ランチョンセミナー

特別講演

記念講演

PET技術的検討分科会講演

企画委員会講演

ランチョンセミナー

心臓核医学に寄せる新たな期待

岐阜ハートセンター　心不全センター長
中川　正康

1992 年 12 月 ^{123}I-MIBG（MIBG）、1993 年 3 月 ^{123}I-BMIPP（BMIPP）、同年 6 月 ^{99m}Tc-MIBI（MIBI）が次々と登場し、心筋シンチグラフィを取り巻く状況は大きく変動した。その中で演者は不本意ながら上司から心筋シンチグラフィ担当を命じられた。心臓交感神経機能や心筋脂肪酸代謝など新たな視点からの評価が可能となった心筋シンチグラフィの魅力に図らずも取り憑かれ、以後今日までの 30 数年にわたり心臓核医学に従事してきた。しかし 1996 年 9 月の ^{99m}Tc-tetrofosmin（tetrofosmin）を最後に新たな心筋トレーサーは登場していない。

その一方で、心臓 CT は目覚ましい進歩と驚異的な普及を成し遂げ、心臓カテーテル検査では FFR などの coronary physiology 評価が標準的な検査となり、心疾患の診療に大きな変革をもたらした。取り残された感も漂う心筋シンチグラフィであったが、種々の心疾患や病態に対する新たな知見が得られていくにつれて、心筋シンチグラフィにも新たな意義が生まれてきた。

近年注目されている INOCA（ischemia with non-obstructive coronary artery disease：虚血性非閉塞性冠疾患）は心外膜冠動脈に有意な狭窄を認めないにもかかわらず心筋虚血を生じる疾患群で、心筋虚血の成因は冠攣縮と冠微小循環障害（CMD）である。冠攣縮性狭心症（VSA）では運動負荷にて誘発されるケースはまれであり、通常の運動負荷や薬剤負荷検査での心筋虚血の検出は困難である。BMIPP は虚血の履歴を画像化（メモリーイメージング）が可能であり、気絶心筋（Stunned Myocardium）の検出においては多くのモダリティの中でも群を抜く存在である。虚血の程度や発作と撮像のタイミング、撮像プロトコールなどに課題を残すが、虚血の部位や広がり、程度を判定可能である。メモリーイメージングは VSA のみならず、血行再建後の責任冠動脈病変の同定や負荷検査施行困難例の心筋虚血の診断にも有用である。さらには治療効果判定にも重要な検査となる。

CMD については近年 Pressure Wire を用いて冠血流予備能（Coronary Flow Reserve：CFR）や微小循環抵抗指数（Index of Microcirculatory Resistance：IMR）が可能となり、診断基準も明確となった。これまで心筋血流シンチグラフィで偽陽性とされた症例の中には、CMD が少なからず存在していたと考えられる。しかし CMD に対する心筋シンチグラフィの有用性については不明であり、ガイドラインにも心筋シンチグラフィに関する記載はほとんど見当たらない。ただ演者らは CMD 例においても BMIPP シンチグラフィで心筋虚血を検出しえた症例を複数例で経験しており、VSA 同様の臨床的意義を期待している。また心筋血流シンチグラフィでもその精度を上げることが可能であれば、CFR に相当する指標が得られることが期待される。

中性脂肪蓄積心筋血管症（Triglyceride deposit cardiomyovasculopathy: TGCV）は、2008 年に本邦で見出された新しい疾患概念で、心筋や血管に中性脂肪が蓄積する結果、重症心不全、心筋症、狭心症などを来す難病である。その診断において BMIPP の洗い出しの低下（＜10%）は重要なポイントとなる。現在治療薬の治験が進行中であり、治療介入が可能となれば TGCV の早期診断がより重要となり、BMIPP シンチグラフィの積極的な施行が求められる。

^{99m}Tc-ピロリン酸や ^{99m}Tc-HMDP は ATTR 型心アミロイドーシスの診断にきわめて重要であり、薬剤投与に際し心筋生検は必須条件ではなくなった。作用機序の異なる治療薬も使用可能となり、早期診断のための心筋シンチグラフィの必要性は高まっている。

MIBG は心不全や虚血性心疾患の重症度評価や予後予測に重要な検査となるが、パーキンソン病、レビー小体型認知症の診断における意義も広く認知されており、脳神経内科や精神科からの検査依頼も増えている。

心筋シンチグラフィの臨床的意義は今後さらに高まることが予想され、さらに質の高い検査を行うことが求められる。

特別講演

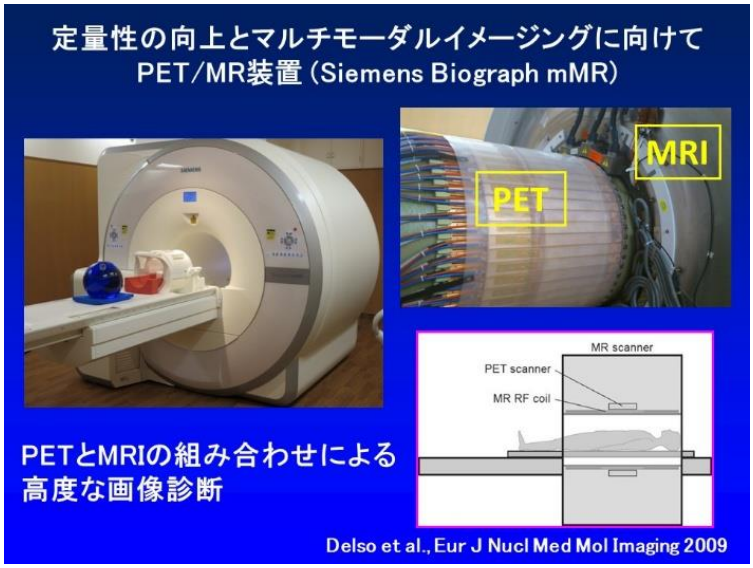
脳核医学検査の歴史と現状

福島県立医科大学　医学部
放射線医学講座　教授
伊藤　浩

脳核医学検査は脳循環・エネルギー代謝の測定に始まり、脳神経伝達機能の測定、アミロイドなどの脳病理変化の測定と研究が進み、保険診療で行われるようになってきた。核医学検査の基本は放射能濃度の空間分布を正しく測定することであるが、脳核医学検査では正確な病態情報を得るための画像解析も重要である。脳核医学検査毎に様々な画像解析法が開発され、研究の進展によって確立されたものが保険診療で利用されるようになっている。また、近年では画像解析への AI の応用が日進月歩で進んでいる。

脳核医学検査における画像解析には大きく分けて、生理学的パラメータを計算するための定量測定と、集積すなわち機能の分布を観察するための画像パターン解析があり、検査内容や疾患に応じて使い分けられている。生理学的パラメータを計算するための定量測定は脳内放射能濃度を何で基準化するかによって分類され、放射性薬剤の投与量で基準化する方法、血液中の放射性薬剤濃度で基準化する方法、脳内の参照部位の放射能濃度で基準化する方法がある。また、機能の分布を観察するための画像パターン解析では、解剖学的標準化の手法により機能の異常部位を解剖学的に同定する。

本講演では脳核医学検査の中でも脳循環・エネルギー代謝の測定、脳神経伝達機能の測定、脳病理変化の測定を取り上げ、その画像解析法について整理する。今後の脳核医学検査に求められる画像解析について考える機会になれば幸いである。



記念講演

心臓核医学：定量的 SPECT と人工知能の時代へ

金沢大学　医薬保健研究域　医学系・核医学
中嶋　憲一

心臓核医学は、1980 年代に planar 画像から始まったが、1990 年代には SPECT および Gated SPECT が導入され、診断能と多施設研究でのエビデンスの蓄積が進んだ。さらに近年では、定量解析技術の進展に加え、人工知能（AI）の応用が進み、診断・予後評価における新たな展開が始まっている。本講演では、最新の心臓核医学の動向、特に冠動脈疾患における SPECT の役割の変化と、定量解析および AI の臨床応用の可能性について解説する。

SPECT の定量性の進歩

これまで心筋 SPECT は、心筋内の放射能分布を相対的に評価する手法に限られ、画像のぼけや様々なアーチファクトの影響を受けることが課題であった。しかし現在では、散乱・減弱、心壁運動や不整脈の影響、呼吸による移動などの定量性を撹乱する要因に対する補正技術が実用的なレベルに到達している[1]。これにより画質の向上のみならず、見える所見に素直に読影できる信頼性の高い画像診断が可能となってきた。

心筋血流定量と冠微小循環障害

心筋血流量の絶対定量は従来 PET が得意とする分野であったが、近年では半導体検出器を用いた D-SPECT などの高感度装置により、SPECT においても動態収集による定量が可能となりつつある。Anger 型カメラによる血流定量はまだ研究段階にあるものの、技術革新や新たなパラメータの導入により、微小な虚血病変の検出が可能になる可能性もある。また、心筋集積を SUV で定量する手法は、心アミロイドーシスをはじめとした疾患で有効性が示されており、今後他の病態にも応用が期待される[2-3]。

AI・機械学習による診断と予後評価

SPECT による虚血評価は、予後と臨床アウトカムに基づいたエビデンスに支えられて普及してきたが、虚血診断の最適化には課題が残されている。この点において、人工ニューラルネットワークをはじめとする AI 技術は、従来手法の限界を補い、より精度の高い虚血診断を可能にする可能性がある[4]。さらに、予後予測においても機械学習は有用であり、従来の多変量統計モデルに比べ、複雑な因子間の相互関係を柔軟に捉えた予測が可能となるであろう[5]。

文献：
1) Nakajima K, et al. J Nucl Cardiol 2023; 30; 2273-2789
2) Saito S, et al. EJNMMI Reports 2024; 5:15
3) Watanabe S, et al. J Nucl Cardiol 2023; 30: 2721
4) Nakajima K, et al. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2017; 44: 2280 - 2289
5) Nakajima K, et al. J Nucl Cardiol 2022; 29: 190-201

PET技術的検討分科会講演

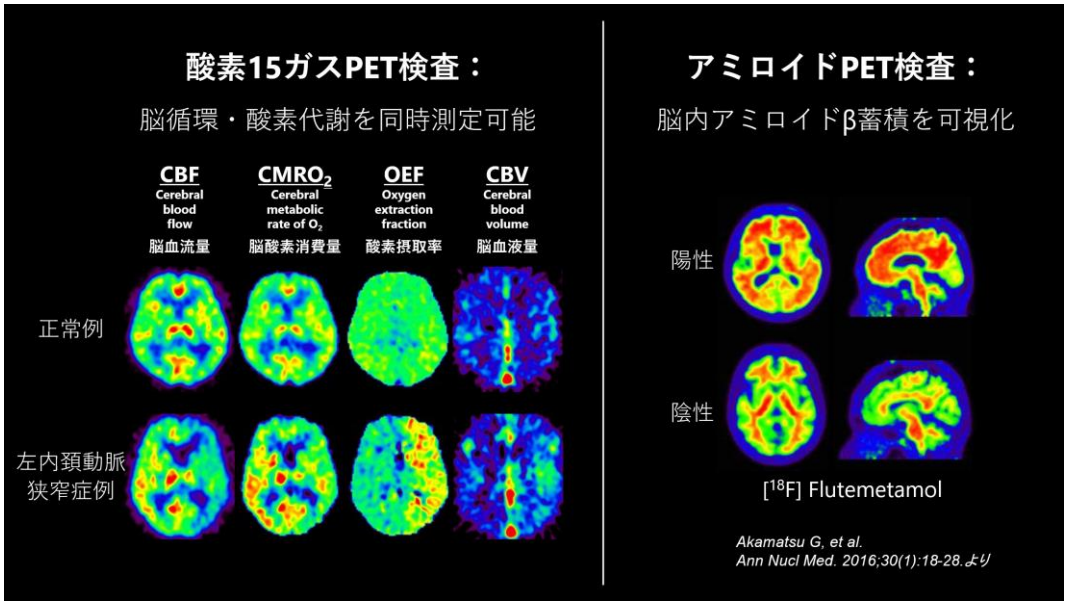
脳 PET の理論と技術：酸素 15 ガスとアミロイド

秋田県立循環器・脳脊髄センター
放射線医学研究部　主任研究員
茨木　正信

ポジトロン放出断層撮影（PET）はポジトロン核種で標識した薬剤を用いることで、その薬剤に対応した様々な生体機能・情報を測定、可視化できる検査法である。本講演では代表的な脳 PET 検査である、1）酸素 15 ガス PET、および 2）アミロイド PET を取り上げる。

酸素 15（半減期約 2 分）標識ガス PET（^{15}O ガス PET）は、CBF（脳血流量）、OEF（酸素摂取率）等の主要脳循環パラメータに対する定量マッピングが可能であり、脳血管障害における病態評価の有用性で知られる。撮像や解析に関する一連の ^{15}O ガス PET 研究が黎明期に精力的に行われ確立手法となった後、検査高速化や非侵襲化に関する研究が進展してきた。アミロイド PET は脳内アミロイド β 蓄積を可視化するものであり、軽度認知障害または認知症に対する抗アミロイド β 抗体薬治療の開始に伴い、治療対象選択のための検査として保険収載され、その重要性はこれまでにも増している。現状アミロイド PET 臨床検査では、視覚読影によるグローバルな集積が陽性か陰性かという定性判定のみが行われるが、今後は定量的測定や脳内分布の意義に関する研究の進展が期待される。

本講演ではこれら PET 検査を、特に理論的、技術的な側面から解説したい。近年は PET スキャナーの高性能化に加え、画像再構成技術の進展やディープラーニング技術の登場により、従来困難であった応用が展開しつつあり、これら最新研究にも言及したい。



企画委員会講演

核医学をさらに豊かに
～女性技師が活躍できる環境作りのために～

竹田綜合病院　CM 部　放射線科
女性活躍推進委員会　はなみずきの会委員
鈴木　有子

東北地方や全国で行ったアンケート調査および日本核医学技術学会の女性会員数を見ると、核医学に携わる女性の診療放射線技師が少ない現状が明らかである。その要因としては、他モダリティでの女性技師の需要や核医学における技師の放射線被ばくに対する懸念が考えられる。しかし、アンケート調査では、核医学において女性技師が必要とされる場面があることも示唆されている。今後は女性技師の増加が予測されるため、多くの女性技師が核医学に携われる環境を整備していくことが課題となる。

日本核医学技術学会では、このような状況に対応するため女性活躍推進委員会「はなみずきの会」を設立し、女性技師が働きやすい環境の構築や学術活動を支援することを目標としている。第 64 回日本核医学会学術総会 DE&I（Diversity, Equity & Inclusion）委員会企画において、はなみずきの会委員長である太田理事を中心に参加者と「診療放射線技師を取り巻くアンコンシャスバイアス」について議論が交わされた。偏りのない多様なグループを形成することは、組織全体の健全な発展に不可欠である。東北地方におけるアンケート調査で、女性技師がいて良かった場面として「何かを決めるときの女性目線」という回答があった。これは、性別による役割を強調するものではなく、多様な視点が組織にもたらす価値を示すものである。これらを総じて考えても、男性技師だけではなく女性技師の核医学での活躍が望まれる。

当院の核医学担当技師は、20～30 歳代が中心であり、半数が女性である。業務中は全員がポケット線量計を装着し被ばくを意識し業務を行っている。また、放射線科内では妊婦規定を設け、妊娠が判明した際には速やかに対応できる体制を整えている。講演では、この取り組みについて報告する。

核医学における女性技師の活躍は、単に性別の多様性を確保するだけではなく、多角的な視点や発想を現場にもたらすと考える。そのため、多くの女性技師が核医学に携わり、活躍できる環境作りについて皆さんと情報を共有したい。