

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

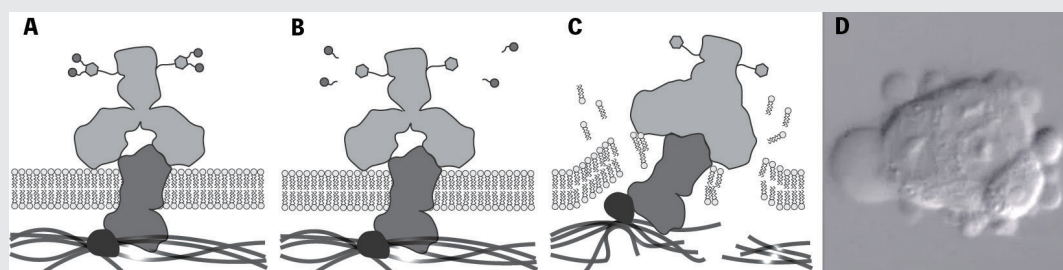
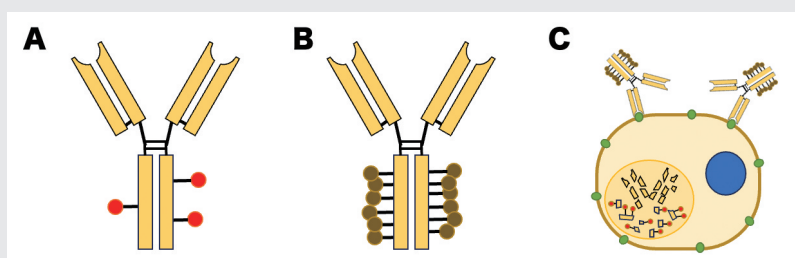
2023

Vol.56 No.5

9月号 65～80頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算275号(奇数月刊行)

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

See Page 70

ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

[症例クイズ] 解答編(第925回 放射線診療研究会 報告).....	66
須山 淳平	
[トピックス] 光免疫療法を理解するための基礎的知識(後編).....	70
中島 崇仁	
[リレー講座] 専門医試験から学ぶ核医学の基礎と最近の話題	
Vol.7 肺・呼吸器核医学	73
中野 祥子	
[書 評] 亡国のエコー今すぐやめよう太陽光パネル.....	77
飯沼 武	

症例クイズ

解答編(第925回 放射線診療研究会 報告)

須山 淳平¹⁾ SUYAMA Jumpei 岡崎 隆²⁾ OKAZAKI Takashi 橋本 順²⁾ HASHIMOTO Jun
金井 貴宏³⁾ KANAI Takahiro 亀山 征史⁴⁾ KAMEYAMA Masashi

前号では、第925回放射線診療研究会で行われた症例検討会で出題された問題を掲載しています。

今号では以下に解答および解説を提示いたします。

【出題1】(出題：岡崎 隆 先生)

アミロイドーシスは沈着するアミロイドの種類により分類され、心臓領域で問題となるのはAL型とATTR型のアミロイドーシスである。ピロリン酸シンチグラフィでは、AL型で陰性、ATTR型で陽性となるため両者の鑑別に有用である(表1)。そのため、日本循環器学会心アミロイドーシス診療ガイドライン¹⁾ではATTR型アミロイドーシスの診断基準の項目の一つにピロリン酸シンチグラフィが含まれている。特異性が高い画像診断であり、病理所見がなくてもATTR型心アミロイドーシスの診断が可能になってくる。

ピロリン酸シンチグラフィの診断基準には①グレード分類(視覚評価による)②H/CL比(半定量的評価)③SPECT/CTの使用による左室集積の有無の評価の3通りとなる。

①および②については心アミロイドーシス診療ガイドライン¹⁾に記載がある(表2)。

ピロリン酸シンチグラフィのSPECTを用いた左室集積の有無の評価では、ピロリン酸が心内腔にプールしやすい性質のため、心筋集積と心プールの鑑別が難しいことが少なくない。本症例のようにSPECT/CT融合画像の活用が診断を容易にすることができる。図10に正常症例(心プールが著明な例)、図11に陽性例(ATTR型アミロイドーシス)を示す。

以下に本症例の解答と解説を示す
問題1 3)

図1では心臓と一致する部位に淡い集積が確認されるが、陰性にみえる。この所見だと確信が持ちにくく他所見と併せて評価が望まれる。本問題中ではH/CL比の測定となる。

問題2 3)

図2でH/CL値は1時間値は正常値、3時間値は軽度高値となった(1時間値が1.5以内 3時間

表1 ATTR型心アミロイドーシスの診断法 文献1)より

A. 臨床症状および検査所見 ATTRwtアミロイドーシスによると思われる臨床症状・検査所見を認める(表10)。
B. 病理検査所見 心筋もしくは他の組織でコンゴレッド染色陽性、偏光顕微鏡下にアプルグリン色の複屈折を呈するアミロイド沈着を認める(注1)。
C. アミロイドタイプ アミロイド沈着はトランスサイレチン(TTR)陽性である(注2)。
D. シンチグラフィ ^{99m} Tcピロリン酸シンチグラフィで心臓に陽性像が確認される(注3)。
E. 遺伝学的検査 TTR遺伝子にアミノ酸の変化を伴う変異を認めない。
F. M蛋白を認めない(注4)。
G. 鑑別診断 1. 腱・腱帯組織のみに限局する限局性ATTRwtは除外する。 2. Aの臨床症状や検査所見をきたす可能性のある他疾患を十分に除外する。ただし、心肥大をきたしうる諸疾患とATTRwtアミロイドーシスとの合併例が存在することにも注意が必要である。

<診断のカテゴリー>
Definite: A + B + C + E + G1を満たす。 Probable: A + D + E + F + G2を満たす。
* ^{99m} Tcピロリン酸シンチグラフィを使用した生検なしでの非侵襲的な全身性ATTRwtアミロイドーシスの診断を想定してProbableを設定している。 *本ガイドライン策定時点では、心アミロイドーシスに対して ^{99m} Tcピロリン酸シンチグラフィは保険診療として認められていない。

表2 グレード分類およびH/CL比による診断法 文献1)より

視覚的評価法
Grade 0 心臓への集積なし Grade 1 肋骨よりも弱い心臓への軽度集積 Grade 2 肋骨と同等の心臓への中等度集積 Grade 3 肋骨よりも強い心臓への高度集積
Grade 2とGrade 3を陽性と判定する (視覚的評価は3時間後撮影画像で実施する)
定量的評価法
H/CL比 > 1.5 (1時間後撮影) H/CL比 > 1.3 (3時間後撮影)
H/CL: heart-to-contralateral 正面プラナー画像において心臓に相当する部位へ関心領域(region of interest: ROI)を置き、対側の胸部(下肺野領域)にも同じサイズのROIを置き、H/CL比を算出する

(Dorbal S, et al. 2019¹⁰⁾を参考に作表)

- 1) 杏林大学医学部放射線医学教室 〒181-8611 東京都三鷹市新川6-20-2
TEL : 042-247-5511 FAX : 042-276-0361 E-mail : suyama@ks.kyorin-u.ac.jp
Kyorin University School of medicine.
- 2) 東海大学医学部専門診療学系画像診断学
- 3) 昭和大学医学部放射線医学講座放射線科学部門
- 4) 東京都健康長寿医療センター研究所 神経画像研究チーム AI画像解析

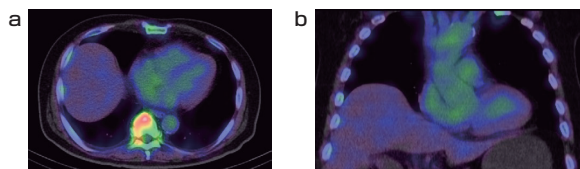


図10 正常例 SPECT/CT融合画像
(a) 水平断像 (b) 冠状断像

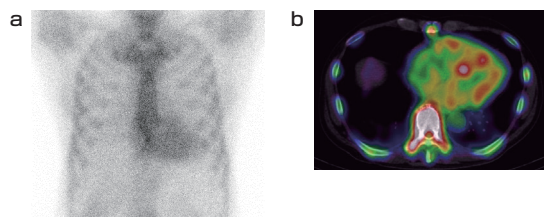


図11 ATTR型心アミロイドーシス SPECT/CT融合画像
(a) 胸部ブレンダー像 (b) SPECT/CT融合画像 水平断像

値が1.3以内)。軽度な異常値を認めたため、左室壁の局所集積の有無の評価が望まれる。

問題3 3)

図3では、SPECTで心臓に不均一な核種の集積が認められているが、心筋への集積であるか左心内腔のプールであるかの鑑別が難しい。

問題4 2)

図4では、SPECT/CT融合画像での解剖学的

位置関係の評価で、集積は心内腔のものであり、心筋の集積ではないことが確認された。

《参考文献》

- 1) 日本循環器学会 心アミロイドーシス診療ガイドライン(2020年版)第1章 アミロイドーシス診療の総論 5.診断基準 5.3 全身性 ATTRwt アミロイドーシスの診断基準

【出題2】(出題：金井 貴宏 先生)

問題1 2)

問題2 1)および5)

画像所見をまとめると、以下の点が挙げられる。

- 1) 背景に肺気腫が認められた。
- 2) 右上葉の consolidation を認め、陰影の背側に SUVmax 2.2の FDG 集積が認められた。

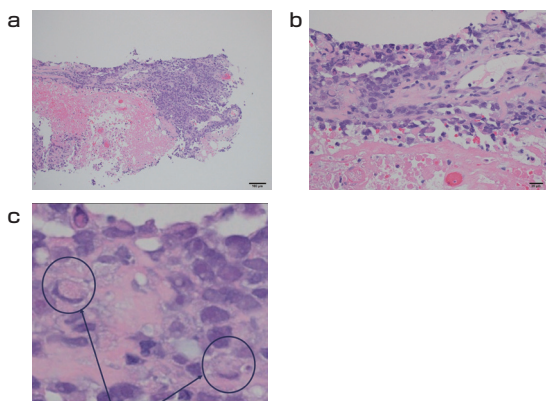


図12 H-E染色 (a) 弱拡大 (b)(c) 強拡大 核が辺縁に圧排され、好酸性細胞質が豊富なラブドイド細胞を認める(→)。

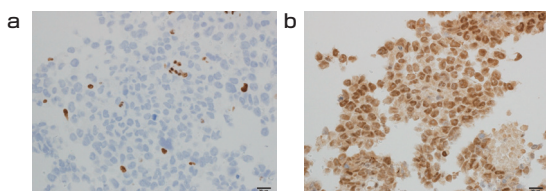


図13 免疫染色 (a) SMARCA4 (b) SMARCB1

- 3) 縦隔に内部に造影不領域を伴う bulky な mass lesion がみられ、強い FDG 集積 (SUVmax 13.4) が認められた。両側鎖骨上、右肺門部、心横隔膜、腹部傍大動脈にも腫大リンパ節が認められ、それぞれに強い FDG 集積が認められた。

- 4) 全身の骨(頭蓋骨・下顎骨・鎖骨・上腕骨・肋骨・胸骨・脊椎・骨盤骨・右上腕骨・大腿骨)の多発骨病変に、強い FDG 集積が認められた。

上記1・4より、右上葉肺癌、多発リンパ節転移、多発骨転移が疑われ、リンパ節生検が施行された。

病理所見では、壊死を伴ってクロマチンが増殖し大小不同に腫大した類円形～不整形核と比較的狭小な細胞質からなる異型細胞が増殖していた。明らかな角化や腺腔形成は認めなかった。また偏在核を有するラブドイド形態を伴う細胞を認めた(図12)。免疫染色では、SMARCA4 (-), SMARCB1 (+), TTF-1 (-), claudin-4(-), SALL4(一部+)であった(図13)。以上により WHO 分類(第5版)における胸部 SMARCA4 欠損未分化腫瘍と診断された。

胸部 SMARCA4 欠損未分化腫瘍は WHO 分類第5版で新しく定義された疾患概念であり、未分化ないしラブドイドな細胞形質と SMARCA4 遺伝子の欠損が特徴とされる。SMARCA4 遺伝子は BRG1 というタンパクを調節し、遺伝子の発現・複製・分離・修復などに関わるとされている。これまで SMARCA4 欠損型胸部肉腫 (SMARCA4-deficient thoracic sarcoma) として報告されてきたが、喫煙関連肺癌と共通した遺伝子背景を有す

ることから、2021年のWHO分類の改訂を受けて肺の上皮性腫瘍の型として整理されている¹⁾。臨床像は、圧倒的に男性優位で比較的若年～中年の成人に多いが、幅広い年齢に発症する(20-90歳代)。重喫煙歴を有する極めて予後不良の疾患であり、生存期間の中央値は5～7ヶ月程度である。腫瘍の進行が早く発見時には既に遠隔転移をきたしている場合が多い。化学療法は一般に有効では無く、肺癌(特に小細胞肺癌)と診断され治療するも再発・増悪し、再生検されてSMARCA4欠損腫瘍と診断されることもある¹⁾。

21例の画像的特徴の報告²⁾では、主病変は腫瘍径平均12cmで、発生部位は縦隔13例、胸膜6例、頸部1例、後腹膜1例であった。性状は辺縁不明瞭で、内部は不均一に造影されることが多い。石灰化・囊胞変性を伴う症例はなかった。リンパ節は19例に内部壊死を伴う頸胸部リンパ節腫大が

認められた。遠隔転移部位は副腎が10例で最多であり、脳は2例と少なかった。21例の報告中8例でPET/CTが施行されており、SUVmaxは16.6(range 9.1-33.8)と高いFDG集積を示した。高い代謝活性、悪性度を反映した所見と考えられるが、肺癌、胸腺癌、悪性リンパ腫、悪性胚細胞腫瘍、NUTcarcinomaなどの未分化癌や肉腫、悪性SFT、中皮腫との鑑別は困難とされる。

《参考文献》

- 1) 新たな疾患 (2) 胸部SMARCA4欠損未分化腫瘍 吉田朗彦 国立がん研究センター中央病院 病理診断科 病理臨床 39 (7) 672-678, 2021.
- 2) Cromb  A, Alberti N, Villard N, et al. Imaging features of SMARCA 4 -deficient thoracic sarcomas: a multi-centric study of 21 patients. Eur Radiol. 2019 Sep;29(9):4730-4741.

【出題3】(出題：亀山 征史 先生)

問題1 1)

問題2 2)

問題1については、右側の方が血流が低下している。そのため灌流圧が低下していると思われる。

脳血流の予備能を評価する脳血流分類して用いられる Powers 分類¹⁾(図14)では、Stage 0は健常状態とされる。Stage Iは自己調節機序により灌流圧は低下しているものの脳血管拡張による安静時脳血流が保たれている状態をいう。この状況だとそれ以上の脳血管拡張反応に乏しいとされている。Stage IIはStage Iよりさらに灌流圧が低下し、安静時血流低下も来した状態である。この症例では、脳動脈狭窄による安静時血流低下をきたした状態のため、灌流圧も低下しているものと思われる。

問題2はもやもや病の術後状態の設定問である。SPECTの定性画像による局所血流評価では、左大脳半球の側頭葉上部～頭頂葉で対側より血流低下しているように見える。その他では、両側大脳血流は不均一であるが、概ね左右差は認められない。しかし、小脳血流は(図15)明らかな左右差があり、左小脳半球での血流低下を認める。右中大脳動脈へのバイパス術後ということと併せて考えるとcrossed cerebellar diaschisisと思われる。右大脳半球には対側と比較して広範に及ぶような明らかな局所血流低下は認めていないように見えるが、これは血流が必要以上となっているためと考えられる(図16)。したがって、解答は2)となる。この患者のGraphplot法による術前と術後の定量値を表3に示す。術後では両側大脳半球全体の血

流左右差が無くなっている。左大脳半球については血流定量値が低下しているが、再現性の高い検査法とは言えず、定性画像の評価の大切さが再認識される症例である。

*diaschisisについて

遠隔効果(remote effect, diaschisis)・・・中枢神経系では、神経線維を介して神経細胞が互いに連絡しているが、その一方の機能低下によって遠隔部神経細胞の抑制がおこり、その血流が低下すること²⁾。crossed cerebellar diaschisis・・・遠隔効果のうち、一層大脳半球の障害による対側小脳半球の血流低下がくる場合²⁾。

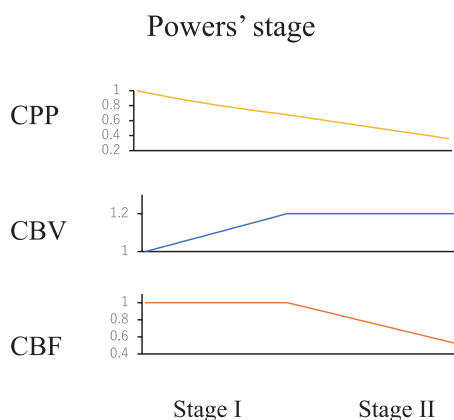


図14 Powers分類 Stage I, Stage IIによるCPP, CBV, CBFの関係について
CPP: cerebral perfusion pressure(脳灌流圧)
CBV: cerebral blood volume(脳血液量)→大脳皮質に存在する血液量
CBF: cerebral blood flow(脳血流量)→単位時間あたりに大脳組織中を流れる血液の量

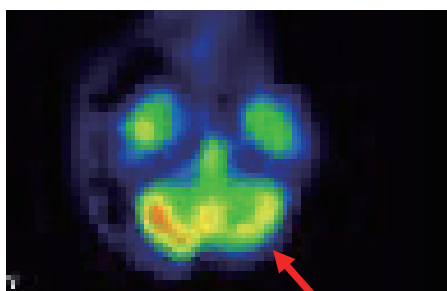


図15 左小脳半球の血流低下部位(矢印)

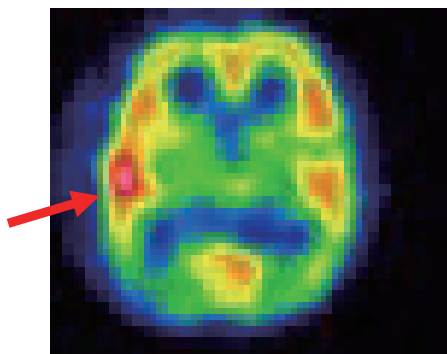


図16 右大脳の過灌流領域(矢印)

表3 Graphplot法による術前、術後の両側大脳全体血流の定量値(単位: mg/min/100g)

Hemisphere	みぎ	ひだり
術前	42.30	52.09
術後	46.77	48.00

《参考文献》

- 1) Powers WJ. Cerebral hemodynamics in ischemic cerebrovascular disease. Ann Neurol. 1991 Mar;29(3):231-40.
- 2) Feeney DM, Baron JC. Diaschisis. Stroke. 1986;17(5):817-30.

Canon



求められるPET-CTを、ここに。

東芝メディカルシステムズ株式会社は、2018年1月に
「キヤノンメディカルシステムズ株式会社」へ社名変更いたしました。

キヤノンメディカルシステムズ株式会社 <https://jp.medical.canon>



PET-CTスキャナ Celesteion PCA-9000A 認証番号:226ADBZX00032000

トピックス

光免疫療法を理解するための基礎的知識(後編)

Fundamentals of Understanding Photoimmunotherapy

中島 崇仁 NAKAJIMA Takahito

Key words : Photoimmunotherapy, near infrared, antibody, cancer, EPR effect

《4. 光：蛍光について》

光免疫療法で使用する薬剤は、抗体に蛍光増感剤を標識した抗体-蛍光増感剤複合体を使う話は前章で紹介したとおりです。ここでは蛍光を使ったイメージングについて紹介します。

まず、蛍光とは何かと言う話をします。蛍光は私たちの日常にありふれており、例えばディズニーランドの再入場に使う手の甲に押されるスタンプも蛍光物質を含んでいます。この物質に対して、ブラックライトと呼ばれる280nm(ナノメートル)以下の紫外線を照射することで、手の甲に様々な形のスタンプの跡が出現します。紫外線は私たちの目には見えませんが、ブラックライトを当てて私たちが見ることができる色は青紫色の蛍光色になります。これが蛍光の特徴です(図5)。

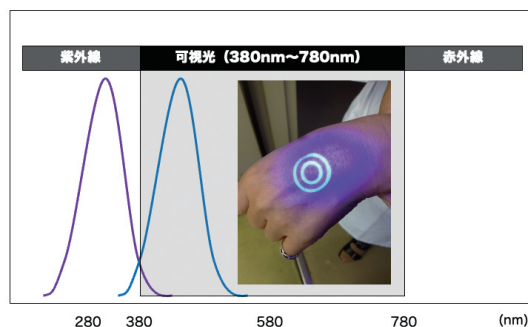


図5 紫外線はヒトの目には認識できない(紫)。蛍光物質は波長の長い光を反射する(青)。結果として、蛍光のみが認識される(手甲の◎)。

もう少し詳しく説明します。私たちが普段赤いリングを見る時、リングから反射された赤い光を私たちの目が認識しています。リングに当てられた白色光には様々な波長の光を含んでおり、なぜリングが赤く見えるかと言うと、赤以外の光は物質が吸収したからです。赤だけが反射されることによって、私たちの目に到達します。海がなぜ青いか、も同様に考えられます。青以外の光は全て

海の水に吸収されてしまい、青だけが反射されるからです。

皆さんが日常使う蛍光マーカーや蛍光色素は独特な色合いがあると思います。どうしてそのような色合いになるのでしょうか。実は、蛍光物質は受け取った光からわずかにエネルギーを吸収してから、元の光の波長より、やや波長の長い光を反射します。このことが、蛍光が私たちの予想していた色と少し違った色合いを示す原因となっています。光イメージングでは、物質に照射する光を励起光と呼び、白色光ではなく、やや狭い範囲の波長の光を使います。これは蛍光物質から反射される光と同じ波長の光が含まれていると、蛍光物質が存在するかどうかかわからないからです。通常は、フィルター(low-pass filter)を使って蛍光物質から照射される光よりも波長の低い光を励起光として使うように調整されます。逆に、反射される光に対してもフィルター(high-pass filterやband-pass filter)を使うことで、蛍光標識された薬剤や抗体が目的の部位に到達しているかなどの確認に使うことができます(図6)。

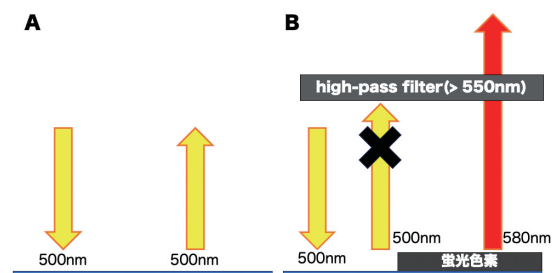


図6 A：通常の光の反射。B：通常の光の反射と蛍光色素による蛍光。High-pass filterを使う事で、蛍光色素のあるところからのみ、可視光(蛍光)を見ることができる。

私たちは主に抗体に蛍光物質をつけることで、がんのイメージングを行ってきました。光イメー

ジングでは、病変とバックグラウンドとの信号比を上げることが望ましいです。このための2つの方法について説明をします。

まず1つ目は病変自体を明るくすることです。病変にたくさんの蛍光物質が集まれば、一般に強い蛍光が得られます。私たちは抗体に蛍光物質を標識することにより、先ほどご説明させていただいたEPR効果によって腫瘍に特異的に蛍光物質が集まります。簡単におさらいすると、抗体はナノメートルのサイズを持つナノ粒子です。そのため正常の血管壁から細胞観劇に漏れ出すことがありません。一方で、腫瘍血管は新生血管であるため血管の構造が脆く、血管壁から高分子が漏れやすくなっています。このため、ナノ粒子である抗体は腫瘍に多く集まります。

2つ目の工夫は、背景の光を少なくすることです。治療薬でも診断薬でも粒子の大きさを工夫することで、体内での滞在時間を変化させることができます。粒子径が大きなものは体の中に長時間滞在し血中を漂います。最終的には肝臓で代謝され、胆汁等として便中に排泄されます。一方、粒子径が小さなものは早期に腎臓から尿中排泄されます。背景の薬剤を減らすためには、粒子径が小さいことがポイントになります。ただし、粒子径が大きければ、EPR効果により病変部への集積が高くなるため、バランスを取るなかなか難しい問題です。

3つ目の方法は、Activatable(アクチベイタブル)と言うオン/オフのできる造影剤を用いることです。我々の作成する抗体に蛍光色素標識した診断薬は、目的とする病変にたどり着いて初めて、蛍光を発するようになります。これはバックグラウンドや血流の影響で、病変以外の部位からの蛍光を防ぐことが可能です。ON/OFFのできる造影剤は画像診断に関わる研究者のかねてからの夢でありました。市販の蛍光標識抗体は適量の蛍光色素が抗体に標識されています。しかし、蛍光色素を過剰に標識しすぎると、蛍光物質と蛍光物質の距離が近くなり、FRET (Fluorescence Resonance Energy Transfer)という現象が起こり、本来励起光のエネルギーの一部を吸収して励起光よりも波長の長い蛍光を出すはずの蛍光物質はすべての波長の光を吸収してしまい、蛍光を発さなくなります。これがOFFの状態です。市販の蛍光標識抗体としては失敗作なのですが、私たちはこの状態(クエンチ(Quench)と言います)の過剰蛍光標識抗体を担瘤マウスなどの実験動物に使用します。この過剰蛍光標識抗体が目的の抗原を発現しているがん細胞に抗原抗体反応で細胞膜に張り付くと、過剰蛍光標識抗体が細胞内に内包化さ

れ、最終的には細胞内にあるライソゾーム内に運ばれ、過剰蛍光標識抗体がバラバラに分解されてしまいます。過剰蛍光標識抗体がバラバラになると、蛍光物質同士の距離が離れるため、蛍光物質の本来の蛍光能力が回復します。以上のことから、静脈内注射した過剰蛍光標識抗体は血管内やバックグラウンドで蛍光を発する事はないが、目的とする抗原が発現しているところに達した過剰蛍光標識抗体だけが分解され、蛍光を示す事になります。よって、病変だけが光る造影剤となります(図7)。

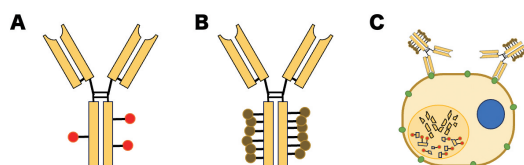


図7 A: 通常の蛍光標識抗体(蛍光能あり)。B: 過剰に蛍光物質が標識された抗体(蛍光能なし・スイッチオフの状態)。C: 細胞膜にある抗原に接着して細胞内に内包化された後、ライソゾームにより抗体(タンパク質)が分解されることで、蛍光物質間の距離が離れて蛍光能力が回復する(スイッチオンの状態)。

《5. 光免疫療法について》

最後に以上の話を踏まえて、光免疫療法について詳しいお話しをさせていただきます。実は光免疫療法は、先ほどの蛍光標識抗体の研究をしている際に、私が留学する半年前まで小林久隆研究室に留学していた小川美香子先生(現、北海道大学教授)が偶然発見した現象から始まります。いつものように抗体にフタロシアニン骨格を持つIRDye700という蛍光物質を標識して、蛍光顕微鏡で細胞のイメージングをしていたところ、次々に細胞が死んでしまい、イメージングができないうと小林久隆先生に報告したことが世界で初めて発見された光免疫の現象です。その後半年で光永真人先生(現、東京慈恵会医科大学講師)が一人で動物実験を繰り返し、Nature Medicineに載った論文を完成させました(2010年年末)。この時は光免疫のメカニズムがよく分かっておらず、IRDye700で標識した蛍光標識抗体を静脈内投与して、24時間後に50~100J/cm²の700nm付近の波長の近赤外線を照射することでがん細胞だけでなく、マウスに移植された腫瘍も縮小するという現象を報告したのみでした。

私の留学中に小林久隆研究室に新たに加わった佐藤和秀先生(現、名古屋大学特任講師)が後に光免疫療法の仕組みを明らかにする実験をしてくださいました。現在では抗原抗体反応で蛍光標識抗体が細胞表面に到達した状態で近赤外線を照射すると、

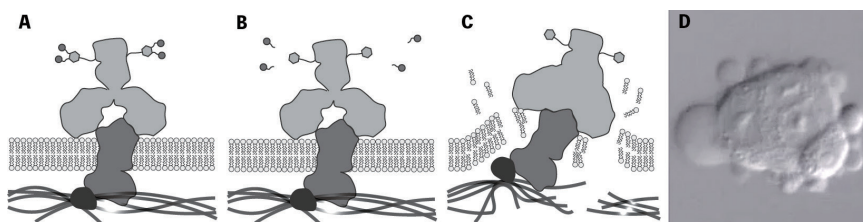


図8 A：細胞膜に発現する抗原にIRDye700標識抗体が吸着。B：近赤外線を照射するとIRDye700のスルホニル基が離れ、急激に水溶性から脂溶性に性質が変化する。C：脂質二重層の細胞膜を裏打ちする細胞骨格を破壊する。D：いわゆるシャボン玉のような脂質二重層は局部的に風船のように膨らみ細胞内溶液が漏れて細胞が潰れて壊死する。

IRDye700のフタロシアニン骨格に付いているスルホニル基が遊離して、それまで親水性だったIRDye700が急激に疎水性の性質に変化することが分かりました。疎水性になったIRDye700を持つ蛍光標識抗体は細胞の裏打ちタンパクである細胞骨格タンパク（アクチン）を引き抜きます。すると、細胞膜は元々脂質二重層ですので、シャボン玉の様に外側に膨れて、細胞内溶液が細胞外に流出してしまいます。このようなことが細胞表面の数万カ所で起こるため、細胞がみるみるうちに壊死してしまいます。液体の入った点滴袋に無数の針を刺した後のように細胞は内圧がなくなり、物理的に壊れてしまいます（図8）。

これはいわゆる放射線の影響とは大きく異なります。放射線では放射線の照射によるラジカルの発生（間接的影響）がDNAに影響し、アポトーシスをゆっくり誘導します。粒子線はDNAの二重らせん両者を同時に破壊する直接的影響で細胞を再生できないようにしますが、こちらもアポトーシスによるものになります。光免疫療法では、物理的な破壊（壊死）を来すため、がん細胞内の抗原が細胞周囲や血中にまき散られます。ラジオ波のような熱も加わっていないので生の抗原ワクチンを打ったような状況を作り出します。正常免疫を持っている人であれば、光免疫療法を施行することにより、自己免疫の活性化による治療部位と異なる部位にある腫瘍に対しても治療効果を及ぼすことも報告されています。

小林久隆研究室では、私のいた光免疫療法の最初の3年間だけでも様々な取り組みを行ってきています。現在、楽天メディカルが取り扱っているセツキシマブ（抗EGFR抗体）とIRDye700の組み合わせの蛍光標識抗体を使った光免疫療法だけでなく、様々な癌に対して治療ができることを示しています。光イメージングで培った技術と知識を応用することで、肺癌・膵癌・肝細胞癌・乳癌・前立腺癌など様々な癌でも光免疫療法が行えることが論文として発表されています。群馬大学に

戻ってきてからは、整形外科のチームの先生と関節リウマチへの応用についての研究を行いました。これまではがん治療中心の研究ではありましたが、光免疫療法は細胞表面に発現する抗原に対する抗体を使って特定の細胞を壊死させることができるため、マウスの抗IL-6受容体抗体とIRDye700の組み合わせによる薬剤を使った抗原提示細胞を壊死させることによる炎症を抑える試みになります。

また、光免疫療法は担癌マウスを使った実験から、ヒトへの臨床研究に移行したため、大型動物での実験が必要とされています。照射する近赤外線はそれ自体はやけどなどをするほど強くないため、深達度は3～5 cmとされています。ヒトのがんに対して光免疫療法を行うにあたり、現場で問題とされる問題や適応拡大に向けた試みとして、免疫不全ブタを使った研究を2023年度から筑波大学で開始する予定です。放射線科医であることを活かして、CTガイド下穿刺やカテーテルなどを使った近赤外線照射など新しい臨床的なアプローチについて研究を進めます。

《6. 最後に》

近年は放射性同位元素を用いた新しい内用療法（RI内用療法）などが盛んに行われるようになりました。RI内用療法などにおいても光免疫療法の知見が利用できると考えられます。イメージガイド併用下光免疫療法やRI内用療法で放射線科医の活躍の場が広がることをお祈りして最後の言葉とさせていただきます。

《参考文献》

- 1) A new concept for macromolecular therapeutics in cancer chemotherapy: mechanism of tumortropic accumulation of proteins and the antitumor agent smancs, Cancer Res. 1986;46 (12 Pt 1):6387-92.

リレー講座

専門医試験から学ぶ核医学の基礎と最近の話題

Vol.7 肺・呼吸器核医学

Basic knowledge and recent topics of nuclear medicine learned from the certification examination.

Vol.7 Nuclear medicine in lung.

中野 祥子 NAKANO Sachiko

Key words : V/Q miss match, pulmonary embolism, chronic thromboembolic pulmonary hypertension, pulmonary arterial hypertension, chronic obstructive pulmonary disease

本稿では、過去5回(2017-2022)日本核医学会専門医試験で出題された肺・呼吸器関連の問題に焦点をあて、出題傾向を分析する。また過去に出題された問題のいくつかをピックアップして解答と解説を行い、最後に最近のトピックスについて触れる。

《出題傾向》

過去5年に限らず、長年に亘り肺・呼吸器核医学の専門医試験問題の題材はほとんどが肺換気・血流シンチグラフィが占める。検査種類が限定されるが、試験問題は、使用される核種の種類、検査方法、撮影時の注意点など基本的知識と、適応や画像のピットフォール、臨床問題など、設問の内容は多岐にわたる。臨床では換気血流シンチグラフィでのV/Qミスマッチや肺血流シンチグラフィで以上を示す疾患について問う問題が多い印象がある。

出題頻度は少ないが、呼吸器疾患に関連した骨シンチグラフィの設問も数度出題されている。近年ではFDG-PET/CTの設問の選択肢に呼吸器疾患が含まれたものも存在する。

《肺・呼吸器の病態生理》

詳細は成書に譲るが肺は、酸素を体内に取り込み、体内で発生した二酸化炭素を体外に排出する役割を担った臓器である。これは1)換気と2)ガス交換によって成り立ち、1)換気は呼吸筋とこれを制御する中枢神経が担っており、2)ガス交換は気道と肺循環によって成り立つ。

《肺血流シンチグラフィ》

現在は微粒子法が主流である。これは肺毛細血管床を通過できない大きさの放射性微粒子を静注

し、多発微小肺塞栓を生じさせ画像化する検査である。通常の検査では塞栓は肺血管床の0.1%前後であり、身体への影響はほとんどないといわれている。

本邦で肺血流シンチグラフィに使用される放射性医薬品は ^{99m}Tc 標識大凝集ヒト血清アルブミン(^{99m}Tc -Macroaggregated Human Serum Albumin; ^{99m}Tc -MAA)が用いられる。

肺血流分布は体位の影響を強く受ける。 ^{99m}Tc -MAAの静注は一般的には安静仰臥位で行う。一方でガンマカメラによる撮影は座位あるいは立位で行われる。

^{99m}Tc -MAAは患者の血液と混和すると凝集するため、投与静脈ラインは可能な限り新たに確保し、血液は逆流させない。これにより余分な放射能汚染を防ぐ。

肺血流シンチグラフィの主な適応は急性期肺塞栓症、肺高血圧の鑑別、大動脈炎症候群の肺動脈疾患の有無、Swyer-James症候群、右左シャントの有無の診断、術後肺機能予測、びまん性肺疾患である。

《肺換気シンチグラフィ》

換気シンチグラフィに使用される放射性医薬品は主に以下の3種類である。

^{133}Xe ガス：水に難溶性のガスで体内にはほとんど取り込まれないが、脂溶性であり脂肪肝や皮下脂肪に集積する。1回吸入相、平衡相、洗い出し相の3相を撮影し、それぞれ一回の最大吸気の換気分布、肺容量分布、平均通過時間・換気率・半減期の定量化を検査することができる。座位背面像で撮影する。

閉塞性肺疾患の精査に適している。

^{81m}Kr ガス：加湿した ^{81}Rb - ^{81m}Kr ジェネレーターに送り、溶出した ^{81m}Kr ガスを持続的に吸入させ

から撮像する検査である。繰り返し検査と多方向撮影が可能である。

テクネガス：炭素粒子に $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を標識したエアロゾルである。

肺換気シンチグラフィは血流シンチグラフィと合わせてV/Qミスマッチの有無を見るのに用いられることが多いが、肺換気シンチグラフィ単独では、気道-肺泡レベルの換気障害をきたす慢性閉塞性肺炎や、気道閉塞や肺泡破壊による換気障害を生じる気管支喘息や閉塞性歳気管支炎などに適応がある。CTや呼吸機能検査では検出できない、肺局所の換気能を可視化することが可能である。

第19回核医学専門医試験問題

問題36 ^{99m}Tc -MAAを用いた肺血流シンチグラフィで、右左シャントを示す最も確実な集積部位はどれか。1つ選べ。

- 脳
- 耳下腺
- 甲状腺
- 胃
- 腎

解答：a

正常でも4-6%のシャント率を認めるが、右左シャントを精査する場合、シャント率15%以上で腎、脳、甲状腺、肝臓、脾臓、唾液腺の肺外集積が確認される。ただし、腎・甲状腺・胃・唾液腺のみ描出された場合、MAAから ^{99m}Tc が分離している可能性がある。よって選択肢の中では、脳がもっとも右左シャントの検出に確実な臓器と考えられる。

問題37 慢性血栓塞栓性肺高血圧症の肺換気・血流シンチグラフィについて誤っているのはどれか。1つ選べ。

- 換気分布が異常を示す。
- 区域性(segmental)血流欠損を示す。
- 肺動脈性肺高血圧との鑑別に有用である。
- 末梢側の病変の診断には、造影CTよりも有用性が高い。
- 血栓溶解療法または抗凝固療法施行後6ヶ月以上所見が変化しない。

解答：a

V/Qミスマッチがみられるのが特徴であり、換気分布は正常である。肺動脈性高血圧の場合血流シンチグラフィではほぼ正常か、肺野の一部の粗大な血流欠損か、小斑状不均一分布(mottled pattern)を示す。またV/Qミスマッチが認められないのも特徴である。造影CTも分解能が向上しており、Multi Detector CT(MDCT)では亜区

域枝レベルの肺動脈まで描出でき血栓を検出することができる、しなしながら肺動脈亜区域枝より末梢レベルでの塞栓においては血流シンチグラフィのほうが感度は高い。慢性肺血栓塞栓症の診断基準が器質化血栓による閉塞が6ヶ月以上持続することである。

第18回核医学専門医試験問題

問題38 肺換気血流ミスマッチを呈する可能性のもっとも低い疾患はどれか。1つ選べ。

- 多発肺塞栓
- PTTM (pulmonary tumor thrombotic microangiopathy)
- がん性リンパ管症
- Swyer-James 症候群
- 肺血管肉腫

解答：d

Swyer-James 症候群は、小児期の繰り返す呼吸器感染後の生じる閉塞性細気管支炎である。高度の肺過膨張とそれによる肺血流低下があり、V/Qマッチした欠損が特徴である。

癌性リンパ管症は微小塞栓の機序により、segmental contour signを示すことがある。ハイ血管肉腫は腫瘍の大きさによってはV/Qミスマッチを生じうる。

第17回核医学専門医試験問題

問題34 肺換気シンチグラフィについて、誤っているものはどれか。1つ選べ。

- ^{99m}Tc ガスは肺泡に沈着する。
- ^{99m}Tc ガスはガス発生装置を必要とする。
- ^{99m}Tc ガス検査ではSPECT撮影が可能である。
- ^{81m}Kr ガス検査では閉鎖回路が必要である。
- ^{81m}Kr ガス検査はair trappingの評価に向く。

解答：d

^{81m}Kr ガスは閉鎖回路を必要としない。 ^{99m}Tc ガスはガスに近い性質のため肺泡沈着率が85%と高い。肺泡に沈着したテクネガス粒子はほとんどが肺胞内に取り込まれ、肺内分布が変化しないため多方向撮影やSPECT撮影が可能である。 ^{81m}Kr ガスと ^{133}Xe ガスは閉塞性肺障害の評価に適している。

問題35 ^{99m}Tc -MAA肺血流シンチグラフィについて正しいものはどれか。1つ選べ。

- 高安血管炎で肺動脈病変がある場合は肺動脈塞栓症と鑑別ができる。
- 平均肺動脈圧が45mmHG以上の肺高血圧症例は絶対禁忌である。

- c. 原発性高血圧症ではfissure signが認められる。
- d. 気管支閉鎖の末梢側肺では肺血流は低下する。
- e. 重力効果により下肺野の血流は上肺野の血流よりも少ない。

解答：d

高安血管炎で肺動脈病変があった場合は肺血流が低下しV/Qミスマッチが起こる。ハイクエ流シンチグラフィのみでは鑑別は難しい場合も多いだろう。肺血流に抵抗性がある患者(肺高血圧症や膠原病)では ^{99m}Tc -MAAは慎重投与が必要だが、絶対禁忌ではない。実際は投与量を減量し、検査を施行する。Fissure signは当初微小肺塞栓症の所見とされたが、現在は胸水貯留や胸膜飛行でも認められる。気管支が閉鎖した場合、換気は低下し、拡張した気腔の肺血管圧排や肺構造の破壊により血流も低下することが一般的である。肺血流は一般的に下肺野の方が多い。

問題36 ^{99m}Tc -MAAについて誤っているものはどれか。一つ選べ。

- a. 血液製剤を原料としている。
- b. 無色透明の注射液である。
- c. 投与は管理区域で行う。
- d. 末梢静脈から投与すれば、肺血流分布を示す画像が得られる。
- e. 動脈から投与すれば、投与された動脈の血流分布を示す画像が得られる。

解答：b

白色混濁した注射液である。

第15回核医学専門医試験問題

問題33 ^{99m}Tc -MAAを用いるのが適切でないのはどれか。1つ選べ。

- a. 肺高血圧症患者の肺血流シンチグラフィ
- b. 肺動静脈瘻におけるシャント率確定
- c. 下肢RIペノグラフィによる深部静脈血栓症の診断
- d. RIアンギオグラフィ・ファーストパス法による右室駆出率の測定
- e. 動脈留置カテーテルから投与された薬剤の体内分布の確認

解答：d

右室駆出率は核医学領域においては心筋プールシンチグラフィで測定可能であり、この検査で使用する放射性医薬品は ^{99m}Tc -RBCあるいは ^{99m}Tc -HSAである。

問題34 $^{99m}\text{Technegas}$ 吸入シンチグラフィについて正しいのはどれか。1つ選べ。

- a. $^{99m}\text{Technegas}$ の粒子径は800nmである。

- b. SPECT 撮像はできない。
- c. 気管切開を行なっている患者でも可能である。
- d. ^{81m}Kr -gas同様、閉塞性肺疾患で気道沈着はしない。
- e. 深呼吸位まで吸入すると肺底部に高集積を示す。

解答：d

$^{99m}\text{Technegas}$ では閉塞性肺疾患ではhot spotを呈する。

$^{99m}\text{Technegas}$ は炭素微粒子に ^{99m}Tc を標識して生成されるガスとエアロゾルの性質を持つ物質であり、生成後は50-150nmである。 $^{99m}\text{Technegas}$ は大部分が肺胞沈着し肺内分布が変化しないため多方向撮影やSPECT撮影が可能である。 $^{99m}\text{Technegas}$ は深呼吸で検査する場合と安静時呼吸で検査する場合があります、深呼吸での検査の場合は肺底部・肺側により集積する。

《臨床問題》

第19回核医学専門医試験問題

問題56 60歳代、女性。呼吸困難で来院した。肺高血圧があり、肺血流シンチグラフィを施行となった(^{99m}Tc -MAA)。肺血流ブレンダー

No. 56

図1

図2

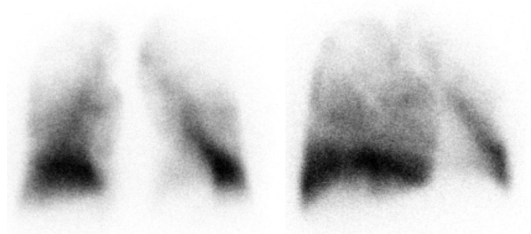


図3

図4

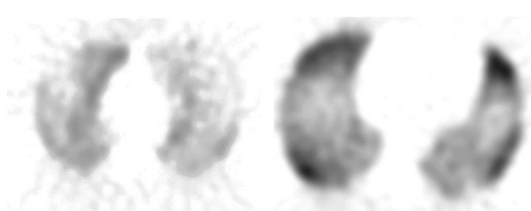
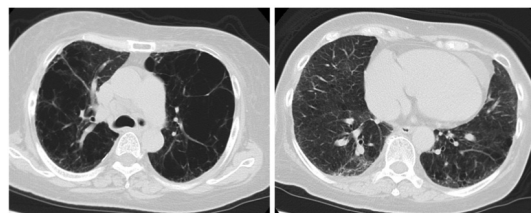


図5

図6



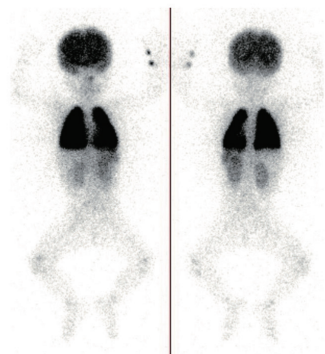
像(図1. 正面位, 図2. 右前斜位), SPECT(図3. 気管分岐部レベル, 図4. 三尖弁レベル), 胸部CT肺野条件(図5. 気管分岐部レベル, 図6. 三尖弁レベル)を示す。もっとも考えられる疾患はどれか。1つ選べ。

- a. 肝肺症候群
- b. 慢性閉塞性肺疾患(COPD)
- c. 慢性肺動脈血栓塞栓症(CTEPH)
- d. 通常型特発性間質性肺炎(UIP)
- e. 特発性肺動脈性肺高血圧症(PAH)

解答：b

まず図5のCT肺野条件で高度の肺気腫がある。一方、図6のCTでは肺底部に蜂巣肺はなく、この時点でUIPは除外される。図1～4のシンチグラフィでは区域・亜区域に無関係な血流低下があり、特に肺尖部では血流低下が強い。

34



第16回核医学専門医試験問題

問題34 画像に示す全身像について正しいのはどれか。1つ選べ。

- a. 使用放射性医薬品は ^{123}I -IMPである。
- b. この画像より左右シャント率の算出ができる。
- c. 脳血流の算出に利用する。
- d. 静注後6時間で撮像する。
- e. 急速静注が適する。

解答：b

肺に強い集積があることから、肺血流シンチグラフィであることが推察される。他に、脳と腎臓の描出があり、右左シャントが存在する。

《肺・呼吸器核医学 最新のトピックス》

核医学の撮影装置も日々進歩しており、肺・呼吸器核医学領域ではSPECT像の撮像および、SPECT/CTの登場により診断能や飛躍的に向上した。一方で、MDCTの進歩もめざましく、現在では急性肺血栓塞栓症の第一選択はMDCTとされる。しかしながら、造影剤アレルギー患者や腎機能低下患者などヨード造影剤禁忌症例には肺換気・血流シンチグラフィが良いで既往であることと、経過観察・治療効果判定では繰り返し検査を行う場合があり、より低被曝である肺換気・血流シンチグラフィは現在も重用されている。

核医学領域からは離れるが、CT領域ではdual energy CTによるperfusion CTも開発されている。しかしCTではヨード造影剤使用が必要となるため、やはり禁忌症例が存在し、肺換気・血流シンチグラフィが有用な症例は必ず存在する。

SIEMENS
Healthineers

Biograph Horizon

More within reach.

www.siemens.co.jp/healthineers

X線CT組合わせ型ボジトロンCT装置 バイオグラフ ホライズン 認証番号:227ADBZX00164000

書 評

「亡国のエコー今すぐやめよう太陽光パネル」

杉山大志(すぎやま たいし)著

ワニブックス 2023/2/10初版発行 ¥1400+税

飯沼 武 IINUMA Takeshi

量研機構放射線医学研究所名誉研究員(医学物理士)

《1. はじめに》

私は福島第一原発の事故に際して、低線量放射線の人体への影響の関することや原子力エネルギーと環境との問題について強い関心をもってきました。今回、杉山氏が上記の本を書かれたので読者の皆様に読んで頂きたいと書評を発表しました。諸先生のご批判をお願いします。

《2. 杉山氏の紹介》

まず、著者の紹介を致します。杉山氏は東京大学理学部物理学科を卒業され、東大大学院物理工学科修士課程を修了されておられます。その後の職歴は電力中央研究所、国際応用システム解析研究所などを経て、現在はキャノングローバル戦略研究所の研究主幹をしておられます。

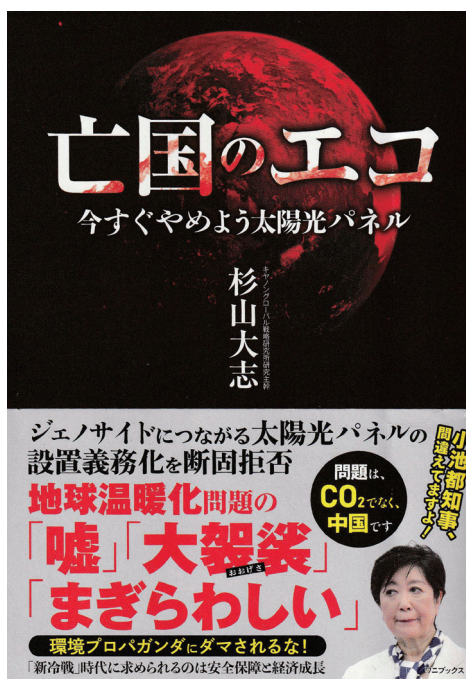
また、IPCC(気候変動に関する政府間パネル)、産業構造審議会、省エネルギー基準部会、NEDO技術委員などを務めています。

《3. 本書の内容》

本書は4章から成っております。第1章「経済・環境・人権・安全保障－問題だらけの太陽光発電」、第2章「ウクライナ侵攻が予言する「脱炭素」の未来」、第3章「プロパガンダにダマされるな!日本人が知っておくべきファクトフルネス」、第4章「これからは脱・脱炭素だ」です。

第1章では太陽光発電の問題をあらゆる点から述べています。とくに太陽光発電が高価で、天候に左右され不安定であることに注意する必要があります。第2章ではプーチンロシア大統領の暴走と脱炭素との関連に注目しました。第3章では杉山氏の主張である地球温暖化の嘘について詳しく説明しています。第4章では原子力発電と石炭火力発電に活路を見いだすべきだと主張しております。これらの発電に関しては中国が熱心に取り組んでいるようです。

とにかく、2025年の東京都の新築住宅における太陽光パネルの義務化条例を撤廃させようとしております。



《4. 私の印象》

杉山氏の主張には少し極端なところがあるように思います。菅政権の2050年CO₂ゼロ宣言真っ向から反対されていますし、今回の東京都の条例に対する意見も同様です。しかし、杉山氏の主張にはデータの裏付けがあり無視できない点もあります。彼のような人は貴重な存在であると思われるます。

とくに、気候変動に対する世界的な流れがある現代においてです。

本書の主張は(1)再生可能エネルギー(太陽光と風力)は高価であり、不安定であるため、安定を絶対に必要とする電力供給には適さないこと、(2)原子力発電や新しい技術を備えた石炭火力発電をベース電源として利用すること、(3)石炭火力発電所の活用により、発展途上国の経済事情を助けることに集約されます、私もこれらの主張には賛成です。

是非、本書を読み、諸先生のご批判を頂きたいと思います。

編集
後記

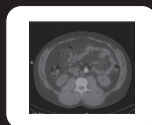
8月末にPETサマーセミナーが千葉県成田市で開催された。この雑誌の多くの読者も参加されたことと思う。核医学全体が斜陽産業に傾きつつある中で、PETに関してはまだ明るい兆候が見えていて、一つは認知症のイメージング。先日治療薬のレカネマブが国内でも認可されることが決定して、アミロイドイメージングによる認知症の診断が必須になることから、保険診療になることは確実である。PETセミナーでもトピックスの一つとして盛り上がっていた。一方、悪性腫瘍のRI治療についても期待がかかる。前立腺癌に対するtheranosticsは海外ではすでに盛んに行われているが残念ながら日本では遅れをとっている。国内ではF標識のPSMAが開発され、前立腺癌の診断においても大きな貢献がありそうで、是非保険診療につなげてもらいたい。

会期中に会場から20kmほど離れた水郷の街佐原を訪れた。倉敷市の美観地区に似た江戸時代の建築物が運河沿いに立ち並ぶ美しい街並みが見られた。その一角に伊能忠敬が暮らした家が一般公開されている。近くに彼の生い立ちや日本地図の作成に関する記念館があり、観覧してきた。そこで驚いたのは彼が地図を作成し始めたのは50歳を超えてからだという。それまでは商人として成功して富を蓄え、恐らく余生も保証されていたことだろう。しかし、50歳になって江戸に渡り、天文学から測量する技術を学び、それを地図の製作に生かしたという。政府から地図製作の依頼はされたものの経済的援助は少なく、彼が蓄えて得た富を70歳すぎるまで地図作成の旅につき込んだそうである。当時の50歳は恐らく定年退職の年齢、それから新しい技術を学び、素晴らしい業績を残した伊能忠敬には尊敬の念しかない。自分にはそれほど大きな仕事はできないが、命ある限りこの世の中に貢献する姿勢を持ち続けたいものである。

(編集委員長)

GE Healthcare

From
Late
Disease
to
Early
Health



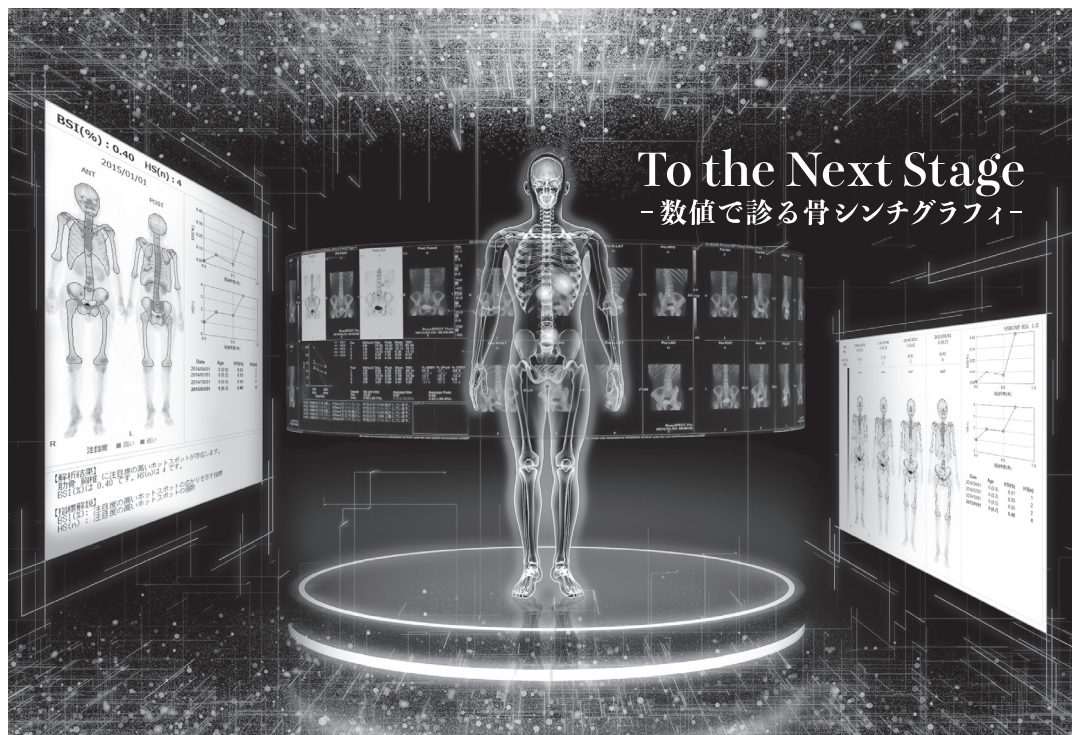
GEはEarly Health実現に向けてMolecular Imagingを使って世界の医療における変革を推進し、疾患が進行してから医療(Late Disease)から早期診断・早期治療(Early Health)の確立を目指します。



GE imagination at work

販売名称：X線CT組合せ型PET/CT装置 Optima PET/CT500, Discovery PET/CT 600
 薬事承認番号：221ACBZX00029000
 販売名称：核医学診断用装置 Discovery NM/CT 670
 薬事承認番号：222ACBZX00080000
 販売名称：放射性医薬品合成設備 FASTlab
 薬事承認番号：22300BZX00445000

DOC1215724



処方箋医薬品^{※1}

放射性医薬品・骨疾患診断薬

薬価基準収載

クリアボーン®注

CLEARBONE® Injection

放射性医薬品基準ヒドロキシメチレンジホスホン酸

テクネチウム (^{99m}Tc) 注射液

注) 注意-医師等の処方箋により使用すること

®: 登録商標

2. 禁忌 (次の患者には投与しないこと)

本剤の成分に対し過敏症の既往歴のある患者

4. 効能又は効果

骨シンテグラムによる骨疾患の診断

6. 用法及び用量

通常、成人には555~740MBqを肘静脈内に注射し、1~2時間の経過を待つて被検部の骨シンテグラムを撮る。投与量は、年齢、体重により適宜増減する。

8. 重要な基本的注意

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、投与量は最小限度にとどめること。

9. 特定の背景を有する患者に関する注意

9.5 妊婦

妊婦又は妊娠している可能性のある女性には、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。

9.6 授乳婦

診断上の有益性及び母乳栄養の有益性を考慮し、授乳の継続又は中止を検討すること。

9.7 小児等

小児等を対象とした臨床試験は実施していない。

9.8 高齢者

患者の状態を十分に観察しながら慎重に投与すること。
一般に生理機能が低下している。

11. 副作用

次の副作用があらわれることがあるので、観察を十分に行い、異常が認められた場合には投与を中止するなど適切な処置を行うこと。

11.1 重大な副作用

11.1.1 ショック、アナフィラキシー(いずれも頻度不明)

呼吸困難、血圧低下、発疹等の異常が認められた場合には、適切な処置を行うこと。

11.2 その他の副作用

	頻度不明
過敏症	発疹、そう痒感、顔面潮紅、発赤
消化器	嘔吐、悪心、食思不振
循環器	チアノーゼ、血圧低下、徐脈、動悸
精神神経系	てんかん様発作、耳閉感、頭痛、めまい、ふらつき
その他	発熱、気分不良、冷汗、四肢しびれ

14. 適用上の注意

14.1 薬剤投与時の注意

骨盤部読影の妨害となる膀胱の描出を避けるため及び膀胱部の被曝を軽減させるため、撮像前後でできるだけ排尿させること。

20. 取扱上の注意

本剤は、医療法その他の放射線防護に関する法令、関連する告示及び通知等を遵守し、適正に使用すること。

22. 包装

555MBq(1.5mL)[1シリンジ]、740MBq(2mL)[1シリンジ]

24. 文献請求先及び問い合わせ先

日本メジフィジックス株式会社
メディカルアフェアーズ部 メディカルインフォメーショングループ
〒136-0075 東京都江東区新砂3丁目4番10号
0120-07-6941(フリーダイヤル)

26. 製造販売業者等

26.1 製造販売元

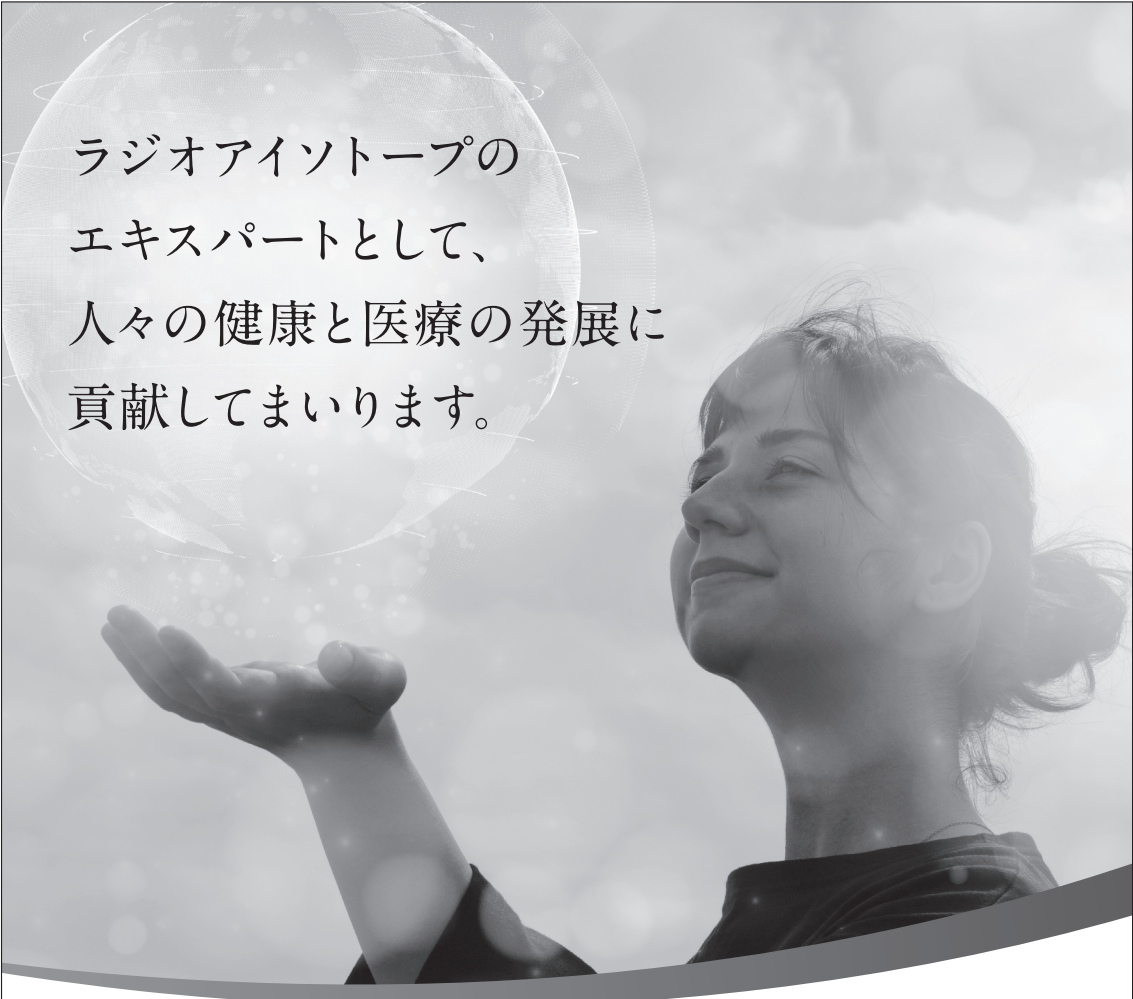
日本メジフィジックス株式会社 東京都江東区新砂3 丁目4 番10 号
最新の詳しい情報は、電子化された添付文書をご参照ください。

 日本メジフィジックス株式会社

弊社ホームページの「医療関係者専用情報」サイトで
SPECT 検査について紹介しています。

<https://www.nmp.co.jp>

2022年6月改訂



ラジオアイソトープの
エキスパートとして、
人々の健康と医療の発展に
貢献してまいります。

PDRファーマは、1968年 第一ラジオアイソトープ研究所の創業以来、
半世紀に亘り、核医学の発展に寄与してきました。

高品質な診断用放射性医薬品（SPECT検査、PET検査）の迅速確実なデリバリーに加え、
治療用放射性医薬品の分野を積極的に推し進め、
診断薬と一体となった各種治療薬の更なる拡充を図っていきます。

ペプチドリームグループの革新的な創薬力により、
最先端の放射性医薬品をグローバルに展開し、核医学の広がりに貢献してまいります。



PDRファーマ株式会社

〒104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビルディング
<https://www.pdradiopharma.com> TEL 03-3538-3624

2022年5月作成

放射線診療研究会会長

橋本 順

臨床核医学編集委員長

〒259-1193 神奈川県伊勢原市下糟屋143 東海大学医学部専門診療学系画像診断学
百瀬 満（発行者）

臨床核医学編集委員

〒162-0033 杉並区清水2-5-5 1F 百瀬医院 内科・循環器内科
TEL. 03-5311-3456 FAX. 03-5311-3457 E-mail : momose.mitsuru@twmu.ac.jp
井上優介, 内山眞幸, 汲田伸一郎, 高橋美和子, 橋本 順, 丸野廣大, 百瀬敏光,
須山淳平, 鳥井原彰, 岩渕 雄, 稲木杏史, 伊藤公輝, 山崎香奈 2023年9月20日発行