
心筋血流 SPECT

東海大学医学部専門診療学系 画像診断学

橋 本 順

はじめに

90年代後半以降新規の放射線医薬品の開発が停滞する一方で、新しい解析法や解析ソフトの開発はますます盛んになり、解析手技は百花繚乱とも言える状況になっている。新時代の心筋 SPECT 定量解析を支えるソフトの 2 本柱のひとつが Quantitative Gated SPECT (QGS) を代表とする心電図同期心筋 SPECT 解析に基づく心機能評価ツールで、もうひとつが心筋集積スコアリングなどのブルズアイマップ上で行われる各種の解析ならびにそれをベースとした診断支援・報告書作成支援システムであると言えよう。

心電図同期 SPECT 解析の基本ソフトウェア

QGS を含めた心電図同期 SPECT 解析の主な基本ソフトに共通する心筋輪郭抽出アルゴリズムの特徴としては、1) 心内腔中央点から放射線を作成、2) 放射線が心筋と交わる部分のカウントプロファイルカーブを作成、3) プロファイルの最大カウント部分を結んだ心筋中央面を決定、4) 中央面とプロファイルから内膜面と外膜面を決定、5) 欠損部の近似、補間がなされていることがある。QGS をはじめとして心臓外集積を除去する過程と欠損部の近似を行う過程がブラックボックスであり、輪郭抽出の誤差要因としても重要なステップであることを知っておきたい。

心電図同期 SPECT の定量的な読み方と注意点

左室区出率 (LVEF) についてみると同一の報告では男性よりも女性で値が高く、同一の性別では欧米からの報告よりも日本人を対象とした報告で高い。これは体格が小さいほど、つまり心臓が小さいほど駆出率の値が大きくなることを意味し、小心中の症例では特に左室収縮末期容量 (LVESV) が少ないためにこの傾向が顕著である。値の解釈の際にはこの点に注意する必要がある。

正常例でも中隔の壁運動は低く算出され、壁運動異常と読み誤らないためには wall thickening の情報を参考にして判断する。wall thickening の値は他の部位に比較して中隔で低くなることはない。一方で wall thickening の値は心尖部寄りで高く、心

基部寄りで低く算出される傾向がある。これらの正常例における特性を理解しておきたい。

最も重要な読影のポイントとして、結果画像 (result 画面) のみを見るのではなく、使用されたトレーサ、データ収集・処理条件、元の SPECT 画像、心筋輪郭抽出結果やシネ表示などを参照しながら総合的に判断することがある。こうすることで以下に挙げるピットフォールの原因となるような状況の有無が判断しやすくなる。おさえておきたい読影上のピットフォールとしては (1) small heart における LVEF の過大評価、心内腔体積の過小評価 (2) 広範な血流欠損例や心室瘤の症例における解析誤差、(3) 不整脈症例における解析誤差、(4) R 波を正確に認識しにくい心電図波形例での解析誤差、(5) 左室肥大例での解析誤差、(6) S/N 比が低い画像 (低投与量時など) での解析誤差 (7) R-R 間隔の分割数が不足している場合の LVEF や時間容量曲線解析の誤差などが挙げられる。

各種ソフトウェアを使用するにあたっての注意点

ブルズアイマップを使用するソフトウェアに共通する事項として、ブルズアイ表示法の特性に起因する問題がある。短軸像からブルズアイマップを作成する際の心尖部寄りと心基部寄りの範囲の設定のしかたによりこれらの部位の定量解析に誤差を生じうる。特に中隔の心基部寄りに存在する膜様部の影響が大きい。

局所の集積低下の度合いをスコア化するソフトウェアに共通する注意点として、スコアを決定する際の % uptake の閾値の設定に関連するものがある。心筋局所の集積分布は同一症例で検査を行っても装置やデータ収集・処理法などにより微妙に異なるので、デフォルトの設定から各施設にあった閾値に調整する必要がある。

集積低下の程度を正常データベースとの統計比較により表示させるソフトウェアに共通する注意点として、使用する正常データベースの選択の問題がある。日本人の被検者で集積低下を検出する場合には日本人から得られた正常データベースを使用の方が検出率が高い。体格が大きい欧米人から得られた正常データベースではデータベース自体が持つ標準偏差が大きいため、これを使用して日本人被検者の集積低下の程度を比較検定すると低下が過小評価されることが理由として考えられる。

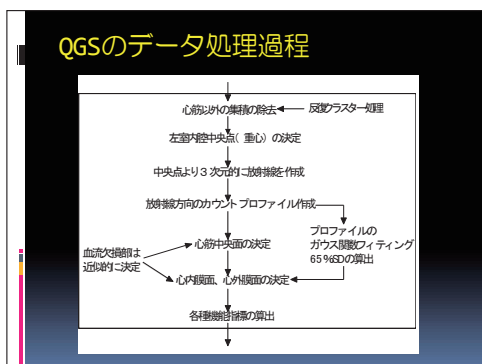
まとめ

心筋 SPECT の定量的な読影とその注意点について述べたが、近年の心筋 SPECT の定量解析では使用するソフトウェアの選択が大きな鍵を握っているといっても過言ではない。したがって各ソフトウェアの特性、使用法やピットフォールを理解した上でデータを解釈することが重要である。

主な解析ソフトウェア		
検査 心電図同期心筋SPECT	ソフト QGS EC Toolbox 4D-MSPECT	主な機能、得られる情報 心筋断層、血流、断面ブルズアイ表示、拡張期心断層、 統計解析、レポート作成支援、SPECTと拡張期CTとの 重ね合わせ、血流SPECTスコアリング
同上	pFAST	心筋断層、血流、断面ブルズアイ表示、拡張期心断層、 統計解析、レポート作成支援
同上	cardioGRAF	血流心筋断層、断面ブルズアイ表示、心筋拡張期断層、 心筋拡張期断層位置
同上	VCDF	心筋断層、血流、断面ブルズアイ表示、拡張期心断層、 統計解析、血流SPECTスコアリング
心筋SPECT全数	cardioBull	心筋ブルズアイ表示、統計解析、血流SPECTスコアリング
同上	SCOOP	心筋ブルズアイ表示、統計解析、血流SPECTスコアリング、 レポート作成支援、2断面間ミスマッチ解析
同上	Heart Score View	心筋ブルズアイ表示、統計解析、血流SPECTスコアリング、 2断面間ミスマッチ解析
心筋血流SPECT	QPS	血流ブルズアイマップ、統計解析、血流SPECTスコアリング、 レポート作成支援、SPECTと拡張期CTとの重ね 合わせ
同上	cardioNAVI	血流SPECTスコアリング、レポート作成支援、データ ベース機能
心電図同期心筋血流 SPECT	Heart Risk View	血流SPECTスコアリング、事後評価（日本人データベース に基づく）、レポート作成支援
心筋SPECT 拡張期CT	Cardio Fusion	SPECTと拡張期CTとの重ね合わせ
心電図同期心筋SPECT	QBS	心筋断層（右室、左室）、拡張期心断層
心筋プランナー	STAMP	HMBは、使い直し必要



- ### 主な心電図同期心筋SPECT用ソフトウェア
- ◆ QGS(Quantitative Gated SPECT)
Cedars-Sinai Medical Centerで開発
 - ◆ 4D-MSPECT
University of Michiganで開発
 - ◆ Emory Cardiac Toolbox
Emory Universityで開発
 - ◆ pFAST
札幌医大で開発

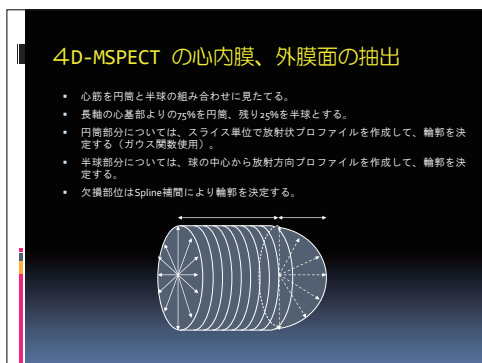
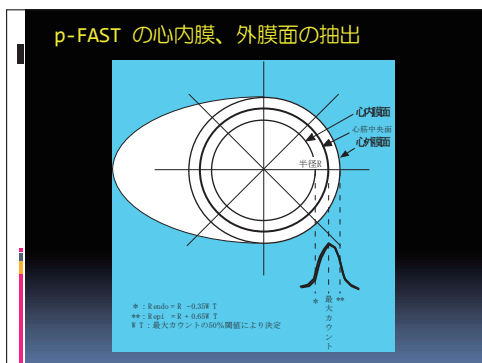
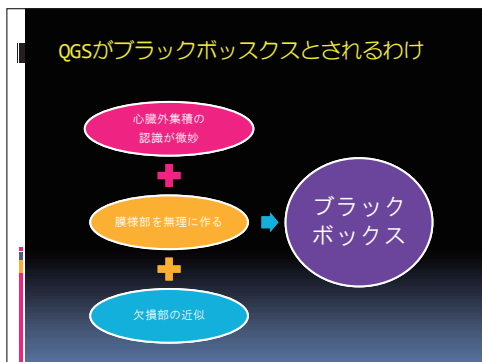


QGSの不思議

欠損の大きさが120°を超えるような場合、算出値に大きく誤差が生じた。また、欠損部位による差が生じた。

心尖部より心筋の1/2まで欠損が及ぶとEDVとESVは急激に低下した。欠損スライス数が同じ場合、心基部側がより影響を受けた。

欠損部のカウントが50%以上であれば、広範囲の欠損が存在する場合でも、正しく算出された。



EC Toolbox の心内膜、外膜面の抽出

- 心筋を円筒と半球の組み合わせに見てる。
- スライス単位で放射状プロファイルを作成して、輪郭を決定する。
- 拡張末期の壁厚は一律10mmとする。
- 各時相の心内膜、外膜面は、拡張末期の壁厚とフーリエ解析により求められた心筋壁厚増加率をもとに決定される。

各ソフトの共通点

- 心内腔中央点から放射線作成
- 心筋のカウンtpロファイル作成
- 最大カウンtの心筋中央面を決定
- 中央面とプロファイルから内膜面と外膜面を決定
- 欠損部の近似／補間

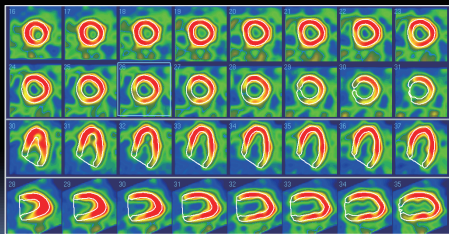
心電図同期SPECTの読影



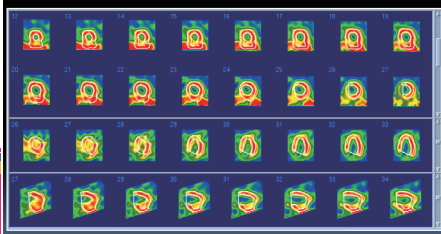
読影のポイント

- 結果画像のみで判断しない。
- 心筋輪郭抽出が至適であるかの吟味
腹部臓器の集積の影響を受けていないか
欠損部位のトレースが妥当か
- シネ表示と結果画像との併用
- 正常例での特性の把握
- 注意すべきピットフォール

心筋輪郭抽出の確認

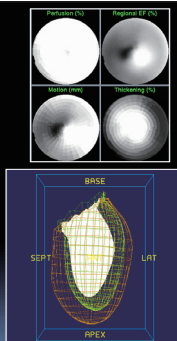


輪郭抽出不良



正常例での特性

- 中隔のwall motionは少ない
- 心基部のwall thickeningは少ない
- LVEDV, LVESVは過小評価



心電図同期SPECTの報告値

Female

Author	De Bobdt	Akincioglu	Nakajima
LVEF (%)	66 ± 9	67 ± 6	74 ± 9
LVEDV (ml)	75 ± 23	91 ± 17	59 ± 17
LVESV (ml)	27 ± 14	31 ± 11	17 ± 10

Male

Author	De Bobdt	Akincioglu	Nakajima
LVEF (%)	59 ± 6	63 ± 5	63 ± 7
LVEDV (ml)	106 ± 25	110 ± 20	88 ± 22
LVESV (ml)	44 ± 14	41 ± 11	33 ± 13

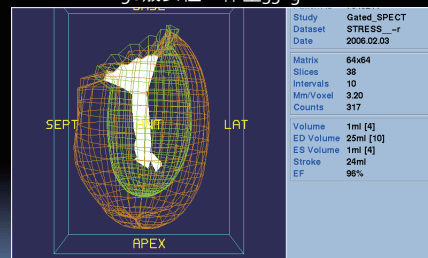
Nakajima K, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2007

注意すべきpitfall

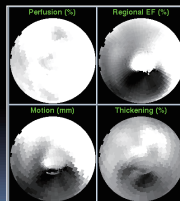
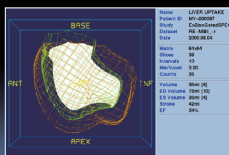
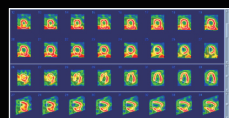
- Small heartのEF過大評価
- 左室肥太例での解析誤差
- 不整脈の症例
- 心臓手術後の症例

Small heart

90歳女性 体重35kg

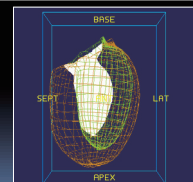
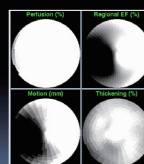
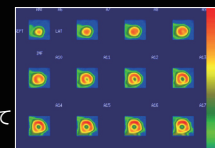


腹部臓器の集積の影響



開心術後の症例

- 中隔の奇異性運動
- Wall thickeningを併用して評価



ブルズアイマップに関連した解析



膜様部



短軸像



水平長軸像

膜様部関連の注意点

- 心臓のローテーションの関係で、再構成短軸画像上にあらわれる膜様部の部位にもバリエーションがある。
- ブルズアイマップ上での正常データベースとの比較では、偽陽性、偽陰性の好発部位である。

