

《教育講演》

I. 脳血流 SPECT の定量化：考え方とその手法

林 田 孝 平

(康正会 武田病院画像診断センター)

核医学の定量化は、単なるトレーサ分布を生理学的に意味がある分布に変換する手法である。臓器のトレーサ分布においてトレーサをどれだけ投与したかで補正すれば、分布の基準化ができ絶対量測定値と比較すればよい。しかし、撮像に関わる減弱と散乱の誤差、トレーサの入力の誤差、トレーサの血流分布との乖離などがあり、非常に複雑なモデル解析を導入せざるを得ない。仮に、複雑な手法で正確な定量値が得られても、臨床的情報にどのように還元されるかを知る必要がある。

Evidence-Based Medicine (EBM) は、研究成果や実証的根拠を用いて、効率的で質の高い患者中心の医療を実践するための方法論であり、理論ではなく、現在までに蓄積された臨床医学研究のエビデンスを駆使した論理から患者の治療を実践する方法として注目されている。脳血管バイパス術は脳内の血流を増加させることにより脳虚血を改善する(理論)と考えられていた。しかし、1985年、ランダム化比較試験で、脳血管バイパス術が、脳虚血発作の防止に効果がない(論理)と報告された。しかし、散見される論文では脳血管バイパス術の治療効果があるため、定量脳 SPECT 測定法による重症度評価を取り入れて新しいエビデンスを求める研究「脳主幹動脈閉塞性病変による高次脳機能の病態と予防的治療に関する研究 (Japanese EC/IC bypass Trial ; JET study)」が循環器研究委託事業と

して 1998 年から開始された。脳血管障害の重症度評価は、正常脳血流量に対して 80% 未満であること、アセタゾルアミド負荷による血管反応性の欠如により中等症と重症に分類した。初期 50 例で 1 年間の統計解析をすると、血管反応性では、薬物群・外科群ともに改善していたが、血流は外科群のみで改善していた。この解析結果は 2 年間追跡調査された 91 例でも変化がなかった。また、外科群では primary endpoint の観点から脳梗塞発症のリスクを 1/3 軽減しており、脳 SPECT により重症度評価した症例群では脳血管バイパス術の有効性が示された。このように、脳 SPECT による定量評価で脳循環に有意な改善があれば、多数の臨床的な結果の証明までの指針ができる。

脳血管障害患者の重症度評価のため、定量的脳血流および血管反応性測定がより簡単に、より信頼性が高い方法の開発が望まれてきた。飯田らが開発した Dual Table ARG 法は、同日二回脳 SPECT 測定で QSPECT の手法を用いて散乱・減弱補正を行うことにより精度高い脳血流および血管反応性測定ができる手法である。また本法による測定値と脳 PET から得られた測定値を比較し、臨床的有效性を確認した。このように脳血流 SPECT の定量化にて、トレーサ分布を機能的に意味のある分布として観察できることにより、重症度の階層化が可能で、EBM に基づく医療に応用できる。

《教育講演》

II. SPECT 吸収補正法と臨床応用

富 口 静 二

(熊本大学大学院医学薬学研究部 放射線診断部門)

SPECT 検査において、画質を劣化させる要因はさまざまである。物理的な要因としては、体内でのガンマ線の減弱(吸収)、散乱線およびカメラの空間分解能が主なものである。特に心筋 SPECT などにおいては、胸郭にはさまざまな吸収体が不均一に分布しているため、個々の症例で異なる吸収の影響が読影上問題となる。吸収補正は、このような問題を解決し、画質向上に伴う臨床の有効性を高める目的で行われる。

吸収補正には、 ^{153}Gd 等の外部線源を用いる方法と CT 像を用いる方法がある。外部線源を用いた吸収補正には transmission computed tomography (TCT) が利用されている。一方、CT を用いる場合には、CT 像が TCT 像の代わりに利用される。CT の方が TCT に比べ画質は良好で、CT 像は融合画像にも利用できる。実際には、TCT 像および CT 像より目的とする核種の吸収補正係数マップを作成し、SPECT 像の吸収補正が行われる。画質向上のために、吸収補正に加え散乱線補正も同時に行われる。散乱線補正の方法としては、散乱線を推定するために 2 ないし 3 個のエネルギーウィンドウを設定する方法が用いられる。最も一般的なものは、triple energy window (TEW) 法である。そのほか、TCT 像から散乱線成分を推定し補正する transmission dependent convolution subtraction (TDCS) 法も有用な方法として提唱されている。吸収補正や散乱線補正には、通常の再構成ではなく、逐次近似法である OSEM 法などが一般的な方法になりつつある。

SPECT 画質との関連では、吸収補正は画像の均

一性を向上させ、散乱線補正は、画像コントラストを向上させる。また、吸収および散乱線補正の両者は定量性を向上させる。

臨床応用としては、脳血流 SPECT や心筋血流 SPECT に主に用いられている。脳血流 SPECT では、均一吸収体との仮定で Chang 法などが一般的な方法となっている。

TCT 法による吸収補正の臨床的有用性は心筋血流 SPECT で検討されてきた。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 外部線源を用いた ^{201}Tl 心筋血流 SPECT における吸収補正の有用性を冠動脈病変の診断能で検討した結果では、RCA 領域の specificity の向上を認めるが、LAD 領域では specificity は低下した。下壁のカウント低下は補正されているが、過補正の傾向で、前壁に相対的カウントの低下が認められるためである。次に、吸収補正および散乱線補正の両者を施行し検討した。散乱線補正により LAD 領域の specificity の低下は改善した。下壁の過補正の原因としては、周囲臓器よりの散乱線が挙がるが、ほかにもガンマカメラの空間分解能が悪いので、周囲臓器と心筋の分離ができないこと、さらに呼吸による動きで周囲臓器と重なりも要因と考えられる。CT による吸収散乱線補正でも同様の結果であった。

外部線源を用いる方法は、線源の管理等取り扱いの問題があり、CT/SPECT 装置も臨床で使用できるようになっているので、CT による吸収補正が主流になると考えられる。このような装置は吸収補正に加え融合画像による診断も可能となるので、特に腫瘍シンチで有用である。

《教育講演》

III. Gated SPECT における各種ソフトウェアの特徴

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各種解析プログラムの開発により、心電図同期 SPECT が日常診療における標準検査として定着してきた。心電図同期心筋 SPECT の処理プログラムとしては、Cedars-Sinai Medical Center の Germano らによる Quantitative Gated SPECT (QGS) をはじめ、Emory 大学の Cardiac Toolbox, Michigan 大学の 3D-MSPECT や札幌医大の p-FAST などが開発された。いずれのアプリケーションも機能解析に用いる左室の輪郭抽出はほぼ自動で行われ、周囲のアテニューエーションなどの影響により不適切な処理の場合のみマニュアル補正が行われる。いずれのソフトを用い算出した機能解析値も LVG など他モダリティとの整合性は高いが、各ソフトのアルゴリズムの相違により解析値が若干異なる症例も存在する。現在国内で最も一般的に用いられている QGS は、左室内腔の中心点から 3 次元的に放射状直線を引きカウントプロファイルカーブを作成し、ガウス関数フィットを用いる。各カーブの最大カウント部(心筋中心部)より標準偏差の 65% を基準に心内膜面、心外膜面を決定する。一方、Cardiac Toolbox を用いた心筋辺縁抽出においては、拡張末期の心筋壁厚を一律 10 mm と規定する。ついで各時相における心筋壁厚は心収縮にお

ける局所心筋カウント増加率をもとに設定される。また p-FAST における心筋辺縁認識は閾値法をもとに設定される。心筋中心点は QGS と同様にカウントプロファイルカーブの最高カウントを示す部位とし、外縁は最高カウントの閾値として決定する。ついで内縁は外縁と心筋中心部の距離をさらに内側に折り返して決定している。このように左室辺縁抽出のアルゴリズムに関しても各ソフトウェア間にて相違が存在する。本講演では、この違いにより機能解析値に乖離を生ずる症例に関し解説を行う予定である。Gated SPECT で用いられる解析プログラムには、これまで記載してきた心電図同期心筋 SPECT 用アプリケーション以外にも心電図同期心プール SPECT 用の Blood-pool Gated SPECT (BPGS) が Cedars-Sinai Medical Center で開発された。現在、心電図同期心筋 SPECT が一般的となり、これによる左室機能および左室容量が臨床的に用いられているため、BPGS がどのような使い方をされるべきかは今後の検討を必要とするところである。本講演が各種心電図同期心筋・心プール SPECT 用ソフトウェアの特徴の理解および今後の臨床検討における使い分けの参考になり得れば幸いである。

《教育講演》

IV. 心不全における心臓核医学の役割

長谷川 新 治

(大阪大学大学院医学研究科 トレーサ情報解析学)

心不全の病態評価に関しては、これまでエコーなどの形態学的診断による心機能評価が中心であった。しかし、近年心不全の病態に体液・神経性因子が大きく関与していることが注目されるようになり、血中BNP測定などが心不全の評価に用いられるようになってきた。従来、核医学は虚血性心疾患における虚血・梗塞の同定を目的として用いられることがほとんどであったが、心筋灌流を評価する薬剤以外に様々な情報をもたらす他のSPECT製剤が開発され、心筋障害を血流以外の面から評価することが可能となった。さらにPETを使用することによって代謝や体液・神経系のより詳細な機能が評価し得るようになってきた。それに加え、核医学による心機能検査として心プールシンチのほかに、心電図同期SPECTが普及し、正確で客観的な情報が得られるようになってきている。近年、収縮能が保たれているにもかかわらず心不全症状が出現する拡張能障害による心不全が注目されつつあり、心不全患者のうちかなりの割合を占めると考えられるようになってきている。拡張能を評価する指標はまだ確立されていないが、核医学的手法から得られる指標がこのような病態の評価に役立つかどうかは今後もっと検討されるべきことかと考えられる。また右心機能の評価にも期待されている。

元来、心筋灌流を評価するとされている ^{201}Tl や $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ ・tetrofosmin心筋シンチは心不全の原因が虚血によるものかどうかを推測する手段として

非常に優れている。しかし、それだけでなく、心筋の器質の変化の程度を評価する重要な手段であり、さらに心電図同期SPECTを撮像すれば、壁運動・心腔内容積の評価も可能である。血流の情報に加え代謝を評価することの意義はまだ十分に確立されていない。脂肪酸代謝や糖代謝の異常は心筋血流異常や細胞壊死よりも前の段階で出現し始めると考えられているが、心不全の原因により代謝障害の出方は様々であり、すべての心不全に共通するものとは言えない。それに加え、SPECTは心筋全体に均等に出現する障害を評価することが得意ではなく、心不全のような病態に対する有用性が低い。それを解決する定量法の開発が望まれている。それに比較してPETは定量的評価に優れており、この点においては非常に期待がもたれる手段であるが、その特殊性・煩雑さのため普及していないのが現状である。

心臓交感神経を評価する $^{123}\text{I-MIBG}$ は虚血・非虚血にかかわらず、心不全の重症度・予後評価の指標として確立されたものとなりつつある。定量指標としては心縦隔比やwashout rateというような簡易な方法が用いられているが、意外にこれらの指標が有用であることが報告されている。

ここでは、核医学検査が実際心不全の治療においてどのように役立ち、使用されているかを解説し、将来どのようなことが期待されるかを述べることにする。

《教育講演》

V. 呼吸器核医学の基礎と臨床

菅 一 能

(山口大学医学部構造制御病態講座)

肺はガス交換機能のみならず、粘液線毛輸送やフィルター機能、代謝機能、サーファクタント産生、交感神経機能、リンパ流排泄機能など多彩な非呼吸性機能も有している。換気・血流やリンパ流の動態や分布には生理学的な重力効果が認められ、これらが肺疾患の好発部位や分布を決定していると考えられる例も多い。

今回の講演では、肺の解剖学的構造と肺生理学的機能との関係を総括的に解説した後、呼吸器核医学検査(planar, SPECT, PET)を使用して各種肺機能がどのような性質のトレーサを使用して如何に検査され評価し得るかを総論的に解説する。さらに、核医学検査で把握される換気・血流の動態や分布と肺疾患の好発部位や分布との関連についても考察を加える。核医学検査の利点として、肺局

所放射能分布の定量的評価により肺疾患の肺局所病態を客観的に評価できることがあげられるが、肺換気・血流検査における定量的評価法についても解説する。最後に、SPECT・PET-CT融合像は、SPECT・PET検査で得られる肺機能的画像とCTで得られる形態像との正確な対比を可能にし、機能情報を客観的に伝達する上でも有用である。しかし、呼吸運動の影響の強い肺領域では、解剖学的位置ずれを改善するために撮像法に工夫が必要であり、われわれの施設での呼吸同期および息止めSPECTの取り組みを紹介する。

以上の講演内容から、肺の生理学的機能および肺疾患における機能的病態への理解が深まり、今後の呼吸器核医学領域における診療や研究の指針の一助となれば幸いである。

《教育講演》

VI. 消化器核医学の基礎と臨床

塩 見 進

(大阪市立大学大学院医学研究科核医学)

核医学検査は生体の機能面からの画像的評価を行うことにより、他の解剖学的診断法では得られない有力な情報を得ることができる。消化器領域の核医学診断に関しては門脈循環動態の評価、肝予備能の評価、胆道系の診断、消化管出血の診断、PET を用いた各種消化器癌の診断などがある。また、最近では肝臓の代謝機能の評価や胃運動機能の測定にも応用されている。今回はその主なものについて述べる。

1. 門脈循環動態の測定：直腸腔内にアイソトープを注入することにより非侵襲的に下腸間膜静脈経由の門脈循環動態の測定を行うことができる。本検査では画像的に門脈循環動態の異常を検出することができるが、門脈シャント率を算出することにより門脈・大循環系シャントの形成状態の定量評価が可能である。さらに、 ^{15}O [水] を用いた PET 検査により、肝臓の任意の部位での門脈血流量と肝動脈血流量を別々に測定することが可能となっている。本検査を用い門脈循環動態からみた肝硬変患者の予後推定や慢性肝疾患患者における門脈循環動態の自然経過などの検討が行われている。

2. 肝予備能の測定： $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA は肝細胞のみに存在するアジアロ糖蛋白受容レセプターに特異的に結合するため、GSA を用いた肝シンチグラフィは肝細胞総数からみた肝予備能を評価することができる。本検査は劇症肝炎の診断や予後予測、ウイルス性肝硬変や原発性胆汁性肝硬変患者の予後予

測に有用である。さらに、肝切除患者の分肝機能の評価、肝移植患者の適応評価や拒絶の診断などに関しても検討が行われている。

3. 消化器癌の診断： ^{18}F -fluorodeoxyglucose (FDG) を用いた PET 検査はがんを糖代謝の面から診断を行うものであるが、消化器癌として食道癌、膵癌、大腸癌、転移性肝癌、胆嚢癌など多くの悪性腫瘍の診断に有用である。また、SUV にて定量評価を行うことによりがんの悪性度の評価やがん患者の予後予測などに応用可能である。

4. 肝臓の代謝機能の評価：肝硬変患者において肝病変が進展すると肝臓で処理しきれないアンモニアは筋肉で代謝される。非代償性肝硬変においてこの傾向が特に強いが、 ^{13}N [アンモニア] を用いた PET 検査により肝硬変患者の筋肉内でのアンモニア代謝の状態を把握することができる。また、FDG を用いた PET 検査により肝硬変患者の脳内でのグルコース代謝を測定できる。本検査を用いることにより、最近注目されつつある潜在性肝性脳症患者の診断や治療効果の判定に応用できる。

5. 胃運動機能の測定：胃排出シンチは $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -DTPA をラベルしたパンケーキを摂食し、経時的に撮像することにより行う。本検査は胃運動機能を画像的にとらえることが可能であり、 $T_{1/2}$ を算出することにより定量的評価も行える。本検査を用いて non-ulcer dyspepsia (NUD) など機能性消化器疾患の機序の解明、治療法の評価が行われている。

《教育講演》

VII. センチネルリンパ節シンチグラフィの基礎と臨床

藤井博史

(慶應義塾大学医学部放射線科)

センチネルリンパ節の概念に基づき、所属リンパ節の画一的な郭清の見直しをはかる sentinel node navigation surgery が、わが国でも乳癌、悪性黒色腫で実地診療に取り入れられるようになってきた。この新しい低侵襲個別化治療は、非常に高い検出感度を有している放射性薬剤を正しい理解のもとに活用することにより、安全かつ確実に実施することが可能となる。

(1) 使用薬剤の選択

センチネルリンパ節検索に利用する薬剤に求められる条件は、投与部位からのリンパ移行性に優れ、流入したセンチネルリンパ節での停滞性が優れていることである。 ^{99m}Tc 標識コロイド製剤がこの目的に利用されている。わが国では、欧米諸国で用いられているコロイド製剤より粒子径の大きな ^{99m}Tc 標識スズコロイドや ^{99m}Tc 標識フチン酸が用いられているが、これらの大粒子径の製剤はセンチネルリンパ節への停滞が良好であり、翌日に手術を行っても良好な検出率が得られる。

(2) リンパシンチグラフィ

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、症例により異なっている。つまり、この治療手技を成功させるには、個々の症例についてセンチネルリンパ節の確実な同定を行わなければならない。術前にリンパシンチグラフィを実施すると、予想外の位置に存在するセンチネルリ

ンパ節の見逃しを防ぐことが可能となる。

センチネルリンパ節を明瞭に画像化させるには、シンチグラムに画像処理を加えることが必要である。 ^{99m}Tc から放出されるガンマ線は、体内でコンプトン散乱により低エネルギーの散乱線を生じるので、この散乱線を一次線と同時に収集すると、体輪郭を描出することができ、センチネルリンパ節の局在部位を確認しやすくなる。一次線画像のカウント値を散乱線画像のカウント値で除算する方法は、センチネルリンパ節と体輪郭の両者を簡便にかつ明瞭に描出する方法として有用性が高いと考えている。SPECT 撮像は、センチネルリンパ節の局在を3次元的に表示できるため、有用性が高いと考えられるが、短時間の撮像ではSN比が不良であり、画一的な画像処理は難しい。

(3) 術中検索

放射性薬剤の利用はセンチネルリンパ節の術中検索を容易かつ確実なものとする。現在、ガンマプローブとよばれる小型の放射線カウンターが術中検索に用いられているが、CdTe系半導体検出器を利用したガンマカメラの実用化により、術中イメージングも技術的に可能となりつつある。現在入手可能な小型カメラはガンマプローブよりも感度が低いため、イメージガイド下の生検を実施するには改良が必要であるが、センチネルリンパ節の取り残しの有無の確認には有用である。

《教育講演》

VIII. 骨核医学の基礎と臨床

曾 根 照 喜

(川崎医科大学放射線医学(核医学))

骨はモデリングとリモデリングによって絶えず代謝回転し、古い骨の破壊(骨吸収)と新しい骨の形成(骨形成)を繰り返している。骨の代謝は、骨芽細胞系と破骨細胞系の2つの細胞要素の機能的分業により制御されており、その程度はホルモンや機械的な刺激によって変化する。代謝性骨疾患や骨折後の変化に限らず、悪性腫瘍の骨転移巣などでもほとんどの場合骨吸収と骨形成は破骨細胞と骨芽細胞を介して行われる。骨代謝が変化し、骨吸収と骨形成がアンバランスになると、骨の量的および構造的変化がもたらされる。骨シンチグラフィは骨代謝、骨塩定量は骨の量的変化、X線検査は骨の構造的変化を観察するのに適している。

骨シンチグラフィ製剤の ^{99m}Tc -MDP や ^{99m}Tc -HMDP は、近年骨粗鬆症の治療薬として広く使用されているビスホスホネートと同じ種類の化合物である。骨への集積は血流と骨代謝回転に影響され、骨表面のヒドロキシアパタイトに吸着すると考えられている。その集積程度は前立腺癌の骨転移などの造骨性病巣ではきわめて強いものに対し、多発性骨髄腫などの溶骨性変化を主体とする病変部ではあまり集積が亢進しない。一方、骨粗鬆症治療薬として用いられているアレンドロネートなどを ^{11}C で標識しラットに投与すると、破骨細胞により活発に骨吸収が行われている骨表面に強

く集積する。両者の違いには、ビスホスホネートの種類、投与量、 ^{99m}Tc の骨内での遊離などが影響しているものと考えられる。

日本ラジオアイソトープ協会の全国調査によると、骨シンチグラフィは過去20年間インビボ核医学検査のうちで常に1位の検査件数を占めており、現在、日常診療で欠かせない検査法として定着している。骨シンチグラフィは、悪性腫瘍の骨転移、原発性骨腫瘍、代謝性骨疾患、関節炎、骨折、骨の感染症など、ほとんどの骨疾患に用いられ、その有用性や限界はすでに確立した点が多い。最近の進歩としては、撮像機器の発達による画質の向上、SPECTの普及による病変検出感度および特異度の向上などが挙げられる。骨転移スクリーニングの診断能については、 ^{18}F -FDG-PET、全身MRI、 ^{18}F -PETなどと比較した結果が報告されている。

骨転移の治療でも欧米を中心に古くから核医学の有用性が報告されている。RI製剤としては、 ^{131}I 、 ^{32}P 、 ^{186}Re 、 ^{153}Sm 、 ^{89}Sr などの β 線放出核種が、イオン型あるいはビスホスホネートなどのリン酸化合物結合体として用いられる。1回の投与で比較的長期間の疼痛緩和効果が得られる利点を有する。他の治療法と適宜組み合わせることによりQOLの改善が期待でき、わが国でも普及が望まれる。

《教育講演》

IX. PET 検査における放射線防護の考え方

術者被ばく・患者 & 家族被ばく・汚染管理

木下 富士美

(千葉県がんセンター 核医学診療部)

PET 画像 (Positron emission tomography : 陽電子放出断層撮影) は、特殊な放射性医薬品の使用を必要とする核医学イメージングの手法である。 ^{11}C 、 ^{13}N 、 ^{15}O 、 ^{18}F などの PET 核種から放出される陽電子 (β^+) は、0.511 MeV の消滅光子を 180 度方向に 2 本放出し、PET 画像を得るために使用される。中でも、放射性 2-deoxy-2-[^{18}F]fluoro-D-glucose (以下: FDG) は、グルコース代謝が亢進する組織等への集積性を利用して、腫瘍等の診断 (FDG-PET 検査) に有用な画像情報をもたらす。

すなわち、FDG-PET 検査は、腫瘍の存在診断にはじまり、TNM 分類による病期の決定、手術適応の決定、放射線治療の照射野の決定、化学放射線療法による治療効果の判定、再発診断、予後の推定などに有用であることから、最近では PET 検診にまで発展し、予防医学ならびにがん検診の有効な手段として脚光を浴びている。

現在、FDG-PET 検査に用いられる製剤の放射性医薬品としての製造承認の審査が進捗しており、近く、サイクロトロンを保有しない医療施設においても FDG-PET 検査が核医学診療のルーチンの検査法として適用される可能性がある。

しかし、核医学診療にこれらの核種を導入するに際しては、診療関係者である医師、薬剤師、放射線技師および看護師等の職業被ばくと投与患者と関係のある公衆の放射線被ばくを減少するために必要な防護対策を早急に構築することが重要である。ここでは PET 検査における放射線防護につ

いての考え方を下記の項目につき述べさせていただき、会員の皆様と一緒に検討したい。

「FDG-PET 検査に伴う放射線障害の防止に関する構造設備および予防措置の概要と防護」

1. FDG-PET 検査に係る構造設備の基準については、使用室の防護に関する要件を明確にする必要がある。
 - (1) 準備室
 - (2) 処置室；投与時の注射器のシールド、自動注射装置の導入
 - (3) 安静室
 - (4) PET 検査室および操作室
 - (5) トイレ
2. 線量評価に関する考え方
 - (1) 線量評価において物理的半減期を適用する場合は、線源ならびに投与後の患者の移動に係るシナリオを明確に規定すること。
 - (2) シナリオを適用する場合は、このシナリオに従って各室における積算 γ 線量で評価することを可能にする。
 - (3) 装置の校正用線源 ^{68}Ge - ^{68}Ga および CT-PET 装置の場合は、複合評価を行う。
3. 従事者等の放射線防護に関する指導等の事項
 - (1) 病院での職業被ばくの防護および医療安全を保証するための組織的な管理体制の確立に関すること。
 - (2) 従事者の被ばく低減を図るため、放射線防

- 護の三原則を徹底し，かつ上記シナリオに従った教育および訓練の実施．
- (3) 従事者等の特定の者に被ばく線量が偏ることないようなローテーションを計画するための考慮
4. 介助者および公衆被ばく等の放射線防護に関する適切な指示・指導
- (1) FDG-PET 検査を受ける患者に対しては飲料水を提供し，検査を受ける前および病院から退出する前に排尿することを義務づける．
- (2) 退出した場合の注意事項について
退出後の推定される積算 γ 線量は，一件当たり 0.3 mSv の公衆被ばく線量拘束値に近くなる可能性がある．したがって，退出後 24 時間は，特に妊娠中の女子および 10 歳未満の小児との接触時間を短くすること，距離をとるなどについての防護情報の提供を行う．
病院から退出して公共の交通機関で，特に路線バスを利用する場合の指示，指導．

《教育講演》

X. 一般放射性医薬品と取扱い

間賀田 泰 寛

(浜松医科大学光量子医学研究センター)

テクネチウム-99m (^{99m}Tc) は半減期約6時間で主に141 keVの γ 線を放出し、 ^{99}Mo - ^{99m}Tc ジェネレータにより得られ、多くの化合物と種々の錯体を形成することから、現在核医学診断に広く用いられている。 ^{99m}Tc 標識放射性医薬品としては、標識製剤済みの注射薬として販売されているものと、臨床現場で ^{99m}Tc -パーテクネテートを用いて標識するキット製剤とがある。前者は放射性医薬品メーカーによってその品質が担保されるが、後者の場合にはキット製剤であるため、使用に際して調製法や品質・保管などに十分な注意が必要であり、標識後の注射液の品質は各病院が担保しなければならない。そこで、本教育講演では、 ^{99m}Tc 放射性医薬品の調製と品質管理についての注意点を概説する。

Tc は金属元素のひとつであり、+7 価から -1 価までの酸化数をとる。ジェネレータから溶出されて得られるパーテクネテートの ^{99m}Tc 酸化数は+7 価であり、化学形として TcO_4^- をとっている。このイオン自身は甲状腺等の核医学診断に利用されているが TcO_4^- は化学的反応性が乏しいため、他の錯体を形成することはできない。このため、主に塩化第一スズ(SnCl_2)を用いて+1, +3, +4, +5 価などのより低い酸化数の状態にまで還元し、他の配位子とキレート形成させるが、同時にこれらの還元型 Tc は単独で安定に存在することはできず、配位子が存在しないと加水分解され

てコロイドになる。あるいは Tc 錯体の溶液が希釈されると、安定性の低い Tc 錯体が分解されることがある。また溶液中に酸素等の酸化剤が存在すると、一旦還元された低い酸化数の Tc イオンは酸化され、より高い酸化数の Tc イオンとなり、最終的には TcO_4^- になる場合もある。このように、 ^{99m}Tc の標識反応は、配位子の濃度、 Sn^{2+} の濃度、反応液の pH、酸素の有無、反応時間など、多くの因子によって影響を受けやすい。キット製剤を用いた ^{99m}Tc 放射性医薬品の調製においては、これらの標識条件および標識操作は厳密な検討の結果、設定されたものであり、各キットに指定されている条件、方法を厳守して調製することが重要である。

目的の化学形を持つ化合物に放射能がどの程度含まれているかを示す指標を放射化学的純度といい、試料全体の総放射能に対する割合を百分率で表す。放射性の不純物が含まれていると、検査目的とは異なる臓器・組織に放射能が分布し、診断精度の低下を招くと同時に、被験者に無用の被曝を与えるので、放射化学的純度試験は非常に重要である。特に可能性の高い不純物としては、未還元 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 、加水分解物の ^{99m}Tc コロイド、キレート反応の副生成物などである。放射化学的純度の検定は一般的にろ紙クロマトグラフ法、薄層クロマトグラフ法、電気泳動法等のクロマトグラフ法が用いられる。