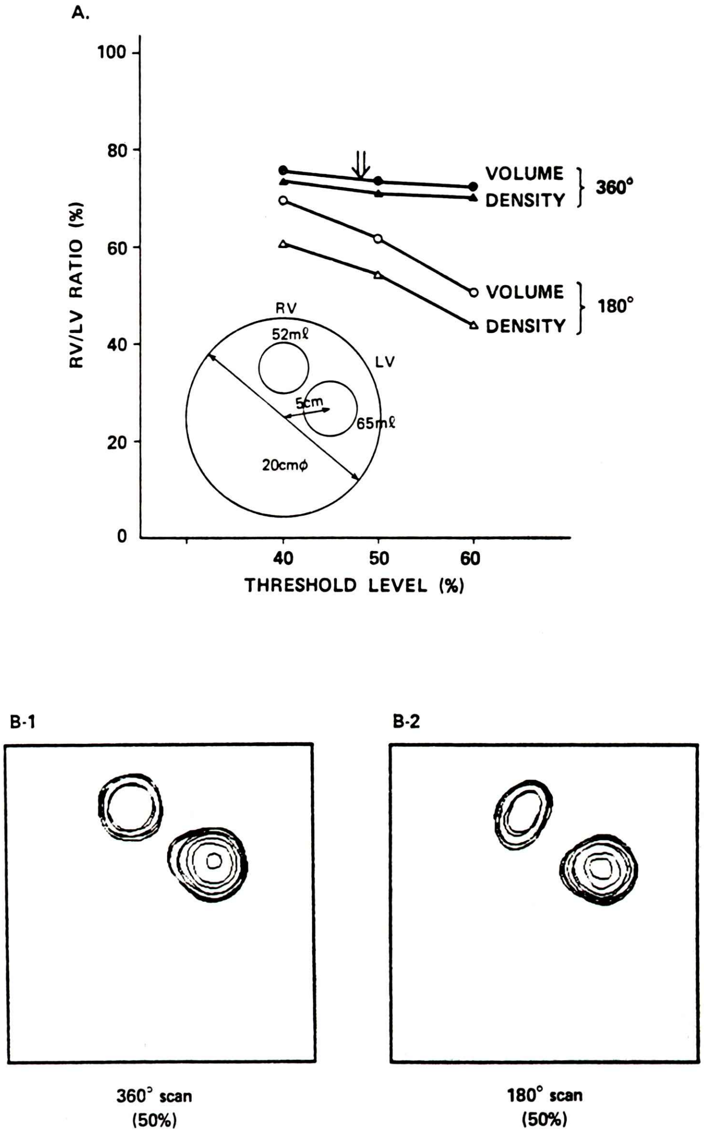


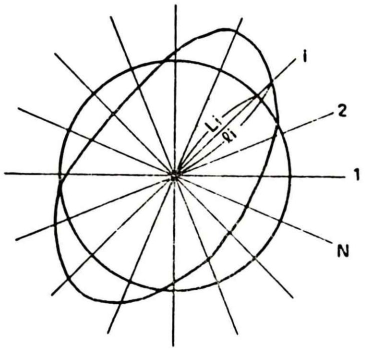
Fig. 1

IV. 考　察

Tl-201 心筋 SPECT においては，低エネルギーであることからくる問題点のため，180°スキャンが多用されているが[1)]，その定量性については，十分保証されていない．心プール・ゲート SPECT においても，収集時間を短くするため，同様に180°スキャンが用いられている[4)]．360° スキャン 180°スキャンの比較は，Tl-201 による心筋スキャンにおいては，ファントム実験なども行われ，多くの議論がなされているが，形状の歪についての報告はない．また，360°スキャンが吸収補正されているにもかかわらず 180° スキャンは吸収補正なしのまま比較されていることもあり[2)]，妥当な

Presented by Medical*Online

A.



B.

$$\% \text{ ERROR} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{|Li - \ell i|}{Li} \times 100$$

C.

	360°	180°
LV	4 %	17 %
RV	2 %	19 %

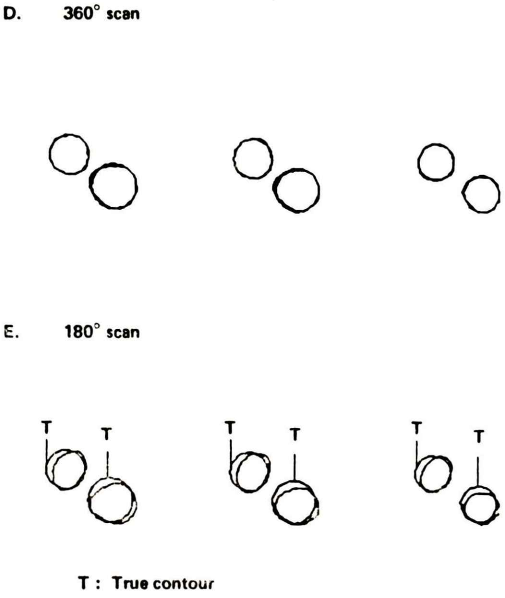


Fig. 2

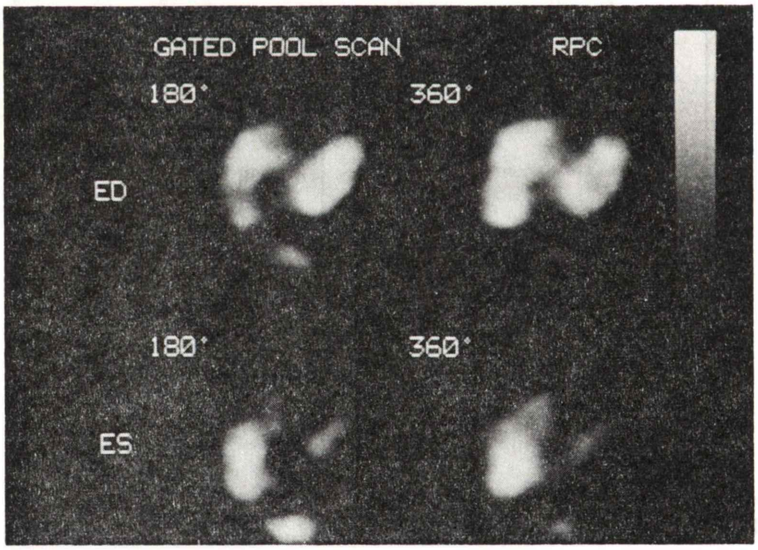


Fig. 3

Presented by Medical*Online

評価とはいえない．われわれは，RPC 法を用いることにより，180°スキャンにおいても吸収補正を行い 360° スキャンとできるだけ同等の条件で比較を行った．単純な構成のファントムを用い，左心室容積と右心室容積の比といった最も単純と思われる定量評価においても，180°スキャンは，定量性に問題があると思われた．形状歪の検討には，%ERROR によるより客観的な評価法を考案した．この場合も 180° スキャンにおいては，360° スキャンに比べ 15% 程度の %ERROR の拡大が生じる結果となった．

V. まとめ

心プール・ゲート SPECT において，180° スキャン，360° スキャンの比較を RPC 法による画像再構成法を用いて行った．ファントムを用いた実験により，模擬された球形の左心室，右心室の歪を定量的に評価した．180°スキャンは，左右心室の形状に歪を生じさせ，左右容積の算出，壁運動などの定量化に問題があると考えられた．

なお，本論文の要旨は，昭和 60 年の第 44 回日本医学放射線学会にて報告した．

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) Coleman RE, Jaszczak RJ, Cobb FR: Comparison of 180° and 360° data collection in thallium-201 imaging using single photon emission computed tomography (SPECT). J Nucl Med **23**: 655–660, 1982
3) Hoffman EJ: 180° Compared with 360° sampling in SPECT. J Nucl Med **23**: 745–747, 1982
4) 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
5) Tanaka E, Toyama H, Murayama H: Conventional image reconstruction for quantitative single photon emission computed tomography. Phys Med Biol **29**: 1489–1500, 1984
6) Shepp LA, Logan BF: Fourier reconstruction of a head section. IEEE Trans Nucl Sci NS-**21**: 21–43, 1974
7) 和迩秀信，高橋重和，細羽　実：2 次元フィルタを用いた SPECT の画質改善．核医学 **20**: 1215–1217, 1983

Presented by Medical*Online