

心筋SPECTの基礎知識 ～今、改めてSPECT画像を考える～

国立循環器病センター 放射線診療部

片渕 哲朗

【はじめに】

近年の心筋SPECT検査は大きく変貌してきている。^{99m}Tc心筋製剤が登場して、SPECT画像は臨床的に不可欠なものと確立された。最近では、Gated SPECTによる心機能と心筋血流の同時評価が広く普及し、従来の2次元画像だけでなく3次元動画画像も併用して診断するようになった。現在は、SPECTにより新たな分子イメージングの時代を迎えようとしている。

しかし、EBMやDRGが取り入れられている現在、核医学検査は壁に突き当たっており、それを打開するためには何とかして画像の信頼性を高めなければならない。

【心臓核医学の特徴】

心臓核医学の特徴は長所から考えると、心筋情報に関しては現在のところゴールドスタンダードになっており、心筋に関するCT・MRIの研究ではまず核医学（以下：RI）と相関関係を求めている。次に、生化学情報が画像化できる、現在では唯一の手段である。つまり脂肪酸や交感神経などの情報が画像化できる。3番目に、定量評価が可能である。RIはもともとカウント情報のため、基本的にはデジタル量なので定量化が容易である。4番目は運動負荷検査が施行できる。この運動負荷が簡単にできるということは非常に大きなメリットである。アンギオ、CT、MRIでは、基本的に運動負荷ができない。しかし、RIは負荷状態において薬剤を投与することで、その態様を把握することができる。そして、被験者に対して侵襲性が低いということが言える。

【心筋イメージングのアーティファクト】

心筋SPECT像で生ずるアーティファクトは大別すれば、技術的要因と被験者の要因に分けられる。被験者の要因では病変検出の困難な症例や他の疾患との鑑別が困難な症例、またはPTCA、A-C bypass後の影響などが考えられる。一方、技術的要因では撮像機器の問題、データ収集の問題、データ処理の問題、そして画像表示における問題の4つに分かれる。図1にこの技術的な要因についての例を挙げている。

撮像機器の問題で生じるアーティファクトは、

検出器自体の不均一性や回転中心のずれによって起こる場合が多い。その他にもベッドによる吸収や多検出装置におけるカメラ間の不均一性等が挙げられる。これらのSPECT画像への影響は、冠動脈病変と一致しない欠損像が見られ、診断時に原因不明で困惑することになる。これらを防ぐためには日々のQCが重要であり、撮像の基礎データに問題があればどのような処理を施しても、そのアーティファクトは解決しない。

次に心筋アーティファクトで最も多いのが、データ収集時におけるアーティファクトである。まず図2に示すように、被験者の動きによるモーションアーティファクトが考えられる。この場合は角度可変90度のカメラで撮っているために、中央部分の2カ所で大きく動いている。そのため上段の正常の場合と下段の動いた場合と比べると、明らかに画像の劣化が起こっている。次に両腕を挙手しない状態で撮像した場合を図3に示す。正常と比べて上部下段矢印の前壁から前側壁にかけて欠損が生じている。またSPECTの収集が、残り2ステップを残して不完全に終わった場合を図4に示す。最後の部分と中央部のデータが欠落したために、矢印に示す部分に画像の欠損が見られる。特に最近では角度可変カメラにより90度収集が一般的に施行されるようになってきたが、この場合アーティファクトの原因となるプロジェクションデータが180度収集内で2カ所存在することになるため、画像の劣化がより強調されることに注意しなければならない。図5では心筋上に障害物（コイン）が入ったために前壁に欠損が生じた症例である。その他にもトランケーションアーティファクトや不適切なエネルギーピーク等が考えられ、データ収集時においては単純なケアレスミスがその原因となることが多い。

データ処理におけるアーティファクトも様々な要因で発生するが、SPECT再構成時の心筋軸設定やフィルターの設定によっても生じる。

以上のように心筋におけるアーティファクトは様々な原因が考えられる。メーカ側の問題、日々のQCを怠ったために起こる問題、患者自身に起因する問題、そして技師の人為的要因に分類すれば、最も多いのが技師の人為的要因である。

このようなアーティファクトの解決策を図6に

心筋アーティファクトの技術的要因

<h4>1. 撮像機器</h4> <ul style="list-style-type: none"> ・検出器の不均一性 ・回転中心のずれ ・ベットの吸収 ・多検出器カメラにおける不均一性 	<h4>2. データ収集</h4> <ul style="list-style-type: none"> ・モーションアーティファクト ・腕を降ろしたままでの撮像 ・不完全収集 ・トランケーションアーティファクト ・不適切なエネルギーピーク
<h4>3. データ処理</h4> <ul style="list-style-type: none"> ・軸設定による影響 ・フィルターの設定による変化 ・肝臓の高集積による影響 ・吸収・散乱補正の問題点 ・QGSの問題点 ・心臓のねじれによる影響 	<h4>4. 画像表示</h4> <ul style="list-style-type: none"> ・不適切なカットオフレベル ・カラー表示によるOver Diagnosis ・Bull's eye表示の問題 ・ImagerとのMatching

▲図1

モーションアーティファクト

▲図2

腕を降ろした状態での収集

▲図3

不完全収集

▲図4

示す。装置の特徴を熟知し、正常例の描出能を把握することが重要である。その原因は画像に現れるが、画像からアーティファクトの原因を探するのは難しい。そのためアーティファクトへの理解度が、各施設のRI診断レベルと相関していることを認識すべきであろう。

【どのような画像が求められているか】

核医学の技術的なガイドラインは標準化のためには必要であるが、収集条件や処理方法は装置で異なるし、画像表示はイメージャやスケールによって相異もある。そのため、現段階ですぐに作成することは難しいものと思われる。したがって、最終出力された画像で合わせていくことが要求される。では、心筋SPECT画像において、どのような画像が求められているか、私見を交えて図7に画像上の特徴を簡条書きで示す。

図8に典型的と考えられる一例を示す。この画像はチャンピオンデータではなく、ごく一般的に撮像、処理された画像である。換言すれば、どの施設においても作成できるものである。このように最低限、以上のことが出来ていたならば、装置のQCもできており、適切なカウントで収集され、処理・表示が最適になされているものと思われる。

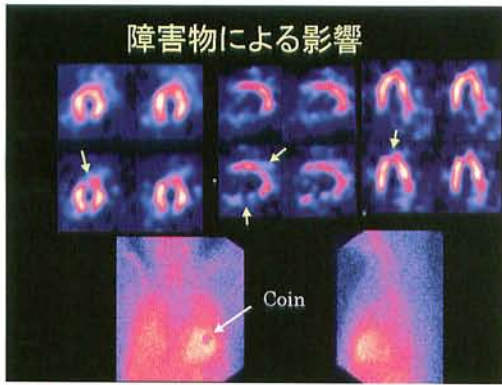
【終わりに】

核医学の発展は冒頭でも記したように、画像の信頼性を上げることが急務である。そのためは、関係する技術者が核医学に対して自らが勉強して、貪欲に知識を吸収することが必要であろう。そして、核医学専門技師を数多く輩出すると同時に、その自覚を持つことが核医学全体の底上げにつながってくる。そうすることにより核医学の診断に対するspecificityが向上し、必然的にevidenceも生まれてくる。

ただ、今後の問題点として残ってくるのは、医師の画像に対する好みである。例えば画像が統一されたとしても、読影する医師の好みによって画像処理や表示が変わってくれば、標準化の意味がなくなってしまう。そうならないためにも、核医学会と核医学技術学会の両者が協力して、具体的な標準化に取り組むことが不可欠であろう。

【参考文献】

- 1) 日本核医学技術学会編 西村恒彦：最新核医学検査技術：メディカルトリビューン社，東京，29-35，2001
- 2) 玉木長良 編：心臓核医学を活かす。文光堂，東京，2-150，1996
- 3) 日本放射線技術学会編 市原隆：SPECT画像技術の基礎。社団法人日本放射線技術学会，京都，12-22，2001
- 4) Powsner RA, et al : Essentials of nuclear medicine physics. Blackwell science KK, Massachusetts USA, 106-135, 1998
- 5) Friston KJ, et al : Statistical parametric maps in functional imaging.- a general linear approach. Hum Brain Mapping, 189-210, 1995
- 6) 片渕哲朗, 西村圭弘, 西原隆生, 村川圭三 他, Gated心筋SPECTによる心機能の定量的評価 (QGSの有用性), 映像情報, 31・12, 707~711, (1999) .
- 7) 仁井田秀治, 大屋信義, 片渕哲朗 他:核医学診療の実態と画像の収集・処理・表示・出力の標準化に関するアンケート報告, 核医学技術, 24, 2, 295-118, 2004



▲図5

解決策は？

装置の特徴・癖を熟知

正常例の描出能を把握


原因は画像に現れるが、画像から原因を探するのは難しい
 相応の知識が必要
 (臨床診断, 装置関係, 物理理論)

**アーティファクトの理解度が
施設の検査レベルと相関**

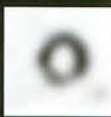
▲図6

どんな画像を心がける

- ・正常心筋内の濃度差が少ない
- 装置の均一性, 患者の体動, フィルムの濃度むら
- ・バックグラウンドが少ない
- 適切な収集カウント, 他臓器からの影響排除
- ・正常の心筋壁厚が太くなり過ぎない
- 適切なSPECT処理, 表示条件, フィルム濃度
- ・10mm程度の欠損が認識できる



EX



RD


その他に

- ・モニターとフィルムは同じ画像に
- ・軸設定は正確に, Autoの場合も必ず確認を
- ・カラスケールは施設内で統一


▲図7

心筋画像の典型例


70y Male




EX




EX




EX




EX




EX




RD




RD



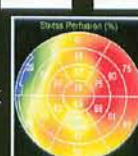
RD



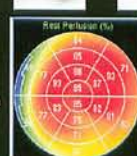
RD



RD



EX



RD

²⁰¹Tl画像(111 MBq)
Anteroseptal ischemia
Inferoapical ischemia

▲図8