

SIEMENS



Seminar Report

IQ・SPECT読影セミナー

日時：2016 年 3 月 19 日（土）

会場：仙台ガーデンパレス

製造販売業者
シーメンスヘルスケア株式会社
〒141-8644
東京都品川区大崎 1-11-1
ゲートシティ大崎ウエストタワー

本レポートに関するお問い合わせは、
下記電話番号までお願いいたします。
TEL 0120-041-387

S-448 (1609CCA1K)

IQ・SPECTの技術的特性

シーメンスヘルスケア株式会社
分子イメージング事業部 清水 威志

短時間あるいは低投与量の心筋血流イメージングを可能とするIQ・SPECTは、SPECT汎用機を使用しながら心臓に特化した撮像を効率的に行うようにデザインされている。このような設計に至った根底にある概念としては、大視野ガンマカメラSymbiaを基盤として、ASNC推奨の撮像法より4分の1の収集時間で撮像できるよう、検査効率自体を向上させることを目標としたことである。この場合、何らかの形で高感度撮像する必要が発生する。Fig.1に示すように、IQ・SPECTの場合、拡大収集により大視野を活用し、さらにトランケーションを回避することにより、トモグラフィの一貫性を維持した撮像ができるデザインとなっている。

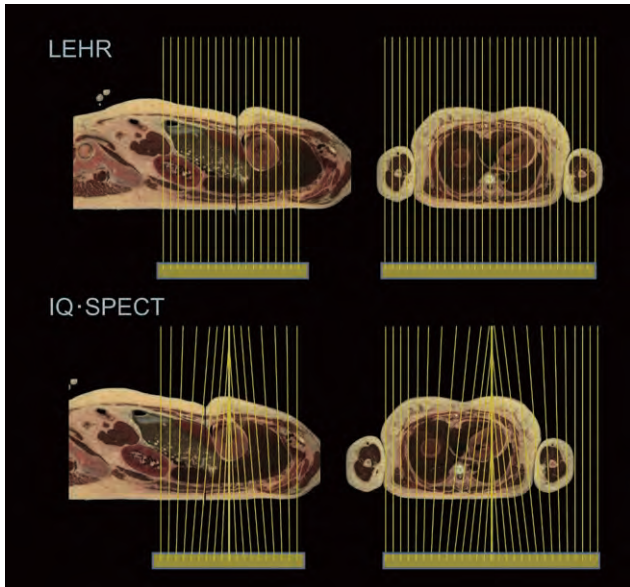


Figure 1. Basic concept of organ-dedicated SPECT solutions. Conversion of a general purpose to an organ-dedicated scanner can be achieved by acquiring magnified region of interest, while avoiding truncation.

1. 構成

IQ・SPECTは次に挙げる3つの特徴的な構成要因からなる。短時間収集を可能にするためには、単位時間当たりにより多くの情報を収集する必要がある。1つ目の特長として、これを実現するため、関心領域を拡大するSMARTZOOMという多焦点コリメータを採用している。Fig.2-1に示すように、LEHRとSMARTZOOMでの胸部ファントムの撮像を比較した場合、SMARTZOOMでは、視野の中心部にある心筋模型部が拡大されることが分かる。LEHRでも、SMARTZOOMでも胸部ファントムの全体が撮像でき、トラ

ンケーションは見られない。SMARTZOOMでは、視野の一部領域の拡大をすることにより単位時間当たりの収集情報量を増加させることが可能になる。

IQ・SPECTの2つ目の特徴は、心臓を中心として半径28cmの軌道で回転するように設計されていることである。多焦点コリメータを用いた場合、視野内の拡大率は、座標の位置によって異なる。SPECTでの分解能の維持のためには近接撮像が必要であるが、SMARTZOOMの構造上、近接すると拡大率がほぼ1となるため、被写体と検出器の距離を確保して収集する必要がある。これらを考慮し、IQ・SPECTでは心臓が常に拡大率が4倍のところにあるような回転軌道がとられる (Fig.2-2)。

3つ目の特徴は、共役勾配法 (ordered subset conjugate gradient method) という高速画像再構成法である。SMARTZOOMコリメータが平行線ではなく特徴的な幾何学的配置となったことで、より正確な生データの収集が必要となり、従来型のSPECT再構成で行われていた近似モデルでは不十分となった。このため、IQ・SPECTでは実測値に基づいたより正確な収集とそのモデリングが行われている。新たに加わった補正項としては、Vector Mapによるコリメータ孔の向きの補正、コリメータ孔の形状に基づいた三次元点拡がり応答関数の適応、そして重力によるガントリのため補正が挙げられる (Fig.2-3)。さらに、従来型の画像再構成では補正されたデータが再構成に入力されていたのに対し、共役勾配法を用いた再構成では、補正は生データに直接加えず、再構成内で演算されるというデータ不可侵の原則を取り、生データのPoisson分布に影響を与えない取り扱いとなっている。新たな投影演算子が膨大に増えたことにより、処理時間の最適化が必要となり、データの統計処理には高速再構成エンジンが必要となった。また、その逆も真であり、高速再構成エンジンを使用するためには、より正確な生データの入力が必要となったともいえる。

2. 幾何学的な減弱の仕組み

LEHRコリメータで撮像した心筋血流とIQ・SPECTで撮像したものを、減弱散乱補正を加えない状態で観察すると、視覚的に違った印象のものになる。Fig.3に物理的な類似点、相違点を表す。左側は近接撮像した減弱補正をしないLEHR

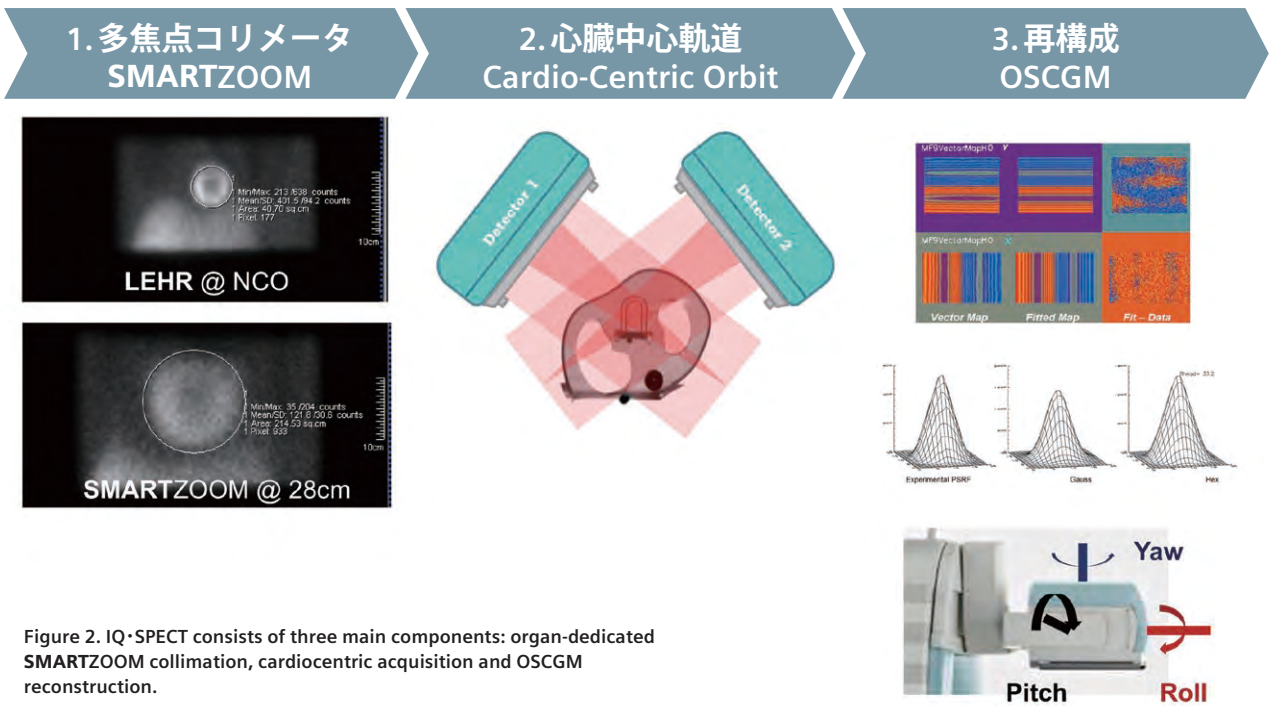


Figure 2. IQ・SPECT consists of three main components: organ-dedicated SMARTZOOM collimation, cardiocentric acquisition and OSCGM reconstruction.

の画像で、心尖部あたりから放出される光子は赤線が示すコリメータの幾何学的形状に従って胸骨あたりの肉厚の薄い部位を通過し、最短距離で検出器に到達することが分かる。つまり、組織と飛程距離による減弱が最少であるといえる。ところがその近隣の組織から発せられる光子は、通過する組織厚が増し、さらに検出器までの距離が増大するため減弱が大きくなる。IQ・SPECTの場合、これら減弱の仕組みがさらに強調されて描出される。つまり心尖部領域はLEHRの時と全く同じ物理的な影響を受け、組織と飛程距離による減弱は一番少ないが、中心から離れると検出器は斜めに入射した光子を捉えるため、これらは平行線の時より、さらに厚い組織と距離を通過してきたものとなる。Fig.3の矢印1に示すように、下側壁のあたりは大きく減弱を受け、また矢印2の心尖部あたりは高集積になって描出される。減弱補正を使用した場合、これらの減弱は再構成内で考慮され、均一な分布になる。垂直長軸断面方向においても同様で、下壁部では光子が通過していく組織が厚く、また、飛程距離自体も長いいため、より大きな減弱を受け、減弱補正を施さない場合、シグナル低下が顕著にみられる。これらの現象は減弱補正を行うことにより、均一な分布に改善される (Fig.4)。

3. 擬人胸部ファントムによる検討

このような減弱の仕組みは、性別による体格の違いや欠損の有無に影響し、特徴的な心筋血流分布を示すことになる。Fig.5 から Fig.8 に男女別、欠損の有無、減弱補正の有無を組み合わせ検討したファントム実験の結果を示す。Fig.5で提示する男性正常例補正なしの場合、LEHR、IQ・SPECTともに4時の方向に集積低下部が見られ、顕著な減弱効果が観察できる。減弱補正を加えることにより、下壁の減弱が

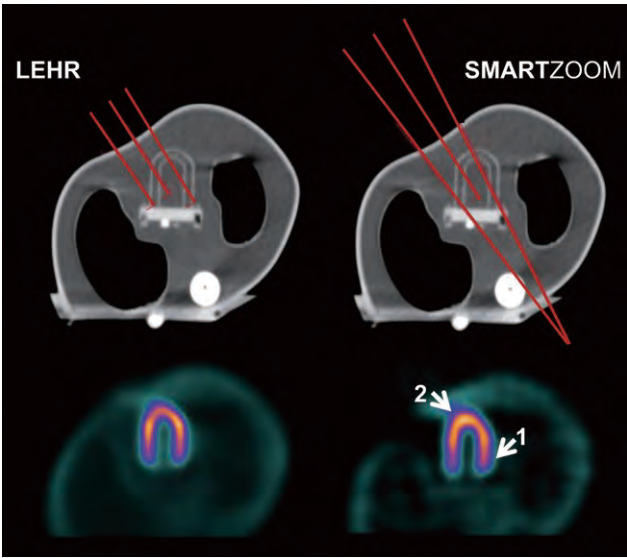


Figure 3. Attenuation geometry in the horizontal long axis view. The photons from the area of the heart close to the sternum will travel in a similar manner between LEHR and SMARTZOOM. Due to the focusing geometry of the collimator, photons from the basal septal and basal lateral areas will travel longer path length in SMARTZOOM, rendering more susceptibility to attenuation.

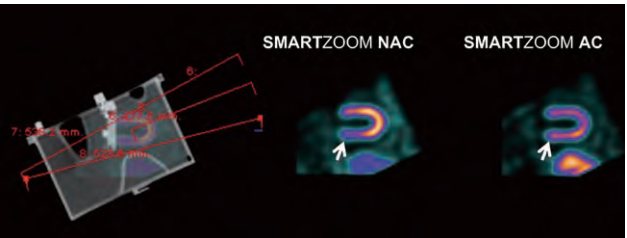


Figure 4. Attenuation geometry in the vertical long axis view. The inferior wall is more susceptible to attenuation because of longer path length to the detector. Attenuation correction will largely improve the inferior wall uniformity.

改善される。さらに減弱補正によってLEHR、IQ・SPECTともに心尖部の顕著な低下が見られる。Fig.6で示した欠損あり

で減弱補正を行わないファントムの場合、LEHR、IQ・SPECTともに4時の方向に集積低下が見られ、欠損の規模の評価が困難になる。これは補正によって改善し、IQ・SPECTとLEHRで類似した画像となる。

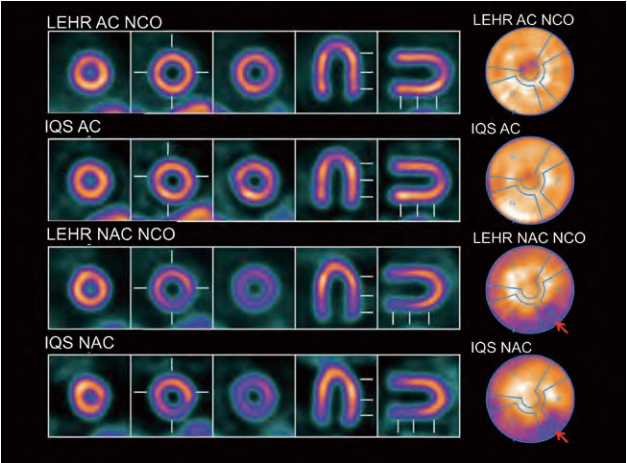


Figure 5. Anthropomorphic phantom comparison between LEHR and SMARTZOOM with normal male.

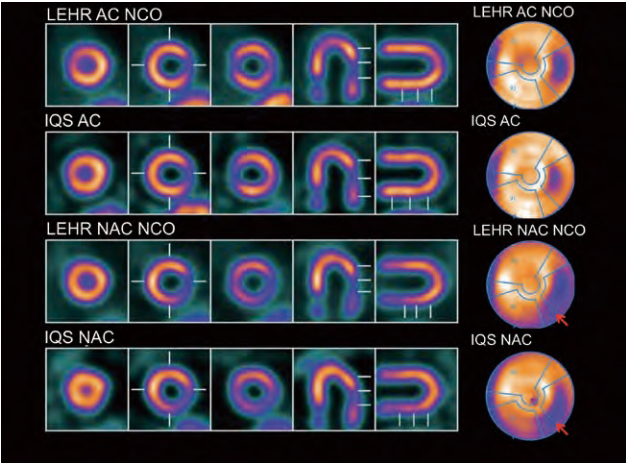


Figure 6. Anthropomorphic phantom comparison between LEHR and SMARTZOOM with male with two cold lesions.

女性のシミュレーションにはファントムの上に乳房を模した吸収体を置いて収集しているため、心尖部の体表近辺から発せられる光子と、その他の組織から発せられる光子の減弱の影響が大きく異なる事態が発生する (Fig.7)。つまり、胸骨を経て乳房間溝近辺から放出される心尖部からの光子は比較的減弱が少ないのに対し、その左右から放出されて吸収体を通過する光子は強く減弱を受けることになる。この場合、解剖学的情報を捉えないガンマカメラはこの差を区別できないため、Fig.7の白矢印で示すようなアーチファクトが発生することが多々ある。この現象はLEHRでもIQ・SPECTでも見られるが、IQ・SPECTにおいては、より強調された描出になることがある。減弱補正を行うことによって、このようなアーチファクトの発生は抑制され、分布も均一になる。欠損部位を含む女性例で減弱補正を施さない場合 (Fig.8)、減弱の影響はどちらのコリメータで撮像されても顕著にみられ、下壁の評価が困難になる。補正後の画像はLEHRもIQ・SPECTも類似し、男性欠損像とも一致した展開画像となる。

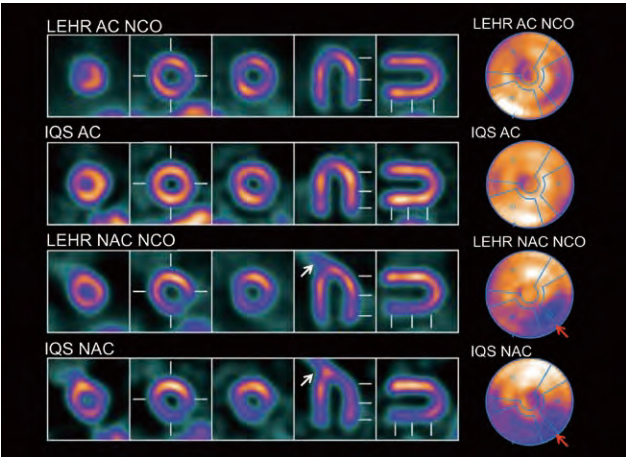


Figure 7. Anthropomorphic phantom comparison between LEHR and SMARTZOOM with normal female.

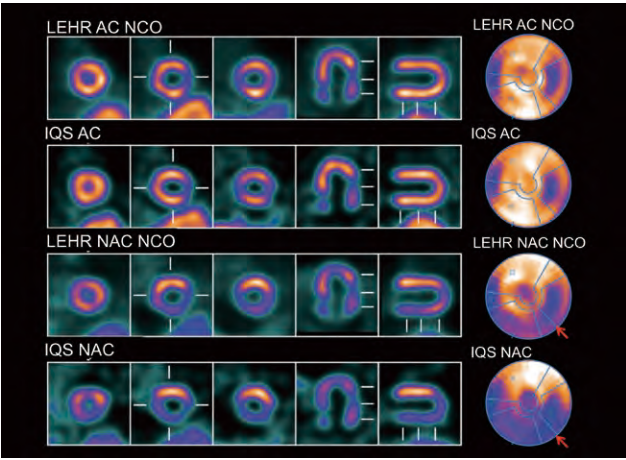


Figure 8. Anthropomorphic phantom comparison between LEHR and SMARTZOOM with female with two cold lesions.

4. 画像の品質管理について

IQ・SPECTで撮像を行った場合の品質管理は、Fig.9に示すように撮像した投影像の第18フレームに当たる画像の側壁のカウントが1ピクセル当たり約10カウント以上あることを確保することにより確認できる。投与量、1ビュー当たりの検出器の収集時間と、1ピクセル当たりのカウントは表に示される関係となる。側壁のカウントが確保できているか確認することで最適検査時間の選定が可能となる。

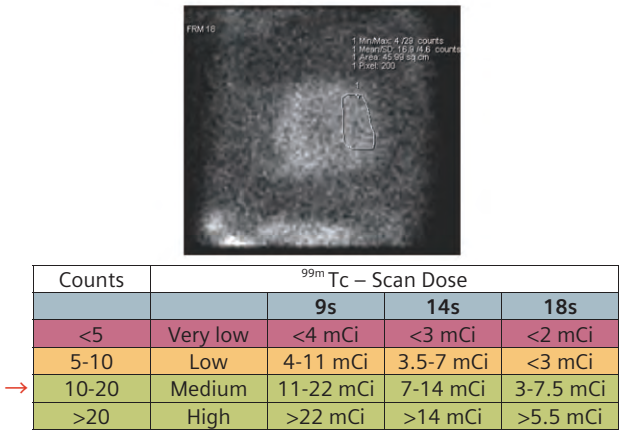


Figure 9. The relationship between dwell time per view vs. injected dose pertaining to optimizing acquisition time. Users should make certain that the count density in the lateral wall ROI in the frame 18 should have at least ten counts per pixel.

IQ・SPECTにおける正常データベースの構築

金沢大学医薬保健研究域医学系

核医学准教授・病院臨床教授 中嶋 憲一

要旨

IQ・SPECT は従来のSPECT装置に心臓用多焦点型のSMARTZOOM コリメータを装着した装置であり、独自の再構成技術を利用して短時間収集を実現する。SPECT・CTとしてCT装置を有する機種とない機種があるが、それぞれの条件に最適のデータベースは本邦では未だ構築されていなかった。そこで、日本核医学会のワーキンググループの一環として、多施設の協力を得て、TI-201のデータベースを、腹臥位、仰臥位、CT補正の各条件で作成した。Tc-99m用放射性医薬品のデータベースについても現在解析中であり、近く公開される見込みである。

IQ・SPECTデータベース作成の背景

日本核医学会のワーキンググループでIQ・SPECTのデータベースを構築したので背景を含めて解説する。日本において核医学検査が行われている施設数は1260施設ほどで過去数年あまり変わっていないが、2012年の集計を見るとガンマカメラは1400台を超しており、半導体検出器を用いた心臓専用機は16台あった。日本核医学会ワーキンググループでは、すでに従来型の平行コリメータを用いたSPECTデータベースの収集を行った経緯があり、心筋血流製剤 (Tc-99mおよびTI-201心筋血流製剤、脂肪酸代謝および交感神経イメージング)、性別、カメラの回転範囲、負荷と安静の条件でのデータベースが構築され、臨床および研究に利用できるようになっている [1-3]。諸外国ではTc-99m製剤 (MIBIあるいはtetrofosmin) が主だった心筋血流シンチトレーサーとして使用されているのとは異なり、本邦での心筋血流シンチ検査の実態調査をみると、その半数はTI-201が占めている。TI-201が今でも使用されている理由として、日本人の標準的な体格では、比較的良好な画像が得られることと、施設によっては再静注しなくてよいという手技的な優位点が好まれていることが挙げられる。しかしながら、国際的にも放射線関連検査に伴う被ばく量の軽減は重要な課題となっており [4]、一方では検査時間の短縮への臨床的な期待もある [5, 6]。従って、日本においても、近い将来には投与量低減あるいは短時間収集の観点からみて、徐々にTc-99m製剤へと移行していきであろうと予測できる。Tc-99m製剤を使用したIQ・SPECT用心筋血流データベースは米国等でも準備されているが、今回、IQ・SPECTを使用した標準データベースを構築するにあたり、日本の検査件数を踏まえて先にTI-201正常データ

ベースを作成した。

IQ・SPECTは本邦で40台以上導入されているが、物理的な収集の仕組みや画像の特性を理解することが困難であることなどが理由で、有効に使用していない施設も多い。設置施設の中には工夫して有効利用しているところもあり [7-9]、本稿は、その様なIQ・SPECTを有効利用するための実用的な知識を共有することを目的としている。

IQ・SPECTデータベースの構成

データベースの収集に協力した施設は、藤田保健衛生大学、金沢大学、東京女子医科大学、独立行政法人国立病院機構相模原病院である [10]。正常であるための定義としては、以下の各条件を満たすものとした。

- ・基礎疾患としての心疾患がない。
- ・二次性心筋症も除外する。
- ・虚血を疑う心電図所見がない。
- ・慢性腎臓病がない。
- ・服薬治療を必要とするような糖尿病または高血圧がない (正常高値、軽症は可)。
- ・薬剤治療が不要の症例については含めることができる。高血圧症や脂質異常症で軽症と判断される場合は1薬剤の服薬があっても含めても良いが、良好にコントロールされていることが必要である。
- ・駆出分画正常、局所壁運動異常がない。
- ・冠動脈造影で50%未満の狭窄あるいは冠動脈疾患の確率が低いために冠動脈疾患の適応のない症例も含められる。
- ・ゲート収集に不適切な不整脈がない。
- ・体動がない (投影像1方向の収集時間が短い場合は呼吸性の移動の有無に注意する)。

構築したTI-201正常データベースは、心疾患の可能性の低い149名 (うち女性68名)、200症例から作成した。平均年齢は72 ± 8才、平均体重は、男性で62 ± 9 kg、女性で52 ± 10 kgであった。標準的な収集、再構成条件をTable 1に示す。収集エネルギーのサブウィンドウや、1ビューあたりの滞在時間、また再構成条件については各施設でやや変動する場合もあったが、レトロスペクティブなデータ収集のため正常データベースへの組み入れを認めた。

Table 1. Reconstruction and processing conditions for TI-201 databases	
Term	Setting
Acquisition Condition	
Pixel	4.8 mm
Matrix size	128x128
Zoom	1.0
Rotation range	208° , 17 views / detector (36 views in a hospital)
Rotation radius	28 cm
Energy window (TI-201)	70 keV±10 %; sub windows (preset)
Acquisition time:	approximately 14 sec/view. Dwell time depends on the lateral count on frame 18.
Reconstruction condition	
Reconstruction	OSCGM
Subsets and Iterations	3, 10
Gaussian Filter	FWHM 10 mm, ~13 mm for AC+SC+
Corrections	No correction, AC+ SC+, AC only

FWHM, full width at half maximum; OSCGM, ordered subset conjugate gradient method; AC, attenuation correction; SC, scatter correction

IQ・SPECT データベースの特徴

1) TI-201 データベースの平均画像

Fig.1 に完成した正常データベースの平均画像を示す。減弱補正をしない仰臥位の男性では、下壁が低く、これは従来の日本核医学会ワーキンググループで作成した SPECT 標準データベースと共通の特徴である。減弱補正をしない仰臥位の女性では、心尖部がやや高集積に見えるがこの点も臨床的な画像の印象に合致する。減弱補正がなくても、腹臥位男性の画像では、下壁の低下が軽減され、比較的均一な分布が見られた。一方、CTを用いた減弱補正を適応すると、減弱による下壁の低下が改善する。しかしながら、心尖から前壁にかけて集積低下が見られるようになる。このような心尖部の低下は、CTを用いる減弱補正では一般的に認められる特徴である。心尖のいわゆる apical thinning による減少を反映しているものと考えられるが、心筋の壁運動等も関与している可能性がある。

2) 男女間のデータベースの比較

減弱補正をした場合のカウント分布を男女間で比較した。QPS ソフトウェアのデータベース構築では、最高値を 100%にするのではなく、画像内の正常心筋集積の範囲を 100%として計算している。男女間で相対的なカウントを比較すると、心尖セグメントでは男性で 75%、女性で 78%であった。全体としての分布は均等に見えるが、心尖部の低下は男女間で統計的にわずかに有意差が見られた。また、心尖部の低下の程度については統計的なばらつきが懸念されたが、平均偏差（mean deviation）でみるとマップの各セグメントで均等であった。これらの因子を総合的に考えて、正常データベースでは男女混合のものとした。減弱補正の効果を示す症例を Fig.2 に示した。従来の SPECT 再構成方法と比較して、IQ・SPECT による減弱補正後は下壁の低カウントが補正されていることが明瞭である。一方、心尖部については、軽度の集積低下が認められる。このよ

Supine, prone and CT-based AC (JSNM-WG 2015)

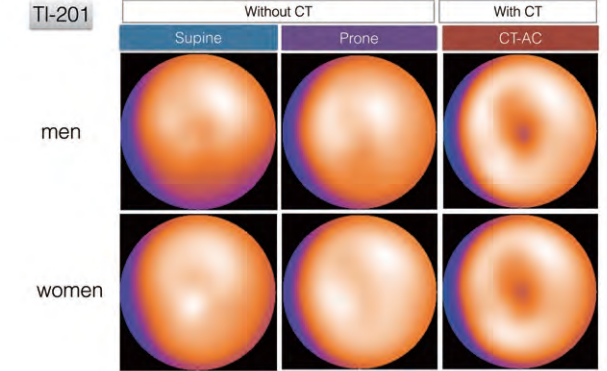


Figure 1. TI-201 normal database
From left, supine without CT attenuation correction, prone, supine with attenuation correction. Top row represents averaged images of men while on the bottom, those of women.

うな低下は、適切なデータベースを構築することによって、正常と判定される。

3) Tc-99m 製剤のデータベース

現在構築中の Tc-99m 製剤による正常データベースを Fig.3 に示す。Tc-99m MIBI と Tetrofosmin のデータベースは、日本核医学会のワーキンググループデータベースにおいても有意差を認めておらず [11]、今回の IQ・SPECT 用データベースでも区別しなかった。現在統計解析を進めているところではあるが、傾向は TI-201 とほぼ同じであった。すなわち、減弱補正なしの男性の下壁は低く、腹臥位撮像をすることにより下壁の低下が軽減されていた。腹臥位撮像は、仰臥位撮像を行った場合の減弱補正なしと減弱補正を行った画像の中間のような分布を表した。また、減弱補正を行うことで、TI-201 の時と同様、心尖部が低下した分布となった。心尖部の相対的なカウントを Tc-99m 製剤と TI-201 で比較して見ると、男性は TI-201 の場合 76%、Tc-99m 製剤の場合 80% となった。女性では、TI-201 の場合 79%、Tc-99m 製剤の場合 81% などと、Tc-99m 製剤の方がより均一な分布が見られた。

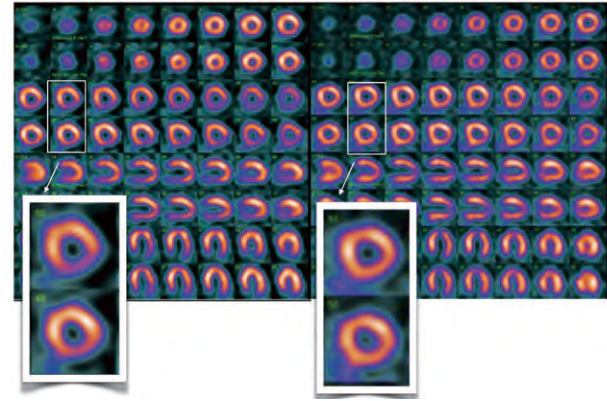


Figure 2. Myocardial perfusion image by TI-201 of a case without perfusion defects. The images on the left were acquired by conventional LEHR collimator, while those on the right were by IQ・SPECT with CT attenuation correction.

Supine, prone and CT-based AC (JSNM-WG 2015)

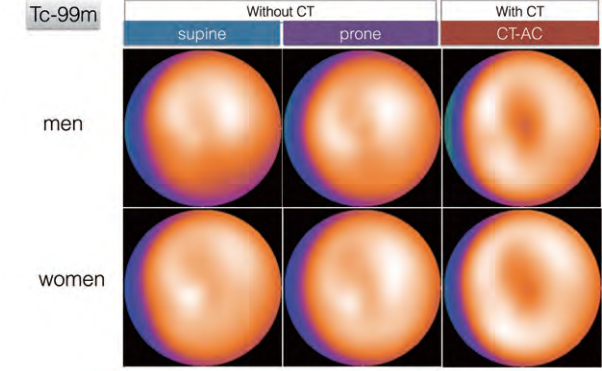


Figure 3. Tentative normal database for Tc-99m myocardial perfusion tracers.
From left, supine without CT attenuation correction, prone, supine with attenuation correction. Top row represents averaged images of men while on the bottom, those of women.

<まとめ>

- TI-201 の正常データベースは完成しており、検証のため数施設で使用 中である。
- Tc-99m 製剤についても収集完了しており、検証後にできるだけ早く使用可能にする予定である。
- CTでの減弱補正をしたデータベースは男女で加算して使用可能と 考えられる。その妥当性に関する詳細については、現在検討中である。
- I-123 BMIPP (脂肪酸イメージング)とMIBG (交感神経イメージング)も 今後、必要に応じて作成することができる。
- 正常データベースは様々な心臓解析ソフトウェアに適用できるので、今後各社あるいは研究者の目的に応じて提供できる見込みである。
- ゲートSPECTのパラメータについては、駆出分画、左室容積への影響など、現在検討を進めている。

<文献>

1. Nakajima K. Normal values for nuclear cardiology: Japanese databases for myocardial perfusion, fatty acid and sympathetic imaging and left ventricular function. Ann Nucl Med. 2010;24:125-35.
2. Nakajima K, Matsuo S, Kawano M, et al. The validity of multi-center common normal database for identifying myocardial ischemia: Japanese Society of Nuclear Medicine working group database. Ann Nucl Med. 2010;24:99-105.
3. Nakajima K, Matsumoto N, Kasai T, et al. Normal values and standardization of parameters in nuclear cardiology: Japanese Society of Nuclear Medicine working group database. Ann Nucl Med. 2016;30:188-99.
4. Einstein AJ, Pascual TN, Mercuri M, et al. Current worldwide nuclear cardiology practices and radiation exposure: results from the 65 country IAEA Nuclear Cardiology Protocols Cross-Sectional Study (INCAPS). Eur Heart J. 2015;36:1689-96.
5. Caobelli F, Kaiser SR, Thackeray JT, et al. IQ SPECT allows a significant reduction in administered dose and acquisition time for myocardial perfusion imaging: evidence from a phantom study. J Nucl Med. 2014;55:2064-70.
6. Lyon MC, Foster C, Ding X, et al. Dose reduction in half-time myocardial perfusion SPECT-CT with multifocal collimation. J Nucl Cardiol. 2016;23:657-67.
7. Horiguchi Y, Ueda T, Shiomori T, et al. Validation of a short-scan-time imaging protocol for thallium-201 myocardial SPECT with a multifocal collimator. Ann Nucl Med. 2014;28:707-15.
8. Matsuo S, Nakajima K, Onoguchi M, et al. Nuclear myocardial perfusion imaging using thallium-201 with a novel multifocal collimator SPECT/CT: IQ-SPECT versus conventional protocols in normal subjects. Ann Nucl Med. 2015;29:452-9.
9. Takamura T, Horiguchi Y, Kanna M, et al. Validation of prone myocardial perfusion SPECT with a variable-focus collimator versus supine myocardial perfusion SPECT with or without computed tomography-derived attenuation correction. Ann Nucl Med. 2015;29:890-6.
10. Nakajima K, Okuda K, Matsuo S, et al. Multicenter normal TI-201 databases with multifocal collimators for supine, prone and CT-based corrections. J Nucl Med. 2015;56:1740.
11. Nakajima K, Okuda K, Kawano M, et al. The importance of population-specific normal database for quantification of myocardial ischemia: comparison between Japanese 360 and 180-degree databases and a US database. J Nucl Cardiol. 2009;16:422-30.

CT減弱補正なしのIQ・SPECT画像特性

東京女子医科大学

画像診断・核医学科 百瀬 満、近藤 千里、福島 賢慈

当院では、CT吸収補正を使わず、負荷試験を年間1500～1600例実施している。装置導入当初、IQ・SPECTの画像特性が従来のものとは大きく異なることに気付き、色々な対策を考えることとなった。今ではIQ・SPECTをルーチンで使用しており、本稿ではそれに至った経緯と、読影での注意点について述べる。

IQ・SPECTでは、症例によりLEHRに比べて心尖部近傍の集積が高い、いわゆるhot apexの現象を認めることがある。Fig.1に示したのは、Tc-99m tetrofosmin 運動負荷の例であり、同一症例のLEHRを図左側、IQ・SPECT仰臥位を右側に示す。IQ・SPECT 仰臥位ではLEHRに比べて心尖部近傍の集積が高く、逆に4時方向の低集積が目立つ症例が認められた。IQ・SPECTにおけるhot apexの成因として、次のような機序が考えられる。拡大撮影を行う領域の周辺領域では、体幹中心部に近い心筋から出されるガンマ線はLEHRよりも長い距離を生体内で通過するためより大きな減弱をうけることになる。一方、拡大撮影の中心領域である胸骨裏面に位置する心尖部周囲はLEHRと減弱の程度はほぼ同じため、集積が強調されることになる。

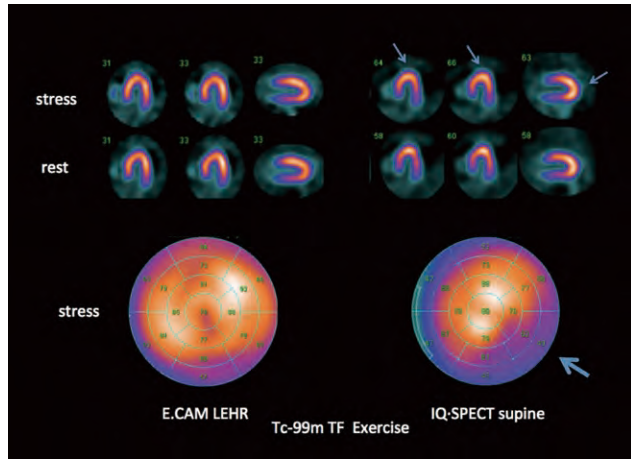


Figure 1. Comparison of supine LEHR and IQ・SPECT shows hot apex and 4 o'clock attenuation (arrows).

導入当初、従来型LEHR SPECTとIQ・SPECTの分布の違いを理解するため、正常心筋集積例の分布について検討した。対象は、心筋SPECT負荷像で有意の集積低下を認めなかった10名（うち女性3名）である。使用トレーサはTI-201 6名、Tc-99m tetrofosmin 4名で、LEHR、IQ・SPECT 仰臥位、IQ・SPECT 腹臥位について負荷安静の計20データを比較した。撮像の順序はLEHR SPECT、次いでIQ・SPECT 仰臥位、

IQ・SPECT 腹臥位の順で収集した。収集時間は、LEHRが16分に対して、IQ・SPECTはそれぞれ6分と大幅に短縮できた。なお、本研究に使用したSPECT装置にはCTは装備されておらず、減弱補正、散乱補正は加えなかった。

hot apexの出現頻度を検討すると、負荷安静の違い、使用トレーサの別に拘わらずほぼ同程度に認められた。また、IQ仰臥位は腹臥位に比べhot apexが出現しやすい傾向を認めた (35% vs. 10%, p=0.12) (Table 1)。

Table 1. The frequency of hot apex phenomena.		
	IQS supine	IQS prone
Stress	5/10 (50%)	1/10 (10%)
Rest	2/10 (20%)	1/10 (10%)
Tc-99m TF	3/8 (38%)	0/8 (0%)
TI-201	4/12 (30%)	2/12 (17%)

仰臥位で偽欠損が見られる症例を腹臥位で撮像すると、低下が残るものの、読影許容範囲になった。腹臥位で下壁の減弱が改善する理由としては次の事が考えられる。仰向けにすると心臓が下にさがり、心臓と胸壁の距離が離れ、肝臓や横隔膜による減弱の影響が出やすくなる。うつぶせにすると、心臓と胸壁の距離が近くなり、心臓の下壁部分が横隔膜から離れ、横隔膜による減弱が改善する (Fig.2)。

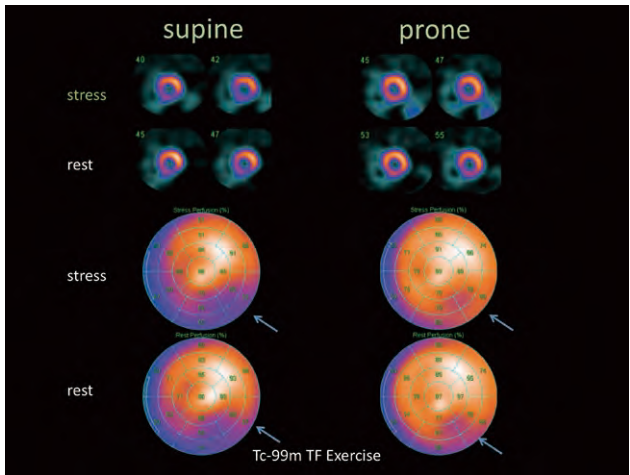


Figure 2. The effect of patient positioning in inferior wall attenuation. Prominent 4 o'clock attenuation seen in supine is largely improved in prone positioning.

相対的心筋集積分布の比較

負荷安静計20データをすべて合わせた平均%集積の分布を視覚的に比較すると、IQ・SPECT 仰臥位、IQ・SPECT 腹臥位

ともLEHRに比べて心尖部から前壁にかけて集積が高いことがわかる。さらに定量的に比較すると、IQ・SPECT 仰臥位は、LEHRに比べて心尖部から前壁で高集積となる一方、中隔、および4時方向が低集積であった。IQ・SPECT 腹臥位は仰臥位に比べて下後壁、後部中隔、4時方向の集積低下を改善した。また、IQ・SPECT 腹臥位はLEHRに比べて心尖部から前壁、下後壁の集積が高く、一方仰臥位に見られた4時方向の低集積は認められず、全体としてもっとも均等な集積分布を示した (Fig.3)。

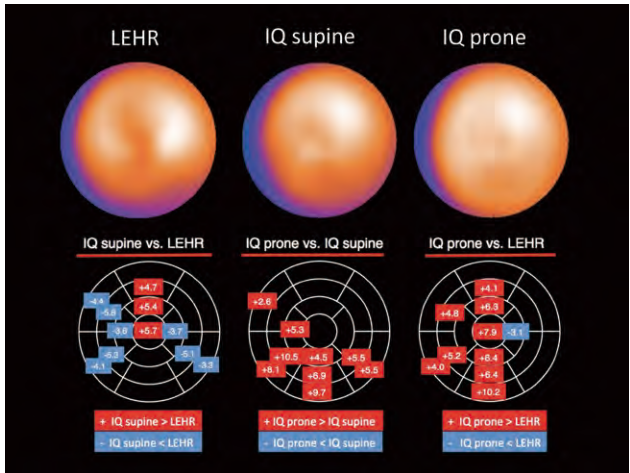


Figure 3. Average distribution patterns in patient positioning. Stress and rest images of ten studies are combined to assess signature pattern in each patient positioning. For quantitative analysis, refer to the labels in the figure.

心筋集積比較：SPECT・CT vs. IQ・SPECT

つぎに、IQ・SPECTとSPECT・CTの集積所見の一致性を確認する目的で両者の比較検討を行った。虚血性心疾患の評価目的で運動または薬物負荷心筋SPECTを実施する患者を対象に前向き検討を行った。使用トレーサは全例Tc-99m tetrofosmin 740MBqのシリンジ製剤を使用し、負荷先行プロトコルで行った。放射能量として負荷1、安静2の割合で使用した。負荷時の投与量は250MBq程度であり、従来行っていた使用量の約半分の低投与量とした。116名に実施し、このうち負荷時の有意欠損をSPECT・CTで26名に認めた。SPECT・CT撮像終了後、続けてIQ・SPECTの腹臥位、仰臥位を続けて施行した。画像再構成は、SPECT・CTでは二次元逐次近似(OSEM)および三次元逐次近似を行い、それぞれにCT減弱補正を加える場合、加えない場合でブルズアイマップを作成し、これらの総合判定で集積低下を判断し、陰性から陽性までの4段階に分類し、最終的に陽性と陰性の2群に分類した。同様に、IQ・SPECTでは腹臥位、仰臥位のそれぞれにブルズアイを作成し、SPECT・CTと併せて計6種類のマップを相互比較した。

SPECT・CTを基準としてIQ・SPECTが一致しない率

SPECT・CTの所見を基準として、IQ・SPECTにおける偽陽性率、偽陰性率、およびこれらの総合的なSPECT・CTに対する不一致率を算出した。IQ・SPECT腹臥位では、冠動脈の各領域について不一致であった割合は2%以下、IQ・SPECT仰臥

位では、3%以下であり、比較的一致率の高いことが確認された。

Table 2. The rate of disagreement shown by IQ・SPECT compared to the SPECT・CT result as true diagnosis.

		LAD	RCA	LCX
IQ・SPECT Prone	FPR	1/97 (1.0%)	2/114 (1.8%)	1/103 (1.0%)
	FNR	1/19 (5.3%)	0/2 (0%)	1/13 (7.7%)
	Overall FR	2/116 (1.7%)	2/116 (1.7%)	2/116 (1.7%)
IQ・SPECT Supine	FPR	1/97 (1.0%)	3/114 (2.6%)	0/103 (0%)
	FNR	2/19 (10.5%)	0/2 (0%)	0/13 (0%)
	Overall FR	3/116 (2.6%)	3/116 (2.6%)	0/116 (0%)

心肝Phantomによる回転中心のずれに伴う

アーチファクト

Caobelli et al. (2014) のファントム実験では、心筋ファントムを使って、回転中心のずれによって画像にどのような影響が出るかが検討されている。この報告から、回転中心が左側にずれた場合、側壁側に欠損が強く逆に右側にずれると、中隔側に欠損が出現し、また、ずれた距離によって減弱が出やすく、少しのずれによる偽欠損は、展開画像上でCT吸収補正により改善することが報告されている。我々が実際に経験した回転中心のずれに起因すると思われる減弱によるアーチファクトが見られる症例をFig.4に示す。この場合、展開画像の円周状にアーチファクトが見られ、水平断面で外から何かで押したような、黒い影が迫って来るような状態が観察できる。このような場合、アーチファクトを疑ってみるとよい。

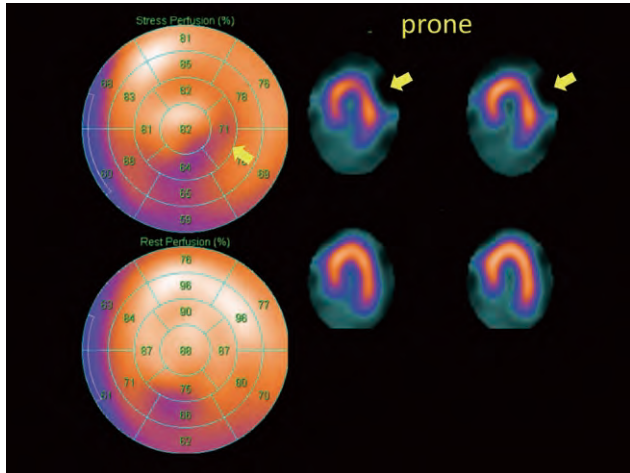


Figure 4. An artifact due to off-centered heart placement from the center of rotation. Inferior wall attenuation is also seen in this example.

当院で経験したIQ・SPECTによるアーチファクトの例

Fig.5に仰臥位で撮像したTc-99m tetrofosmin IQ・SPECTで認められた下後壁の偽欠損例を示す。アデノシン負荷後像では、下後壁に中程度の集積低下を認め、安静像ではfill-inを認めた。虚血陽性と診断したが、後日行われた冠動脈造影の結果では、3枝のいずれにも有意狭窄は認められなかった。アセチルコリンを用いた誘発試験も陰性であった。

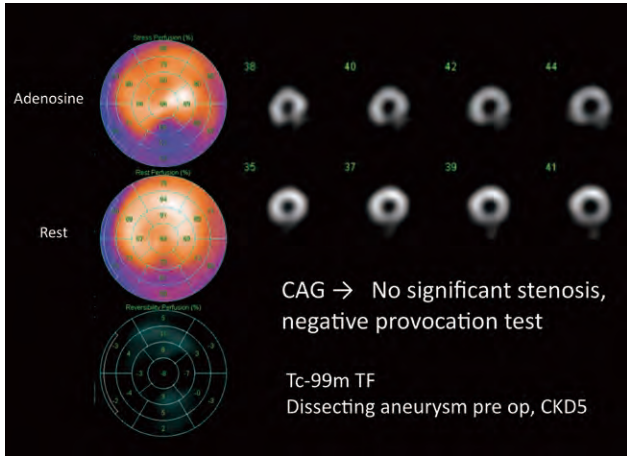


Figure 5. Apparent inferior ischemia on IQ-SPECT supine.

これらは下壁の強い減弱が原因であったと思われる。Fig.6で示す症例は、Tc-99m MIBIを用いた腹臥位撮像の例であり、負荷後像で側壁基部のおそらく前乳頭筋付近に高集積のスポットを認め、あたかもダイヤモンドリングのような所見を呈した。使用したトレーサの量は総量740MBqの低投与量、撮像時間は1ビュー15秒の短時間収集とした。体重は80kgの男性患者であった。カテーテル検査の結果は、3枝のいずれにも有意狭窄を認めなかった。この乳頭筋付近のホットスポットは、低投与量、短時間収集、過体重による負荷後像のカウント不足が関連しているものと推測した。

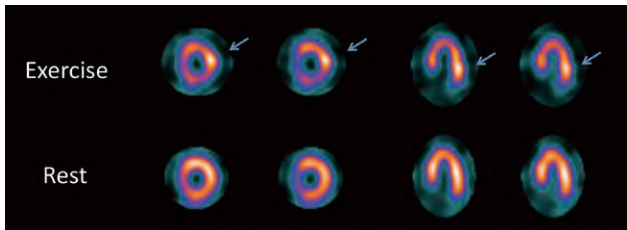


Figure 6. Diamond ring artifact.

Lateral & Septal Ischemia

Fig.7の症例では、中隔基部、側壁に負荷後像で比較的高い集積低下を認め、安静時に再分布を認める。使用トレーサはTI-201、腹臥位撮像、短時間収集でおこない、身長152cm、体重75kgの女性であった。カテーテルの結果は、有意狭窄を認めなかった。この画像をよく見ると、心尖部を含めた胸壁下に伴行する帯状の高集積を認め、その内側で低集積の部分が併行しているように見られる。この原因として、hot apex、TI-201使用、短時間収集など、濃度むらが起きやすい条件下で、大きな乳房が腹臥位で両側の側胸部に移動し、これによる減弱が影響したのではないかと推測した。

IQ-SPECT 腹臥位: 冠動脈造影との比較

つぎに、腹臥位で撮像したIQ-SPECTに続いてカテーテル冠動脈造影検査を施行した連続129例について、後方視的に比較検討した(期間2013.2~2013.10)。カテーテル検査のレポートをレビューし、第2分枝までに視覚的に75%

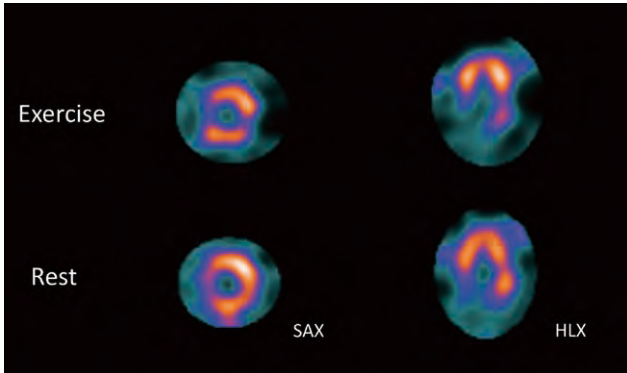


Figure 7. A case of suspected lateral & septal ischemia not corroborated by angiographic results.

以上の狭窄がある場合を冠動脈造影上の病変ありと定義した。IQ-SPECTの読影は、心臓核医学10年以上の経験をもつ2名の医師が協議して行った。IQ-SPECT腹臥位撮像と冠動脈造影を比較検討した結果をFig.8に示す。各冠動脈別に、青は感度、赤が特異度、緑は精度を示す。罹患冠動脈枝数は3枝から0枝までほぼ均等に分布しており(N=129, 3VD=29, 2VD=31, 1VD=34, 0VD=35)、枝ベースの有病率は47%であった。この結果から、3冠動脈領域のいずれも70%前後の感度、90%前後の特異度、80%台の精度の比較的良好な診断成績を確認することができた。とりわけ、右冠動脈領域では、特異度が前下行枝に比べて遜色なく、腹臥位による下後壁の減弱改善により良好な特異度が確保されたものと考えられる。

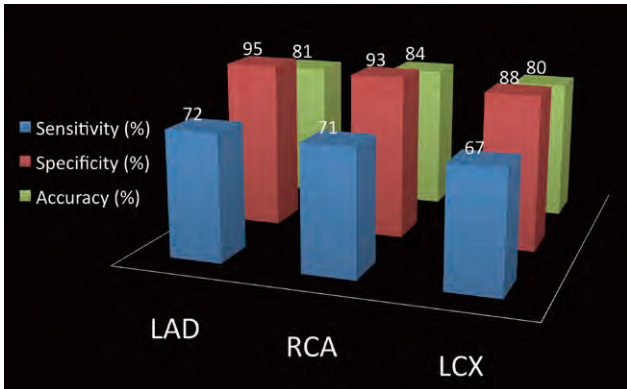


Figure 8. IQ-SPECT Prone concordance with coronary angiography.

LAD 病変(#7-9 99%)の欠損過小評価

また、欠損程度が過小評価される場合も経験した。これは、対角枝の分岐部に前下行枝本幹と対角枝の両方に99%狭窄が認められた症例である。左のアンモニアPETでは前壁中隔心尖部に高度の虚血を認める。中央の4種類のSPECT-CTでも程度の差はあるものの、中程度ないし高度の虚血を認める。これに対して右側のIQ-SPECTの腹臥位、仰臥位とも虚血程度がかなり過小に表現されている。このような前下行枝領域の欠損過小評価についてSPECT-CTと比較した症例で検討した。SPECT-CTでのCT減弱補正では心尖部の欠損程度を過大に評価する可能性があるため、SPECT-CTによる撮像、OSEMによる減弱補正なしの再構成

画像を基準とし、LAD領域の欠損陽性例(N=18)において、IQ-SPECTの腹臥位、仰臥位の読影結果を比較した。これにより、仰臥位、腹臥位ともに17% (3/18)の場合、LAD領域での欠損過小評価が認められた。

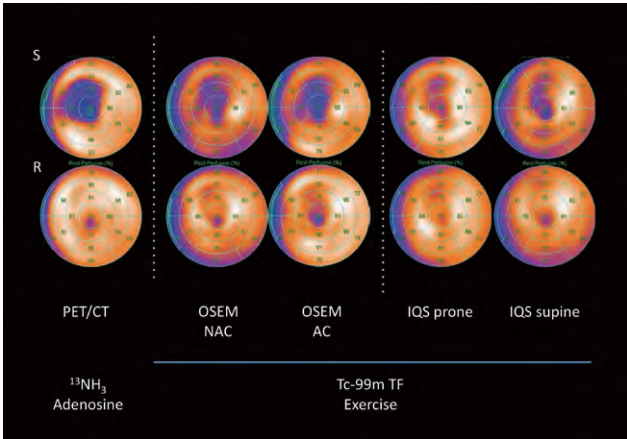


Figure 9. The extent of disease in the LAD region may be potentially underestimated by IQ-SPECT.

標準データベースによる欠損スコアの検証

今回完成したTI-201標準データベース(NDB)を実際に使用し、欠損スコアがどのように出るかを検証した。正常女性の症例では、虚血なしと判定された(data not shown)。他院にて#7領域に90%、#12領域に90%の狭窄の指摘があった女性の症例の場合、指摘のあった欠損が概ね正しくスコア化されていた(Fig.10)。

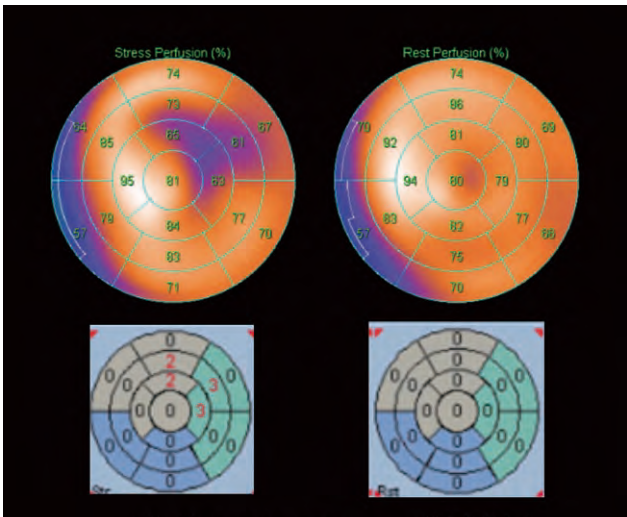


Figure 10. An example of female patient with known perfusion defects in #7, #12 regions. Referencing with NDB allows automatic scoring at generally correct location.

アーチファクトと思われる症例のNDBによる診断

Fig.11に示す症例は、男性、虚血なしの症例である。先述の回転中心のずれによるアーチファクトが発生してしまった症例であるが、このように通常はあまり起きないアーチファクトが出てしまうと、正常であっても欠損スコアがついてしまう。このような症例では、医師がアーチファクトであることを判断する必要がある。

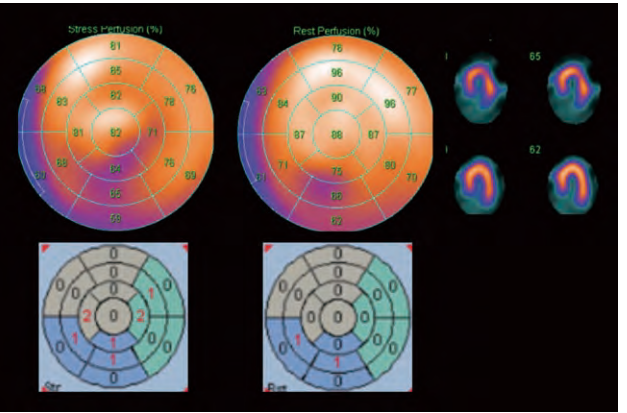


Figure 11. NDB based automatic scoring of a case with known artifacts. Artifacts may render defect scores to normal cases.

心基部虚血の過小評価

Fig.12に示す症例は、男性、Bypass術後、回旋枝および右冠動脈領域の虚血が認められた症例である。NDBによる自動スコアでは、心基部の低下が見られるが欠損スコアはついていない。これは、心基部の偏差が大きいことに由来するものと考えられる。

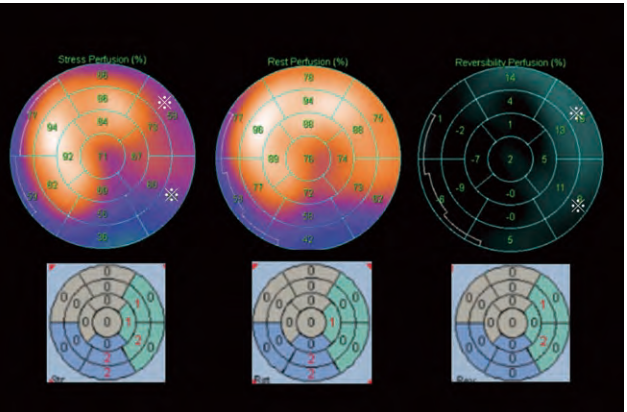


Figure 12. A case of known perfusion defects in the left circumflex and right coronary arteries. NDB based automatic scoring did not give the scores expected for the known defects, probably due to the high variability in these regions.

<まとめ>

- ・仰臥位収集で認められる後側壁から後壁にかけての集積低下の所見はCT減弱補正により改善することから減弱を主体とするアーチファクトである。従って、腹臥位収集にてその一部が改善する。
- ・腹臥位収集によるIQ-SPECTを用いることで、実用的な診断精度を担保しつつ、短時間による心筋血流SPECTが可能である。
- ・腹臥位収集でも予測不能な減弱によるアーチファクトが見られることがある。
- ・LAD領域についてはhot apexの影響により虚血重症度評価に課題を残す。
- ・標準データベースによるスコア化は高度な減弱によるアーチファクトへの対応は難しい。

IQ-SPECT読影の注意点とデータベース適応

～正常症例の検討データ～

金沢大学附属病院
核医学診療科 松尾 信郎

はじめに
心筋血流single photon emission computed tomography (SPECT)は心臓病の診断やリスク評価、治療効果判定など広く循環器診療に用いられている。SPECTは空間分解能が他のモダリティと比較して低いことや収集時間が長いことなどの欠点がある。新しく開発されたIQ・SPECTシステムは多焦点型の専用のコリメータとガントリの偏角とコリメータ孔の角度補正、そしてシステムの点拡がり関数を組み込んだ逐次近似再構成法であるordered subset conjugates gradient minimizer (OSCGM)によって有用性が高まることがTc-99mを使用した検討によって報告されてきた。我が国では心筋血流検査にTI-201製剤を用いて行われることが多いが、TI-201検査では下壁に吸収アーチファクトを生じる場合が問題点として存在する。IQ・SPECTではTc-99m製剤で検討がなされていたもののTI-201での検証は充分ではなかった。そこで、金沢大学附属病院において基礎的検討を行うこととなった。臨床例でIQ・SPECTを用いて評価を行う上では正常例での血流分布を把握することが大変重要となる。本稿では、金沢大学附属病院でTI-201心筋血流SPECT検査をIQ・SPECTを用いて正常例に関して検討した研究について解説する[1]。

目的
我が国で施行される負荷心筋血流検査の約50%はTI-201を用いて行われている。このためTI-201の正常の血流分布を理解することが読影の基本である。本研究ではIQ・SPECTでのTI-201の心筋血流分布を明らかにすること、そしてCT減弱補正を使用したIQ・SPECTによる心筋血流を従来型low-energy high resolution (LEHR) コリメータ使用の血流分布と比較することを目的とした。

対象者は、Summed Stress Score (SSS)が3以下、Quantitative Gated SPECT (QGS)で心機能の異常が見られない比較的低リスクの患者とした。J-ACCESS研究での正常SPECTの定義を満たす症例を正常と定義した[2]。除外基準は、ICM、不整脈、NYHA機能分類2度以上の心不全、肝疾患、腎疾患、心電図異常などの虚血が疑われる症例は除外とした。高血圧で薬剤服用がみられる症例は除外しなかった。結果、40例の対象症例が得られ、平均年齢は75歳、うち女性は8例であった。平均身長は162cm、体重は62kgであった。

アデノシンを用いた薬剤負荷によって負荷心筋血流シンチグラフィ検査を行った。プロトコルはTI-201再静注法を用いた。撮像方法は、仰臥位のための撮影とし、従来法LEHRコリメータ使用の撮像後にSMARTZOOMコリメータを使用したIQ・SPECTシステムで撮像し、その後computed tomography (CT)撮像を行った。したがってLEHRよりもIQ・SPECTの方がカウントの低い条件になっている。

撮像装置にはSiemens Symbia T6 IQ・SPECT, SPECT・CT (Siemens Medical Solutions USA, Hoffman Estates, IL, USA)を使用し、8フレームのECGゲートを使用した。1ビューあたりの撮像時間は14秒とした。再構成マトリックスは128x128を使用し、70keV ±20%を収集した。再構成条件は、Iterations 10 Subsets 3とし、Gaussian Filterは13mmを使用した。呼吸息止めでCT撮像し、これによる減弱散乱補正を適応した。Motion Correctionを行った症例はなかった。解析には、Quantitative Perfusion SPECT (QPS)上で17セグメントの5-point scale視覚評価を行った。また、%uptakeによる解析を行った。

症例提示
Fig.1に59歳男性の症例を提示する。従来型SPECTで下側壁の集積低下がみられる。IQ・SPECT減弱散乱補正後では下側壁の分布は改善したものの、展開したBulls eyeでは、心尖部の集積低下がみられた。別に論じられているように、これは、CT減弱散乱補正後に見られる画像の特徴であることが次第に分かってきた。

Fig.2では、IQ・SPECTの撮像データを減弱散乱補正のありなしで再構成した画像を比較する。補正を行わない場合、従来型SPECT同様、下壁の減弱が顕著に見られ、補正によって概ね改善することが分かる。

Fig.3に78歳男性の症例を提示する。従来型SPECTで下側壁の低下がみられる。減弱散乱補正後のIQ・SPECT画像では下側壁の分布は改善し、前壁寄りの心尖部の集積低下が見られた。Fig.4に減弱散乱補正のありなしで再構成した

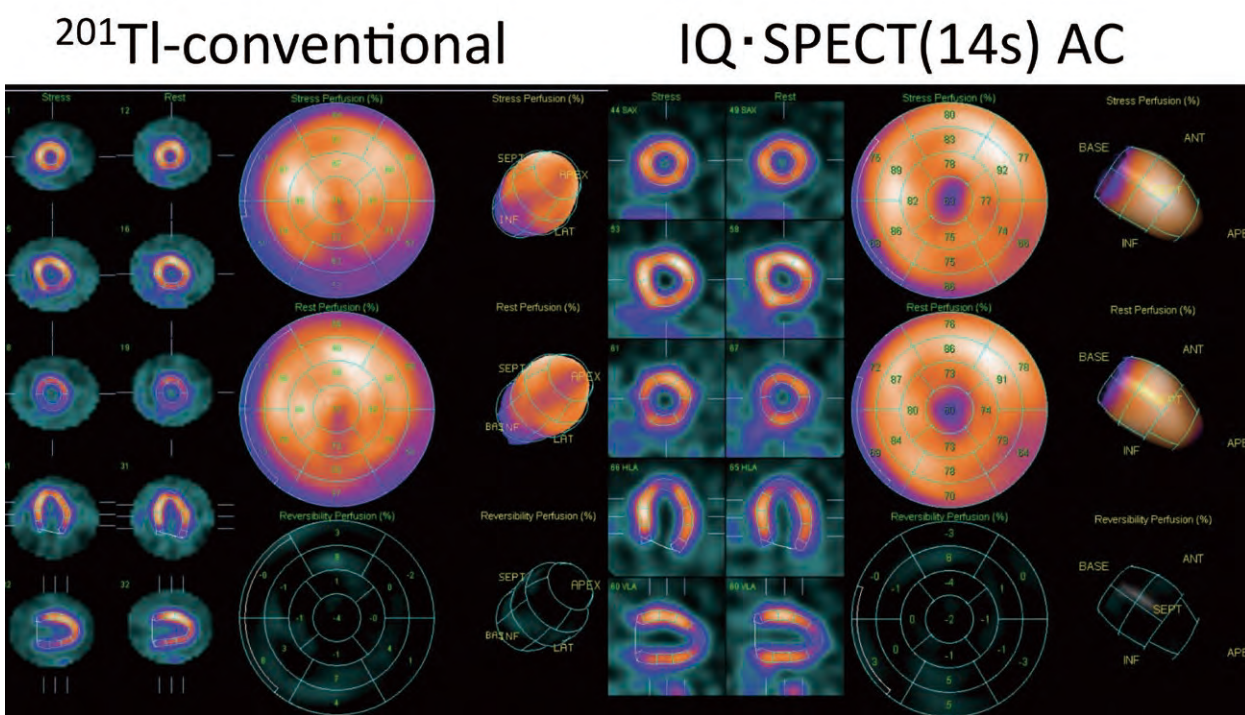


Figure 1. A case of 59 y.o. male: conventional SPECT shows the appearance of inferolateral hypoperfusion, but apical defect is observed in IQ-SPECT.

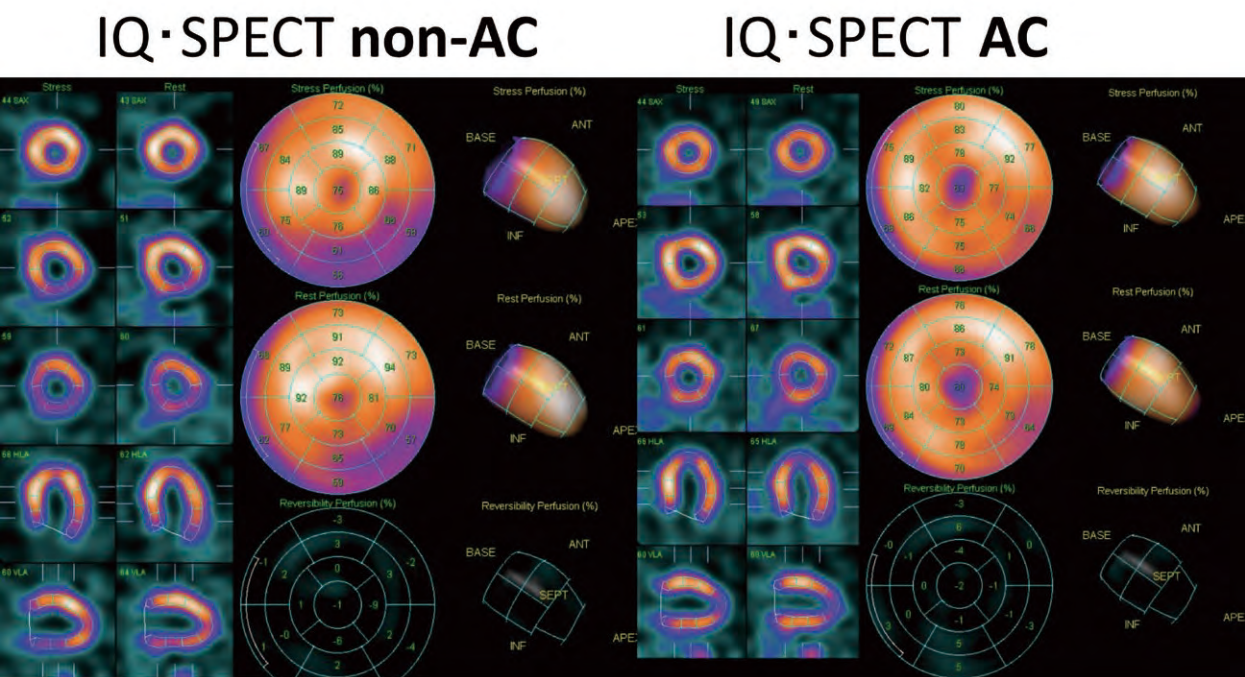


Figure 2. Comparison of bulls eye myocardial perfusion images not corrected for attenuation (left) and corrected for attenuation (right). The images were reconstructed from a single acquisition of a case of 59 y.o. male who was diagnosed to be normal.

IQ・SPECT画像を提示しているが、前例同様、補正なしの場合の下壁低下が補正によって改善し、さらに補正後の前壁心尖部の集積低下が出現しているのが見られる。このような経験から、IQ・SPECT減弱散乱補正後の心尖部の集積低下は一般的におこりうる現象であることが分かった。

視覚評価による検討
LEHRとIQ・SPECTの画像を視覚的に比較した。熟練読影医がそれぞれ40例の症例を主観的に評価したところ、LEHR

画像のうち「優」と判断されたものは31例、「良」と判断されたものは9例であった。補正なしのIQ・SPECT画像では、「優」と判断されたものは、20例、「良」と判断されたものは20例で、補正後の画像では、「優」と判断されたものは、26例、「良」と判断されたものは14例となった。

今回検討した症例では、LEHR画像、補正後IQ・SPECT画像、補正なしのIQ・SPECT画像による独立した読影で、全例正常であると判断され、それぞれの撮像および再構成条件結果の完全な一致が見られた。

201TI-conventional IQ・SPECT(14s) AC

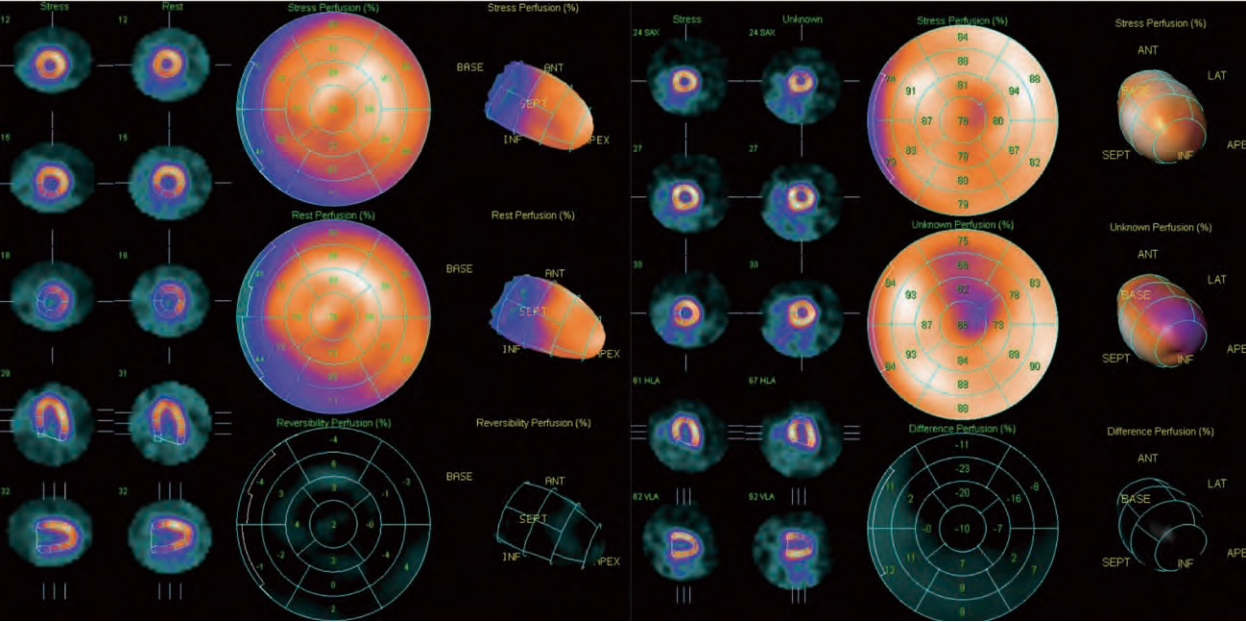


Figure 3. A case of 78 y.o. male: conventional SPECT shows the appearance of hypoperfusion in the inferior, but apical defect in IQ・SPECT.

IQ・SPECT non-AC IQ・SPECT AC

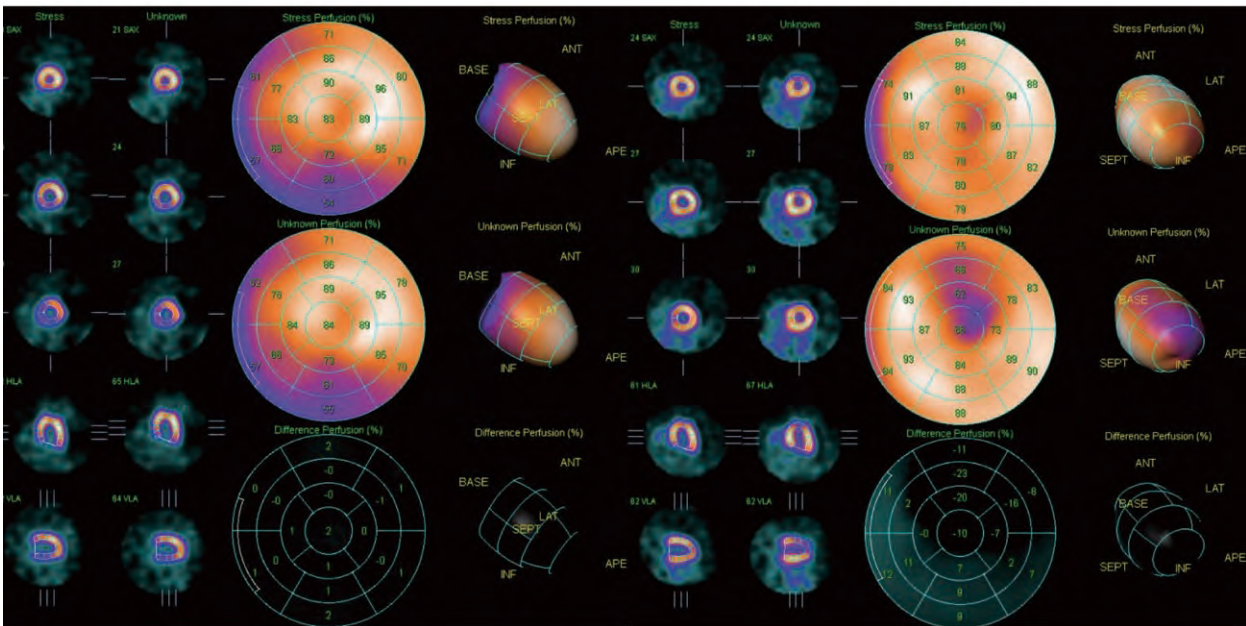


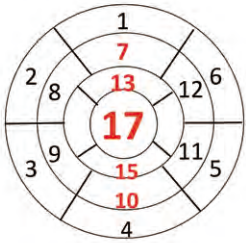
Figure 4. Comparison of bulls eye myocardial perfusion images not corrected for attenuation (left) and corrected for attenuation (right). The images were reconstructed from a single acquisition of a case of 78 y.o. male who was diagnosed to be normal.

心尖部前壁下壁において統計解析を行った (Table 2)。既に知られているように、従来型 LEHR では TI-201 の下壁 uptake が低下していることが分かる。減弱散乱補正後の IQ・SPECT 画像では、下壁が前壁と同等の値を示し、正しく減弱補正が施されていると考えられる。補正後の画像では、正常血流の場合であっても心尖部の低下が顕著に見られるため、この点に注意して読影する必要がある。今回完成した正常例データベースを活用し、その分布を判断の基準とすることが望ましい。

Table 2. Comparison of percent uptake between LEHR and IQ・SPECT in periapical segments.

	LEHR	IQ・SPECT(SCAC)
Stress		
#7 mid anterior	88.2±4.3	83.4±6.6
#13 apical anterior	87.4±4.3	74.0±5.9
#17 apex	80.1±4.9	68±8.0
#15 apical inferior	76.5±6.8	80.4±6.3
#10 mid inferior	73.7±7.4	85.2±7.1
Rest		
#7 mid anterior	88.7±3.2	83.5±7.3
#13 apical anterior	87.8±3.1	71.1±7.6
#17 apex	80.6±5.2	66.4±8.7
#15 apical inferior	77.4±5.6	81.4±5.7
#10 mid inferior	74.8±6.9	87.0±6.8

心尖部における集積低下の原因としては心尖部の壁厚が薄いことが挙げられる [3]。Magnetic resonance imaging (MRI) の所見でも心尖部を見ると壁厚が低い。減弱散乱補正後画像の見かけ上の血流低下はこれを正確に反映したものであると考えられる。



- <まとめ>
- TI-201 製剤を使用した心筋血流検査を IQ・SPECT システムで行った。
 - 従来型 TI-201 検査では下壁の減弱アーチファクトが顕著。有意な低下が見られた。
 - 減弱補正なしの IQ・SPECT 画像も、従来型 LEHR で見られる下壁の減弱アーチファクトが顕著であり、類似した。
 - 減弱散乱補正後の IQ・SPECT では下壁の減弱が補正され、偽陽性が改善した。
 - 補正後は、心尖部、前壁心尖部の血流低下の傾向が見られた。
 - TI-201 は減弱や散乱の影響を受けやすく Tc-99m に比べて画質が劣るが CTI により減弱散乱補正を行うことで下壁のアーチファクトが低下することは、下壁の心筋血流評価において有利であると考えられる。

<結論>

減弱散乱補正後の IQ・SPECT では、高い診断能を得ることが可能であり、また短時間で撮像が可能であることは実臨床上有用な性質である。今後、心筋虚血や心筋バイアビリティの評価、治療効果のモニタリングなどに応用されることが考えられる。

- <文献>
1. Matsuo S, et al. Nuclear myocardial perfusion imaging using thallium-201 with a novel multifocal collimator SPECT/CT: IQ-SPECT versus conventional protocols in normal subjects. Ann Nucl Med 2015, 29: 452-9.
 2. Matsuo S, et al. Prognostic value of normal stress myocardial perfusion imaging in Japanese population: a study based on the J-ACCESS study. Circ J 2008, 72:611-617.
 3. Okuda K, et al. Cause of apical thinning on attenuation-corrected myocardial perfusion SPECT. Nucl Med Commun 2011, 32(11): 1033-9.

次に心機能データを検討した。Table 1 に示すように ejection fraction (EF) は IQ・SPECT で少し低いことが分かる。これは、LEHR に比べ、end-diastolic volume (EDV) の値が IQ・SPECT では低いことが原因であると考えられた。

Table 1. Paired comparisons between parameters determined using LEHR and IQ・SPECT. EDV, end diastolic volume; ESV, end systolic volume; LVEF, left ventricular ejection fraction.

Parameter	LEHR	IQ・SPECT	p-value
EDV (ml)	57.5±19.8	53.4±18.5	0.003
ESV (ml)	20.5±12.8	22.3±13.0	0.12
LVEF (%)	66.9 ±10.7	62.0± 13.8	0.0009

散乱・CT減弱補正画像の特徴とデータベースの適応

藤田保健衛生大学
循環器内科 血井 正義

当院では、IQ・SPECT を使って、年間900例の負荷心筋血流シンチを行っている。核種は3分の2がTI-201製剤、3分の1がTc-99mm製剤を用いている。今回の検討は、TI-201製剤の症例で行った。

散乱・CT減弱補正画像の特徴

負荷方法は、アデノシンを0.12g/kg/minで6分間投与する方法を採用している。TI-201製剤は111MBq投与し、負荷像と4時間後の安静像を撮像している。Table 1に撮像画像処理条件を提示する。特記することとして、収集時間が1ビューあたり28秒の収集を行っていることである。これはメーカーが推奨している時間に比べて長くなっているが、装置導入当初のファントムによる検討で、適正条件を検討した結果によるものである。

Fig.1に、正常と判断された男女それぞれ10名の平均血流画像を示す。散乱・減弱補正なし (NC)、散乱補正あり (SC)、減弱補正あり (AC)、散乱減弱補正あり (SCAC) の4種類の画像を示す。減弱補正のない2画像 (NCとSC) では、男性は負荷像・安静像ともに下壁の集積が低く、女性でも男性に比べて程度は軽いが、負荷像・安静像ともに下壁から側壁にかけての集積が低くなっている。減弱補正を行った2画像 (ACとSCAC) では、男女差ともに心尖部と心尖部寄り前壁の集積低下がみられる。SCACは、ACと比較して心尖部の低下がより顕著に認められる。これらの画像の特徴を踏まえて、実際の臨床での読影では、SC画像とSCAC画像の2種類の画像でお互いの欠点を補いながら読影している。

Table 1. Image acquisition and reconstruction conditions.

System: SPECT-CT SymbiaT6,16 (SIEMENS)
Acquisition parameters:
Collimator : SMART ZOOM
Pixel Size : 4.8 mm
Matrix Size : 128x128
Number of Views : 17 views/detector
Acquisition time : 28 sec/view
Energy Window: 70 keV±20%
Magnification: 1x
Rotation: 104°
Mode: Step and Shoot
Reconstruction parameters:
Reconstruction : Flash3D
Iterations : 10, Subsets : 3
Filter : Gaussian Filter 10 mm

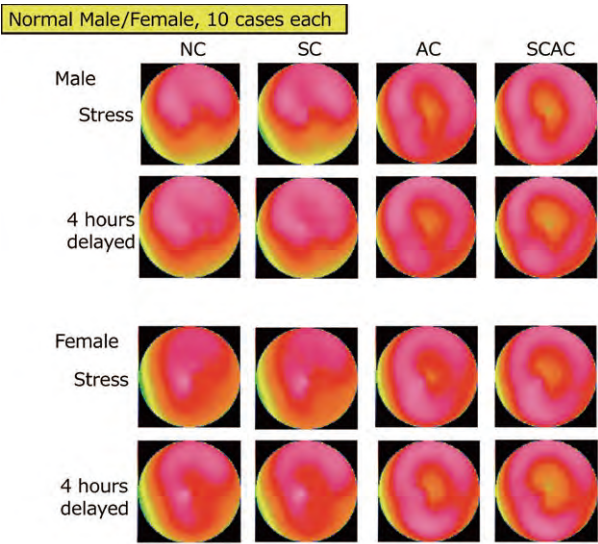


Figure 1. Averaged distribution of normal cases. NC:No correction, SC:with scatter correction, AC: with attenuation correction, SCAC:with attenuation and scatter corrections.

次に実際に経験した症例をもとに各補正効果を解説する。Fig.2は下壁心筋梗塞で再分布現象なしの症例である。下壁の集積は補正を加えても特に変化は認めなかった。正常例の平均血流画像でも説明したように、ACを加えると心尖部の集積は低下するところから、読影の時はACのないSC画像を見て、心尖部は集積低下なしと判断する。

Fig.3は前壁中隔心筋梗塞の症例である。まず下壁に注目すると、ACなしのSC画像では、下壁の低下が見られるが、SCAC画像では下壁の集積は上昇する。梗塞部位の前壁中隔心尖部は、SCAC画像ではSC画像に比べ、集積低下部位がやや大きく見える。これらをまとめると、減弱補正により下壁の集積は上昇するが、心尖部・前壁の集積は低下していることになる。これらの問題の解決のためには、①SCAC画像を標準データベースの分布パターンと比較すること、あるいは、②SC画像とSCAC画像の2画像を作成し、両者を見比べお互いの弱点を補完しながら読影する必要があると考えられた。

IQ・SPECT 標準データベースを用いた画像解析

次に、この程完成した日本核医学会心筋SPECT標準化作業部会ワーキンググループ (JSNM-WG) のTI-201製剤IQ・SPECT標準データベース (NDB)の利用を検討した。比較検討したのは4群で、標準データベースとして散乱・CT減弱補正をした仰臥位画像をQPS (Cedars Sinai Medical



Figure 2. A case of inferior wall myocardial infarction.

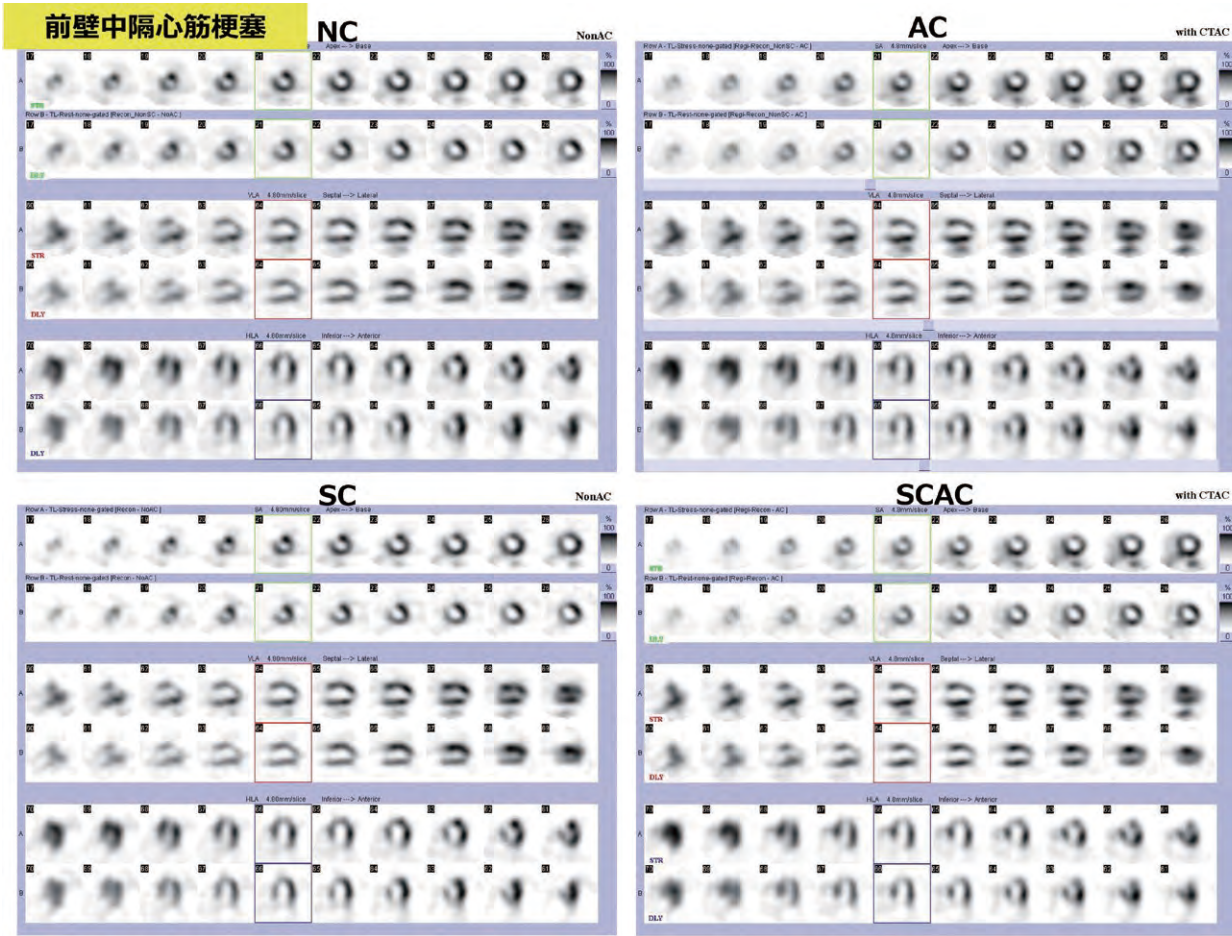


Figure 3. A case of anteroapical myocardial infarction.

Center, 米国) で自動解析した欠損スコア (NDB)、核医学専門医が散乱補正のみのSC画像と散乱・CT減弱補正をしたSCAC画像の2画像の両者を見比べお互いの弱点を補完しながら半定量的に算出した欠損スコア (DOCTOR)、SC画像の% uptakeから算出した欠損スコア (SC%UT)、そしてSCAC画像の% uptakeから算出した欠損スコア (SCAC%UT) であった。

アデノシン負荷心筋血流シンチを施行した40例を比較の対象とした。平均年齢は71±10才、男女比は28/12、狭心症疑いが26例、陈旧性心筋梗塞が14例であった。異常所見の認められたのは20例 (うち女性2例) で、平均年齢は75±7才であった。

評価方法は心臓核医学で用いられる17セグメントモデルを用いて、セグメント毎に血流低下の程度を5段階に分類して、正常 (スコア0点)、軽度低下 (1点)、中等度低下 (2点)、高度低下 (3点)、欠損 (4点) として欠損スコア (DS) を算出した。QPSはソフトウェアからDSを自動的に算出し、専門医は視覚的半定量的にDSを算出し、%uptakeは、70-100% (0点)、60-69% (1点)、50-59% (2点)、40-49% (3点)、<40% (4点) とした。そこから、Summed Stress Score (SSS)、Summed Rest Score (SRS) を求めた。さらに冠動脈支配領域毎のDSも算出した。

Fig. 4は、SSSとSRSを4群で比較した結果である。SSSでは、%uptakeから算出した欠損スコアのSC%UTやSCAC%UTがNDBとDOCTORより有意に大であった。しかし、医師の読影によるDOCTORと標準データベースを用いて自動解析したNDBの間には有意差は認められなかった。この傾向は、SRSでもほぼ同様であった。

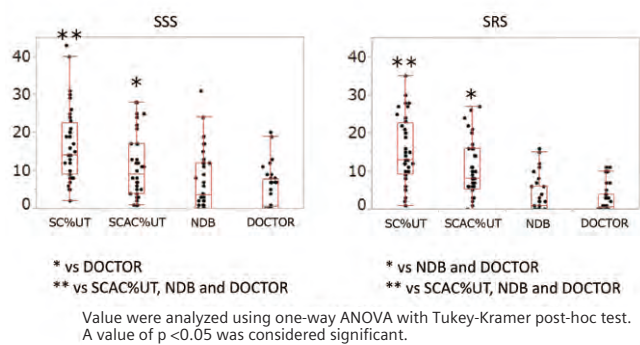


Figure 4. Comparison of SSS and SRS defect scores from four different scoring methods.

次に冠動脈別に比較した結果を示す。Fig. 5は左前下行枝 (LAD) 領域の検討であり、先ほどのSSSとSRSの結果と同様の傾向が見られ、%uptakeから算出した欠損スコアのSC%UTやSCAC%UTがNDBとDOCTORより大きい傾向で、医師の読影によるDOCTORと標準データベースを用いて自動解析したNDBの間には有意差は認められなかった。

Fig. 6は右冠動脈 (RCA) 領域の検討である。こちらも、LAD領域と同様の傾向で、%uptakeから算出した欠損スコアのSC%UTやSCAC%UTがNDBとDOCTORより有意に大で、医師の読影によるDOCTORと標準データベースを用いて自動解析したNDBの間には有意差は認められなかった。Fig. 7は左回旋枝 (LCX) 領域の検討である。これについても、LAD、RCA領域と同様の傾向で、%uptakeから算出した欠損スコアのSC%UTやSCAC%UTがNDBとDOCTORより大きい傾向で、医師の読影によるDOCTORと標準データベースを用いて自動解析したNDBの間には有意差は認められなかった。Fig. 8では、SSSにおける医師の読影によるDOCTORと他の3群の相関を検討したが、標準データベースを用いて自動解析したNDBと最もよい相関を認めた。SRSでも同様の結果であった (Fig. 9)。

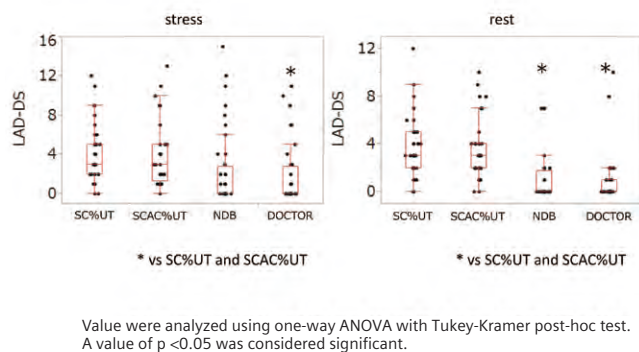


Figure 5. Comparison of defect scores by four different scoring methods in the area supplied by the left anterior descending artery.

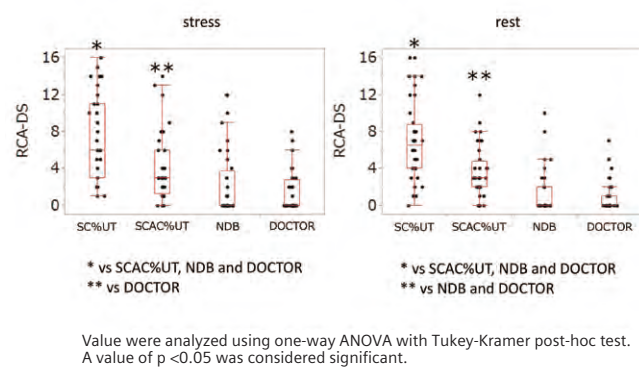


Figure 6. Comparison of defect scores by four different scoring methods in the area supplied by the right coronary artery.

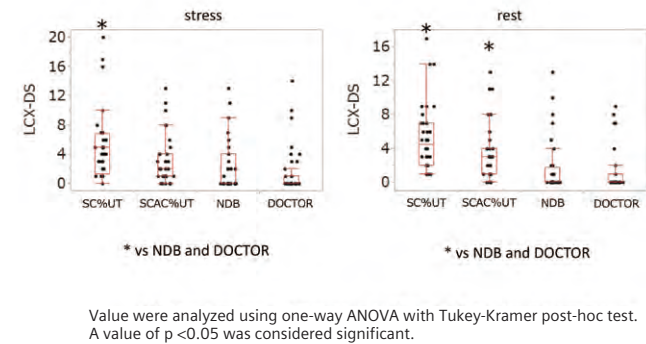


Figure 7. Comparison of defect scores by four different scoring methods in the area supplied by the left circumflex artery.

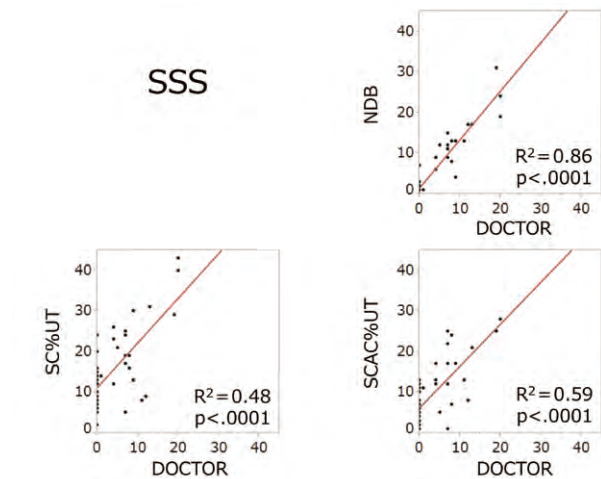


Figure 8. Correlation of scoring by DOCTOR compared against other three scoring methods in SSS evaluation.

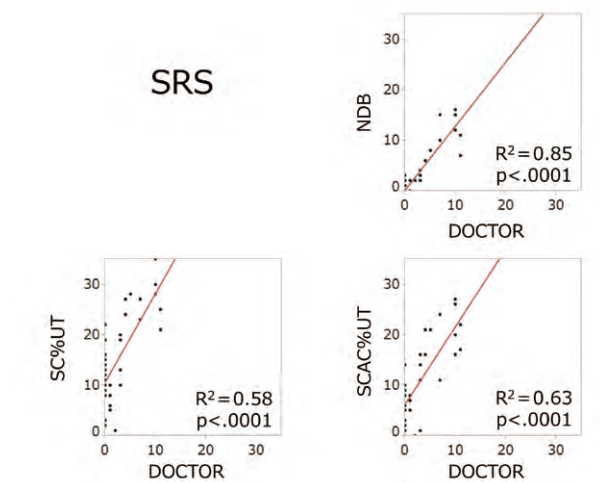


Figure 9. Correlation of scoring by DOCTOR compared against other three scoring methods in SRS evaluation.

<まとめ>

IQ・SPECTでは下壁の減弱の影響が画像に現れやすいが、減弱補正を行うことで、下壁の集積が著しく改善する。それにともない、視覚的には逆に心尖部や前壁の集積が低下して見えるケースが存在

する。正常例での検討でも、心尖部の集積が他の部位に比べて低下している。その点を補うために、今までは、減弱補正をしていない画像と見比べて心尖部や前壁の読影を行っていた。今回、日本核医学会心筋SPECT標準化作業部会ワーキンググループのTI-201製剤IQ・SPECT標準データベースが完成し、リリースされた。そのデータベースを標準データベースとして散乱・CT減弱補正をした仰臥位画像をQPSで自動解析した結果と核医学専門医が散乱補正のみのSC画像と散乱・CT減弱補正をしたSCAC画像の2画像の両者を見比べて読影した結果は、統計学的にもほぼ一致した結果が得られた。今後、このIQ・SPECT用の標準データベースを活用することによって、正確な読影が容易に誰でもできるようになり、IQ・SPECTの利用が広がっていくと思われる。