

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

2014

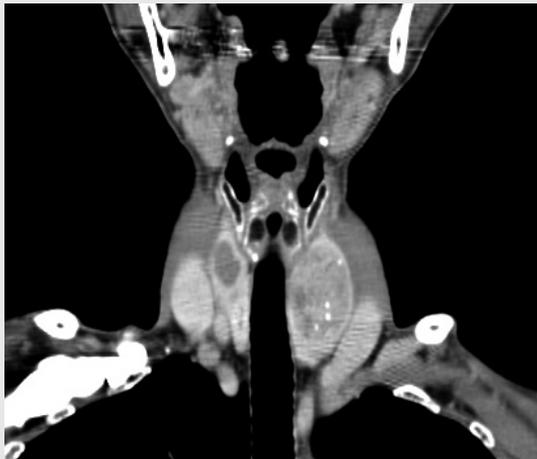
Vol.47 No.5

9月号 65~80頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算221号(奇数月刊行)

<http://www.meteo-intergate.com>(本誌論文検索用)



See Page 66

-
- [症 例] ^{99m}Tc -MDPを用いた骨シンチグラフィにて甲状腺髄様癌への集積を認めた一例 … 66
 - [リレー講座] 核医学技術の基礎「心筋SPECTにおける吸収補正・散乱補正の基礎」 …… 69
 - [リレー講座] 診療に役立つ核医学の基本—専門医試験も見据え—「医薬品・検査その2」 … 72
 - [症例クイズ] 解答編(平成26年3月の症例検討会から) …………… 74
 - [随 想] テクネチウム専用核医学診療施設の新設—患者の為の核医学の利用普及を … 76
-

症 例

^{99m}Tc -MDPを用いた骨シンチグラフィにて 甲状腺髄様癌への集積を認めた一例

Uptake to medullary thyroid carcinoma in ^{99m}Tc -MDP bone scintigraphy

川崎 真紗子¹⁾ KAWASAKI Masako 吉村 真奈¹⁾ YOSHIMURA Mana 小泉 潔²⁾ KOIZUMI Kiyoshi

Key words : medullary thyroid carcinoma, ^{99m}Tc -MDP, bone scintigraphy

《はじめに》

骨シンチグラフィは ^{99m}Tc 標識リン酸化合物が骨代謝部位へ集積する様子を可視化した検査法であるが、しばしば骨外集積がみられる。甲状腺髄様癌への ^{99m}Tc -MDP集積を認めた一例を経験したので報告する。

《症 例》

患者：68歳 女性

主訴：特になし

既往歴：萎縮性胃炎，食道裂孔ヘルニア

《臨床経過》

1か月前に心窩部痛にて近医を受診した際、採血にてCEAの高値を指摘され、某大学病院を受診した。FDG-PET/CTにて甲状腺左葉に集積があり(図1)、採血上CEAおよびカルシトニンの高値を認めたため甲状腺髄様癌を疑われ、手術目的にて当院を紹介され受診となった。

超音波検査上、甲状腺左葉中部に境界明瞭な結節(径29×17×39mm)を認め、内部に石灰化が散見された(図2A)。また右葉にも集簇した石灰化結節(径7×5×11mm)を認めた(図2B)。所属リンパ節の腫大はみられなかった。

造影CTにて甲状腺両葉に石灰化を伴う低吸収域を認めたが(図3A, B)、頸部リンパ節転移や肺転移は指摘できなかった。骨転移検索のため同時期に ^{99m}Tc -MDPによる骨シンチグラフィが行われた。全身骨には転移を疑う異常集積はみら

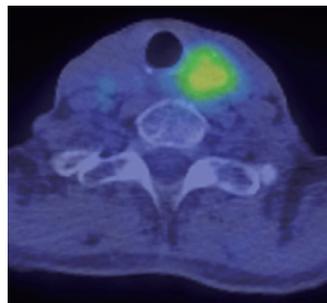


図1 PET/CT. 甲状腺左葉のみ強い限局性集積が認められる。

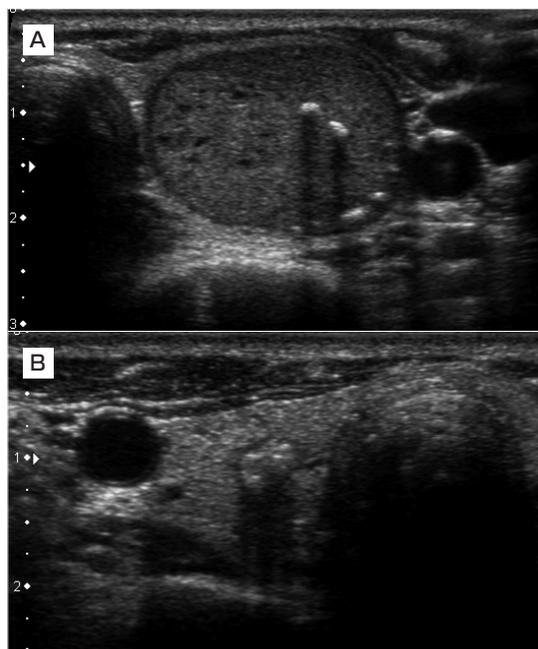


図2 超音波検査. A: 甲状腺左葉内の結節性病変内部に音響陰影を伴う石灰化が散見される。B: 甲状腺右葉内にも結節性病変が認められ、左葉同様の石灰化が確認される。

1) 東京医科大学病院放射線科 〒160-0023 東京都新宿区西新宿6-7-1
TEL : 03-3342-6111 FAX : 03-3348-6314 E-mail : 1107bluemoon@gmail.com

Department of Radiology, Tokyo Medical University Hospital

2) 東京医科大学八王子医療センター放射線科



図3 頸部造影CT. A:冠状断にて甲状腺右葉にリング状の石灰化, 左葉に複数の小石灰が認められる。B:同レベルでの水平断。

れなかったが, 左頸部腹側に限局性集積を認めた(図4)。甲状腺左葉の腫瘍に一致した集積であり, 甲状腺髄様癌自体への異常集積と推定された。なお, 甲状腺右葉の腫瘍に一致する集積は検出できなかった。

入院の上, 甲状腺癌 T2N0M0 の診断で甲状腺全摘術+頸部郭清術(D1)が施行された。術中病理組織検査の結果は, 左葉はclass V(髄様癌), 右葉はclass Iであった。術後一過性に血清カルシウム値の低下を認めたが, 徐々に改善がみられた。全身状態良好であったため, 第10病日に退院となった。

《考 察》

甲状腺髄様癌に^{99m}Tcリン酸化合物が集積したという報告は少なく, 今回検索した限りでは6例のみであった¹⁻⁶⁾。そのうち原発巣に集積したのは1例のみで¹⁾, 残りの5例は転移巣への集積例であった²⁻⁶⁾。^{99m}Tc標識リン酸化合物の甲状腺腫瘍



図4 骨シンチグラフィ. 甲状腺左葉のみに限局性集積が認められる。なお, 全身骨には転移を示唆する異常集積を指摘できなかった。

への集積に関しては, 1984年にGartyらによって報告されている⁷⁾。彼らは甲状腺腺腫への^{99m}Tc-MDPの集積を2例報告しており, 1例は胸部X線撮影および病理組織検査にて石灰化を認め, 同部位に一致して集積が確認されたが, 他の1例では内部に石灰化を認めなかった。

Gartyらは骨外集積の機序として以下の3つの仮説をたてた。

- ①化学吸着の過程で, リン酸はカルシウムと類似した機序で石灰化した腺腫に沈着する
- ②虚血や壊死による細胞膜の透過性の亢進により細胞内カルシウムおよびミトコンドリア内リン酸が増加する
- ③腺腫形成の様々な段階で酵素が活性化し, これらの酵素と^{99m}Tc-MDPとの親和性が高まる

またAliらは髄様癌の多発肝転移への^{99m}Tc-MDP集積を経験している²⁾。転移巣は壊死性変化をきたしており, 彼らは骨外集積の機序として, 以下を仮説だてた。

1. 血流変化や血管透過性亢進
2. リン酸酵素の濃度上昇
3. 腫瘍の壊死性変化
4. 細胞内カルシウムの代謝亢進
5. 肉学的石灰化巣の表面でのイオン交換の変化

以上, 種々の仮説が存在するものの, 髄様癌のみならず, 甲状腺腫でも集積が認められるため, 骨シンチグラフィでの正確な集積機序は不明であるのが現状である。本症例では, 超音波検査やCTにて甲状腺両葉の病変に石灰化を認めたにも関わらず, FDG-PET/CTおよび骨シンチグラフィでは左葉病変にしか集積が見られなかった。これ

は、形態学的検査上、両葉の病変に共通して石灰化を散見し、類似した所見を呈しているという点をふまえると、PET/CTはもとより骨シンチグラフィの集積も、石灰化に起因しているというよりは、腫瘍の病勢が強く糖ヤリン酸化合物の代謝亢進状態を反映しているためと考えられる。

甲状腺癌以外にも、 ^{99m}Tc 標識リン酸化合物の腫瘍自体への集積はたびたび見受けられ、肺、乳腺、消化管の粘液腺癌への集積などが知られている⁵⁾。さらに、いまだ報告されていない悪性腫瘍に ^{99m}Tc 標識リン酸化合物が集積する可能性は十分考えられる。

《おわりに》

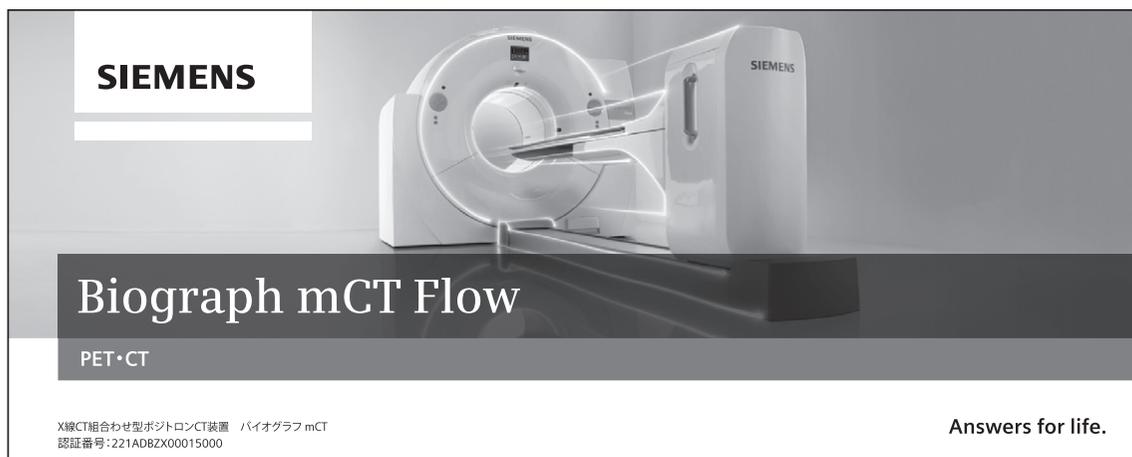
骨シンチグラフィにおいて、頸部に塊状の ^{99m}Tc リン酸化合物の集積を認めた場合、甲状腺結節への骨外集積の可能性がある。同様に骨以外の部位で限局性集積があった場合、真に骨への集積でないことを確認の上、RI注射部位や尿汚染といったアーチファクトや生理的集積でないことを吟味したのち、原発巣や転移巣等の悪性病変、あるいは活動性炎症等の良性病変の可能性を考慮する必要がある。

《参考文献》

1) Shigeno C, Fukunaga M, Yamamoto I, et al. Accumulation of Tc-99m phosphorus

compounds in medullary carcinoma of the thyroid: Report of two cases. Clin Nucl Med 1982; 7: 297-298.

- 2) Ali I, Johns W, Gupta SM. Visualization of hepatic metastases of medullary thyroid carcinoma on Tc-99m MDP bone scintigraphy. Clin Nucl Med 2006; 31: 611-612.
- 3) Clarke SEM, Lazarus CR, Wraight P, et al. Pentavalent [^{99m}Tc]DMSA, [^{131}I]MIBG, and [^{99m}Tc]MDP-An evaluation of three imaging techniques in patients with medullary carcinoma of the thyroid. J Nucl Med 1988; 29: 33-38.
- 4) Johnson DG, Coleman RE, MacCook TA, et al. Bone and liver images in medullary carcinoma of the thyroid gland: concise communication. J Nucl Med 1984; 25: 419-422.
- 5) Zuckier LS, Freeman LM. Nonosseous, nonurologic uptake on bone scintigraphy: Atlas and analysis. Sem Nucl Med 2010; 40(4): 242-256.
- 6) Tokue K, Furuse M. Usefulness of the ^{99m}Tc -MDP scan in the detection of calcified liver metastases. Nuklearmedizin 1990; 29: 231-233.
- 7) Garty RG, Risescu J. Extrasosseous ^{99m}Tc -MDP uptake in mediastinal thyroid goiter: two case reports. Eur J Nucl Med 1984; 9: 521-524.



SIEMENS

Biograph mCT Flow

PET・CT

X線CT組合わせ型ポジトロンCT装置 / バイオグラフmCT
 認証番号: 221A08ZX00015000

Answers for life.

リレー講座

核医学技術の基礎

「心筋SPECTにおける吸収補正・散乱補正の基礎」

森 一晃 MORI Kazuaki

《はじめに》

心筋SPECTの撮像では、ガンマ線と人体の相互作用によって起きる吸収と散乱によって正確な放射能分布の計測ができない。横隔膜によるガンマ線の吸収は下後壁領域のカウント低下として、乳房による吸収の影響は前壁のカウント低下としてあらわれ、散乱線の影響は血流低下部位のコントラスト低下や心内腔のカウント上昇としてあらわれる。このような吸収と散乱による画質劣化を補正するためには、正確な吸収係数マップを得るためのtransmission CT (TCT)と、散乱線を推定し除去する手法が必要である。

《吸収補正》

心筋SPECTの撮像範囲である胸部部には、骨、肺(空気)、軟部組織といった吸収係数の異なる臓器が含まれており、均一な吸収体を仮定した方法(Chang法, Sorenson法)では正確な補正はできない。不均一な吸収体の吸収係数分布を測定し、吸収係数マップを作成する必要がある。吸収係数マップの作成法にはTCT法、セグメント法がある。

TCT法

・外部線源を用いたTCT法

検出器に対向して外部線源を配置し、その線源からの放射線が被検体を通過して検出器に入射するガンマ線により吸収係数分布画像が作成できる。使用する外部線源としては ^{153}Gd (半減期: 242日, ガンマ線: 97keV, 103keV), ^{133}Ba (半減期: 10.5年, ガンマ線: 356keV)などがある。外部線源を用いる吸収補正の場合、SPECTとTCTを同時収集することで検査時間の延長は避けられ、患者スループットの低下は生じない。しかし、外部線源の放

射能が減衰した場合には収集時間の延長が必要になることや、収集時間が不足した場合には不十分な収集画像による補正精度の低下が生じる。また、線源管理の手間や ^{153}Gd では線源の更新コストの問題、 ^{133}Ba ではdown-scatterが $^{99\text{m}}\text{Tc}$ や ^{201}Tl の収集ウィンドウに混入するといった課題もあり、臨床の現場ではほとんど使われなくなった。

・X線CTを用いた方法

X線CT画像から吸収係数マップを作成することで吸収補正を行う。X線CTを用いる場合、CTのHU値をガンマ線の吸収係数に換算するテーブルが必要となる。HU値が<0の物質は水類似のエネルギー依存性を持つこととし、HU値が>0の物質は水と骨の混在するエネルギー依存性を持つこととしたHU値0で傾きが変わる換算テーブルを使用している(図1)。X線CTの実効エネルギーが低いため、管電圧ごとにガンマ線の吸収係数への換算テーブルが必要だが、X線CTの管電圧の違いによるHU値の変動や管電流の違いによるノイズの影響は補正後のSPECT画像にはあまり影響しない。一方で、X線CT撮像による被ばくの増加、X線CTとSPECTの位置ずれによりアーチファクトが生じるなどの問題もある。日常検査

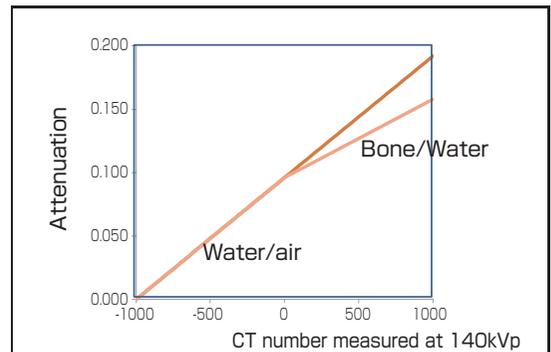


図1 X線CT画像による吸収係数換算テーブル

虎の門病院放射線部 〒105-8470 東京都港区虎ノ門2-2-2

TEL : 03-3588-1111 内線3840 FAX : 03-3582-7068 E-mail : kazuaki.mori@nifty.com

Dept. of Nuclear Medicine, Toranomon Hospital

ではSPECT装置とX線CT装置を一体化したSPECT/CTが有用で、多列型の検出器を搭載した診断用X線CTと組み合わせたタイプと減弱補正用小容量X線CTを組み合わせたタイプの2種類がある。

セグメント法

・SSPAC(segmentation with scatter and photo peak window data for attenuation correction)法
 人体構造を大まかに軟部組織、肺、骨などのセグメントに分けて、それぞれに吸収係数を与え吸収係数マップを作成する。専用装置・器具は必要なく、triple energy window (TEW)法のサブウィンドウ画像から体輪郭を抽出し、メインウィンドウ画像から心臓、肝臓を抽出する。モデル縦隔と胸骨を加えて吸収係数マップを作成する。この方法は散乱線画像から体輪郭、肺野外縁を抽出しているため、心筋カウントが高く散乱成分が少ない^{99m}Tc製剤の負荷時SPECTでは、体輪郭抽出が適切にできないこともある。

《散乱補正》

シンチレーションカメラでは収集エネルギーウィンドウの中に散乱線が混入するため、散乱線と一次線を弁別して収集することはできない。そこで収集データ中に含まれる散乱線を推測して除去する方法がとられる。散乱線の推測は、マルチウィンドウ法とコンボリューション法に大別される。

マルチウィンドウ法

・Dual energy window subtraction(DEWS)法
 低エネルギー側に設定したサブウィンドウで得られたカウントにスケールファクターを掛けることで、光電ピーク内の散乱線を推定する。簡便な方法でほとんどの機種に应用可能だが、散乱線ウィンドウで計測されるデータが光電ピークウィンドウ内の散乱光子と対応していない。
 ・Triple energy window(TEW)法
 光電ピークのメインウィンドウの両端に小さい幅のサブウィンドウを設定し、2つのサブウィンドウのカウントからメインウィンドウ内の散乱線を台形近似して推定する。トータルカウントから、散乱線カウントを減算して一次光子のカウントを求める。この計算はピクセルごとに行われるため、低カウントピクセルでも一次光子成分が除去されることはない。

コンボリューション法

・Transmission dependent convolution subtraction(TDCS)法
 ガンマ線の吸収が大きいところほど散乱線分画も上昇するという関係から外部線源やX線CTによるTCTから吸収係数分布を求め、散乱のビルドアップ係数を測定して、各画素の散乱線の割合を回転角度ごとに求めて散乱補正をおこなう。TCTの代わりにemissionデータの輪郭抽出を使用することもできる。
 ・Effective source scatter estimation(ESSE)法
 吸収体中の散乱線の動向をモデル化して、投影像の散乱成分を推定する。散乱線線源カーネルと相対的減弱係数カーネルをモンテカルロシミュレーションにて算出しておき、実際に得られた放射能分布をコンボリューションした像に対して係数をかけて総和したのち、電子密度分布を考慮して実効散乱線線源画像を得る。
 最近では、画像再構成の計算式に種々の物理現象モデルを係数として組み込むことができるようになり、散乱補正も逐次近似再構成の中で行われる。前述のコンボリューション法のほかには、メイン

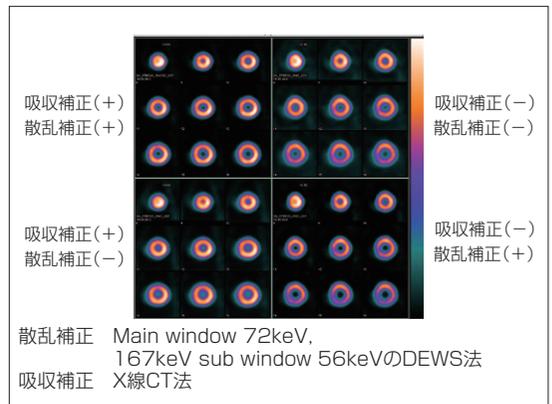


図2 吸収・散乱補正の効果

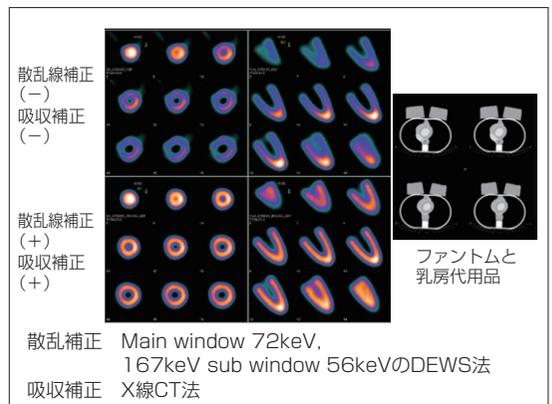
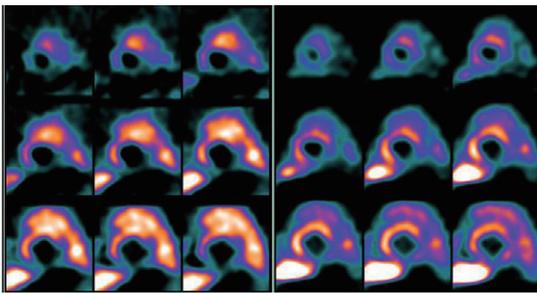


図3 乳房代用品を乗せたファントムによる吸収・散乱補正の効果



吸収・散乱補正なし 吸収・散乱補正あり

図4 ^{123}I -MIBG SPECT画像

ウィンドウと散乱ウィンドウを設定して各投影データを収集してTEW法とほぼ同様の方法を逐次近似再構成に組み入れる補正法もある。

《心筋シンチにおける吸収・散乱補正》

心筋SPECT画像では、散乱補正を行わず吸収補正のみを行った場合は下壁側が過補正となり、吸収補正を行わず散乱補正のみ行った場合は下壁のカウン低下が増強されるなど正確に補正ができないため、吸収・散乱の両補正を行う必要がある(図2)。乳房代用物を乗せた心・肝ファントムを用いて、SPECT/CTによる吸収・散乱補正の効果をみたところ、補正前の画像では下後壁及び前壁側でのカウン低下がみられたが、吸収・散乱補正後はカウン低下が改善し、均一に心筋が描出された(図3)。実際の臨床では、肺野内に膿瘍などがあり血管支配領域に一致しないカウン低下を生じている場合や腕を下げたままでSPECTを収集した場合などに、ガンマ線の吸収による影響を改善することができる。とりわけ、 ^{123}I -MIBGの検査においては、肺野の高集積によって補正なし画像では心筋と肺野の境界が判別しにくく心筋集積が不明瞭になることが多々あるが、補正後の画像では心筋部が明確に描出される(図4)。

SPECT/CTを用いた吸収・散乱補正画像は、全てにおいて良好な画像が得られるわけではなく、前壁から心尖部にかけてカウンが低くなり、下後壁側が過補正になる場合がある。この現象の原因としては、①SPECT画像とCT画像での臓器の位置ずれ、②心筋外集積による散乱線の影響、あるいは散乱補正の不足、③心尖部の心筋厚が薄いことによる部分容積効果の影響、などが挙げられる。吸収・散乱補正後の画像で前壁側に明らかなカウン低下がみられる場合は、SPECT画像とCT画像の位置ずれが原因であることが多い。SPECTの心筋部分がCTから作成した吸収係数

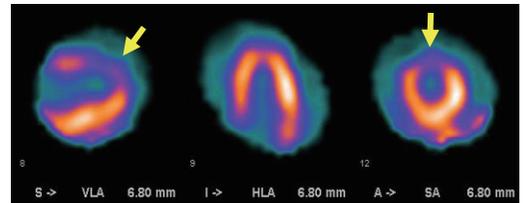
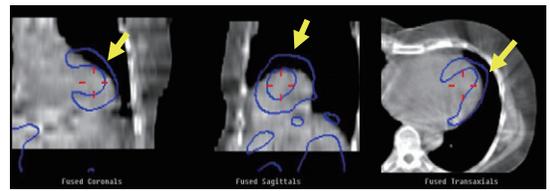


図5 SPECT画像とCT画像の位置ずれの影響

マップの肺野にはみ出し、肺の吸収係数で補正されるために吸収補正は不十分になり、前壁側でカウン低下になってしまう(図5)。これを修正するためにQCソフトによる位置合わせ確認と手動による再調整は欠かせないステップである。また、SPECT画像の横隔膜/肝臓の位置に比べて、CT画像の横隔膜/肝臓の位置が高いため下後壁が過補正となることもある。しかし、心尖部から前壁にかけては心筋が薄いことにより部分容積効果によって相対的に前壁側でカウンが低下して見えることも考えられ、SPECT画像とCT画像の間での位置ずれだけが原因ではない。診断においては、減弱・散乱補正画像を用いることで冠動脈病変診断能は右冠動脈領域の特異度と左回旋枝の感度が大きく改善するが、前壁から心尖部のカウン低下の影響によって、左前下行枝領域の特異度がやや低下する。

《まとめ》

心筋SPECTにおける吸収・散乱補正に関して、吸収補正におけるTCTによる吸収係数マップの作成と散乱補正における散乱線の推定方法について解説した。SPECT/CTはX線CTを使うことによって分解能に優れた吸収係数マップが作成でき、画像再構成の中に散乱補正も組み込めることから、日常臨床で精度の高い吸収・散乱補正が可能である。補正画像の作成ではSPECT画像とCT画像の位置合わせ確認と手動再調整が重要である。心筋SPECTの補正後の画像は、特に下後壁領域でのカウン低下が改善し、虚血診断の特異度が向上する。ただし、位置合わせ再調整をしても心尖部から前壁にかけてカウンが低下する傾向はみられるので、読影には補正前の画像と補正後の画像の両方を併用するのが望ましい。

リレー講座

診療に役立つ核医学の基本—専門医試験も見据え—
「医薬品・検査その2」

小須田 茂 KOSUDA Shigeru

前号に引き続き、核医学専門医認定試験問題の解説をする。

問題9 以下の組み合わせで、誤っているのはどれか。1つ選べ。

- a. $^{201}\text{TlCl}$ ————— 門脈大循環短絡
- b. $^{99\text{m}}\text{Tc-Sn colloid}$ ————— 消化管出血
- c. $^{99\text{m}}\text{Tc-GSA}$ ————— 肝硬変
- d. $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ ————— 胆汁漏
- e. $^{99\text{m}}\text{Tc-PMT}$ ————— 新生児黄疸

正解：d

解説

日常、臨床に使用される放射性医薬品とその適応疾患に関する問題が毎年、出題される。核医学の基礎事項であるので、もう一度学習しておく必要がある。保険適用外の放射性医薬品とその応用も出題される。

門脈大循環短絡評価には、門脈シンチグラフィが施行される。直腸内投与法が一般的で直腸上部にカテーテルを介して空気で押し出すように注入する。用いられる放射性医薬品は $^{201}\text{TlCl}$ 、 $^{123}\text{I-IMP}$ 、 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ である。門脈圧亢進症で門脈一体循環短絡が存在すると $^{201}\text{TlCl}$ では心筋が、 $^{123}\text{I-IMP}$ では肺が、 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ では心臓が描出される。短絡量を定量化することができる。

消化管出血シンチグラフィには $^{99\text{m}}\text{Tc-HSA-D}$ が用いられることが多いが、 $^{99\text{m}}\text{Tc-Sn colloid}$ (スズコロイド)、 $^{99\text{m}}\text{Tc-フチン酸}$ 、 $^{99\text{m}}\text{Tc-RBC}$ (インビボ、セミインビボ標識)が用いられることもある。 $^{99\text{m}}\text{Tc-Sn colloid}$ (スズコロイド)、 $^{99\text{m}}\text{Tc-フチン酸}$ は肝、脾に速やかに取り込まれる。肝、脾、骨髄以外の描出は消化管出血が示唆される。肝、脾の

描出が読影の妨げになることもあるがハイブリッド型SPECT/CT装置を用いればその難点は克服される。塩化第一スズピロリン酸を予め静注し、20~30分後に採血して $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ と赤血球標識した後、再び静注する(セミインビボ標識)。

$^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$ は糸球体濾過物質であり、腎動態シンチグラフィに用いられている。肝臓には集積しない。

乳児黄疸には先天性胆道閉鎖症と乳児肝炎がある。その鑑別には $^{131}\text{I-rose bengal}$ が過去に用いられてきたが、現在は $^{99\text{m}}\text{Tc-PMT}$ が用いられている。

文献

1. 阿部光一郎. 消化器・泌尿器の核医学検査. 第14回日本核医学会春季大会テキスト. 2014, pp68-71.
2. 河 相吉. 消化器核医学. 放射線医学 核医学・PET・SPECT. 小須田 茂編, 金芳堂, 京都, 2012, pp55-61.

問題10 核医学検査目的と放射性医薬品の組み合わせで、正しいのはどれか。2つ選べ。

- a. 肝予備能の評価 ————— $^{99\text{m}}\text{Tc-GSA}$
- b. 総胆管囊腫の診断 ————— $^{99\text{m}}\text{Tc-PMT}$
- c. メッケル憩室の診断 ————— $^{99\text{m}}\text{Tc-DTPA}$
- d. 門脈大循環シャントの診断 ————— $^{99\text{m}}\text{Tc-フチン酸}$
- e. 消化管出血の検出 ————— $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$

正解：a, b

解説

$^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ は甲状腺シンチグラフィのほか、唾液腺シンチグラフィ、異所性胃粘膜の診断に用いられる。メッケル憩室の60%には異所性胃粘膜を有

している。

文献

1. 小須田 茂, 核医学検査・SPECT (single photon emission computed tomography). 榎林 勇, 杉村和朗, 監修. 富山憲幸, 中川 恵一, 編. 放射線医学 放射線医学総論. 金芳堂, 京都, 2012, pp151-159.

問題11 診断用放射性医薬品の記述について誤っているのはどれか。1つ選べ。

- a. 物理的半減期のため有効期間は一般医薬品に比べてきわめて短い。
- b. 放射性化合物による薬理作用は通常無視できる。
- c. 医薬品であるので、放射線分解を考える必要はない。
- d. 要指示医薬品である。
- e. 使用に際しては医療法の規制を受ける。

正解：a

解説

放射性医薬品とは、診断、治療のために用いる放射性化合物のことを言う。放射性医薬品の投与量は非常に微量であるので、薬理効果はない。一定の臓器に選択的に集積し、臓器の生理機能を反映しているという医薬品としての性質をもっていなければならない。患者に投与するため、一般の医薬品と同じ質の管理が要求される。放射線分解はおきない。

物理的半減期は ^{81m}Kr の13秒、 ^{99m}Tc の6時間、 ^{131}I の8日、 ^{89}Sr の50日などさまざまである。このように、放射性医薬品の有効期間がきわめて短いということはない。しかし、検定日に使用することが望ましい。

混乱しやすいのは有効期間と有効半減期である。体内に取り込まれたRIは血流によって移動する。その分布は核種によって異なる。排泄経路も尿、糞便、汗、呼気などがあるが、 ^{131}I 、 ^{123}I 、 ^{125}I は甲状腺に、 ^{89}Sr 、 ^{226}Ra 、 ^{223}Ra などは骨に長く留まる。体内量の実際の減少は物理的半減期のみでなく生物的半減期にも依存し、実効半減期として以下のように表される。最近は有効半減期とは言わず、実効半減期という。実効半減期 T_{eff} 、物理的半減期 T_{p} 、生物的半減期 T_{b} の関係は、 $1/T_{\text{eff}} = 1/T_{\text{p}} + 1/T_{\text{b}}$ である。

放射性医薬品は要指示医薬品に含まれる。要指示医薬品とは、薬事法に基づいて、厚生大臣が指定する一群の医薬品で、医師の指導のもとに用いなければ適切な効果が発揮できないばかりか、危険を伴うおそれのあるものをいう。

核医学施設での放射性医薬品の使用、運用に当たっては法的手続きの対象となる。放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行令、放射性同位元素等による放射線障害の防止に関する法律施行規則(障防法)、医療法、医療法施行令、医療法施行規則(医療法)、薬事法、薬事法施行令、薬事法施行規則(薬事法)、労働安全衛生法、電離放射線障害防止規則(労衛法)の4つの法令がある。医療法に基づく手続きは大きく分けて2つである。装置の備付等に関する届出で各都道府県知事宛てとして所轄の保健所に届け出る。保険診療報酬の施設基準に関する届出で各都道府県社会保険事務所に届け出る。

文献

1. 日本アイソトープ協会. 6版 放射線取扱の基礎. 【第1種放射線取扱主任者試験の要点】. 日本アイソトープ協会編, 丸善, 東京, 2009, p253.
2. 最新臨床核医学改訂第3版, 利波紀久, 久保敦司編, 金原出版, 東京, 1999, p33, 455-546.
3. 渡辺敬仁, 金谷信一. 法的手続き. 必携! がん診療のためのPET/CT読影までの完全ガイド. 日下部きよ子, 編, 金原出版, 東京, 2006, p48-61.
4. 医療放射線防護連絡協議会. 医療領域の放射線管理マニュアル2006 Q&A・医療関係法令. 医療放射線防護連絡協議会編, 日本アイソトープ協会, 東京, 2008, pp171-352.

症例クイズ

解答編(平成26年3月の症例検討会から)

橋本 禎介¹⁾ HASHIMOTO Teisuke小泉 潔²⁾ KOIZUMI Kiyoshi

出題編は、前号(vol.47 No.4, p58-59)をご覧ください。今回はその解答編となります。前号の画像を参照しながら下記解答と解説をご覧くださいと理解しやすいと思います。なお、キー画像のみ今

度も掲載します。解答をお寄せ頂いた方々には感謝申し上げます。心ばかりの品を発送させていただきます。

《症例1》昭和大病院 須山淳平先生 出題

正 解：4)肺動脈肉腫

前号の画像所見：初回造影CT(前号図1)；肺動脈本幹～右肺動脈に造影欠損が認められる。3か月後造影CT(前号図2)；肺動脈の造影欠損が認められ、初回造影CTより増大している。¹⁸F-FDG PET/CT(前号図3 a b, 今回全身像のみ図1に示す)；右肺動脈の低吸収域に一致して、SUVmax 5.86 → 9.73の強いFDG集積を認めた。

図1 ¹⁸F-FDG PET検査MIP像

解 説：本症例は肺動脈肉腫の症例である。¹⁸F-FDG PET/CTでは右大腿骨と肋骨にFDG集積が認められたため、右大腿骨病変に対し骨生検がされたが、悪性所見は確認されなかった。右肺切除がされ、intimal sarcomaの診断となった。肺動脈肉腫の発生は稀であり、また組織型も様々である。ただし、いずれも予後不良であるため、組織型は治療法の選択に寄与しないと考えられている。死因は進行性の右心不全が多く、手術後の平均生存期間も10か月であり治療法については確立されていない。手術後は化学療法や放射線治療が、再発・転移の抑制を期待して行われる事が多い。症状は呼吸苦、胸痛、咳嗽、痰等の呼吸器症状が多い。

検査法として、心電図や肺動脈造影では血栓と肺動脈内腫瘍と鑑別は困難である。また、造影CTでは、壊死・変性により造影効果が非常に弱く、むしろ肺動脈塞栓の診断に陥る可能性があるため、造影効果の有無についてはMRIを施行した方が良い。CTは浸潤や転移の評価において有用である^{1) 2)}。Eun Jeong Leeらの報告では、肺動脈肉腫および腫瘍栓群と、肺動脈塞栓症群での対比で、SUVmax3.5を閾値とした場合、感度100%と特異度100%で鑑別可能とされている³⁾。このため、肺動脈塞栓症と肺動脈肉腫の鑑別には、造影MRIと共に¹⁸F-FDG PETが有用と考えられた。

1) 獨協医大 放射線科 〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林880

TEL : 0282-86-1111 E-mail : teisuke@dokkyomed.ac.jp

2) 東京医科大学八王子医療センター 放射線科 〒193-0998 八王子市館町1163

TEL : 042-665-5611 FAX : 042-665-1796 E-mail : kkoi@tokyo-med.ac.jp

なお、回答者のお一人から次のような意見が出ていました。「肺動脈血栓症(急性、慢性とも)だとすると、抗凝固療法にも関わらず増大しているのがおかしい。感染性肺動脈血栓症とすると、肺炎で入院したので感染の既往はありそうだが、やはり抗凝固療法に反応しないのが合わない。高安病とすると、MIP像で他の動脈の所見に乏しい(これだけの血栓を来してくるとすると、もっと動脈炎の活動性が高いと思われる)。Fusion像を見るとやや低そうな集積だが、SUVは後期相で9と比較的高いので、矛盾しない。活動期の血栓とも迷うが、肺動脈肉腫を考える。」

《参考文献》

- 1) Attinà D, Niro F, Tchouanté P, et al. Problems in the differential diagnosis. Radiol Med 2013; 118(8):1259-68.
- 2) Restrepo CS, Betancourt SL, Martinez-Jimenez S, et al. Tumors of the pulmonary artery and veins. Semin Ultrasound CT MR 2012; 33(6):580-90.
- 3) Lee EJ, Moon SH, Choi JY, et al. Usefulness of fluorodeoxyglucose positron emission tomography in malignancy of pulmonary artery mimicking pulmonary embolism. ANZ J Surg 2013; 83(5):342-347.

《症例2》千葉県がんセンター 田口 英俊, 戸川 貴史, 久山順平先生 出題

正 解：4) 神経鞘腫

キー画像：¹⁸F-FDG PET 検査 MIP および fusion 像(前号図5/6, 今回図2/3)

その後の臨床経過：PET/CT 施行後、乳癌のリンパ節転移を除外するためにEUS-FNA(超音波内視鏡下穿刺吸引術)を施行し、神経鞘腫の診断であった。その後は半年ごとにCTあるいは腹部超音波検査にて経過観察を行ったが、2年後の経過観察時の造影CTでは、増大傾向を認めている(図4)。

解 説：本症例では、実は2年前の造影CT(図5)でも腫瘤影を認めていたが、PET/CT 施行時点でやや増大傾向を認めていた。神経鞘腫は高度なFDG集積を認めるため、担瘤患者や癌の既往が

ある患者を読影する場合に、リンパ節転移と紛らわしいことがある。神経鞘腫は、無症状で術前診断が可能であれば必ずしも手術の対象にはならないため、画像や術前の生検などで診断されることが肝要である。また、FDG-PET/CT 読影時に後腹膜腫瘍を見た場合、鑑別診断として神経鞘腫を考える必要がある。

なお、回答者のお一人から次のような意見が出ていました。「副腎腺腫としてはやや位置が高く、少し造影効果が弱い。転移性腫瘍は否定できないものの、この大きさにしては集積が弱い。悪性リンパ腫も可能性があるが、より神経鞘腫のほうが、CTでの不均一な濃度で椎体周囲にあることが合う。さらにはparagangliomaの可能性もあると思う。」

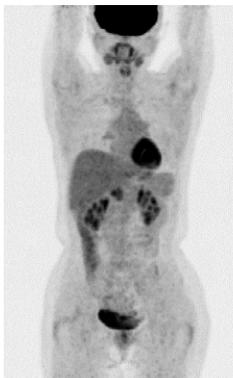


図2 ¹⁸F-FDG PET 検査 MIP 像

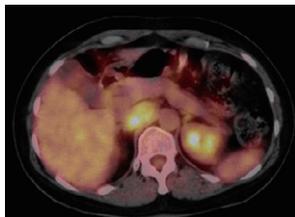


図3 ¹⁸F-FDG PET 検査 fusion 像



図4 2年後の腹部造影CT



図5 2年前の腹部造影CT

随 想

テクネチウム専用核医学診療施設の新設— 患者の為の核医学の利用普及を

町田 喜久雄

埼玉医科大学名誉教授, 第37回日本核医学会会長

一般の病院では、患者が核医学の恩恵を中々受けられないように思います。

原因の一つには、設備の基準が大変厳しくて、一般病院では設置できないのが原因の一つだと思います。

それで、関係の諸先生にお願いですが、インビボ核医学検査の大部分を占める、安全なテクネチウム(Tc-99m)のみのシンチグラム検査を行う施設、すなわち大規模な換気や排水施設を必要としない施設(CTやMRI検査施設と同じ程度の放射線診療施設に限りなく近い)を認めるように運動ないし検討をお願いしたいと思います。

半減期6時間のテクネチウム(Tc-99m)は10半減期の60時間経過すれば、ほぼゼロになりますし、ガンマ線のエネルギーも140KeVと低いので遮蔽も簡単です。

そうすれば、核医学診療を行う施設は、建設費、

維持費などが飛躍的に減少し、検査室も増加し、患者の恩恵も増えると思います。

例えば、乳癌・前立腺癌で、骨シンチグラフィを受けられない患者、認知症で脳血流シンチグラフィを受けられない患者、狭心症で心筋シンチグラフィを受けられない患者などが日本には大勢いるのが現状です。テクネチウム(Tc-99m)標識シンチグラフィは、これらの患者の治療に貢献するところが大変大きく、周知の事実です。

大胆な提案ですが、まず学会で小委員会でも立ち上げてくださいませんか？RI協会やメーカーの人たちにも参加して貰って是非ご検討をお願いします。

日本に約13,000台有るCTの台数の3分の1でもガンマカメラが普及したらと思います。

もちろんこの新施設には、責任者として核医学専門医が常勤で居ること大事です。

SHIMADZU
Excellence in Science

リサーチからスクリーニングまで 拡がる臨床価値

国産最高峰のPETに、64列128スライスCTを搭載したEminence STARGATE。完全分離型ガントリを採用し、PET定量検査を要求される最先端の研究施設からオンコロジー検査が主体の短時間検査が必要な臨床施設まで、多様な検査に柔軟に対応します。また、カーディアックパッケージを搭載することにより、がん診断・治療を中心としたPET/CTの利用が、さらに循環器領域へも拡がります。

eminence
STARGATE



製造販売認証番号：219008ZX00784000

High flexible PET/CT System

株式会社 島津製作所 医用機器事業部

604-8511 京都市中京区西ノ京桑原町1 TEL (075) 823-1271 www.med.shimadzu.co.jp

TOSHIBA
Leading Innovation >>>

GCA-9300R™ 登場。

To meet your demand for the highest quality.
最高のSPECT画像を『GCA-9300R』で。



東芝メディカルシステムズ株式会社

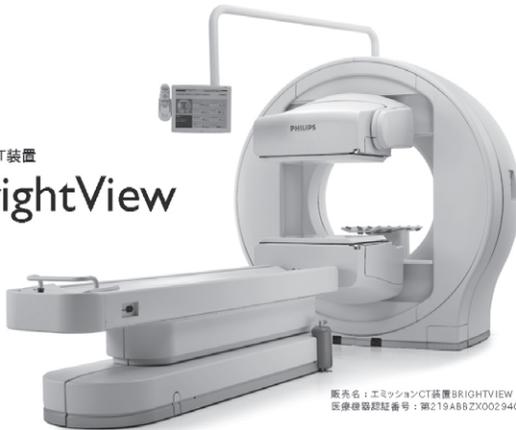
本社 〒324-8550 栃木県大田原市下石上1385番地
<http://www.toshiba-medical.co.jp>



デジタルガンマカメラ GCA-9300R 認証番号: 225ADBZX00120000

SPECT装置

BrightView



販売名: エミッションCT装置BRIGHTVIEW
医療機器認証番号: 第219A88ZX00294000号

HITACHI
Inspire the Next

クローズアップテクノロジー

被検者との距離による空間分解能の劣化を低減し、高画質を得られます。

ワークフロー

先進的デジタル技術が、画像処理の高速化と優れた操作性を提供します。

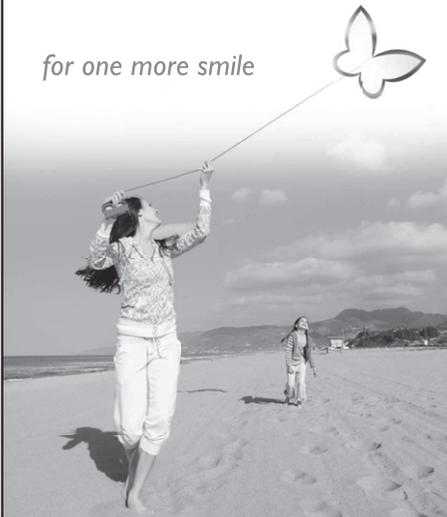
ピンポイントディテクター

大視野・薄型設計と高い基本性能を実現、快適な検査環境を創りだします。

株式会社日立メディコ

URL www.hitachi-medical.co.jp 〒101-0021 東京都千代田区外神田4-14-1 秋葉原UDX

for one more smile



遺伝子組換えヒト型甲状腺刺激ホルモン製剤 **薬価基準収載**

タイロゲン® 筋注用 0.9mg

ヒトチロロビン アルファ(遺伝子組換え)筋注用凍結乾燥製剤
生物由来製品/処方せん医薬品注)

注) 注意—医師等の処方せんにより使用すること

効能・効果、用法・用量、禁忌を含む使用上の注意等については、添付文書をご参照ください。

Thyrogen®
thyrotropin alfa for injection

【製造販売元・資料請求元】

genzyme ジェンザイム・ジャパン株式会社 ぐすり相談室

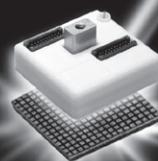
A SANOFI COMPANY 〒163-1488 東京都新宿区西新宿三丁目20番2号
TEL:0120-255-011 FAX:03-6301-4045 <http://www.genzyme.co.jp/>

2013年9月作成

アンガー型検出器の登場から半世紀。
いま、核医学検査に新たな足跡が刻まれます。

NEXT STEP

半導体検出器。それは未来への、刻印。



Discovery NM 530c

私たち人類に大きな衝撃を投げかけた足跡。
約半世紀という長い時の流れを超え、いま、核医学検査に歴史的な一歩が刻まれます。Discovery NM 530c。

人体から出る微弱な放射線を、直接電気信号に変える半導体検出器を搭載。しかも、この半導体検出器の特長を生かすため数々の技術をここに集約しました。検出器を回転させることなくボリウムスキャンを可能とするデータ収集、感度と分解能のバランスを効率的に追求した集束コリメーション技術、最適な画質を得るための3D逐次近似画像再構成技術。GEは「Alcyone Technology」と名付けたこれらの技術を、余すことなくDiscovery NM 530cにつぎ込みました。

これこそ極めて革新的なニュースとして語り継がれる未来への刻印です。





ドパミントランスポーターを可視化

処方せん医薬品[※]
放射性医薬品・脳疾患診断薬

薬価基準収載

ダットスキャン® 静注

放射性医薬品基準イオフルバン (129I) 注射液

注) 注意—医師等の処方せんにより使用すること

禁忌 (次の患者には投与しないこと)

本剤及び本剤の成分に対し過敏症の既往歴のある患者

効能又は効果

以下の疾患の診断におけるドパミントランスポーターシンテグラフィー・パーキンソン症候群・レビー小体型認知症

用法及び用量

通常、成人には本剤1バイアル(111~185MBq)を静脈内投与し、投与後3~6時間に頭部のシンテグラムを得る。

使用上の注意

1. 慎重投与 (次の患者には慎重に投与すること)

- 重篤な肝機能障害のある患者 [血中に滞留することがある (「薬物動態」の項参照*)。]
- 重篤な腎機能障害のある患者 [血中に滞留することがある (「薬物動態」の項参照*)。]
- 飲酒に対し強い反応を示す患者 [本剤はエタノールを5%含有するため、アルコールの中枢神経系への影響が強くなるおそれがあるため、本剤を投与する場合には問診により適切かどうか判断すること。]
- 排尿障害のある患者 [膀胱部の被曝が増加することがある (「吸収線量」の項参照*)。]

2. 重要な基本的注意

- 診断は他の関連する検査結果や臨床症状等を併せた根拠に基づいて総合的に判断すること。
- 診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合にのみ投与することとし、投与量は最少限度にとどめること。
- 本剤の投与により過敏症反応を示すことがある。投与に際しては必ず救急処置の準備を行うこと。

3. 相互作用

併用注意 (併用に注意すること)

薬剤名等	臨床症状・措置方法	機序・危険因子
選択的セロトニン再取り込み阻害薬 —フルボキサミンマレイン酸塩 —パロキセチン塩酸塩水和物 —塩酸セルトラリン	線条体と背景組織における本剤の集積比が上昇する可能性がある。画像を評価する際に留意すること。	本剤は背景組織に発現するセロトニントランスポーターにも結合するため、背景組織における本剤の集積が低下する可能性がある。
中枢神経刺激薬—メチルフェニデート塩酸塩 三環系抗うつ剤—アモキサピン 食欲抑制剤—マシンドール コカイン系製剤—コカイン塩酸塩 中枢興奮剤—メタンフェタミン塩酸塩	線条体における本剤の集積低下の原因となる可能性がある。画像を評価する際に留意すること。	線条体における本剤の特異的結合を競合的に阻害する可能性がある。

4. 副作用

(症例提供: 順天堂大学医学部附属順天堂医院)

<国内臨床試験>

国内第Ⅲ相試験 (全42例) において、副作用は認められなかった。

<海外臨床試験及び海外市販後データ>

海外臨床試験 (全1064例) において、40例 (3.8%) に副作用 (臨床検査値の異常を含む) が認められた。主な副作用は、頭痛15例 (1.4%) 及び悪心8例 (0.8%) であった。

(1) 重大な副作用

過敏症: 投与後局所反応 (0.1%), そう痒及び紅斑 (頻度不明) 等の過敏症があらわれることがあるので、投与後も観察を十分にを行い、異常が認められた場合には適切な処置を行うこと。

(2) その他の副作用

	1%以上	1%未満	頻度不明*
過敏症	—	—	過敏症反応
精神・神経系	頭痛	浮動性めまい、蟻走感	—
感覚器	—	回転性めまい	—
消化器	—	悪心、空腹、口内乾燥	—
その他	—	味覚異常、血腫、注射部位血腫	注射部位疼痛

*海外の市販後における報告のため頻度不明

5. 高齢者への投与

一般に高齢者では生理機能が低下しているため、患者の状態十分に観察しながら慎重に投与すること。

6. 妊婦、産婦、授乳婦等への投与

妊婦又は妊娠している可能性のある婦人及び授乳中の婦人には、原則として投与しないことが望ましいが、診断上の有益性が被曝による不利益を上回ると判断される場合にのみ投与すること。

7. 小児等への投与

小児等に対する安全性は確立していない (現在までのところ、使用経験がない)。

8. 適用上の注意

(1) 投与速度: 投与時に注射部位疼痛の起こる可能性を抑えるため、少なくとも15秒以上かけて本剤を静脈内に投与すること。

(2) 撮像前後: 膀胱部の被曝を軽減させるため、撮像前後にできるだけ患者に水分を摂取させ、排尿させること。

包装

167MBq (2.25mL) / シリンジ 1本

*その他の項目については添付文書をご参照ください。

®: 登録商標

資料請求先



日本メジフィジックス株式会社

〒136-0075 東京都江東区新砂3丁目4番10号 <http://www.nmp.co.jp/>

製品に関するお問い合わせ先

☎0120-07-6941

2013年12月作成

FUJIFILM



放射性医薬品／
心交感神経診断薬・神経芽腫診断薬・褐色細胞腫診断薬
処方せん医薬品[※]

ミオ[®]MIBG-I123注射液

放薬基：3-ヨードベンジルグアニジン(¹²³I)注射液 薬価基準収載

放射性医薬品／
心臓疾患診断薬・心機能診断薬・副甲状腺疾患診断薬
毒薬[※]・処方せん医薬品[※]（※：「カーディオライト[®]第一」のみ）

カーディオライト[®]第一/注射液 第一

放薬基：ヘキサキス(2-メトキシイソブチルイソニトリル)テクネチウム(^{99m}Tc)注射液 調製用/注射液 薬価基準収載

放射性医薬品／
心臓疾患診断薬・腫瘍(脳、甲状腺、肺、骨・軟部、縦隔)
診断薬・副甲状腺疾患診断薬
処方せん医薬品[※]

塩化タリウム-Tl201注射液

日局：塩化タリウム(²⁰¹Tl)注射液 薬価基準収載

注) 注意-医師等の処方せんにより使用すること

★「効能又は効果」、「用法及び用量」、「使用上の注意」等
については添付文書をご参照ください。

製造販売元

富士フイルム RIファーマ株式会社

資料請求先：〒104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビル
ホームページ：http://ri.fujifilm.co.jp

TEL03(5250)2620

放射線診療研究会会長

小須田 茂 研究会事務 林 克己

〒359-8513 埼玉県所沢市並木3-2 防衛医科大学校 放射線医学講座

臨床核医学編集委員長

小泉 潔 (発行者、投稿先)

〒193-0998 東京都八王子市館町1163 東京医科大学八王子医療センター放射線科

TEL. 042-665-5611 FAX. 042-665-1796 E-mail: kkoi@tokyo-med.ac.jp

臨床核医学編集委員

百瀬 満 (副編集委員長)、波田伸一郎、小須田 茂、戸川貴史、本田憲業、百瀬敏光

2014年9月20日発行

2013年5月改訂