

《Gated SPECT ワークショップ》

Gated SPECT のガイドラインの作成をめざして

司会の言葉

西 村 恒 彦 (京都府立医科大学放射線医学教室)
山 辺 裕 (加西市立加西市市民病院循環器内科)

Gated SPECT は心筋血流および心機能を同時にしかも定量的に評価できる手法として急速に発展してきた。とりわけ Evidence-based Medicine 時代において各種心疾患の診断、治療効果の判定、予後評価における有用性から定着することが期待されている。本ワーキンググループでは Gated SPECT の普遍的使用のためのガイドラインの作成をめざして過去 2 年間にわたり活動を行ってきた。

中村先生(京府医大・放)から 180 施設におけるアンケート調査による、わが国における Gated SPECT 利用の現状について、また Gated SPECT のガイドラインの概要についてデータ収集、処理の統一化を含めて基礎的検討に関するまとめを丸野先生(虎の門病院・放)から、各種心疾患における臨床適応に関するまとめを中田先生(札幌医大・二内)から報告していただく[これらの成果は日本核医学会雑誌に公表予定]。

次いで、Gated SPECT の今後の展開として核医学の立場からは福地先生(国立循環器病センター・放)に拡張期指標の算出や Gated blood pool SPECT などの新しい技術についてお話しいただく。循環

器内科の立場からは伴先生(東海大・循内)に虚血性心疾患におけるリスク層別化のみならず心不全における治療効果の適応決定、経過観察など内科領域における Gated SPECT の役割について、一方、循環器外科の立場からは、西崎先生(奈良県立三室病院・心臓血管外)にバイパス手術の適応決定、経過観察など外科領域における Gated SPECT の役割についてお話しいただく。

Gated SPECT は UCLA Cedars-Sinai Medical Center の Germano, Berman 博士らにより開発された手法である。松本先生(日大駿河台病院・循内)に米国における Gated SPECT の利用の現状について、とりわけ各臨床科への解析結果のレポート・システムなども含めてその最前線を紹介していただく。

Gated SPECT のガイドラインの作成により心臓核医学検査の質的向上を図ることができ、最終的にこれらのガイドラインを基準として各種介入試験などのメカトリアルムの評価法としても確立されることを望んでいる。

《Gated SPECT ワークショップ》

1. わが国における Gated SPECT 利用の状況

中 村 智 樹

(京都府立医科大学放射線医学教室)

Gated SPECT の臨床的価値を支持する論文は多数報告されており、ハードウェア・ソフトウェアともに一般病院レベルでも安易に利用可能なことから、米国心臓核医学会は gated SPECT の有用性を承認し、1999 年には position statement およびガイドラインを公表している。

わが国においても gated SPECT は広く普及し、pFAST など国内で独自に開発されたプログラムも汎用されている。しかし、gated SPECT が最初に報告されてからすでに 6 年以上が経過したが、本邦全体における gated SPECT の利用状況については現在のところ十分に把握されておらず、Evidence-Based Medicine の観点からも、gated SPECT に関する日本人固有のデータベースも確立されていない。

そこで、日本核医学会 gated SPECT ワーキン

グ・グループが中心となり、1 か月あたりの心筋 SPECT の件数、gated SPECT 施行の割合、対象疾患、使用している放射性医薬品、負荷方法(運動負荷、薬物負荷など)およびその実施プロトコール、gated SPECT 不成功例の頻度およびその内訳、収集条件(検出器数、収集角度、マトリクスサイズ、ピクセルサイズ、エネルギーウィンドウ、サンプル角度、1 projection あたりの収集心拍数あるいは収集時間、許容心拍数、R-R 分割数など)、再構成条件、解析ソフトウェアの種類、診断に使用しているパラメータなどの項目につきアンケート調査を行った。

調査票は全国 345 施設に郵送し、そのうち 180 施設(52%)から回答を得た。これらを集計したデータをもとに、わが国における gated SPECT の現状を概説する。

《Gated SPECT ワークショップ》

2. Gated SPECT ガイドラインの作成

(1) 基礎編のまとめ

丸 野 廣 大

(虎の門病院放射線科)

Gated SPECT が普遍的に用いられるためには検査方法、特にデータ収集、解析法において一定の基準化が必要であり、gated SPECT 施行時に必要な品質管理、誤差要因についても熟知しておくべきである。各種の放射性医薬品による検査に対してゲート収集が可能であるが、ガイドライン基礎編では最も一般的な心筋血流イメージングのデータ収集と処理を対象に述べる。

使用する放射性医薬品は十分な心筋カウントを得るといふ点、および gated SPECT の各種解析ソフトウェアが ^{99m}Tc 製剤の使用を想定して開発されていることから、 ^{99m}Tc 製剤が推奨される。放射性医薬品についてはほかに、 ^{201}Tl 使用時の注意点や利点、各薬剤の投与量や撮像開始までの時間、薬剤負荷時の注意点、2 核種を用いたプロトコールについて述べる。また、gated SPECT の撮像において重要なことは、十分な収集カウントを得ることである。使用薬剤や SPECT 装置によってコリメータや収集角度等を適切なものにする必要があり、その組み合わせについてまとめる。

ゲートデータの収集法については、収集許容

R-R 間隔の設定、R-R 分割数、収集マトリクスおよび画素サイズ、撮像体位、負荷後または負荷時左室機能の測定について述べる。運動負荷時におけるゲートデータ収集は体動によるモーションアーチファクトの影響を受けるため、解析値の精度を保つことが困難であるが、ドブタミンなどの薬剤負荷時には、ある程度の精度を保った gated SPECT データを収集することが可能である。これにより、左室機能における薬剤反応性と心筋血流データを同時に得ることができる。

データ解析法では、代表的な心機能解析プログラムの原理、解析結果の表示法、各種機能指標の意味や使用する際の注意点などについて述べる。

最後に、データ収集と処理の過程で問題になりやすい主要な要素として、不整脈の混入あるいは収集中の心拍数の変動、患者の体動、トランケーション、カメラの品質管理、肝あるいは胆嚢の高集積の影響、散乱および減弱、大欠損を伴う心筋、小さい心臓などの誤差要因についてまとめる。

《Gated SPECT ワークショップ》

3. Gated SPECT ガイドラインの作成

(2) 臨床編のまとめ

中 田 智 明

(札幌医科大学医学部第二内科)

本ガイドラインの臨床編は、4名の執筆陣が95編の主な gated SPECT 関連文献をベースにして、臨床的観点からまとめたものである。すなわち、診断、病態生理、心筋生存性(バイアビリティ)の評価、リスク・予後評価、そして費用対効果の面から、本法の現時点での到達点をまとめた。診断的意義については、最もよく研究されている、したがってその意義もかなり確立しつつある、急性ならびに慢性の冠動脈疾患を中心に明らかにした。冠動脈疾患の診断精度、ことに従来の偽陽性・アーチファクトに対する優位性に加え、その重症度評価、冠動脈血行再建術の適応、そして冠動脈血行再建術の効果判定に関し、gated SPECTの可能性を明らかにしている。非虚血性心疾患では、心不全、肥大型ならびに拡張型心筋症についてまとめられている。まだ十分な適応、有用性は確立していないが、虚血性心筋症と特発性心筋症の鑑別は重要である。心筋血流障害と機能障害の対比(乖離の有無)から、虚血性心筋障害の有無を判定できる本法の貢献が期待される。血流と機能の同時評価を目的とする gated SPECT が本来最もその有用性が期待されるのは、その両者の乖離を示す、冬眠心筋(Hibernating myocardium)や気絶心筋(Stunned myocardium)の検出、その病態生理の解明である。このような病態が近年臨床的に注目されてきたのは、心筋血流と心機能の乖離現象に対する病態生理学的興味のみならず、心筋血流や心

機能を関連づけて解析することの臨床的重要性が認識されてきたことによる。これは、ことに心筋生存性(バイアビリティ)の評価に結びつき、直接的に治療戦略の決定、心事故予測と密接に関連することが理解されるようになってきたためである。Gold standardであるFDG集積との比較は十分ではないが、血流トレーサの集積や可逆的心筋虚血、局所機能の定量的評価を容易に比較できる本法は、心筋生存性の評価においても貢献することができる。予後評価に関しては、これまで心機能情報と心筋血流・可逆的心筋血流異常の情報は、それぞれ独自の手法から評価され、そして互いに独立した予後規定因子であることが明らかにされてきた。その両者を同時に評価できる gated SPECT がリスク・予後評価に貢献できる可能性は当然ながら高い。この点においても、最近多数例での研究が報告され、現時点での到達点が明らかにされている。最後に、避けて通れない課題として費用対効果への gated SPECT の意義がある。いずれの先進諸国でも深刻な医療経済問題から、より合理的な診断や治療法の開発・有用性(EBM)の確立、運用・適応の明確化が求められている。1つの手技で、経済的、人的、物理的負担の多くをかけずに、心筋血流(虚血)と機能を、同時かつ定量的に評価できる本法の利点は、この点からも最大限認識されるべきことである。

《Gated SPECT ワークショップ》

4. Gated SPECT の今後の展開

(1) 核医学の立場から

福 地 一 樹

(国立循環器病センター放射線診療部)

Gated SPECT の新たな応用として、左室拡張機能評価が試みられている。左室拡張機能は病的心の機能変化を敏感に表す指標であり、Gated SPECT による解析が可能となれば、さまざまな病態診断への適応が広がる。しかし、同法は時間分解能の問題などから従来法 (8 分割) に比べ、細かい分割数の設定 (16 分割, 32 分割) が必要であり、定量精度と収集時間の兼ね合いが臨床上問題となる。Gated SPECT の短時間 (低カウント) 収集における注意点を検証し、技術面から拡張機能評価への可能性を検討する。

Gated SPECT の有用性が確立されつつある反面、方法論としての問題点も明らかになっている。特に「不适当例」は、臨床使用上、注意を要す

る問題である。「small heart」や「不整脈症例」における限界は、ある程度認識されているが、非対称性心肥大あるいは広汎な心筋梗塞など、輪郭抽出に関わる問題が依然未解決である。肥大大心での輪郭抽出エラーについて、ファントム実験とシミュレーション解析から、QGS プログラムの問題点を検証し、臨床使用上の注意点を明確にする。また広汎な心筋梗塞に関しては、新たに開発された gated blood pool SPECT が、梗塞サイズに影響されない輪郭抽出法を採用しており、臨床的に有望視されている。この gated blood pool SPECT による心機能解析の有用性につき、QGS との比較から検討する。

《Gated SPECT ワークショップ》

5. Gated SPECT の今後の展開

(2) 循環器内科の立場から

伴 和 信

(東海大学循環器内科)

Gated SPECT は心筋血流と心機能を同時に評価できる特徴を有している。最近, Germano らの開発した QGS により gated SPECT は積極的に日常臨床に用いられるようになってきた。この QGS 等の解析ソフトを利用することにより, gated SPECT の特徴を臨床で活用することが可能である。

1. 血流情報

血流情報は虚血性心疾患の診断が可能である。さらに負荷心筋シンチを加えることにより, 心筋虚血の存在やその広がり进行评估することが可能であり, 治療方針の決定や予後予測にも役立つ。

2. 心機能情報

駆出率 (EF), 左室拡張末期容積や左室収縮末期容積を得ることができる。低心機能症例も含め QGS による gated SPECT からの EF は心プール法, 左室造影や MRI などとほぼ同程度の信頼性を有している。しかし広範な欠損が存在する心筋梗塞例などでは, 左室容積の算出において信頼性に欠けるなど問題点があり, 各種ソフトの限界性を認識して用いることが重要である。

とくに QGS では血流情報とともに左室壁厚や局所壁運動の指標も得られ, 心筋の viability 評価や経過観察にも有用であるとの報告もある。しかし局所別, 性別により異なることも報告されており, その評価には注意を要する。

これらの情報をもとに gated SPECT から, 1) 冠動脈疾患の診断, 2) 心機能, 3) 治療方針, 治療効

果の評価, 4) 予後評価, 5) リスクの層別化などが可能となった。

本ワークショップでは gated SPECT の今後の展開について循環器内科の立場から自験例も含め心不全領域を中心にその役割について報告する。

【目的】慢性心不全例における β 遮断薬の長期効果について QGS を用いて検討した。【方法】対象は β 遮断薬が投与され, 1 年以上の長期にわたり経過観察し得た慢性心不全 14 例。QGS より左室拡張末期容積指数 (EDVI), 左室収縮末期容積指数 (ESVI) を求めた。さらに QGS より収縮能の指標として peak ejection rate (PER), 拡張能の指標として peak filling rate (PFR) を求めた。それぞれの指標を β 遮断薬投与前 (pre), 投与後 2 か月 (2M), 1 年以降 (1Y, 平均観察期間 585 日) で比較検討した。【結果】EF の改善した R 群では EDVI と ESVI は 2 か月ですでに低下し, 1 年以降さらに低下した ($p < 0.01$)。PER と PFR は左室容積と同様に 2 か月ですでに改善がみられ, 1 年以降さらに改善した ($p < 0.01$)。一方, 改善しなかった NR 群では EDVI は 2 か月, 1 年以降とも低下しなかった。また PER と PFR は EDVI, ESVI と同様に 2 か月後, 1 年後とも改善しなかった。【結論】QGS を用いた検討では β 遮断薬は 2 か月の短期間でも左室容積の減少とともに左室収縮能ならびに拡張能を改善させ, その効果は 1 年以上の長期にわたり持続する。

今後の展開

今後の医療はますます Evidence-Based Medicine (EBM) が日常診療に取り入れられるようになり、治療法の選択、治療効果の判定や予後評価さらに

は医療経済に重点がおかれるようになる。心筋血流情報や心機能情報などを同時に得られる gated SPECT は循環器領域において今後さらに大きな役割を果たすものと思われる。

《Gated SPECT ワークショップ》

6. Gated SPECT の今後の展開

(3) 外科の立場から

西崎 和彦, 関 寿夫

(奈良県立三室病院心臓血管外科)

今井 幸子

(同・放射線科)

QGS によってインターベンション (PCI) 前後の心筋血流のみならず, 心機能評価を行った報告が散見される。同様に外科的血管再建術 (CABG) 前後の評価を行うという点においても同様に有用である。つまり, 術前評価として血管再建術を行う予定領域に虚血が存在しかつ viability が残存しているか, また血管再建後の評価として虚血・心機能は回復したかである。しかし, 外科適応の症例においては注意する点がいくつかある。CABG 術前の場合, 左冠動脈主幹部の病変や3枝病変であることが多く, 時折その評価が困難である。その点で QGS での負荷時にみられる wall thickening, wall motion, LVEF, transient ischemic dilatation などの結果を加味して評価することはきわめて有用である。

術後評価として, 冠動脈バイパス術後のグラフト開存の評価や様々な術後の治療効果判定としても利用できる。急性期にグラフトの開存を評価する際に, とくに内胸動脈を冠動脈の末梢に吻合した場合は, 疑陽性となることがあり注意を要する。しかし, QGS の結果を考慮して判定することによって精度は上がると考えている。

一方, 術後の治療効果の判定としても有用な利用ができる。CABG では PCI と異なり冠動脈の

末梢の細い部分にバイパスせざるを得ないことがある。そのような症例において, 吻合部に狭窄がないものの灌流領域への flow が十分であるかどうか, 心機能の改善に結びついているかについて, QGS はより簡便で再現性もあり低侵襲に評価可能であった。さらにバイパス術後以外の外科治療における, strategy や治療効果判定にも有用である。たとえば不全心に対する左室壁切除術前におけるその適応および切除範囲の決定および治療効果判定に QGS が有用と考えられる。たとえば, 左室自由壁の切除を行う Batista 手術において残存する心筋として中隔壁の役割は大きい。この点について QGS を利用して perfusion, motion, thickness を評価し, 切除範囲を決定し, 残存する中隔壁の機能に問題ないかを術前評価可能であり, また術後評価にも利用できる。また, 弁膜症に左脚ブロックを合併した心不全症例に対して外科的に biventricular pacing を行ったときの治療効果判定においても QGS は有用であった。

心筋シンチグラフィは QGS の登場によって, 今後さらに外科的治療の様々な術前後の評価や治療効果の判定への応用が可能であると考えられる。

《Gated SPECT ワークショップ》

7. Gated SPECT の最前線

UCLA Cedars-Sinai Medical Center での経験

松本直也

(駿河台日本大学病院循環器科)

はじめに：米国では1998年に全心筋血流 SPECT 検査の50%以上が、現在では約80%の検査が Gating 下で行われている。Cedars-Sinai Medical Center では安静時 ^{201}Tl ・負荷後 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Sestamibi による Dual-Isotope 法を用い、全例の心筋血流 SPECT 検査が Gating 下で行われている。また $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -RBC を用いた Gated Blood Pool 検査も心機能の把握に用いられている。

読影に際しての Gating Technique の有用性：心筋 SPECT 検査の弱点として Attenuation による心筋 Perfusion の相対的低下が挙げられる。左室下壁・女性における心尖部・男性における側壁の Attenuation はよく観察され、しばしば心筋梗塞による Perfusion の低下が Attenuation であるのか、判断に迷う症例が存在する。安静時像と負荷後像に同程度の Perfusion の低下が見られた時には Gating 像でその部位の壁運動を見ればよい。壁運動・壁収縮が他の部位と同じく正常であれば Attenuation であるし、低下していれば梗塞による Perfusion の低下と考えられる。

壁運動と壁厚変化の評価：昨年 QGS (Quantitative Gated SPECT) による壁運動と壁厚変化の自動定量が Validation された。20 セグメント Bull's Eye Map に表示された壁運動・壁厚変化は読影の一助となる。

Diastolic function の評価：16-Frame Gating 法を用いて Diastolic function を計測する試みがなされている。

Prognostic Value としての Gating 法の有用性：QGS プログラムによる Gating Technique は End-Diastolic Volume (EDV), End-Systolic Volume (ESV) と計算によって得られる Ejection Fraction (EF) を与えてくれる。QGS プログラムの 8-Frame Gating では 45% までが正常範囲とされていたが、男性では 45%、女性 50% までが正常である。従来より Hachamovitch らによって SSS (Summed Stress Score) が患者予後 (心筋梗塞の発症、心臓死) の予測因子であると報告されているが、負荷後の EF および ESV を加えることによって、さらに患者 Survival や治療戦略に関する情報を得ることができる。

3次元心プールシンチの有用性：化学療法施行前の患者にとって心機能を把握しておくことは重要である。従来は Planar 心プールシンチによって2次元の EF を求めることができたが、今日では左心室・右心室共に3次元で EF を求めることができるようになり、治療前・治療中の心機能把握に役立てられている。

以上簡単に要点を述べたが症例も含めて呈示する。