

竹岡 孝晃

徳島赤十字病院 放射線科部

要 旨

TI-201心筋シンチ検査（以下心筋シンチと略す）の撮像に際して、TI-201のエネルギーピークは71keVと167keVの2ピークあり、1ピーク収集方法か2ピーク収集方法かを選択するのは、施設によって様々である。そこで当院では、1ピーク収集と2ピーク収集のエネルギーピーク設定の違いにより画像に与える影響について検討を行った。また、新施設になって2検出器ガンマカメラ ECAM(東芝社製)が導入され、ECAMを使用した心筋シンチの臨床画像がどのようなものかはまだ確認できていないので、従来の3検出器9300Aとの撮影プロトコルによる画像との比較検討もあわせて行った。

その結果、両機種ともに1ピーク収集と2ピーク収集でのデータの違いは、少ししか見られなかったものの、二者択一による視覚的な評価では、9300Aについては、2ピーク収集の方が1ピーク収集に比べ、コントラスト分解能が優れていると評価された。一方ECAMについては、1ピーク収集の方が2ピーク収集に比べ、コントラスト分解能が優れていると評価された。また、ECAMと9300Aとの比較では、明らかに9300Aの方がコントラスト分解能において画像描出能が高いように思われた。ECAMでは、メーカー設定で行っており、収集条件や収集形式などの検討も何も定まっておらず、当院における最適条件を決定していく必要がある。

キーワード：TI-201心筋シンチ検査、ガンマカメラ、エネルギーピーク

はじめに

当院での心筋シンチはTI-201を使用している。TI-201のデータ収集において、TI-201の主なエネルギーピークは71keVと167keVの2つあり、施設によって71keVの1ピークで収集している所と71keVと167keVの両方の2ピークで収集している所がある。当院では1ピークで収集を行っていたが、1ピーク収集と2ピーク収集の違いを検証するためにファントムを用いて画像評価を行った。また、今回新たに2検出器ECAMを導入したので従来の3検出器9300Aとの画像比較もあわせて行った。

撮影装置は、GCA-9300A(東芝社製3検出器型)およびECAM SIGNA 24(東芝社製対向2検出器型)を使用した。画像処理装置は、GMS-5500A(東芝社製)およびe・softワークステーション(東芝社製)を使用した。ファントムは、京都科学製心臓ファントムRH-2型(メジフィジックス社提供)を使用した。

実験方法

当院で従来より使用しているガンマカメラは、3検出器型GCA-9300A(以下9300Aと記す)、コリメータは低エネルギー高分解能(LEHR)を用いた。使用核種は、TI-201(メジフィジックス社製)を用いた。1ピーク時には71keVをウィンドウ幅20%として用い、2ピーク時には71keVを20%および167keVを15%として用いた。

一方、新たに導入されたガンマカメラは、2検出器型ECAM SIGNA 24(以下ECAMと記す)、コリメータは低・中エネルギー汎用(LMEGP)を用いた。使用核種は、同じくTI-201(メジフィジックス社製)を使用。1ピーク時には70keVをウィンドウ幅20%として用い、2ピーク時には70keVを20%および166keVを15%として用いた。

ファントムに使うTI-201は、74MBqを希釈したものを使用した。心筋の集積率が4%なので、それに合わせた濃度に調整し、欠損のない像及び欠損を付けた

像を用いて評価した。欠損は、3 cm 1 個を中隔部 (SEP) に、2 cm 1 個を側壁部 (LAT) に、1 cm 1 個を前壁部 (ANT) に挿入した。

ECAM と 9300A の収集条件を表 1 に示す。

表 1 ECAM と 9300A の収集条件

機種	ECAM (2検出器)	9300A (3検出器)
マトリックスサイズ	64×64	64×64
収集方式	ステップアンドシュート	コンティニューアス
ステップアングル	6°	3°
回転角度	180°	120°
ズーム	×1.78	×1.00
全収集時間	18分23秒	12分9秒
軌道形式	非円軌道	円軌道
コリメータ	LMEGP	LEHR
検出器形態	対向2検出器型	3検出器型

解析法については、画像処理ソフトの違いとして 9300A では、Regional Uptake という名称であるのに対し、ECAM では Regional Mean Statistics と表現される。画像処理装置が違うので表現が異なるが、同じものと考えて比較した (表 2)。ECAM においては

表 2 ECAM と 9300A の画像評価の表現の違い

ECAM	9300A
Regional Mean Statistics	Regional Uptake

分解能を半値幅法 (Full Width at Half Maximum; FWHM) で解析した。FWHM は、Short Axis 像にて心筋中央から心筋外側に出た直線にて算出し、それぞれ Short Axis 像の 3 箇所について測定し、その平均値を求めた。

検討内容を以下に示す。

- (1) 欠損を付けることによって起こるカウントの低下の度合
- (2) ECAM の Short Axis 画像における分解能を 1 ピークと 2 ピークで比較
- (3) ガンマカメラの検出器数の違いにおける評価として、複数人による画像の視覚的評価 (欠損が明瞭に見え、かつコントラストがついている方を選択してもらう) を二者択一にて行う

実験結果

(1) 欠損部位の比較

9300A の Regional Uptake のデータは表 3 のようになり、両ピークともに欠損径の大きさの順の中隔部、側壁部、前壁部の順に欠損があるものとなひものとの差は小さくなった。また、どの部位も 1 ピーク収集と 2 ピーク収集での差は同じようであった。

一方、ECAM における Regional Mean Statistics の欠損部位のデータは表 4 のようになり、中隔部においては 1 ピーク収集と 2 ピーク収集での差は同じようであったが、側壁部においては 1 ピーク収集の方が 2 ピーク収集よりも、欠損のあるものとなひもの差が 2 倍程度となり、より欠損として描出された結果となった。また、前壁においては、3 倍となった。

(2) ECAM のファントム画像 Short Axis の分解能 (FWHM)

欠損なしにおいてデータ 1, 2, 3 の平均値をとると結果は表 5 のようになった。平均値でも 1 ピーク収集にくらべ、2 ピーク収集の方が少し数値が高い傾向であった。

次に、欠損ありでの中隔部においては、表 6 のようになった。平均値で見ると少しだけ 1 ピークの方が数値が高くなった。側壁部と前壁部においては、それぞれ表 7, 8 のようになったが、1 ピークと 2 ピークでの平均値の差はほとんど出なかった。

(3) 視覚的評価

9300A の Vertical Long, Short Axis, Horizontal Long の画像評価を 20 名で行った結果、表 9, 図 1 のようになった。2 ピーク収集の方が良いと評価したのは、欠損のないもの同士においては 20 名中 14 名、あるもの同士は 20 名中 16 名であった。

ECAM の Vertical Long, Short Axis, Horizontal Long の画像評価を 20 名で行った結果、表 10, 図 2 のようになった。1 ピーク収集の方が良いと評価したのは、欠損のもの同士においては 20 名中 13 名、あるもの同士は 20 名中 15 名であった。

また、最後に、9300A の欠損像と ECAM の欠損像を比較して、どちらの機種がコントラスト分解能に優れているかも評価した。9300A が優れているとしたのは、20 名中 14 名であった (表 11)。

表3 9300AにおけるRegional Uptakeのデータ：％

	1ピーク	2ピーク
中隔(欠損径 3cm)	90⇒65 (25)	87⇒66 (21)
側壁(欠損径 2cm)	86⇒81 (5)	88⇒82 (6)
前壁(欠損径 1cm)	88⇒85 (3)	88⇒86 (2)

矢印左側:欠損なし 右側:欠損あり ()内は両方の差

表4 ECAMにおけるRegional Mean Statistics：％のデータ

	1ピーク	2ピーク
中隔(欠損径 3cm)	75⇒59 (-16)	79⇒64 (-15)
側壁(欠損径 2cm)	68⇒55 (-13)	66⇒59 (-7)
前壁(欠損径 1cm)	71⇒65 (-6)	71⇒69 (-2)

表5 ECAMのFWHMの値(欠損なし)

	1ピーク	2ピーク
データ1	4.67(25.18mm)	5.05(27.25mm)
データ2	4.49(24.42mm)	5.37(28.98mm)
データ3	5.26(28.35mm)	5.96(32.13mm)
平均値	4.81(25.98mm)	5.46(29.45mm)

表6 ECAMのFWHMの値(欠損あり中隔部)

中隔部	1ピーク	2ピーク
データ1	6.15(33.16mm)	5.84(31.48mm)
データ2	8.32(44.87mm)	7.15(38.57mm)
データ3	5.40(29.10mm)	6.56(35.37mm)
平均値	6.62(35.71mm)	6.52(35.14mm)

考 察

9300AのRegional Uptakeの結果から、1ピーク収集と2ピーク収集で欠損ありと欠損なしの差はほとんど変化がないように思われた。しかし、1ピーク収集におけるRegional Uptakeの割合が2ピークの欠損ありにおけるものより中壁部、側壁部、前壁部すべてにおいて若干低くなっていることから2ピーク収集よりも1ピーク収集の方が若干コントラストの良い画像と言いうことが出来る。一方、ECAMではすべてにおいて1ピーク収集の欠損部位の割合が2ピーク収集よりも低く、かつ側壁と前壁においては欠損ありと欠損なしの差が1ピーク収集の方が大きく差が出たもの

表7 ECAMのFWHMの値(欠損あり側壁部)

側壁部	1ピーク	2ピーク
データ1	5.19(27.98mm)	5.17(27.90mm)
データ2	5.25(28.30mm)	5.18(27.91mm)
データ3	4.97(26.83mm)	5.11(27.58mm)
平均値	5.14(27.70mm)	5.15(27.80mm)

表8 ECAMのFWHMの値(欠損あり前壁部)

前壁部	1ピーク	2ピーク
データ1	4.52(24.37mm)	4.62(24.91mm)
データ2	4.74(25.59mm)	4.75(25.60mm)
データ3	4.72(25.46mm)	4.59(24.76mm)
平均値	4.66(25.14mm)	4.65(25.09mm)

表9 9300Aにおける視覚的評価(17人)

9300A	1ピークが良い	2ピークが良い
欠損のないもの同士	6人(30%)	14人(70%)
欠損のあるもの同士	4人(20%)	16人(80%)

表10 ECAMにおける視覚的評価(15人)

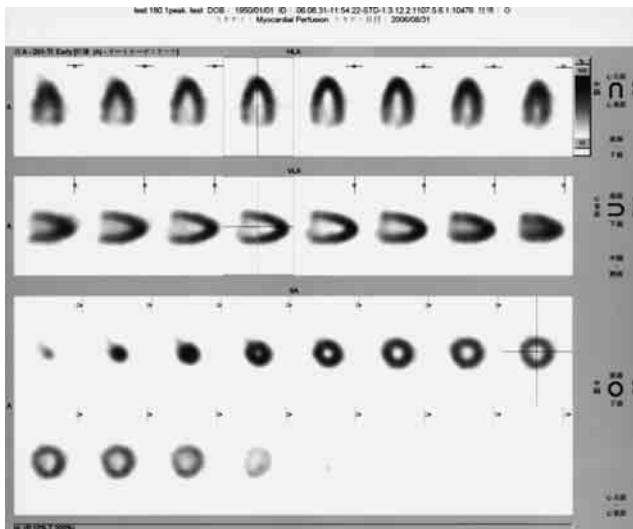
ECAM	1ピークが良い	2ピークが良い
欠損のないもの同士	13人(65%)	7人(35%)
欠損のあるもの同士	15人(75%)	5人(25%)

表11 9300AとECAMの欠損画像の優劣(15人)

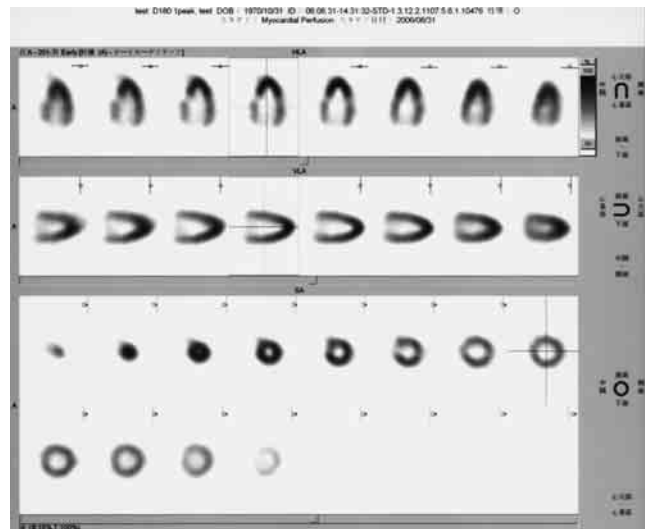
	9300A	ECAM
良いと評価した人数	14人(70%)	6人(30%)

になった。よって、ECAMの1ピーク収集では、9300Aにおける1ピーク収集と2ピーク収集の差よりも、よりコントラストの良い画像と思われた。一般的に2ピーク収集では、1ピーク収集よりも総収集カウントが増加する¹⁾が9300Aにおいてはその傾向はほとんど見られなかった。増加率としては、1ピークよりも2ピークの方が、23%も増加するというデータもある¹⁾。

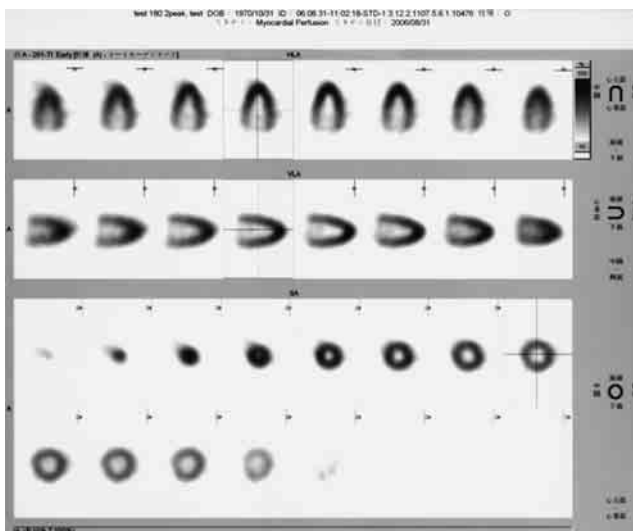
分解能については、ECAMのデータだけであったが、欠損なしの場合FWHMは、1ピーク収集では4.81、2ピーク収集では5.46と差が生じた。TI-201では、散乱線の影響がTc-99mなどに比べて多く生じるため²⁾総収集カウントが多くなるほど散乱線が多くなる。それにより2ピーク収集では、1ピーク収集に比べると、ボケが生じるため分解能が低下したと考えられる。



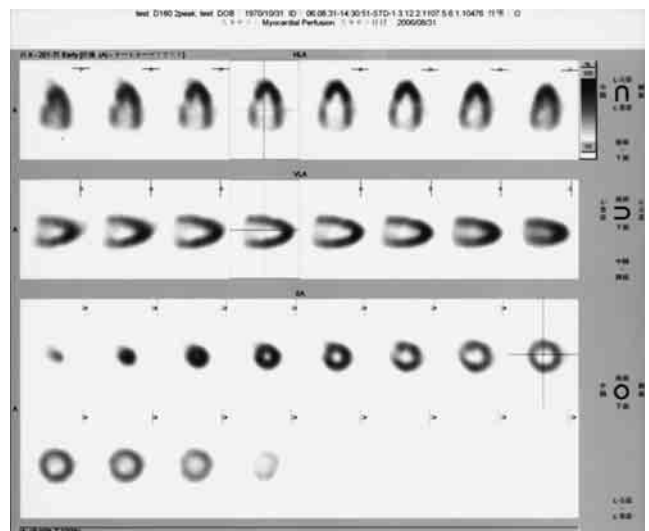
(A) 1 ピーク収集 欠損なし



(C) 1 ピーク収集 欠損あり



(B) 2 ピーク収集 欠損なし



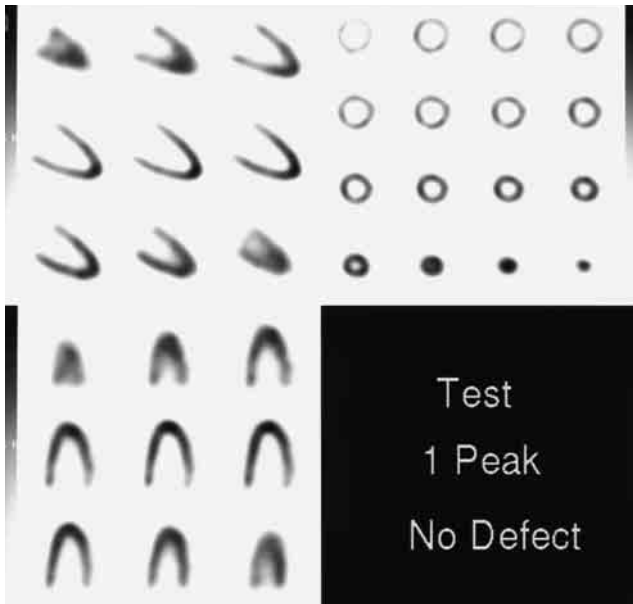
(D) 2 ピーク収集 欠損あり

図1 9300Aにおける1ピークと2ピークの画像

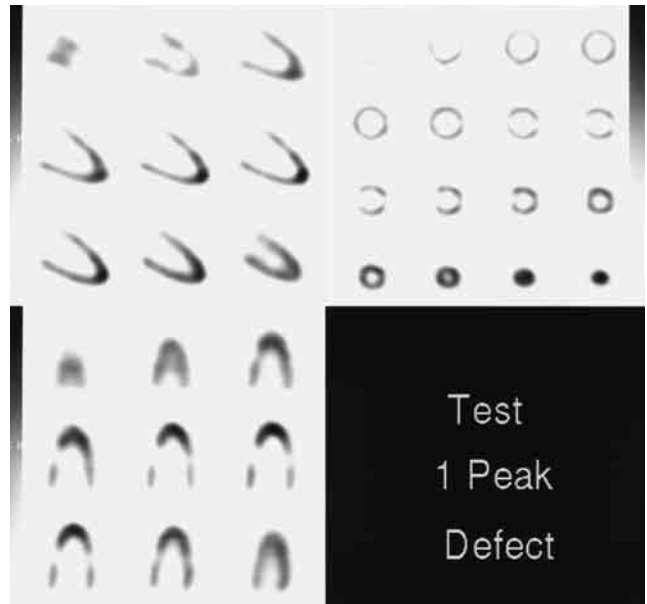
一方、欠損ありでは、中壁部で2ピークよりも1ピークの方が少しFWHM値が大きくなった結果となったが、0.1程度の差であるので差があるとは言いがたい。これは、中壁部では欠損の径が3cmと大きいため、カウント数が低くなることで分解能が低下したためと考えられる。その点、側壁や前壁は、径が小さいことで、カウントの低下による分解能の差が出にくくなったためと考えられる。

視覚的な評価では、9300Aにおいては、圧倒的に2ピークの画像の方が1ピークの画像に比べてコントラスト分解能が良いと評価された。一方ECAMにお

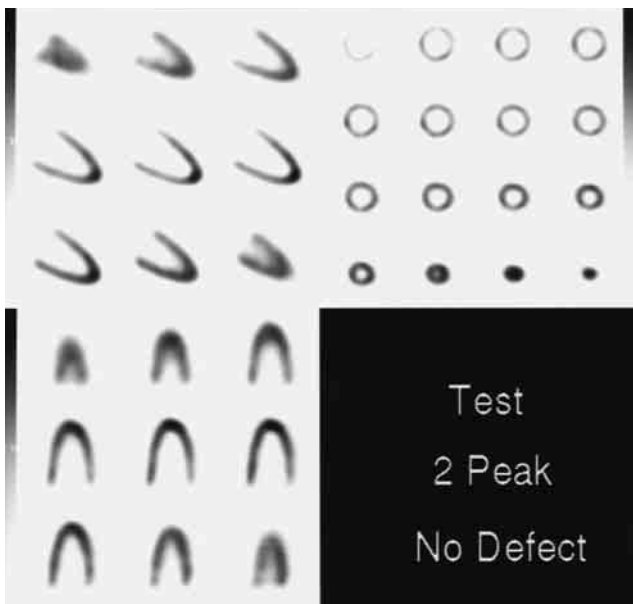
いては、若干1ピーク画像の方が2ピークの画像に比べてコントラスト分解能が良いと評価された。これは、9300Aでは2ピークの方が普通は、総収集カウントが増加し¹⁾、その結果散乱線が増加する。その影響で、画像にボケが生じるはずであるが、今回の実験では出ていない。そのことで2ピークの良い面、つまりカウント数だけが増加してコントラストがつき、視覚的な評価が高かったと推測される。これは、画像再構成であるButter Worthフィルタが最適にあっているか、もしくは3検出器によることで分解能が良いためと考えられる。一般的に、ガンマカメラの検出器数



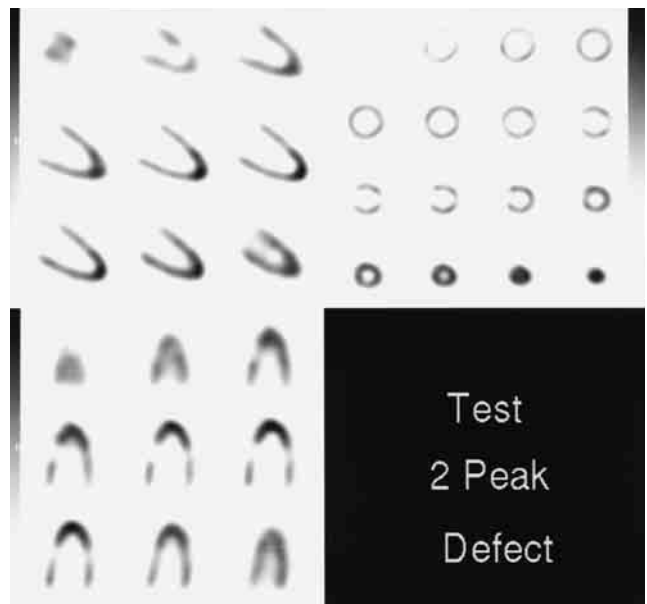
(E) 1 ピーク収集 欠損なし



(F) 1 ピーク収集 欠損あり



(H) 2 ピーク収集 欠損なし



(G) 2 ピーク収集 欠損あり

図2 ECAM における 1 ピークと 2 ピークの画像

が多いほど分解能は高くなる³⁾。

一方、ECAM については、若干 1 ピーク収集の方が良いと評価された。これは 2 ピークの方が、総収集カウントの増加で散乱線が増加して、画像にボケが生じたためと考えられる。

今後 ECAM で Tl-201 心筋シンチを行う場合には、検討項目として次のようなことが考えられる。収集方式をステップアンドシュートから連続に変えること、

LMEGP コリメータを LEHR コリメータに換えることで分解能を向上させること、次に収集時間を短くすることによる検査時間の短縮、現時点では、9300A の方が検査時間も短いので患者様負担も少なくすむ。また、Butter Worth 値の検討および収集方式などが挙げられる。ちなみに、ステップアングルは 6° を 9300A のように 3° にする方法も考えたが、 6° 以下では画像は変わらないとする報告⁴⁾もある。

ECAMでは心機能解析方法である QGS 等の解析ソフトも充実しており、今後の検討が大きく影響するであろう。

まとめ

心筋シンチに使用する主要な核種である Tl-201は 71keV と 167keV の 2 つのエネルギーピークを持っている。一般的な評価において、1 ピーク収集と 2 ピーク収集のどちらの画像の評価が良いのかは定まっていない。一般的には、1 ピークで収集している施設が多いと思われる。今回行ったファントム実験では、SPECT 検査の画質向上のためには収集カウントを増加させる必要があった。しかし、2 ピークで収集する方がカウント数は増加するが、その分散乱線の影響も増え、分解能は低下する¹⁾。ECAM においては、2 ピークの方がカウント数が増加したと考えられるが、9300A においては散乱線の影響はあまりでなかった。

分解能においては、ECAM のデータでは、欠損なしにおいて、FWHM 値は、1 ピーク収集では 4.81、2 ピーク収集では 5.46 となり 1 ピーク収集の方が分解能が良い結果となった。

画像の二者択一による視覚評価では、9300A では 2 ピーク収集の方が 1 ピーク収集よりも良いと評価された。一方 ECAM では、1 ピーク収集の方が 2 ピーク収集よりも良いと評価された。

これからの ECAM の検討課題として、収集形式(対

向型、直交型、76°型)の選択、コリメータを LMEGP から LEHR コリメータへの変更、収集時間の短縮、画像再構成フィルターである Butter Worth 値の検討(今回は次数 4 0.47)、収集方式(ステップアンドシュートと連続)の検討などが考えられ、これらの総合的なプロトコルの組み合わせで最適条件を探すこととなる。また、予想外の結果となった 9300A においては、再度 2 ピーク収集の方が 1 ピーク収集より良いかどうかを分解能の測定なども追加して検討してみたい。

最後に、実験用のアイソトープを提供していただいた日本メジフィジックス株式会社に感謝します。

文 献

- 1) 川本孝志, 関本 繁, 中嶋憲一, 他: 201Tl データ収集における dual peak と single peak の比較. 核医学画像診断 5:23, 1990
- 2) 西村恒彦, Guido Germano: 心電図同期 SPECT の理論と実際. P36, 南江堂, 東京, 2001
- 3) 小野宇一, 平藤貴之, 小川雅彦, 他: 心筋 SPECT における山形県多施設共同研究. 山形県病医誌 35:15, 2001
- 4) 西村恒彦, Guido Germano: 心電図同期 SPECT の理論と実際: 心疾患の診療における役割. P41, 南江堂, 東京, 2001

Myocardial Thallium Scintigraphy

Takaaki TAKEOKA

Technician Division of Radiology, Tokushima Red Cross Hospital

At our hospital, a three-detector gamma camera (9300A, Toshiba) has been used for myocardial thallium scintigraphy. After the hospital was moved to a new building, a two-detector gamma camera (ECAM, Toshiba) was additionally introduced for this test. The capability of the new device ECAM to visualize the myocardium has not yet been confirmed. The present study was undertaken to compare the myocardial scintigrams taken with the conventional 3-detector device (9300A) with those taken with the new two-detector device (ECAM). Furthermore, the influence of the thallium energy peak setting (single peak or two peaks) on the capability of depiction was also analyzed.

The capability to depict the myocardium was higher with 9300A than with ECAM. The 9300A device allowed clearer visualization of the defects in the phantom. In evaluation of the influence of energy peak setting, the total number of collected counts was greater on the two-peak images than on the one-peak images (+ 9 % with 9300A and + 7 % with ECAM), while the resolution was lower with the 9330A device.

These results indicate that when using the ECAM for myocardial scintigraphy, it is advisable to compare different image collection methods (opposing two-port method, rectangular method, and so on) and to review the Butterworth value (image processing filter), etc.

Key words: myocardial Thallium scintigraphy, gamma camera, energy peak

Tokushima Red Cross Hospital Medical Journal 12:150–156, 2007
