

《教育講演》

教 1. 痴呆性疾患への脳血流 SPECT の応用

松 田 博 史

(国立精神・神経センター武蔵病院放射線診療部)

アルツハイマー型痴呆をはじめとする痴呆性疾患の画像診断においては、特に早期診断、鑑別診断および予後予測診断にその重点がおかれるようになってきている。その中でも軽度認知機能障害である Mild Cognitive Impairment (MCI) の時期にアルツハイマー型痴呆への移行を予測するために、感度および特異度の高い画像診断を確立していくことが重要な課題となっている。最近、SPECT による痴呆診断が進歩した要因の一つに、従来は主に PET において用いられてきた画像統計解析法が SPECT にも応用され始めたことがある。この概念は、形態の異なる各個人の脳機能情報を、Talairach の標準脳に合うように変形することによって脳形態の個人差をなくしたうえで、統計解析を行うことである。Friston らが開発した Statistical Parametric Mapping (SPM) と Minoshima らが開発した three-dimensional stereotactic surface projection (3D-SSP) が代表的な解析法である。経験により正診度の差がみられ、同一読影者でも再現性に問題があり、異常の範囲の 3 次元的な広がり の把握も困難であった SPECT 画像の視覚にたよる従来の判定を補うことができる。アルツハイマー病に特徴的な脳血流所見について、従来、報告されてきたパターンは頭頂葉から側頭葉の連合野皮質での低下である。一方、大脳皮質において一次性感覚・運動野は、かなり進行したアルツハイマー病においても代

が保たれているのが特徴である。大脳皮質以外では、橋被蓋、小脳、大脳基底核の血流も保たれている。アルツハイマー病では早期に海馬や海馬傍回、特に嗅内野をはじめとする側頭葉内側部が侵され、その後、大脳皮質に進展することが病理学的研究で明らかとなっている。しかし、画像統計解析手法である SPM や 3D-SSP を用いた報告では、初期アルツハイマー病や後にアルツハイマー病に移行した MCI 患者において、海馬の血流低下は同部の萎縮に比べ軽度であり、目立たない。一方、後にアルツハイマー病に移行した MCI 患者において、病理学的変化のすでにみられる嗅内野・嗅周皮質・海馬傍回後部皮質と密接な線維連絡をもつ後帯状回や楔前部での糖代謝や血流の低下がみられることが、画像統計解析手法の応用により報告されるようになってきた。この部位はもともと集積が高く、視覚的評価のみでこの部位の軽度の低下を捉えることは困難である。画像統計解析手法を用いれば視覚判定よりもはるかに高い精度で検出することが可能であり、SPECT によるアルツハイマー病の早期診断、予後評価、および鑑別診断の自動化が期待されている。さらに、ある施設で構築した正常画像データベースを他施設でも用いることができるようなソフトウェアも開発されており、共通の基盤で薬剤の治療効果判定が可能となる日も近いと期待される。

《教育講演》

教 2. 脳血管障害 1 : 脳血流 SPECT 診断の臨床的意義

中川原 讓 二

(中村記念病院脳神経外科)

脳血管障害の診療では、脳血流 SPECT による脳循環動態の評価が治療方針の決定においてきわめて重要な役割を果たす。特に、急性期の脳梗塞における血栓溶解療法や慢性期の血行力学的脳虚血に対する血行再建術では、治療適応や効果の判定において脳血流 SPECT による脳循環動態の評価が病態の本質に関わる指標を提供する。本講演では、脳梗塞の各病型における脳血流 SPECT 診断の臨床的意義について EBM の観点を考慮し解説する。

心原性脳塞栓症などのように、遊離血栓により脳主幹動脈が突発的に閉塞した場合には、その末梢に直ちに神経脱落症候の原因となる脳虚血域が生ずる。このような脳虚血域では、残存脳血流がきわめて不十分なために、組織の不可逆的变化が直ちに生じる領域 (Ischemic core) と、その周囲に残存脳血流がある程度保たれ、脳機能は停止しているものの組織の可逆性が一定時間維持される領域 (Ischemic penumbra) とが混在する。脳血流 SPECT では、残存脳血流量の程度によって、脳塞栓症急性期の ischemic core と ischemic penumbra を同時に見いだすことが可能である。Ischemic penumbra における脳組織の可逆性は、残存脳血流量と発症からの時間の二つの要因に依存し、その診断は血流の再開を目的とする血栓溶解療法の適応判定に役立つ。¹³³Xe-SPECT による残存脳血流量の定量測定によると、発症から 3 時間以内では 15 ~ 30 ml/100 g/min, 3 ~ 6 時間では 20 ~ 30 ml/100 g/min の領域

が ischemic penumbra の領域と推定され、急性期の脳血流 SPECT 診断は、血栓溶解療法のエビデンスが未だ確立していない発症から 3 ~ 6 時間の治療適応症例の選択に有用となる。

一方、¹²³I-IMP などの蓄積型脳血流トレーサを用いる脳血流 SPECT の定量画像解析は、特に血行力学的脳虚血の定量的重症度評価に役立つ。脳主幹動脈の閉塞や狭窄に伴う血行力学的脳虚血の重症度は、安静時脳血流の維持と脳循環予備能 [(aceta-zolamide 負荷脳血流 / 安静時脳血流 - 1) × 100%] の低下がみられる Stage I, 安静時脳血流の低下と脳循環予備能の喪失がみられる Stage II とに分類され、後者は PET における misery perfusion に相当する。脳血流の定量測定に基づく重症度評価では、安静時脳血流量と脳循環予備能を算出し、それぞれに閾値を設定して定量的な判定を行う。Stage II (安静時脳血流 < 正常値の 80%, 脳循環予備能 < 10%) に対しては、脳血行再建術が治療の選択肢とされることから、その診断基準はできる限り厳密でなければならない。Stage II では、脳血行再建術により脳循環動態の改善が得られるが、その脳梗塞再発抑制効果については明確なエビデンスがない。Japanese EC-IC Bypass Trial (JET Study) では、血行力学的脳虚血の定量的重症度評価により Stage II と診断された症例のみが登録され、手術群と非手術群との間で脳梗塞再発率が比較検討され、脳血流 SPECT 診断を基準として手術の有効性が検証されている。

《教育講演》

教 3. 脳血管障害 2 : EBM ツールとしての脳 SPECT の役割

林 田 孝 平

(国立循環器病センター放射線診療部)

EBM は、現在まで得られた臨床医学研究のエビデンスを駆使して患者の治療を実践する方法論である。この方法論は、疾病の治療のみならず診断法における有用性にも適用される。たとえば外科的治療法の適用決定においては、治療効果を予測するうえで、正確な判定ができれば、高価な検査であっても医療費の抑制に寄与できる。

脳血流量法は、脳の血管障害患者の重症度分類を行うことができる。この重症度分類を内頸と外頸動脈を吻合する脳血管バイパス術(以下、脳血管バイパス術)の適応決定に応用し、手術有効例をあらかじめ選択できれば、脳 SPECT が EBM 実践のツールとなりうる。貧困灌流の選別のため、脳 SPECT で正常脳血流量に対して 80% 未満に加え、アセタゾルアミド負荷による血管反応性の欠如、すなわち脳血流量増加率 10% 未満~0% 以上を中等症、0% 未満を重症として分類した。本基準に合致すれば、脳血管バイパス術の適応症例として登録され、国立循環器病センター治験管理室において無作為法にて薬物療法(以下薬物群)または外科療法(以下外科群)に振り分けられた。本基準に合致した症例は、2001 年 11 月 5 日現在 192 例が登録された。無作為法にて、中等症 104 例(薬物群 52 例, 外科群 52 例), 重症 88 例(薬物群 42 例, 外科群 46 例)に振り分けられた。このうち、1 年以上の追跡調査が行えたのは、61 例(32%)であ

る。脳血流量および脳血管反応性について登録時、6 か月と 1 年後を比較した結果、脳血流量測定では、中等症例、重症例ともに、薬物群では変化なく、外科群では有意な増加を認めた($p < 0.01$)。脳血管反応性では、中等症例と重症例の外科群および重症例の薬物群では有意な改善を認められたが($p < 0.01$)、中等症例の薬物群では改善が認められなかった。脳酸素代謝量と動脈血酸素飽和度が一定であれば、脳酸素摂取率は、脳血流量に反比例する。このことにより脳 SPECT の血流測定では、脳血流が改善した症例は、酸素摂取率が正常化したといえる。

脳血管バイパス術の適応例は貧困灌流、すなわち脳血流が低下し脳代謝が保たれている病態であろう。これらの症例ではバイパスによる脳血流の改善により貧困灌流が改善され、血行力学的な脳虚血の発症率の低下をもたらす治療の有効性の確認ができるであろう。定量脳 SPECT では、脳血流の改善から少数サンプルの統計処理にて、脳血管バイパス術の再発予防効果が判明する前にバイパス術の有効性が予見できる。したがって、脳 SPECT は EBM のツールとして、脳血管障害患者の重症度分類により貧困灌流に分類できるのみならず、ランダムイズスタディ等の効果の指針となりうる。

《教育講演》

教 4. 神経受容体解析入門

渡 部 浩 司

(国立循環器病センター研究所放射線医学部)

PET や SPECT で得られる信号は、放射性同位元素でラベルされた分子の量に比例し、その分子の体内における濃度を非常に高感度に定量できる。この特性を生かして、神経受容体の体内における動態を測定する試みが多く行われてきた。特定の神経受容体に特異的に結合するリガンドに対して放射性物質をラベルし、それを被検者に投与する。投与されたリガンド濃度の体内における時間変化を PET, SPECT で経時的に撮像することにより、体内の局所的な神経受容体の動態を定量することが可能である。

PET や SPECT で得られる信号は、神経受容体に結合したリガンドからだけではなく、遊離リガンド、非特異的に結合したリガンド、代謝されたリガンド、血管内のリガンドからの信号が混合した状態となっている。このような信号から、われわれが興味のある神経受容体の動態を示す成分を取り出すために、数学的モデルを用いる。一般にこの数学モデルでは、動脈内のリガンド濃度の時間変化を入力関数とし、1~4つのコンパートメントからなっている。コンパートメント同士の質量保存則から、微分方程式を立てることができる。PET, SPECT の信号は複数のコンパートメントの和として表され、PET, SPECT のデータとこの方程式とをフィッティングすることにより、神経受容体の動態に関係するパラメータ(例えば、結合速度、乖離速度)を求めることができる。通常、方程式はパラメータに対して非線形となっており、

フィッティングも、非線形フィッティングを行う必要がある。

データの解析にあたって、どのようなモデルを想定するかを考えなければならない。*in vitro* の実験結果などを参考にし、リガンドの動態に即したモデルが必要である。想定するコンパートメントが少なすぎれば、求めたいパラメータが得られなかったり、結果の解釈に誤りを及ぼす。逆に、コンパートメントが増えれば、それだけ推定すべきパラメータも増え、推定するパラメータの不確実性が増大する。したがって、モデルの選択には注意を払わなければならない。モデルの選択に際して、どのような核種を用いるかも重要である。C-11の場合、半減期が20分程度であるため、PETのデータは、時間がたつにつれて、非常に雑音成分が多くなり、フィッティングの精度を悪化させる。また、血中に代謝産物が存在する場合、入力関数に代謝産物の補正を施す必要があるが、C-11では30分以降の代謝産物の測定は時に困難である。

なにを求めたいかによって、モデルを選択する場合もある。結合能(Binding Potential, B_{max}/K_d)と呼ばれるパラメータさえ求めればよいのであれば、採血を必要としないリファレンス組織モデルが使える可能性がある。一方、神経受容体の濃度を定量したい場合は、投与リガンドの比放射能を変えた撮像を複数行う必要があり、モデルも複雑となる。

《教育講演》

教 5. 放射性薬剤の進歩

間賀田 泰 寛

(浜松医科大学ゲノムバイオフォトニクス)

日本のインビボ核医学検査用放射性医薬品は平成4年から6年頃にかけて続けて承認されたMIBG, BMIPP, MIBI, テトロフォスミン, MAG3等を最後に新しいものは発売されていない。これら以降も多くの放射性医薬品の臨床治験が行われてきたが、残念ながら発売には至っていない。しかしながら、放射性医薬品自体の認可ではないが、本年4月1日付でFDGを用いるPET検査が保険適用となり、これにより日本の核医学検査にとって大きな転換期の一つが到来するものと予感される。また、従来の核種の中で利用の広汎性という観点からすると、ジェネレータにより得られるTc-99m標識薬剤が充実すること、さらに診断のみならず、治療用の放射性薬剤の開発が将来の核医学の発展のためには重要であろうと考えられる。

近年PET施設は増加しつつあるが、今後さらにPET核医学が発展するためには、FDGに続くPET薬剤の開発が重要であると考えられる。特に製薬会社からの供給が望まれるわけであるが、そのためには、運搬時間を考慮すると標識核種としてF-18を用いることが一つの選択肢である。化合物の面から考えると、F-18を標識核種として用いることは、生体内での活性に与える影響を最小限にして低分子の標識体を得られることに優位性があり、レセプターイメージング剤のみならず、生物

活性に対する構造要求性が一般的に高い代謝性の放射性医薬品開発にその期待がもたれる。

Tc-99m標識薬剤としては、二官能性キレート試薬を用いる新規薬剤の開発研究が盛んに行われており、近年ではドーパミントランスポータイメージング剤などの中枢神経系イメージングの可能な化合物も報告されつつある。また、これまでTc-99m標識体では代謝性の化合物はキレート構造のサイズ上、困難であったが、肝細胞によりβ酸化を受ける脂肪酸誘導体も報告されている。さらに、近年のキレート化学の進歩により、HYNICに代表されるようなミックスリガンド系の化合物も報告されつつあり、Tc-99m標識薬剤の新たな展開が期待されている。

治療用放射性医薬品はI-131のみならず、それ以外の核種を用いる検討が進んでいる。現在骨転移の疼痛緩和を目的とする薬剤が中心であるが、放射性核種の中には同位体をうまく選択することで、同一化合物により画像化と治療の両者を可能とするものもあり、有用性の高い核種の安定的供給が今後の課題となるものと考えられる。現在のところ、Re-186あるいはジェネレータシステムにより供給されうるRe-188の安定供給には期待が大きい。

《教育講演》

教 6. “核医学検査・診療における患者・従事者の被ばくと安全管理”について

日下部 きよ子

(東京女子医科大学放射線科)

この 30 年間の放射性薬剤と医療放射線機器の進歩は目覚ましく、核医学診療も日常診療の 1 つに取り入れられている。一方、放射性医薬品の利用の拡大・増加に伴って、“おしめ”を始めとする放射性廃棄物の管理の不備が表面化し、社会問題にまで発展しかねない状況でもある。わが国の「医療法施行規則」は、2001 年 4 月より国際放射線防護委員会 (ICRP) の 1990 年勧告を取り入れた法令を施行しており、核医学診療においても放射線防護の観点から管理体制を根本的に見直す時期にある。

ICRP では、「放射線防護の主な目的は、放射線被ばくを生じる有益な行為を不当に制限することなく、人に対する適切な防護基準を作成すること」としているが、根本精神は電離放射線による“確率的影響”を考慮に入れた ALARA (as low as reasonably achievable) である。放射線防護の基本的要素として“行為の正当化”と“防護の最適化”が上げられており、医療被ばくにおいても、放射線被ばくを伴う行為は“十分な便益を生む”ことが条件とされている。そこで核医学診療においても、ほかに手段のない症例を対象にするなど、“適応の決定”にまで配慮した有効な放射能利用が求められる。

核医学治療においては特に、患者本人のインテリジェンスはもとより、患者の家族構成や介護状況などにも留意して治療計画を立てる必要がある。I-131 治療における退出基準は 500 MBq の線量と設定されているが、わが国の狭い住宅事情や

乳幼児などの生活状況等、バセドウ病症例では甲状腺機能亢進状態、甲状腺癌例では甲状腺機能低下状態などにも配慮し、患者毎に管理システムを構築する必要がある。なお、新たに設定された診療従事者の実効線量限度は 5 年間で 100 mSv、事故時などの緊急を要する作業に従事した従事者では年間最大 50 mSv である。ここで、妊娠している女性の線量限度はこれまでより厳しく設定されており、本人の申し出が条件となっている。また妊娠していない女性においては、ICRP では男性と同じとされたが、わが国では妊娠の可能性がない、あるいは妊娠の意思がないことを申告した人を除き、女性の線量限度は従来通り 5 mSv/3 月間とされた。

核医学検査においては、現在、Tc-99m を主体とした低エネルギー核種が主体となっており、医療従事者の被ばくは理論的には低減化し易い。しかし反面、重症患者を含めた検査件数も増加しており、専門的知識と熟練を基に工夫しないと低減化に繋がらない。距離と時間、遮蔽物、そして放射性薬剤の取り扱い技術の習得など、常に放射線防護の原則を念頭において作業することが望まれる。さらに、511 keV のポジトロン核種を用いる PET 検査では、一般公衆の被ばくにまで配慮したきめ細かい検査計画と確実な管理体制が求められる。21 世紀のテーラーメイド医療の一端を担う核医学診療は、患者毎に組み立てたテーラーメイドの被ばく管理があって始めて成り立つと思われる。

《教育講演》

教 7. 核医学のリスクマネージメント

本 田 憲 業

(埼玉医科大学総合医療センター放射線科)

日本医学放射線学会は2002年4月、医療事故防止の指針を公表した。筆者はこの策定に関与したが、この経験をふまえ、核医学診療のリスクマネージメントについて考察する。本講演はリスクマネージメントを専門に研究している立場からの提言ではなく、リスクマネージメントに関心のある一医師の考察であり、本講演の目的はリスクマネージメントへの関心を高めることである。

リスクマネージメントの目的

医師や医療機関の自己保身が、明記されない真実の目的であることがしばしばである。リスクマネージメントの本来の目的は自己保身ではなく、患者の安全確保とこれによる医療サービスの向上が目的である。これを見過ごすと、形式主義に陥り、「マニュアルを作ればよい」、「同意書をとればよい」、となりがちである。もめ事は医師-患者関係の破綻から生じることを考えれば、「同意書」をとることと、納得づくの「同意」をとることの相違は明らかである。たとえ「同意書」があっても、医療訴訟は起きる。訴訟にかかる経済的・時間的・精神的負担は相当なものであるが、それにも増して、「憎し」「許せぬ」の感情が強いから訴えるのである。

リスクマネージメント体制

リスクマネージメントは、マニュアルの整備ではなく、これも含むより広範な行動である。リスクの認識、リスク減少に有効な診療体制と診療手順の立案と実行、リスク減少に寄与する手順の訓練、発生した事故の分析と公表、分析に基づいた

予防策の策定と実行、事故対象またはその代理人に対する事後処置の実行、からなる。見過ごされがちなのは、安全確保には手間、および、経費がかかることである。人間の注意力は暇すぎても、忙しすぎても散漫になることが知られている。一連の作業に集中するためには、別作業の同時進行は禁物である。したがって、リスクマネージメントには人手と経費がかかるのは当然である。保険診療報酬が引き下げられ多くの医療機関が赤字の危機にある現状では、経費がリスクマネージメントの実行を妨げる重大問題である。

事故が起きた場合、わが国では個人の責任追及にのみ重点が置かれる風潮がある。リスクマネージメントの観点からは個人の責任追及でなく、事故原因の調査と対策の立案・実行が重要であることを理解すべきである。個人の責任を過剰に追及すると真実は隠蔽される。

核医学のリスクマネージメントの特徴

検査が主体であり、他科の医師の依頼により医療行為が行われることが他部門とは異なる特徴である。放射線画像診断とは共通する。検査の同意取得、最終的な責任は主治医にあると考える。核医学検査担当医には、同意の確認と検査禁忌事項の確認の責任がある。同意の質に問題(検査の説明が誤っていた、説明が不足である、患者が説明内容を理解していない、など)があると疑われる時は主治医に再度確認する必要がある。

核医学リスクマネージメントの最大の特徴は、公衆に対する安全確保がリスクマネージメント含

まれることである。放射線診断では、該当患者以外を検査室に入れぬことのみを考えれば公衆の安全は、撮影室の法的技術基準を満たす限り、容易に確保される。核医学は非密封放射線源を用いるので、運搬、廃棄、放射性医薬品の調整・品質管理、投与、患者の移動と居住、周辺人物との接触、など広範な行為についてリスクマネジメントが必要である。

日本核医学会の取り組み

日本核医学会にリスクマネジメント委員会が設置されている。この委員会は、日本医学放射線学会の事故防止指針に対応する指針の作成のみな

らず、公衆に対するリスクマネジメントの観点も含めた指針を作成することになった。前者については基本的安全手順の策定が予定されている。後者については放射能の医療利用に関連する過去のマスコミ報道事例や今後予想される事例に対し、あらかじめ日本核医学会案を作成しておき事故報道に対し即座に一般的見解を公表できるよう用意しておくこと（いわば、想定問題の回答集）、放射性医療廃棄物の扱いの安全手順、放射性医薬品の調整・品質管理に関する安全手順、などの作成が予定されている。会員諸氏の協力が大いに必要とされている。

《教育講演》

教 8. PET 臨床 1 : 次世代型 PET

村 山 秀 雄

(放射線医学総合研究所医学物理部)

従来、PET 装置は主に研究用と位置づけられていたが、最近では、がんの検診に ^{18}F FDG 検査の有効性が明らかになってきたことから、臨床での急速な普及が見込まれる。一方、ヒトゲノムの解明に伴い遺伝子発現に関連した分子イメージングの要求から、より高感度・高解像度・高速度の次世代 PET 装置を開発する要求が高まっている。SPECT と異なり、感度と解像度をともに向上できるということは PET が本来もっている長所であるが、まだ十分活用されていなかった。PET 装置では、511 keV という比較的高いエネルギーの消滅放射線を無駄なく検出するために、体軸を中心にした円筒表面に検出素子を密配列する。このような検出器系で、感度を損なわずに解像度を高めるには、検出素子の厚みを 30 mm 程度に保ちながら幅を 4 mm 以下に狭める必要がある。しかし、3D モードでは検出素子を斜めに見込む放射線を検出するために、検出素子の厚みにより解像度が劣化し、感度を向上するほど解像度が低下する。この問題を克服するには、検出素子の深さ方向のどこで放射線が吸収されたかを判別する DOI (深さ位置情報) 検出器が必要である。

DOI 検出器を導入しても、従来のハードウェアおよびソフトウェアのままでは、その潜在能力を有効に活かすことができない。DOI 検出器の実用化、およびその新しい検出方式の採用に伴って必要となる検出素子、受光素子、検出器ユニット、

データ収集系、データ処理系等の要素技術を新たに研究開発しなければならない。検出素子については、従来利用されてきたシンチレータである BGO の代わりに、より高速で発光性能の高い LSO やケイ酸ガドリニウム (GSO) が候補となっている。また、位置感応型光電子増倍管や光検出用半導体を PET 用に開発するなどの受光素子の集密化が進められつつある。DOI 検出器を利用すると、検出素子数は装置の大きさにもよるが数十万個となり、従来のデータ収集方式では同時計数処理が間に合わなくなるので、新たなデータ収集方式を考案する必要がある。さらに、従来のデータ蓄積方式 (ヒストグラムモード) のままでは計数データが 10 億個にも分類されることになるにもかかわらず、放射線の総計数は 1 フレームあたり 100 万カウント程度であることから、ほとんどの分類した箱の中身は 0 の計数となる。したがって、時系列で計数データを蓄積する別種のデータ蓄積方式 (リストモード) を次世代 PET 用に開発する必要がある。

同時に、信号処理回路の高密度化・並列処理化を図り、高速データ収集法や検出器感度校正法、吸収および散乱線補正法などの関連する要素技術を見直して、新規技術を各々に開発することも重要である。次世代型 PET は、飛躍的に核医学診断技術を高精度化し普及させるための新たなイメージング装置として、その実用化が大いに期待される。

《教育講演》

教 9. PET の基礎

遠 藤 啓 吾

(群馬大学医学部)

PET とは ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F などの陽電子放出核種から出された 511 keV の光子を画像化したもので positron emission tomography の略。PET も他の核医学検査と同じように、放射性薬剤とその分布を撮影する PET カメラのふたつが欠かせない。

1) PET に用いる放射性薬剤

臨床で用いる主な PET 製剤は ^{15}O (半減期 2 分), ^{13}N (半減期 10 分), ^{11}C (半減期 20 分), ^{18}F (半減期 110 分) であるが、いずれも生体内を構成する主要元素で、しかも化合物の合成が容易である。たとえば ^{15}O は $^{15}\text{O}_2$ (酸素ガス), H_2^{15}O (水) としてそれぞれ脳の酸素代謝、血流を生きたままのヒトで知ることができる。

がん細胞はエネルギー源としてブドウ糖を消費するため、PET によるブドウ糖代謝画像が、がん診療に役立つことから PET が一般にも注目されるようになった。 ^{18}F で標識したブドウ糖の誘導体を用いた PET 検査 (FDG-PET と呼ばれる) が、ブドウ糖代謝を生きたままのヒトで画像化できる唯一の方法だからである。 ^{11}C はアミノ酸、脂肪酸などの生体構成物質なので、 ^{11}C 標識したホルモン、神経伝達物質を合成することができるため、受容体 (レセプタ) の画像化に用いられる。

^{15}O を利用した PET は平成 10 年に保険収載されていたが、FDG-PET は平成 14 年 4 月から保険収載 (検査あたり 75,000 円) され、多くの施設に普及するものと期待される。

陽電子放出核種の半減期が短いので、製造用の小型サイクロトロン、放射性薬剤合成のための専

門技術者などの経費がかかる。欧米では FDG は周辺の病院に配布されるため、PET カメラのみあれば FDG-PET を行うことができる。一方、日本では FDG 市販はまだ先のようなだ。

2) PET カメラ

PET では 180° 方向に放出された 2 本の 511 keV 光子 (消滅放射線) を同時計数法により測定し画像化するため、SPECT に比べて定量性に優れ、分解能がよく画像も美しい。PET カメラはコリメータが不要で、シンチレータとしては NaI よりも効率のよい BGO、あるいは最近では LSO など他のものも用いられる。

また FDG によるがんの画像診断に吸収補正が必要かどうかは議論があるが、定量的な評価には吸収補正が欠かせない。この研究も進んでいる。

PET 専用カメラ (dedicated PET camera) は高価なため、SPECT カメラで FDG 画像を得る方法も古くから研究されている。NaI クリスタルを厚くし、対向する 2 つの検出器で同時計数法により画像化する手法で、1 台のカメラで SPECT 像と PET 像のふたつを得ることができる。

FDG の集積した部位がどこか、解剖学的な位置を正確に知るために、PET 画像と CT 画像との重ね合わせ、解剖画像と代謝画像の融合画像が注目されている。PET カメラと X 線 CT とを 1 台の機器とした CT/PET も発売されているが、様々な手法を用いて CT の解剖画像と FDG-PET のブドウ糖代謝画像の重ね合わせ (fusion 画像) の研究が行われている。

《教育講演》

教 10. PET 臨床 1 : FDG-PET のがんの臨床

頭頸部，胸部領域

井 上 登美夫

(横浜市立大学医学部放射線医学講座)

臨床 FDG-PET の報告の中でもっとも多いのは肺癌を対象としたものである。肺結節性病変に対する良悪性の診断精度は sensitivity 約 95% , specificity 約 75% , accuracy 約 90% といわれている。FDG-PET の肺癌初期診断上の限界として、偽陰性として、1 cm 以下の肺癌の検出能の低下、BAC に対する偽陰性例が多いことがいわれている。偽陽性としては、活動性結核、サルコイドーシス、肉芽腫、ヒストプラスモーシス、などが報告されている。X 線 CT 上肺癌との鑑別が困難である症例のみを対象とした場合の FDG-PET の診断精度についてはさらに詳細に検討していく必要がある。非小細胞癌における肺門・縦隔リンパ節転移に対する診断精度は sensitivity 約 90% , specificity 約 90% , accuracy 約 90% といわれており、X 線 CT 上の判定に FDG-PET の情報を付加する意義がある。しかしながら、偽陽性例があることから手術適応を左右する N3 と判定されるリンパ節の陽性例については、術前に縦隔鏡による組織診断の確認が推奨されている。脳を除く遠隔転移に対しての全身 FDG-PET の有用性はきわめて高く、検査施行前に予想されていなかった転移巣を検出することがある。このような肺癌の進展度診断の精度を高めることにより、FDG-PET のもたらす医療経済的効果が期待されている。このほか肺癌治療後の再発診断、

予後予測に対する有用性が報告されている。

頭頸部悪性腫瘍に対しても FDG-PET の初期診断、進展度診断、再発診断、治療効果判定に対する有用性が報告されている。しかしながら、耳下腺腫瘍や甲状腺腫瘍に対しての良性悪性の鑑別は FDG の集積度による判定でも必ずしも容易ではない。頭頸部腫瘍の特徴として、予後の良い症例も多く、治療後の長期観察の中での second primary tumor の発見に対する全身 FDG-PET の有用性を経験する。治療効果判定に対しては、放射線治療の場合、反応性炎症性変化による偽陽性像が問題となり治療後早期の判断が困難である。われわれの施設では、FDG 投与 1 時間後に加え数時間後のいわゆる遅延像の画像を撮像し、経時的変化から放射線治療効果判定の診断精度を検討し、放射線治療終了時に残存腫瘍の有無の判定ができる可能性がないかを検討している。

肺癌の診断に対する FDG-PET についても、上記のがんと同様に初期診断、進展度診断、再発診断に有用であるが、初期診断に関しては乳腺症に対する集積による偽陰性、進展度診断においては T1 ステージにおける所属リンパ節の micrometastasis に対する診断限界が問題である。一方で、米国では肺癌治療のモニタリングに対する公的保険の適応が注目されている。

《教育講演》

教 11. PET 臨床 2

伊 藤 健 吾

(国立療養所中部病院長寿医療研究センター生体機能研究部)

今年 4 月の診療報酬の改定で FDG-PET が保険適応となり、本邦にも本格的なクリニカル PET の時代が到来した。適応疾患として認められたのはてんかんと虚血性心疾患を除けば悪性腫瘍に関するものである。悪性腫瘍の診断に関する 10 種類の適応のうち、腹部については大腸癌、膵癌、転移性肝癌の診断が認められた。本講演ではこれらの適応を中心に PET による腫瘍診断の腹部領域での応用について取り上げる。

大腸癌の FDG-PET に関しては再発診断からその有用性が認められた。局所再発でも肝転移でも正確な病期診断をもとに限局した再発であることが確認されれば、手術による長期生存が期待できる。局所再発については再発と術後癒痕の鑑別、再発部位の同定などで FDG-PET は CT/MRI に比べて明らかに高い診断能を示し、sensitivity, specificity, accuracy いずれも 90% 以上である。また、もっとも頻度の高い肝転移についても CT, CT portography と FDG-PET の診断成績を比べると、CT portography は最も高い感度を示すが、specificity が低く、これに対して FDG-PET は sensitivity, specificity とともに 90% 以上で、総合的には PET の診断能の方が高いと言われている。ただし、直径 10 mm 以下の病巣では部分容積効果によって集積

の過小評価が問題となり、肝転移が偽陰性となることがある。また、FDG-PET は大腸癌初発例での病期診断にも用いられる。

今回の診療報酬の改定では膵癌の診断についての適応は膵癌と腫瘍形成性膵炎の鑑別というかなり絞り込まれたものとなった。これは膵癌と腫瘍形成性膵炎の鑑別については無用の手術を避けるという意味で有用性を期待できるが、病期診断については膵癌が現在でもかなり進行した状態で発見されることが多く、予後も不良で治療成績の向上に結びつきにくいと思われる。腫瘍形成性膵炎は造影 CT で低濃度を示したり、門脈の閉塞所見を示すこともあり、鑑別が困難な症例も多い。FDG-PET が高い診断能を示すことは確立されており、specificity がやや低いものの accuracy としては 90% 程度と報告されている。ただし、SUV (standardized uptake value) で評価すると膵癌と腫瘍形成性膵炎との間にはかなりのオーバーラップがあり、とくに粘液産生膵癌のように癌細胞の密度がきわめて乏しいものは偽陰性、腫瘍形成性膵炎で腫瘍の一部にリンパ球の集合が見られるようなものは偽陽性の原因となることに注意しなければならない。

《教育講演》

教 12. 内分泌核医学の進歩

塚 本 江利子

(北海道大学大学院医学研究科病態情報学講座核医学分野)

内分泌核医学は甲状腺から始まっている。ヒトの甲状腺は ^{131}I により初めて描出され、バセドウ氏病や甲状腺癌の治療も早くから行われてきた。甲状腺の検査には近年は ^{131}I に変わって ^{123}I 、あるいは $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ が使われるようになり、 ^{131}I は治療のみ使われるようになってきている。甲状腺腫瘍の診断では最近超音波と超音波ガイド下の細胞診が主流になっているが、これに加えて、 ^{201}Tl は悪性度や増殖性の診断に臨床に有用な情報を与えてくれる。現在、広く行われている内照射療法は甲状腺の分野だけであるが、1998年に放射性医薬品を投与された患者の退出に関する基準が当時の厚生省から示されて、バセドウ氏病の外来治療が可能になった。これにより、放射性ヨードによるバセドウ氏病の治療がより簡便になった。放射性ヨードの治療は甲状腺癌に対しても行われている。この治療の前後に放射性ヨードを用いた検査を行うことがあるが、患者さんの最も大きな負担は甲状腺ホルモンの中止による甲状腺機能低下症状である。最近、recombinant human TSH を使って甲状腺ホルモンの中止なしにこの検査を行う試みが欧米から報告され、日本でも臨床治験が開始されつつある。これが実現すれば、患者さんの負担も軽くなるだけでなく、長く、TSH を高くしておくことによる転移巣の増大の危険性もさけられる。甲状腺癌の診断ではまた、 ^{131}I の集積しない転移巣検索に $^{18\text{F}}\text{-FDG}$ が有用であることも多数報告されている。

副甲状腺腫の検出に $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ と ^{201}Tl の subtraction 法が広く行われているが、 $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ による two phase 法や subtraction 法がより鋭敏な検出率を示すというデータが多数報告されている。一方、われわれは最近、 $^{11\text{C}}$ メチオニンを用いて、副甲状腺腫が良好に描出されることをみだした。 $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ で検出されない腺腫や過形成も高率に検出されている。

副腎の検査において、 ^{131}I アドステロールによるクッシング症候群やアルドステロン症の診断は、ホルモンアッセイと CT での診断に変わりつつある感があるが、逆にホルモンの異常を示さない偶然みつけられる、いわゆる incidentaloma の診断が多くなっているように思われる。また、 $^{18\text{F}}\text{-FGD}$ も副腎腫瘍の診断に有用であるとの報告がある。 $^{131}\text{I-MIBG}$ は褐色細胞腫を始めとする神経堤由来の腫瘍の診断に使われているが、 $^{123}\text{I-MIBG}$ の方が画像の質も良く、検出率も良いことから、 $^{123}\text{I-MIBG}$ への移行が望まれる。また、 $^{131}\text{I-MIBG}$ による悪性褐色細胞腫などの治療は欧米では 20 年近くの経験があるが、日本ではわれわれの施設など一部の施設でしか行われていない。

$^{111}\text{In-pentetreotide}$ を用いた消化管ホルモン産生腫瘍の診断は欧米では広く行われており、 $^{90\text{Y}}$ 標識のものを使った治療なども多く報告されている。日本では診断に関する治験が行われたばかりで、早く使用できるようになることを期待したい。

《教育講演》

教 13. 小児核医学

牛 嶋 陽

(京都府立医科大学放射線医学教室)

内科や外科が臓器別に再編される中においても小児科は重要な 1 分野として認識され確立されている。これは、「小児は小さな大人ではない」とよく言われるように、新生児から思春期、成人へと成長する過程で代謝やホルモンなどが身体学的変化とともにダイナミックに変化するためである。さらに、先天性疾患を始めとする小児特有の病態、疾患の存在が小児医学を特徴付けている。

核医学検査は、小児医療に対しても機能画像や特異的集積機序を生かした検査として、他の形態画像では得られない情報を提供する。機能評価のためには、本来正常値の存在が必要である。しかし、小児のボランティアというものが存在しないため、解析モデルから大人で使用しているものを流用せざるを得ず、真の正常値を求めることは困難である。総合的にないしは、その後の成長から結果的に異常なし、と判定されたデータを基準として用いることになる。この点に注意しながらも、正常像が成長に伴い変化する検査として、核医学に携わる者が知っておくべきものは、脳血流、腎、骨シンチグラフィであろう。

生後間もない頃の脳血流は基底核と一次感覚運動野、一次視覚野を除いて低血流で、次第に後方から大脳皮質の血流が認められるようになる。2 歳頃にはほぼ成人と同様の血流を呈するが、小脳血流は大脳皮質よりも低い傾向にある。MAG3 を用

いた腎機能の検討では、新生児のクリアランス値はやや低く、年齢とともに増加し 10 歳頃にピークを迎える。その後はあまり一定値を示すことなく徐々に低下していく。骨シンチグラフィでは、頭蓋骨は新生児や乳児期では大泉門、小泉門の開大を認め次第に縫合線へと変化する。大腿骨や骨盤骨の癒合も不十分である。また、肋骨先端や四肢長管骨の成長端は小児期を通して集積が亢進しており、かつ、その程度は年齢により異なる。他の検査においては、それほどダイナミックに変化するものは少ないが、経時的に撮られた画像の読影の際には、成長過程による変化に注意する必要がある。

小児疾患の特徴の一つである先天性疾患は、機能的評価を求められることが多い。撮像回数ではなく投与量により被曝量が決まる核医学検査は、小児にもっと利用されてもよい画像検査と考える。中枢神経や内分泌、循環器、消化管、泌尿器といったほとんどの分野で核医学の情報が有益である疾患がある。腫瘍においても神経芽腫に対する MIBG シンチグラフィといったように、特異的集積機序により低侵襲で有用な結果を得ることができる検査がある。このような症例を通じて小児核医学に対する知識を深め、臨床家に質の高い情報を提供することが可能となるよう概説する。

《教育講演》

教 14. 心臓核医学の臨床応用法 将来展望を含めて

汲 田 伸一郎

(日本医科大学付属病院放射線科)

テクネチウム標識心筋血流製剤の臨床使用および QGS プログラムなど解析ソフトウェアの開発により、心電図同期心筋 SPECT モルーション検査として定着しつつある。本法は心筋血流評価と同時に再現性の高い左室機能解析を行うことができ、虚血心をはじめとする各種心疾患症例における診断、重症度評価、予後評価については費用対効果に関して有用な検査手法であると考えられる。われわれは本法を、安静時のみならず各種負荷時における機能解析に応用している。虚血心に対しては、心電図同期心筋 SPECT の短時間収集法を用い、ドブタミン投与下における左室機能解析を行っているが、低用量から高用量負荷時まで経時的解析を行うことにより、罹患冠動脈枝診断および心筋梗塞部における虚血評価に際し有用な情報が得られた。このように、心電図同期心筋 SPECT は、今後、種々の負荷、薬剤への反応性評価にも有効な手法と考える。

新しい核医学装置のひとつとして、半導体検出器を搭載したモバイル型ガンマカメラ Digirad 2020tc Imager が登場した。本装置は、従来の光電子増倍管に代わり半導体 Si-フォトダイオードを使用したカメラであり、優れたデータ収集効率を示す。また総重量が 160 kg と軽くモバイル型としてキャストでの移動ができるため、CCU、ICU や

手術室内における核医学検査が可能である。われわれもアイソトープ法規下において、手術室内における術前後の腫瘍 RI 活性評価や、CCU 内における心臓核医学検査に可能な限り柔軟に対応している。CCU 内では、薬剤治療下における経時的な左室機能解析あるいは重症心不全症例に対する心筋血流評価など、核医学検査室に搬入困難な症例に対しベッドサイドにおける核医学検査を行っている。本装置は専用の SPECT 用ユニットである回転式座椅子を用いれば心筋 SPECT データ収集が可能であるものの臥位での撮像ができないため、現在、CCU ベッドサイドにおける臥位 SPECT 用システムにつき検討中である。

今後の心臓核医学の展開を考えた場合、他モダリティとの画像の重ね合わせ、いわゆる Image Fusion もひとつの課題である。核医学画像と重ね合わせる相手としては、必然的に CT、MRI あるいはカテーテル造影などの形態画像となる。Image Fusion が定着するためには、その精度、臨床的意義は言うに及ばず、いかに簡便に行いうるかも重要な因子となる。本法が確立できたならば、梗塞責任冠動脈の同定等ナビゲーション画像としても有用な情報を提供しうるものと考えられる。われわれも、いくつかの Image Fusion 法を試みているので、ここに現況の報告を行いたい。

《教育講演》

教 15. 骨 SPECT の臨床的意義と読影の要点

小須田 茂

(防衛医科大学放射線医学講座)

最近では 2 または 3 検出器を有した SPECT 専用装置を用いて高画質な骨 SPECT 撮像が可能となった。SPECT 像は骨の重なり合いが避けられ、病巣の局在がより明瞭となるため、planar 像と SPECT 像を対比すると、明らかに病巣部の検出能が向上する。われわれの検討では、胸腰椎転移 117 病巣の検出において、椎体外 (椎弓、横突起、棘突起) 転移病巣の検出に関しては MRI よりも骨 SPECT の方が有効な結果が得られた。一般に、腰椎部の評価では、骨 SPECT は planar 像に比較して検出率を 20–50% 向上させる。頭蓋底、椎体、股関節等では planar 像と SPECT 像の両方を施行すべきであろう。骨 SPECT の適応疾患は、骨転移と変形性脊椎症との鑑別、胸腰椎の外傷、脊椎分離症、関節炎、頭蓋底転移、上咽頭癌、大腿骨頭壊死症などである。読影上、最も問題になるのは、骨転移と変形性脊椎症との鑑別であろう。骨 SPECT 集積パターンから骨転移と変形性脊椎症との鑑別が可能な場合が多い。骨 SPECT 像上、変形性脊椎症を示唆する所見は facet joint (apophyseal joint) に一致した集積増加、椎体辺縁部集積、椎体から前方、側方へ突出する業績 (骨棘集積) である。一般に、椎弓根を除く椎体外集積は良性疾患、椎体内集積は骨転移の可能性が高い。

CT, MRI と SPECT 画像の重ね合わせ (superim-

position) が普及しつつある今日、骨シンチグラフィが planar 像のみでは他の画像診断に遅れをとってしまう。全身骨シンチグラフィにて紛らわしい集積、疼痛、麻痺があるにもかかわらず所見を認めない場合は、骨 SPECT を追加するようにしたい。SPECT 再構成に ordered subsets-expectation maximization (OS-EM) 法を用いると、従来の filtered back projection 法に比べて、高集積による放射状アーチファクトや周囲の見かけ上の欠損が改善される。一回の全身スキャン像で、全身の断層像が可能な機種も出現している (merged SPECT)。3D 表示は病巣部を立体的に把握できる点で有用である。

一般に、骨病変の診断精度において MRI は骨シンチグラフィよりも優れている。骨転移の初期では血流豊富な骨髄に転移が始まり、海綿骨、次いで皮質骨へ進展して行く。したがって、骨髄病変にきわめて sensitivity の高い MRI は骨転移の早期検出に優れている。骨転移のスクリーニング検査として全身 MRI 検査が試みられているが、臨床の現場では全身 MRI 検査は骨シンチグラフィを凌ぐものに至っていない。骨 SPECT にて疑わしい集積が得られた場合や骨転移の症状があるにもかかわらず骨 SPECT 正常例は次のステップとして、MRI を試みるべきであろう。

《教育講演》

教 16. 心臓核医学ディベート 「虚血性心疾患の診断・評価にタリウムを用いるか Tc-99m 血流製剤を用いるか」

司会の言葉

大 鈴 文 孝 (防衛医科大学第一内科)

玉 木 長 良 (北海道大学大学院医学研究科病態情報学講座核医学部門)

虚血性心疾患の診断・評価に心筋血流シンチグラフィは不可欠な検査法として利用されている。この検査には長年にわたりタリウムが使用されてきた。10年ほど前から MIBI や tetrofosmin などの Tc-99m 標識血流製剤も利用可能となっている。欧米では心筋血流製剤としてタリウムから Tc-99m 標識血流製剤におきかわりつつあるが、本邦ではタリウムが根強い人気がある。この教育講演では、心筋血流製剤の選択にスポットをあて、各々の製剤の特徴とその臨床的応用法について討論をする。

討論の観点には次のようなことが挙げられる。

物理的特性と薬剤の挙動は？

心電図同期心筋血流 SPECT をどうするか？

虚血性心疾患の診断精度は？

虚血性心疾患の重症度判定をどうするか？

心筋バイアピリティの判定をどうするか？
コスト、パフォーマンスはどうか？
どのような将来性があるか？

核医学と循環器のそれぞれの立場から、タリウムと Tc-99m 標識血流製剤の利点について講演およびディベートをしていただく。どちらに軍配があるか、じっくり耳を傾けていただきたい。

タリウム推進派

中嶋憲一 (金沢大学医学部附属病院核医学診療科)

近森大志郎 (東京医科大学病院第二内科)

Tc-99m 標識血流製剤推進派

橋本 順 (慶應義塾大学医学部放射線科)

竹石恭知 (山形大学医学部第一内科)

《教育講演》

教 17. RI を用いたセンチネルリンパ節検索

藤 井 博 史

(慶應義塾大学医学部放射線科)

悪性腫瘍のリンパ行性転移がセンチネルリンパ節とよばれる原発巣からのリンパ流を最初に受けるリンパ節に始まるとする sentinel node concept が悪性黒色腫や乳癌のみならず多くの悪性腫瘍で成立する可能性が高いことが報告されるようになった。この概念が成立する腫瘍に対しては、センチネルリンパ節生検を実施することにより、sentinel node navigation surgery に代表される低侵襲治療の選択が可能であるため、センチネルリンパ節の同定技術の確立は、臨床腫瘍学に大きく貢献するであろう。

センチネルリンパ節の同定には、RI 標識製剤の利用が有用であることが相次いで報告され、センチネルリンパ節検索技術は核医学の重要な研究テーマとなりつつある。

ここでは、われわれの施設で実施している乳癌、消化管癌、皮膚癌、頭頸部癌について、RI を用いたセンチネルリンパ節検索の経験を紹介する。

いずれの腫瘍に対しても、 ^{99m}Tc 標識スズコロイド(小粒子化スズコロイドを含む)あるいは ^{99m}Tc 標識フチン酸を腫瘍周囲組織に投与し、その動態を追跡することによりセンチネルリンパ節の同定が可能である。現時点で、90% 以上の症例においてシンチグラム上でセンチネルリンパ節の描出に成功している。乳癌においては、色素法も併用されているが、内胸領域のセンチネルリンパ節の同定に関して、RI 利用の高い有用性が認められる。消化管癌に関しては、臓器が軟部組織中に位置する

食道癌、直腸癌において RI の利用が必須である。皮膚癌に関しては、リンパ流の予測が難しい体幹部領域に位置する腫瘍に対して RI 法の高い有用性が示されている。

これまでの検討の結果、センチネルリンパ節の局在は、癌取り扱い規約に定められている所属リンパ節の群別とは必ずしも一致せず、症例により異なることが明らかになった。このことは、センチネルリンパ節検索は個々の症例について行わなければならないことを意味する。しかも、その局在部位が事前に予測できないことから、生検実施前にリンパシンチグラフィによりその存在を確認しておくことがセンチネルリンパ節生検を成功させるために重要であることを示唆している。

センチネルリンパ節を画像化するためには、シンチグラムの画像処理技術の検討が必要である。単純なシンチグラムの撮像のみでは、センチネルリンパ節の局在部位は不明である。さらにセンチネルリンパ節への RI の移行は多くの症例で投与量の 1% 程度以下であるため、コントラストを改善させる処理が求められる。

センチネルリンパ節の局在部位の明瞭化に対しては、散乱線成分の収集により体輪郭を描出することで解決を図っている。また、センチネルリンパ節のコントラストの改善に関しては、対数表示法、Goris 法や Annular background subtraction 法などによるバックグラウンドの処理による検討を行っているので、これらの撮像技術および画像処理法について解説する。

《教育講演》

教 18. SPECT におけるアーチファクト：
しばしば見られるアーチファクトとその対処方法

中 嶋 憲 一

(金沢大学医学部附属病院核医学科)

SPECT 画像を読影するにあたって、読影医がしばしば迷うのは、それが真の異常データなのか、あるいは SPECT 処理の過程でできた疑似データなのかということである。一方、技師の立場からは、作成した画像を自信をもって提示できるか、迷うことがあるかもしれない。例えば、一見心筋に欠損が見えたとしても、それは心筋障害によるものかもしれないし、単なるアーチファクトかもしれない。しかし、その検査結果の判定は患者に大きな影響を与える。では、どのようにそれを鑑別できるだろうか。アーチファクトを生じうる様々な原因を取り上げ、対策を考えてみよう。

SPECT 処理では多数の方向の投影像から、立体的な分布を再構成することによって深部領域の画像を作り、その分布を解析する。したがって、アーチファクトの可能性として、大きく分けて、カメラや測定機器に由来するもの、収集方法に由来するもの、患者の状態に由来するもの、画像の再構成過程に由来するもの、画像表示法に由来するもの、データ解析法に由来するもの、放射線と組織の相互作用に由来するもの、などに分類できる。

SPECT 装置の品質管理に由来するもの：回転中心、均一性、直線性など。

データ収集に由来するもの：エネルギー設定、収集中の体動、収集中の放射能分布の時間的変

化、患者の体位の影響、SPECT の回転範囲の選択、カメラの配置と検出器数などが挙げられる。また、心臓領域では不適切な心電図同期条件も重要な要素である。

患者の状態に由来するもの：患者の体位、体格により、吸収や散乱の影響が出る場合がある。画像再構成に由来するもの：不適切な前処理あるいは再構成フィルタの選択、再構成時の軸設定のずれ、また各種再構成法の選択も最終結果に影響を与える。

データ解析に由来するもの：種々の解析法が用いられるが、関心領域による解析、polar map、プロフィール解析などそれぞれに利点と欠点がある。心臓の gated SPECT 解析では、欠損や小さい心臓での定量精度が問題になる。画像表示に由来するものとしては表示ウィンドウと濃度特性、カラースケールとグレースケールの利用法などが挙げられる。また、一般にカウントの相対表示であるため、どこが正常部位かを正しく認識する必要がある。

このほか、放射線の性質に由来するものとして、減弱、散乱の影響を知ること大切であるが、部分容積効果の影響と併せて定量化に大きな影響を及ぼす。

それぞれの因子の特徴と、アーチファクトを避けるための具体的な対策を考えてみよう。