

## 《教育講演》

## 教 1. 急性血拴塞栓症の診断： シンチグラフィか造影ヘリカル CT か

本 田 憲 業

( 埼玉医科大学総合医療センター放射線科 )

急性肺血拴塞栓症は、かつては西洋人の疾患でわが国ではまれとされてきたが、近年増加のみられる疾患である。未診断の本症の死亡率は、正しく生前診断・治療された場合に比べ数倍も高く、診断がきわめて重要な疾患である。本症の診断には換気・血流シンチグラフィが有効と広く認められ、核医学の貢献の大きい分野である。

1990年頃から造影ヘリカルCT(CTアンギオグラフィ)により肺動脈内の塞栓子を陰影欠損として描出する方法が開発され、シンチグラフィ診断の強力なライバルとして台頭してきている。本講演では両者の診断能を比較し、核医学の課題と、将来の展望について述べる。

CTアンギオグラフィの初期報告では、診断感度、特異度ともに90%を超え、換気・血流シンチグラフィの診断能をしのぐ成績が報告されていた。近年の報告ではCTアンギオグラフィの診断能は換気・血流シンチグラフィのそれと大差がないとの報告がみられる。わが国では、CTが多くの病院で、年中無休・何時でも施行可能であるのに比し、シンチグラフィの救急対応は不十分である。検査費用の点でも、わが国ではシンチグラフィの方が高価で、不利である。シンチグラフィの利点は、造影剤の副作用歴のある患者に安全に行いうること、閉塞された血管床の大きさを直感的に把握できること、治療効果の確認や経過観察がより容易なこと、である。

核医学診断をさらに簡便化し検査時間の高速化と費用の低減をねらう試みの報告もある。胸部X線写真と血流シンチグラフィのみで診断しようとする方法の再評価である。しかし、すでに明らかにされて

いるごとく、慢性閉塞性肺疾患患者での診断特異度が悪く、換気シンチグラフィを省略することはできそうにない。

一方、CTアンギオグラフィでは亜区域枝以遠の塞栓の診断は困難であること、造影剤副作用歴のある患者や喘息患者では使用がためらわれること、などの弱点がある。急性肺血拴塞栓症では喘鳴を聴取することがあり、喘息との鑑別が問題となる場合には、造影剤の使用に慎重な判断が要求される可能性がある。しかし、多検出器列ヘリカルCTにより亜区域枝以遠の塞栓描出能が改善されるとの報告や、亜区域枝以遠の塞栓のみの症例は無治療でも予後良好とのデータがあり、上記は必ずしもCTアンギオグラフィの弱点とはならぬ可能性があり、依然として換気・シンチグラフィの強力なライバルである。

核医学の新しい可能性として、新しい血拴シンチグラフィ製剤の開発がある。この製剤は活性化した血小板に発現するGPIIb/IIIa受容体に結合するオリゴペプチドである。この製剤は急性の血拴にのみ結合すること、ヘパリン使用中の患者においても急性血拴に結合し診断可能であること、の利点がある。現在はもっぱら下肢静脈血拴症にのみ北米で使用されているが、肺の塞栓子にも原理的には集積するはずで、急性血拴塞栓症への応用が期待される。

核医学が今後も急性肺血拴塞栓症診断の首座に留まるためには、シンチグラフィ検査の救急対応(年中無休・24時間サービス提供)や新しいシンチグラフィ製剤の導入と新しい適応の開拓、など、今後一層の努力が必要である。

## 《教育講演》

## 教2. 日常診療に必要な甲状腺核医学

道 岸 隆 敏

(金沢大学バイオトレーサ診療学)

主治医は病歴，身体所見，血液生化学検査，超音波検査を検討した結果，核医学検査が必要であると判断して検査をオーダーする．主治医の意図を正しく理解するために，核医学者も患者を診療する立場で，核医学検査が甲状腺疾患の診断と治療にどのように寄与できるかを考えてみたい．

## 1. 甲状腺機能異常症の鑑別診断

## 1) 甲状腺中毒症

甲状腺機能亢進症（ほとんどがグレイブス病），破壊性甲状腺炎（亜急性甲状腺炎や無痛性甲状腺炎など），外因性甲状腺ホルモン過剰摂取の三つが代表的である．治療法はいずれも異なる．

## 2) 甲状腺機能低下症

まず，甲状腺機能低下症が可逆性であるか，不可逆性であるかを鑑別する．食餌性ヨード過剰摂取が原因である可逆性甲状腺機能低下症がしばしば経験される．医学生が現在用いているテキストは，未だ甲状腺機能低下症には永久的ホルモン補充療法が必要であるとする記載のみである．

これら甲状腺機能異常症の鑑別診断に核医学検査，ことに放射性ヨード摂取率測定は必須といって過言でない．放射性ヨード摂取率を測定する当日に甲状腺機能検査（free T3, free T4, TSH の測定）を実施することを習慣づける必要がある．なぜなら，1-2 週間のヨード制限の間に甲状腺機能が大きく変動することがまれではないからである．

2. 自律性甲状腺機能やヨード有機化障害の診断  
グレイブス病は TSH レセプタ抗体の陰性化をもつ

て寛解と判定されるが，TSH レセプタ抗体が陰性である甲状腺機能亢進症の寛解の判定には T3 抑制試験が必要である．ヒト型遺伝子組み換え TSH が使用されていない本邦では，T3 抑制試験の意義は大きく，euthyroid Graves 病や自律性機能性甲状腺結節の診断に用いられる．また，ヨード・パークロレイト放出試験によってヨード有機化障害の有無を知ることができる．

## 3. 甲状腺腫瘍の診断

甲状腺腫瘍は，超音波検査で見つけ細胞診で診断するという方法が一般的である．TSH が測定感度以下であることから自律性機能性甲状腺結節が示唆される症例を除き，甲状腺腫瘍の診断のために核医学検査を実施することはない．細胞診では，macrofollicular adenoma を除く濾胞状腫瘍は単に follicular neoplasm と報告され，濾胞状癌を診断できない．これを避けることに核医学が寄与できるかもしれない．

## 4. 甲状腺癌の進展度の評価

われわれは，癌と診断が確定して初めて CT や核医学検査を実施し，局所浸潤や遠隔転移を調べている．Tl-201 は甲状腺分化癌の転移の検出のみならず，臨床的悪性度の評価，治療効果の判定，I-131 治療効果の予測に役立つと考えられる．

## 5. 甲状腺分化癌の I-131 治療

本邦では固定量投与が一般的であるが，治療病室の改善に伴い，最大許容量投与の方針を転換したい．

《教育講演》

### 教 3. 日常診療に役立つ SPECT, PET の定量化

尾 川 浩 一

(法政大学工学部)

「PET 画像は SPECT 画像と比較して定量化に優れている」という神話はつい最近まで信じられていたと思われませんが、SPECT と PET は両者とも放射型 CT に属し、定量化という面からみますと、程度の差こそあれ原理的に同じ問題を抱えています。これらの基本的問題は  $\gamma$  線の散乱と吸収です。Tc-99m をはじめとした、核医学検査でよく用いる単光子放出核種のエネルギーはほぼ 70–160 keV 程度に分布 (PET の場合の消滅  $\gamma$  線のエネルギーは 511 keV) しますが、このエネルギー領域の光子は体内でコンプトン散乱する確率が高いため、放出された光子の多くは体内で数回のコンプトン散乱を行い、一部の散乱光子はその後、体内の原子と光電吸収を起こし消滅します。このように検出される  $\gamma$  線の光子数を減数させるもっとも大きな原因がコンプトン散乱であることは、意外な感じがしますが事実です。また、エネルギーの一部を失った散乱光子の一部は、プライマリ光子とともに検出器に入射して見かけの検出光子数を増加させますが、このような光子はプライマリ光子とは異なり、われわれが必要としているところの“線源の位置情報”を、もはや持っていません。このように  $\gamma$  線の散乱と吸収により検出光子数は大きく変化し、これが定量化を低下させる要因となります。これに付随して、SPECT ではデータの収集角度範囲 (180度か? 360度か?) の問題やコリメータの開口問題などが発生します。これらの定量化の低下は、 $\gamma$  線と人体の相互作用に起因する問題といえます。また、臓器そのものに起因するものとしては、心筋などのような臓器の動きやデータ収集中

の代謝などによる集積の変動などがあります。心筋イメージングにおける肝臓からの  $\gamma$  線の影響もこの部類に属する問題と考えられます。さらに、検査方法による定量化の低下もあります。これは SPECT などでも 2 核種を同時に使用する場合に、互いの核種からの  $\gamma$  線が散乱というような形で別の核種の計測に影響を与えるというような問題です。

核医学検査 (特に SPECT) の歴史的な背景から考えますと、再構成画像の絶対的定量化は始めから半ばあきらめられており、定量化がなくても集積部位がわかればいい、あるいは左右差を比べられればいいという程度の半定量化が要求されており、これが核医学検査の弱点ともなっていたと考えられます。しかし、前述した定量化を損なう問題に対して工学サイドの研究者、エンジニアはさまざまな補正法の提案や装置の改良を行い、これらの技術がやっと実際の臨床の現場でも行われるようになってきました。さらに、本年 4 月 1 日から施行された医療法では、ECT 画像の吸収補正のための外部線源の使用や検査室内での X 線 CT 装置の使用が可能となり、定量的な画像を提供する環境も整ったといえます。

本講演では SPECT, PET で共通する問題点を中心に、前述した 3 種類の定量化を損なう要因に関して、そのような劣化が生ずる物理的原因、劣化が臨床的な診断に与える影響、その補正法と放射線科医ならびに診療放射線技師が注意しなければならないことについて、シミュレーション、実験、臨床画像を交え、具体的に提示する予定です。

## 《教育講演》

## 教4. 日常臨床に必要な副腎の核医学

日下部 きよ子

(東京女子医科大学放射線科)

副腎の画像診断の領域では、新世代のX線CTの普及と共に1 cm以下の副腎腫瘍まで偶然に発見されるようになり、偶発腫瘍の検査手順を含めた診断法が話題となっている。副腎はがんが転移しやすい臓器でもあり、臨床的にサイレントな非機能性と推定される腫瘍では特に、悪性か、良性かの鑑別診断が治療法を決定する上で重要である。脂肪含有率が高い副腎皮質は、X線CTでは正常でも低濃度領域となり、空間分解能と濃度分解能に優れたUS、MRIを含めたこれら画像診断法は、偶発腫の性状の把握に適している。副腎腫瘍の大きさ、形状、辺縁が平滑か、内部構造が均一か、片側性か両側性か、そして造影効果が高いかどうか、さらにMRIの信号強度などの所見から鑑別されるが、臨床的に非機能性と診断されている多くの偶発腫では質的診断が難しい。

放射性化合物の特異的性質を利用する副腎シンチグラフィは、腫瘍自体の代謝機能を観察するのに適している。臨床的にサイレントであってもI-131標識コレステロール(6 $\beta$ -iodomethyl-19-norcholesterol (I-131))が腫瘍に集積すれば、病巣は副腎皮質由来の機能性と判断でき、良性と言える。またI-131標識MIBG(I-131-meta-iodobenzylguanidine)が腫瘍に集積すれば、臨床的に非機能性と診断されても、褐色細胞腫等の神経内分泌腺腫瘍と診断できる。クッシング症候群の25-30%を占めるクッシング腺腫は通常2 cm以上の大きさで、腺腫側だけにI-131標識コレステロールが高度に集積する。フィードバック機構により、正常側の副

腎は抑制されて描出されないという特徴的所見を呈する。近年注目されているPre-clinical Cushing(プレクッシング)症候群と言われる無症候性の皮質腺腫でも、腺腫側副腎の集積程度が高く、正常側は抑制されて描出されない。クッシング腺腫に類似した集積パターンを呈し、副腎皮質シンチグラフィの診断価値が高い疾患である。これらに対し結節性過形成では、両側の副腎に高度にRIが集積する所見から、比較的簡単に鑑別できる。原発性アルドステロン症では、本来病巣は小さく、腺腫か過形成かの鑑別が難しい。デキサメサゾンで抑制してシンチグラフィを行い、摂取率測定を加えてきめ細かく評価しないと、これらを鑑別することはできない。腫瘍と反対側の副腎の摂取率が抑制されているかどうか、確実な定量データが要求される。

MIBGによる副腎髄質シンチグラフィは、ホルモン測定上は非機能性と判断される副腎褐色細胞腫や、副腎外のパラガングリオーマにも高度に集積する。多発性、悪性褐色細胞腫などの拡がりを観察するのに適している。副腎褐色細胞腫が出血壊死を起こすと、壊死巣に一致してMIBGの集積が見られなくなるので注意を要する。

これら副腎皮質製剤、あるいは髄質製剤を極軽度にしかり取り込まない腫瘍性病変は、分化度の低いそれぞれの悪性腫瘍を念頭に置き、大きさと広がり考慮に入れて診断する。またこれら製剤を全く取り込まない偶発腫は、非機能性副腎腫瘍のほか、転移腫瘍、浸潤性病変などを疑う。

内分泌臓器が持ち合わせる特異的代謝機能とフィードバック機構を利用することができる副腎核医学は、病巣局所の機能を把握して疾患の意味付けをしていく分野である。精度の高い結果を得る上で、I-131 検出にあったコリメータを使用し、時間をかけて十分量の放射能を収集すると共に、適宜、正確な摂取率測定を組み合わせることが必須条件となる。

- 1) Coakley J, Kettle AG, Wells CP: Tc99m sestamibi—A new agent for parathyroid imaging. *Nucl Med Commun* 1989; 10: 791–794.
- 2) O’Doherty MJ, Kettle AG, Wells CP, et al: Parathyroid imaging with technetium-99m-sestamibi; Preoperative localization and tissue uptake studies. *J Nucl Med* 1992; 33: 313–318.
- 3) Geelhoed GW, Druy EM: Management of the adrenal “incidentaloma.” *Surgery* 1982; 92: 866–874.
- 4) Ross NS, Aron DC: Hormonal evaluation of the patient with an incidentally discovered adrenal mass. *N Engl J Med* 1990; 323: 1402–1405.
- 5) Reincke M, Nieke J, Krestin GP, et al: Preclinical Cushing’s syndrome in adrenal “incidentalomas”; Comparison with adrenal Cushing’s syndrome. *J Clin Endocrinol Metab* 1992; 75: 826–832.
- 6) Shapiro B, Copp JE, Sisson JC, et al: I-131-Iodine-metaiodobenzylguanidine for the locating of suspected pheochromocytoma; experience in 400 cases. *J Nucl Med* 1985; 26: 576–585.
- 7) Krenning EP, Bakker WH, Breemon WAP, et al: Localization of endocrine-related tumors with radioiodinated analogue of somatostatine. *Lancet* 1989; 1: 242–244.
- 8) 山本和高, 石井 靖, 古舘正従, 他: In-111-DTPA-D-Phe-octreotide の消化管ホルモン産生腫瘍を対象とした第三相臨床試験. *核医学* 1995; 32: 1269–1280.
- 9) Krenning EP, Kwekkeboom DJ, Bakker WH, et al: Somatostatin receptor scintigraphy with (In-111-DTPA-Phe) and (I-123-Try<sup>3</sup>)-octreotide; The Rotterdam experience with more than 1000 patients. *Eur J Nucl Med* 1993; 20: 716–731.

## 《教育講演》

## 教5. 腎機能定量 how &amp; when

伊藤和夫

(札幌鉄道病院放射線科)

核医学的手法による腎機能定量法は大きく2つに分類することができる。1つは体外計測法で他の1つは採血あるいは採尿を用いた試料計測法である。腎臓核医学検査はI-131-OIHを用いたレノグラム検査に始まり、スキャナーによる腎実質像撮影、ガンマカメラによる血流および動態イメージ、コンピュータ利用によるレノグラム動態解析へと発展してきた。また、利尿剤やカプトプリル負荷方法が開発され、水腎症や腎血管性高血圧症の鑑別診断、SPECT検査とTc-99mを用いた腎盂腎炎後の腎瘢痕の診断など、腎シンチグラフィは様々な腎疾患の診断および病態解析に広く利用されている。

一方、Cr-51-EDTA, I-125-iothalamate や Tc-99m-DTPA を用いた採血法は、ヨーロッパおよび米国では簡便で正確な糸球体濾過率(GFR)算出法として利用されている。また、Tc-99m-MAG3を用いた1点採血法に関しても、Russell, Bubeck, Piepszらの算出式が報告され、投与後40分前後の採血からERPF(あるいはTER)の正確な算出が可能となっている。腎シンチグラフィによる腎機能定量法は基本的に個別腎機能評価法としてはきわめて優れた方法である。しかし、現在の体外計測法としての腎シンチグラフィによる総腎機能の測定精度は、採血法に比較して明らかに低いことが問題とされ、そのような問題を抱えながらも広く

臨床で利用されている。最も理想的な核医学的腎機能定量法は腎シンチグラフィと採血法を併用して施行することである。しかし、採血法それ自体は手技が煩雑なため、腎シンチグラフィとは別に、単独で施行されているのが実状である。

一口に腎機能と言っても、GFR, 腎血漿流量, 尿濃縮能, 電解質再吸収など対象となる腎機能は多彩である。一方、Tc-99m-DTPAによる糸球体濾過率(GFR), Tc-99m-MAG3による有効腎血漿流量(ERPF, あるいは近位尿細管排泄率: TER), Tc-99m-DMSAによる腎機能的容積量(functional renal mass)など、腎臓核医学検査によって得られる腎機能のパラメータの種類およびその解析法も多彩である。しかし、腎機能の基本的パラメータはクリアランスであり、核医学的手法による腎機能パラメータ算出法も各放射性医薬品に共通する部分が多い。

今回の講演では、Tc-99m-DTPAを中心に、体外計測法と採血法による定量的総腎機能算出法(how)の基本的原理、算出時期(when)、適応疾患および病態(what)に関して述べるとともに、両測定法の精度に関するわれわれの知見を紹介する。さらに、腎シンチグラフィの腎機能定量法の精度を向上させる方法として、新しいタイプの井戸型シンチレーション計測器の臨床応用についても紹介する。

## 《教育講演》

## 教 6. 肝シンチグラフィによる術後機能評価

河 相 吉

(関西医科大学放射線科)

肝切除後の残存肝の代償性再生肥大(以下, 残肝再生)について論ずる場合, 機能的再生と形態的再生の両面から検討できる. 形態的再生に関しては, CT を用いた肝体積測定法が現状では最も簡便かつ正確な方法と考えられる. 機能的再生については蛋白合成能や ICG による検討がみられる. 正常肝は 70~80% の肝切除が可能であり, 残肝容積の回復は 1~2 か月でプラトーとなる. 肝硬変併存例では肝切除の範囲が制限され, 残肝容積の回復も遅延し 9 か月から 15 か月を要する報告もある. 機能的再生は肝容積に比して遅延し, とりわけ肝硬変広範切除例で強くみられる.  $^{99m}\text{Tc}$ -ガラクトシルヒト血清アルブミンジエチルトリアミン五酢酸 ( $^{99m}\text{Tc}$ -GSA) を用いた SPECT 肝シンチグラフィは, アシアロ糖蛋白受容体活性にもとづく肝機能とともに肝容積についても同時に評価が可能である. 本講演では, 当院で経験した成人肝切除例の術前と術後 6 か月までの肝機能と肝容積の推移について GSA の結果を提示する.

## 1) GSA 機能指標

肝切除前, 術後 2 週, 4 週, 3 か月, 6 か月の GSA の各種指標の平均値についてその経時的変動パターンをみると, LHL15 は投与 30 分後の肝摂取率と同様であったが, 術前値との間に有意差はみられなかった. HH15 はコンパートメント解析から算定した最大受容体結合量  $R_{\max}$  と同様な推移を示し, 術後 3 か月で有意な増悪をみた.  $R_{\max}$  はさらに術後 2 週, 4 週においても有意差をみとめ, 残肝再生の機能指標としては  $R_{\max}$  が最も有効な指標である.

## 2) 肝切除後の肝体積と実質肝機能の回復

2 区域以上の広範切除がなされた群での切除後の

肝容積の回復は術後 3 か月で切除前の 95%, 6 か月で 99% となったのに対し,  $R_{\max}$  は術後 3 か月で 79%, 6 か月で 97% と, 機能的な回復は形態的な回復よりも遅延していることが示された.

## 3) 肝切除後早期の肝機能変化

術後 2 週の  $R_{\max}$  が術前よりも増大した例は約半数 (45%) にも及んでいた. その多くは部分肝切除もしくは 1 区域切除までの切除範囲の比較的小さい例であるが, 2 区域以上の広範切除を行った例においても同様な術後早期の機能増大が観察されている. 切除を契機とした肝への再生刺激が切除による肝機能量の喪失を上回る程度にまで発現された結果と考えられる.

## 4) 全経過からみた残肝再生

硬変肝における平均値では, 術直後の 2 週から 3 か月後まで  $R_{\max}$  は遷延した低下を示し, 術後 6 か月で回復をみた. 慢性肝炎でも同様に術後 3 か月まで  $R_{\max}$  は遷延した低下を示し, 術後 6 か月で回復をみた. 個々の術後経過をみると術後 2 週から 6 か月まで単調に増大回復していくとは限らず, とりわけ術後 3 か月の  $R_{\max}$  が術後 1 か月よりも逆に低下した例は肝硬変例の 33%, 慢性肝炎例の 64% にも及んでいた. これらの症例は術後 6 か月にはいずれも増大しており, 術後 3 か月でみられる一過性の機能低下現象である. CT による報告でも術後 1 か月以内の急速増大相に続いて術後 1 か月前後から 2 か月の縮小相が観察されている. 残肝再生過程における機能低下が容積の減少に遅れて出現するものと解釈される.

サイトカインである肝再生因子と抑制因子の最新知見と併せて残肝再生の病態生理について考察する.

## 《教育講演》

## 教7. やさしい核医学動態解析

秀毛 範 至

(旭川医科大学放射線科)

日常臨床で施行されている核医学検査の多くは、検査対象となる臓器の血流、あるいは、その臓器特有の機能に関する情報を収集することを目的としている。これらの情報は、通常、生体内に投与されたトレーサの動態(体内トレーサ分布の空間的、時間的变化)を反映した画像データとして収集される。これらの画像データから、診断に必要な情報を視覚的に抽出し、病態診断を行っていくのが核医学診断のプロセスである。また、核医学において扱う情報はデジタル化しやすく、また、臨床上容認しうる程度の定量性をもつことから、画像データの解析によりトレーサ動態を特徴づける数値パラメータを抽出し、定量的に臓器の血流、機能の評価を行うことも可能である。これらのトレーサ動態解析による定量評価を診断過程に加えると、評価の客観性を高める効果がある。現在、種々のトレーサ動態解析法が施行されているが、本講演では、臨床で汎用されているコンパートメントモデルに基づく薬物動態解析手法について、これらに付随する基本事項は最小限にして、実際に本手法を使って数値パラメータを得ることを目標に概説する。

## 1. 解析手順と基本事項

基本的には、以下のステップに沿って解析をすすめる。

## コンパートメントモデルの構築

コンパートメントモデルは、薬物動態を記述するための理論上のモデルであり、基本的には、薬物が分布するコンパートメント(血液、組織間質など)、コンパートメント間の薬物移動を規定する速度定数から構成される。これに、薬物の投与量、方法(bolus, infusion)を加味すると、各コンパートメント内

の薬物量が時間とともにどのように変化していくかが決定され、理論値として計算することができる。この段階では、コンパートメントモデルの基本部品とその組立方を理解しておくことが重要である。

## 理論値の計算

コンパートメント内薬物量の理論値の計算には、まず、モデルを微分方程式による表現に変換し、これを解いて陽関数を求めるか、数値積分法により微分方程式から各コンパートメント内の薬物量を直接計算する。

## 曲線あてはめ

非線形最小2乗法を用いて、観察値と理論値が、最も適合するように速度定数を決定する。実際のアルゴリズムは複雑であるが、非線形最小2乗法の原理は、理解しておく。

## あてはめ結果の診断

残差2乗和、相関係数、理論値と観察値の残差の分布などから、曲線あてはめ結果を診断する。また決定パラメータの推定誤差、パラメータ間の相関などを検討し、モデルに問題があれば、最初のステップにもどって再検討する。問題なければ、解析終了。

## 2. コンパートメントモデル解析の実際

実際に画像から取りだしたデータをもとに、臨床で使用頻度の高い、入力関数と組織分布モデルを組み合わせたハイブリッドモデル(脳血流、脳レセプタなど)と通常の2コンパートメントモデル(腎、肝など)の2つについて、モデル解析数値計算ソフトとして、WINSAM(フリーウェア)を使用し、上述の基本事項と解析手順に沿って、実際の解析方法について概説する。

## 《教育講演》

## 教 8. 脳血流 SPECT 読影のポイントとピットフォール

土 田 龍 郎

(福井医科大学放射線科)

本講演では、1) 脳血流 SPECT 画像に影響を与える因子、2) 各種脳疾患における脳血流 SPECT 画像のポイント、3) 脳血流 SPECT 画像におけるピットフォールとは？ について述べる。

## 1) 脳血流 SPECT 画像に影響を与える因子

脳血流 SPECT 検査はトレーサの静注に始まり、データ収集、再構成を経て、表示された画像を読影するに至るが、その各段階において画質に影響を及ぼす因子が存在する。不適切な処理が行われた画像は、誤診を招く可能性があり、各処理段階での注意点について説明する。

## 2) 各種脳疾患における脳血流 SPECT 画像のポイント

脳血流 SPECT が施行される主な疾患は次のようなものであり、それぞれの疾患について読影のポイントを説明する。また、正常像の特徴についても簡単に述べる。

## i) 脳血管障害

最も脳血流 SPECT が施行される頻度が高い病態で、発症早期より異常を検出しうるため、その有用性は高い。脳血管障害では、その時期や責任部位、発症後の経過により CT、MRI といった形態画像との乖離が見られる。代表的なものとしては、luxury perfusion、crossed cerebellar diaschisis (remote effect)、early postischemic hyperperfusion などがあり、これらについて症例を呈示しながら説明す

る。また、ダイヤモンド負荷による脳血管反応性の判定や絶対値定量の必要性の有無についても述べる。

## ii) てんかん

焦点の同定に有用とされてきたが、実際には発作間歇期での焦点同定は困難であり、焦点の検出率向上には、発作と検査のタイミングをはかることが必要である。

## iii) 変性疾患(痴呆性疾患)

アルツハイマー病をはじめとする変性疾患でも脳血流 SPECT が施行される。変性疾患においては、病変の主座の違いが鑑別に有用とされており、これらについて症例を呈示しながら説明する。

その他、施設によっては脳血流 SPECT が脳死判定の補助項目としてあげられており、客観的評価ができる検査としての評価を得ている。これも症例を呈示して説明する。

## 3) 脳血流 SPECT におけるピットフォールとは？

1)、2) より、ピットフォールを生み出す要因は、不適切な条件での画像呈示や形態画像、臨床情報なしでの脳血流 SPECT 画像のみでの読影と考える。実際の読影にあたっては、これらの点に留意しながら脳血流 SPECT 画像の読影を進めることが大切である。

## 《教育講演》

## 教 9. 核医学診療に必要な放射線防護と安全管理の知識

中 村 佳代子

(慶應義塾大学医学部放射線科)

核医学検査で受ける放射線被曝は自然にあびている放射線の量と比較して大きな値ではない。自然にあびている放射線の量、がんの自然発生率、奇形児が産まれる確率などを考慮すれば核医学検査による放射線被曝なぞ心配するには及ばない、と言うのは容易である。しかし、これらの被曝は避け得ることのできる被曝であり、検査や治療を受けた患者さんの周囲の人たちにしてみれば迷惑な被曝でもある。また、検査や治療に伴うがんの発生率や奇形の可能性を高いと見るか否かは個人によって異なる。核医学検査は他の放射線診断と異なり、患者さん自体が放射性物質となって移動する。したがって核医学診療に一定の規制が設けられることはやむを得まい。しかし、だからこそ核医学診療の合理性をいかに説くかが本診療に携わっている者の重要な責務となる。合理的な説明には放射線防護と管理について正しい理解が必要である。本講演では以下のような仮想的(しかし、よくある)状況にどう対処するかを答えながら、防護と管理について述べる。

[技師:A] 核医学検査室に乳児を抱いて女性患者が現れた。子供はぐっすり眠っている。聞くと、どこも子供を預かってくれないので連れてきたと言う。何かまずいのかと怪訝そうに聞かれた。

[技師:B] 骨シンチ製剤を調製しておいたが、患者さんがこなかったので、捨てずに学生実験用にマウスに注射して生体内分布を調べさせた。マウスは殺して、そのまま動物室に廃棄したと話したら怒られた。しかし、患者さんは検査の後そのまま病棟や家に帰るので、自分に手落ちはなかったと思っている。

[患者:C] 放射性医薬品を注射された後、血が止まるまで綿で押さえられているように言われた。綿は検査室を出る前に捨てるように注意された。綿は検査室で捨てたが、トイレは検査室を出てから行った。何かまずいことをした気がする。

[患者:D] アイソトープを用いて基礎研究を行う研究所に勤めている。昨日ガリウムシンチの検査を受けて、本日出勤し、いつものように研究室に入る前に汚染モニターに手をかざした途端に警報が鳴った。会社からはしばらくの間職場にくるなと言われた。仕事ができなくなるのではと不安である。

[放射線科医:E] 肝シンチ製剤を調製して患者さんに投与した後、バイアルに薬がまだ充分残っていたので外科医と相談して至急センチネルノードの検索を行った。外科医からは感謝され、また機会があったら声をかけてくれと言われた。

[看護婦:F] 放射性医薬品の治験を受けている患者さんを病棟で受け持っている。いつものように定刻に採血をして血液を2本の試験管に分けた。一本は血液中のRIを測定するために放射線科に持って行くように言われている。もう一本は通常の生化学検査用に臨床検査室に運ぶように手配したが、メッセージにも検査室にも特に何も言わずにおいた。

[介護士:G] 寝たきりの痴呆症の患者さんを介護している。今、核医学検査室から戻ったばかりだが、オムツの交換をする時間なので“注意”して取り替えるよう言われた。何を注意するのか、なぜ注意するのかわからない。

## 《教育講演》

## 教 10. Nuclear Medicine Training in the United States

**Prasuna Inampudi, M.D.**

Department of Radiology, University of Michigan Medical Center,  
Ann Arbor, Michigan, U.S.A.

**Sandi A. Kwee, M.D.**

Division of Nuclear Medicine, Department of Radiology,  
University of Washington Medical Center, Seattle, Washington, U.S.A.

In the United States, there are two routes for certification to practice Nuclear Medicine: 1) Post-doctoral training in a Diagnostic Radiology Residency program approved by the American Board of Radiology requires 5 years of training including a year of clinical training in medicine, surgery, pediatrics, obstetrics and gynecology, neurology, emergency medicine, family practice or any combination of these. A minimum of 6 months, but no longer than 12 months of Nuclear Medicine training is required during 4 years of training in diagnostic radiology. 2) Post-doctoral training in Nuclear Medicine approved by the American Board of Nuclear Medicine also requires a year of preparatory post-doctoral training in clinical medicine approved by the Board, followed by dedicated training in Nuclear Medicine for a period of 2 years. In addition, the

American Board of Nuclear Medicine supports various combined programs with Diagnostic Radiology, Internal Medicine, Cardiology, and Neurology boards. In this session, Nuclear Medicine training will be reviewed by trainees from these two different training approaches, and issues relating to training including their daily work, certification process, research involvement, job opportunities will be discussed. Trainees will offer their candid opinions on diverse facets of Nuclear Medicine training in the United States. Through this discussion, the audience will learn the unique aspects of these two approaches as well as their limitations. Young Nuclear Medicine trainees and physicians are encouraged to attend this session and discuss comparisons of training programs in the USA and Japan.

## 《教育講演》

## 教 11. 骨軟部病変の核医学診断

隅 屋 寿

(金沢大学医学部附属病院核医学診療科)

当施設では、手術または生検された骨軟部病変すべてについて、整形外科、病理、放射線科、核医学科合同のもとに毎月カンファレンスを行っており、各症例はすべての画像、病理所見を含め詳細に検討される。十数年の間にこのカンファレンスに登場した数百症例の経験から得られた蓄積のうち、核医学診断に関する貴重なノウハウを公開する。通常のテキストに書いてあることのくり返しは避け、治療効果の予測も含めた正しい診断に到達するポイントを示したい。

## 1. タリウムシンチって本当に役に立つの？

欧米の核医学関連の雑誌にも骨軟部病変に対するタリウムシンチグラフィの有用性を述べた論文は多い。いわく「悪性腫瘍にはタリウムが強く集積するが、良性病変への集積は弱い。定量評価をすると両群には有意差があり、良悪の鑑別に有用である」などとよく書かれてあるが、実際使ってみると意外に間違いが多いという印象を持っている方もいるであろう。「タリウムが強く集積したため悪性腫瘍を疑い手術を施行したが、良性病変だった。」という話もしばしば聞かれる。このような失敗に懲りて核医学検査を全く信用しない臨床医(時には画像診断医)もいる。では、論文に書いてあることは嘘なのか。口には出さないが、多くの人が抱いているこの疑問に対する答えを示したい。

## 2. 「集積がない」ことの意義

「集積がない」という表現をよく目にするが、厳密にいうとこれにはいくつかの場合があり、その区別は重要である。今までは「集積がある」ことが注目されてきたが、視点を変え「集積がない」ことの意義を考えてみたい。

## 3. 「究極の画像診断」とは？

限りなく病理診断(所見)に近づく tissue characterization が「究極の画像診断」かのように思われているが、はたしてそうだろうか。別の見方、活用のしかたもあるのではないだろうか。諸批判は覚悟の上で、この問いに対するひとつの回答を骨軟部病変の診断に関して示してみたい。

## 参 考 文 献

- 1) Sumiya H, et al: Nuclear imaging in bone tumors: Thallium-201 scintigraphy. *Seminars in Musculoskeletal Radiology* 2001; 5: 177-182.
- 2) Sumiya H, et al: Midcourse thallium-201 scintigraphy to predict tumor response in bone and soft-tissue tumors. *J Nucl Med* 1998; 39: 1600-1604.
- 3) Taki J, Sumiya H, et al: Assessment of P-glycoprotein in patients with malignant bone and soft-tissue tumors using technetium-99m-MIBI scintigraphy. *J Nucl Med* 1998; 39: 1179-1184.
- 4) Taki J, Sumiya H, et al: Evaluating benign and malignant bone and soft-tissue lesions with technetium-99m-MIBI scintigraphy. *J Nucl Med* 1997; 38: 501-506.

## 《教育講演》

## 教 12. 心筋血流 SPECT イメージング 目的に応じた読影のポイントとピットフォール

石 田 良 雄

( 国立循環器病センター放射線診療部 )

心筋血流 SPECT イメージングは主として虚血性心疾患に対して適用されるが、その目的は様々である。したがって、検査の依頼目的に沿った読影を行的確な情報提供を行うことが必要となる。また、読影に際しては患者の高齢化という最近の傾向に配慮することが必要であり、これを怠れば診断結果に影響がでる。本講演では、検査目的別に読影のポイントとピットフォールを示し、高齢化に関わる今日的な問題を取り上げる。

### [1] 冠動脈疾患のスクリーニング

胸痛を主訴とする外来患者や外科手術の術前患者に、冠動脈疾患のスクリーニングを目的として運動負荷(薬剤負荷)心筋血流 SPECT 検査が実施され、結果が陰性であれば冠動脈造影を実施しないという診断フローチャートが一般的になりつつある。本スクリーニングに際して重要なポイントは、sensitivity を下げる偽陰性と specificity を下げる偽陽性の発生要因である。偽陰性の要因としては負荷エンドポイントの不適正(負荷不十分)が最重要である。偽陽性の要因には、技術的なものとして、(1)乳房や横隔膜による attenuation artifact、(2)撮像中の患者の体動による motion artifact、(3)局所心筋肥大による hot-spot artifact がある。病態的なものとして、(1)完全左脚ブロック、(2)冠攣縮の誘発、(3)冠微小循環障害の存在などがある。これらの要因の関与を想定して読影することが必要である。また、attenuation artifact に対する  $^{99m}\text{Tc}$  標識製剤と心電図同期収集の採用、motion artifact へ

の画像処理による補正、完全左脚ブロック例へのジビリダモール負荷の適用などの対応策を取り入れることも考慮されるべきである。

### [2] 冠動脈疾患の重症度評価

安静時血流欠損(心筋梗塞サイズを反映する)、負荷時欠損(冠動脈狭窄病変を反映する)に基づく重症度評価が行われる。共に、男女別の正常ファールを利用して定量的な解析に委ねることがより客観的である。負荷による肺集積増加、一過性左室内腔拡大、ECG gated SPECT と QGS での左室駆出率低下などの情報も効果的に利用すべきである。

### [3] 冠血行再建術の適応決定

冠血行再建術の適応決定のための心筋 viability 評価には、負荷時欠損への fill-in 現象が有力な指標となるが、プロトコールの適正化(再静注法の採用)や、判定においては fill-in がなくても集積度の基づく判定を加味することが必要である。

### [4] 冠血行再建術後の再狭窄診断

再狭窄は負荷時欠損の再出現に基づいて診断されるが、冠血行再建術から 1 ヶ月以内では偽陽性率が高く、検査のタイミングを考慮した判定が必要である。また、負荷時欠損が冠血行再建術実施部位の再狭窄によるか、あるいは残存狭窄によるかの判定は非常に重要である。

### [5] 非冠動脈疾患への応用

冠微小循環障害の検出を目的として、非冠動脈疾患へ運動負荷(薬剤負荷)心筋血流 SPECT 検査が実施される場合がある。局所的な異常が観察され

る肥大型心筋症のような場合には診断的に有効であるが、瀰漫性の異常の検出には不適當であり、PET による絶対的冠血流予備能評価に委ねなければならない。

#### [6] 高齢者問題

運動負荷に際して負荷が十分かけられない、撮像時の上肢挙上が困難である、撮像時の体動が多く最近の多検出器型 SPECT 装置では画像への影響がより強くなるなどの問題があり、読影に際して配慮されなければならない。