

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

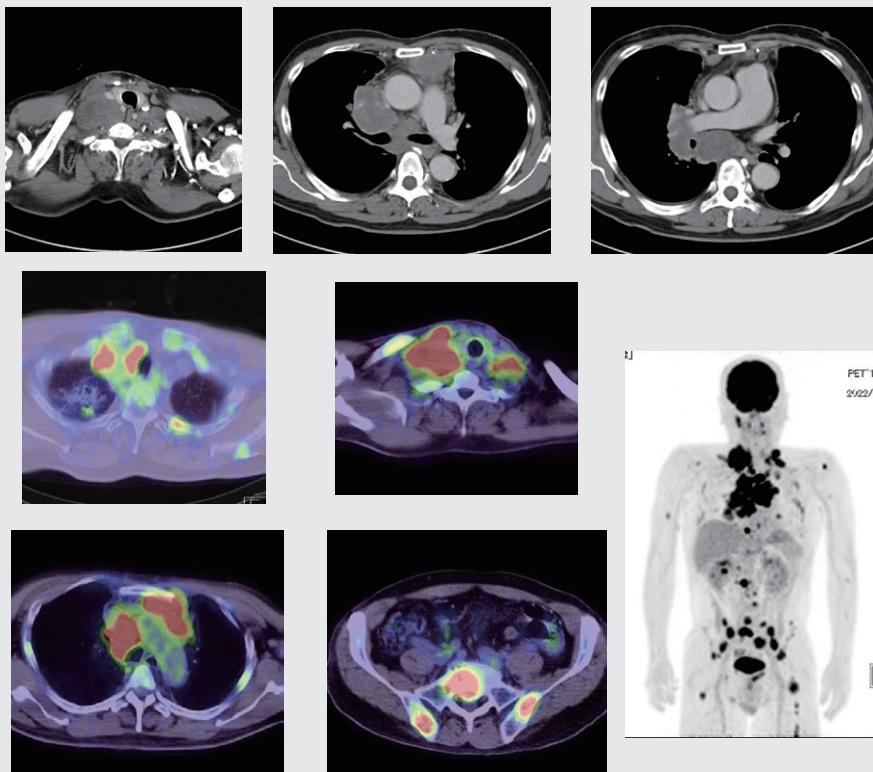
# 臨床核医学

**2023**  
**Vol.56 No.4**

7月号 49~64頁

## 放射線診療研究会

1968年創刊通算274号(奇数月刊行)

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

See Page 50

ホームページ・Online版 [www.rinshokaku.com](http://www.rinshokaku.com)

[症例クイズ]出題編(第925回 放射線診療研究会 報告) .....	50
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(前編) .....	52
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.6. 消化器・腎核医学.....	55
澤本 博史	

## 症例クイズ

## 出題編(第925回 放射線診療研究会 報告)

須山 淳平<sup>1)</sup> SUYAMA Jumpei  
金井 貴宏<sup>3)</sup> KANAI Takahiro

岡崎 隆<sup>2)</sup> OKAZAKI Takashi  
亀山 征史<sup>4)</sup> KAMEYAMA Masashi

橋本 順<sup>2)</sup> HASHIMOTO Jun

第925回放射線診療研究会(2023年3月6日)にて、症例検討会がWEB形式で行われました。

放射線診療研究会の症例検討会では、出題者がクイズ形式で症例ごとに設問を出題し、参加者の先生方に選択肢を選んでいただく形式です。

WEB形式のためチャット機能を利用して、参加いただいた先生方に選択肢を入力していただき

【出題1】(出題:岡崎 隆先生)

90歳代男性

現病歴:4年前より心不全を繰り返す。心アミロイドーシスの除外のため<sup>99m</sup>Tc-PYPシンチグラフィが行われた。

既往歴:大動脈弁閉鎖不全,僧帽弁閉鎖不全

〈問題1〉ピロリン酸シンチグラフィ(プラナー正面像 薬剤投与1時間および3時間後)を図1に示す。適切なのはどれか。

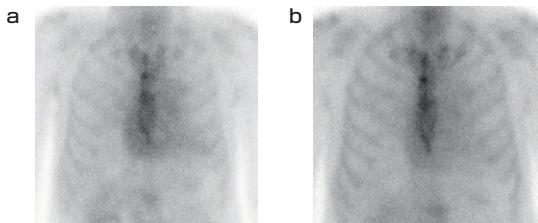


図1 ピロリン酸シンチグラフィ(プラナー正面像)  
(a) 1時間後 (b) 3時間後

- 1) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が高い
- 2) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が低い
- 3) H/CL比の値も考慮して検討したい

〈問題2〉H/CL比の解析結果を図2に示す。適切なものはどれか。

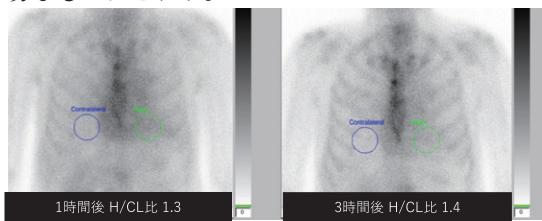


図2 H/CL比の測定結果

ました。

今回は、岡崎 隆(東海大学), 金井 貴宏(昭和大学), 亀山 征史(東京都健康長寿医療センター)の3名の先生方にご出題いただきまして、興味深い発表と活発な議論が行われました。本号で出題編、次号で解答編を掲載します。

- 1) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が高い
- 2) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が低い
- 3) SPECT像も考慮して検討したい

〈問題3〉SPECT横断像を図3に示す。適切なものはどれか。

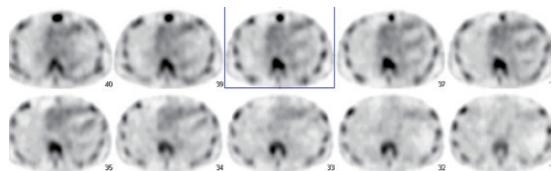


図3 SPECT長軸横断像

- 1) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が高い
- 2) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が低い
- 3) SPECT/CT融合画像も考慮して検討したい

〈問題4〉SPECT/CT融合画像を図4に示す。適切なものはどれか。

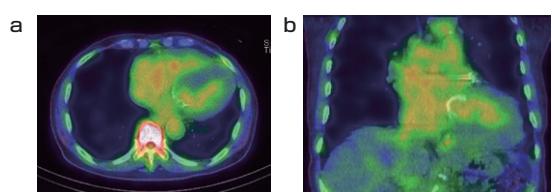


図4 SPECT/CT融合画像 (a) 横断像 (b) 冠状断像

- 1) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が高い
- 2) ATTR型心アミロイドーシスの可能性が低い
- 3) equivocalでどちらとも言えない

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

**【出題2】(出題:金井 貴宏 先生)**

60歳代男性

現病歴: 20XX年10月 咳嗽と咽頭痛を主訴にかかりつけ医を受診した。症状が増悪し、顔面浮腫、呼吸困難も出現したため、翌月当院受診した。

既往歴: 高血圧

喫煙歴: 20本/日 × 45本

来院時身体所見: 意識清明。BT 35.8°C, BP 126/76mmHg, HR 98 bpm, SpO<sub>2</sub> 96% (O<sub>2</sub>:6L), PR 36回, 呼吸音減弱, 顔面の浮腫 (+)

主な血液所見: WBC 7900/μL, CRP 4.77mg/dL, D-dimer 3.22μg/ml, LDH 907U/L, 腫瘍マーカーは陰性

〈問題1〉 来院時の胸部単純X線写真正面像を図5に示す。主病変と考えられるのはどこか。



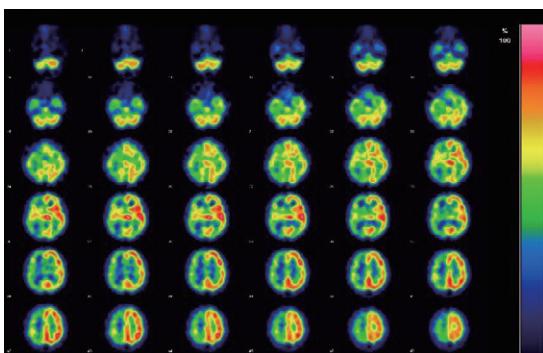
図5 胸部単純X線写真正面像

- 1)右肺 2)縦郭 3)左肺 4)その他

**【出題3】(出題:亀山 征史 先生)**

もやもや症例の脳血流シンチグラフィ所見について、読影の仕方を問う問題である。

〈問題1〉 もやもや症術前症例の脳血流シンチグラフィ所見を図8に示す。両側大脳のどちら側に灌流圧低下が著しいと考えられるか?

図8 脳血流シンチグラフィ(<sup>123</sup>I-IMP) SPECT像 もやもや病術前

- 1)みぎ  
2)ひだり  
3)どちらも同等

〈問題2〉 もやもや症の右脳動脈バイパス術後7日目の症例の脳血流シンチグラフィ所見を図9に

〈問題2〉 胸部造影CT所見を図6に、<sup>18</sup>F-FDG PET/CT所見を図7に示す。診断として考えられるのはどれか。2つ選べ。

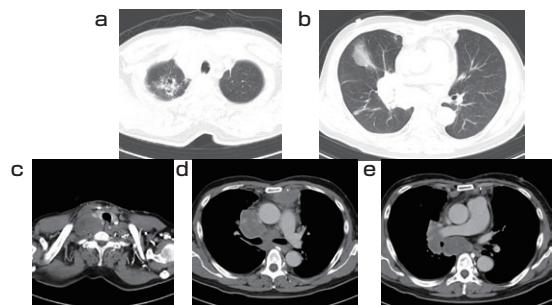


図6 胸部造影CT (a,b) 肺野条件 (c - e) 縦郭条件

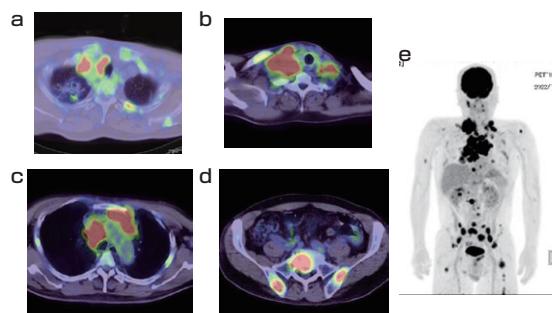
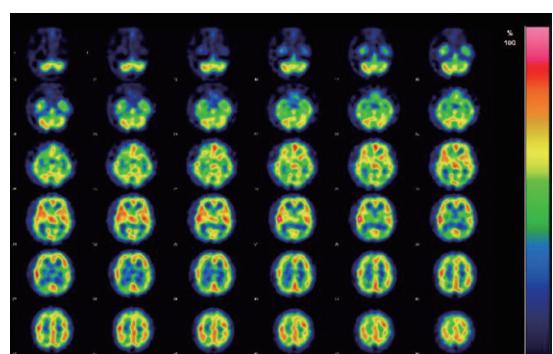


図7 FDG-PET/CT (a-d) CT-PET fusion画像 (e) 全身MIP像

- 1)肺癌 2)SFT 3)悪性リンパ腫  
4)サルコイドーシス 5)SMARCA4欠損腫瘍

示す。この患者さんの過灌流の有無について正しいのはどれか。

図9 脳血流シンチグラフィ(<sup>123</sup>I-IMP) SPECT像 もやもや病 右脳動脈バイパス術後7日目

- 1)みぎ大脳半球の血流増加は手術により正常に戻っているのであって、過灌流ではない  
2)みぎ大脳半球の代謝は低下しており、過灌流である  
3)みぎ大脳半球の代謝は正常であるが、ひだりよりも高い血流を示す箇所もあり、過灌流である  
4)根拠がなく、どちらともいえない

## トピックス

## 光免疫療法を理解するための基礎的知識(前編)

## Fundamentals of Understanding Photoimmunotherapy

中島 崇仁 NAKAJIMA Takahito

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

## 《1. はじめに》

私は2010年から3年ほど米国国立衛生研究所の国立がんセンターにある小林久隆研究室に留学していました。そこでは私の赴任した1ヶ月後に「光免疫療法」の論文が発表され<sup>1)</sup>、私も光免疫療法の確立に微力ながら協力させていただいております。まだ光免疫療法がどうして細胞や腫瘍を死滅させるかもわからずに、「なんだかすごい治療」ということで研究を進めてきており、徐々に作用機序や治療に影響する因子などを解明してきた最初の3年間の過程の現場に居合わせることができました。ここでは、初めて「光免疫療法」という名前を聞く方やすでに臨床で保険診療として行われている「光免疫療法」でこの治療を知った方に向けて、光免疫療法を「光(蛍光)」と「免疫(抗体)」に分けて説明させていただき、光免疫療法を理解する上で知っておくと良い基礎的なことや他の治療との違いについて説明させていただきます。

## 《2. 光免疫療法の3つのポイント》

光免疫療法は、手術・抗がん剤・放射線治療の三大治療に次ぐ、「第四の治療法」と言われています。これはいわゆる三大治療とは、がん治療に対する機序が大きく異なるからです。手術は周囲の正常組織も含めてがんを大きく取り除きます。光免疫療法では、がん細胞だけを死滅させ、がんを攻撃する免疫細胞や正常組織は破壊しません。抗がん剤はDNAの合成が盛んな組織に作用するため、がん細胞だけでなく、消化管粘膜や毛髪などの分裂の早い細胞にも影響を与えます。外照射(放射線治療)では、直接作用と呼ばれるX線が染色体にダメージを与えるよりも、周囲の水分子のOHなどが活性化することによるラジカルによる殺傷作用である間接作用が主な抗腫瘍効果になります。これらの治療に対して、光免疫療法では対象となる細胞表面に発現する抗原に対して、機械

的な力学的な力が加わり細胞膜を破壊して細胞内溶液が外部に漏れ出すことで細胞が壊死します(図1)。抗がん剤や放射線治療が細胞のアポトーシスを誘導するのに対して、物理的に細胞膜に穴を開ける光免疫療法はネクローシスを誘導することが大きな違いになります。

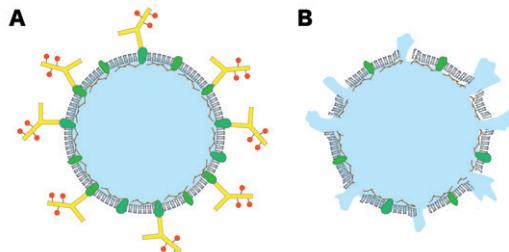


図1 A：細胞表面の抗原にIR700標識抗体が吸着する。  
B：近赤外線照射後。細胞膜に無数の孔が物理的に開くことで細胞が壊死する。

次に、近赤外線を当てながら顕微鏡を観察すると、がん細胞がどんどん死んでいくのを肉眼で確認したのが、2010年の出来事です(図2)。それから約半年で細胞実験・動物実験を行ってNatureMedicineの論文が米国国立衛生研究所の小林久隆研究室から報告されました<sup>1)</sup>。2011年に論文が世界で初めて発表されてから約10年後の2020年9月には、楽天メディカルから早期認証制度を活用した保険診療として光免疫療法が日本で認可されました。現在は治療方法のないEGFR抗原陽性の進行頭頸部癌にのみ保険適法となっていますが、小林研究室からはすでにいろいろながん種や抗原に対して治療成果が(動物実験レベルですが)報告されており、今後の適応拡大が期待されています。基礎研究者の間では、Bench to Bedというスローガンが掲げられており、クリーンベンチで行われた基礎研究の技術や薬剤などを、どうにかして臨床医療(ベット)に届けたいという切実な思いがあります。光免疫療法は10年でベンチからベットに移行できた優等生的な新しい治療方法で

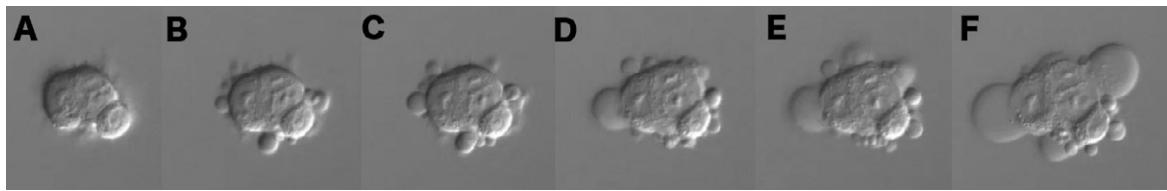


図2 細胞への光免疫療法(連続写真)。IR700標識抗体投与6時間後に近赤外線を照射した状態で10秒毎に撮影(A→F)。

もあります。

3つ目に挙げられるポイントは、光免疫療法では抗体と蛍光増感剤とを組み合わせた薬剤を使って治療を行います(図3)。蛍光増感剤については、今のところ1種類の薬剤(IR700:NIR-Dye700DX)しかありませんが、組み合わせる抗体についてはどんなものでも治療効果があることが分かっています<sup>2)</sup>。医療において抗体の使い方には様々なものがあります。まずは、先ほども申し上げたようにEGFR抗原を発現した頭頸部癌以外の癌への適応拡大があります。乳がんなどで発現することの多いHER2抗原や前立腺がんの抗原であるPSMAをターゲットとした光免疫治療も可能です。また、がん細胞にはいくつかの抗原が発現していることが多いですので、複数の抗体を使った光免疫療法

というのも考えられます。

次に、がん以外の疾患に対する抗体治療を考えられます。関節リウマチなどの膠原病でも抗体を使った治療が行われています。IL-6に対する抗体が使われることもありますが、IL-6は細胞膜にとどまっていることもあるため、がんの治療の時のように単純にはいきませんが、ターゲットを考えることで、がん以外の病気に対しても光免疫療法が行える可能性があります。

最後に、すでに研究が進められていますが、光免疫療法の「免疫」に着目した治療があります。先ほども述べたように光免疫療法は細胞壊死(ネクローシス)を誘導します。そのため、細胞膜が破壊された時に大量のがん抗原を放出するはずです。このがん抗原による免疫系の活性化を期待し

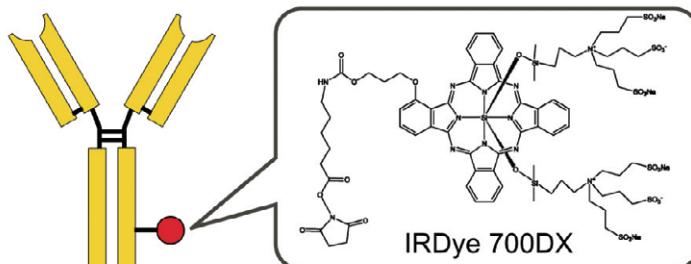


図3 IRDye700DXを標識した抗体

表1 これまでに発表された光免疫療法(参考文献2改変)

抗体-IR700 複合体	標的	癌腫	抗体など
Pan-IR700	EGFR	腺癌など多数	panitumumab
Bas-IR700	CD25	免疫細胞	basiliximab
Tra-IR700	HER2	乳癌など	trastuzumab
Cet-IR700	EGFR	腺癌など多数	cetuximab
anti-PSMA-IR700	PSMA	前立腺癌など	diobody/ minibody
anti-CEA-IR700	CEA	肺癌など	anti-CEA-antibody
YP7-IR700	GPC3	肝細胞癌	anti-GPC3-antibody
HN3-IR700	GPC3	肝細胞癌	heavy chain
Pert-IR700	HER2	乳癌	pertuzumab
Ritx-IR700	CD20	B細胞リンパ腫	rituximab
hYP218-IR700	mesot	中皮腫	hYP218
GSA-IR700	lectin	卵巣癌腹膜播種	Gal serum albumin
antiAC133-IR700	AC133	膠芽腫	anti-AC133 antibody

た研究があります。複数の腫瘍をマウスに移植して、一つの腫瘍にだけ近赤外線を照射して光免疫療法を行うと、残りの治療をしていない腫瘍も縮小するという論文が発表されています。腫瘍を光免疫療法で治療することで、自己の免疫を活性化して治療していない腫瘍を免疫の働きで治療できる可能性を示しています。また、ノーベル賞を受賞された本庶佑先生が火付け役となり、盛んに行われている免疫チェックポイント阻害剤による治療と光免疫療法の治療の併用というものも研究が進められています<sup>3)</sup>。

### 《3. 免疫：抗体について》

光免疫療法では、抗体に蛍光増感剤を標識した薬剤を用います。この抗体は抗原に特異的に結合すると言われていますが、血中に投与した抗体が腫瘍に対して集積する機序はなんでしょうか？免疫学の教科書の印象的なイラストから、「抗原-抗体反応」で抗体が病変に集積すると考えがちですが、実は「抗原-抗体反応」の前に抗体が病変に到達する機序があります。これは日本人の松村保広先生・前田浩先生が提唱した「EPR (enhanced permeability and retention) 効果」という現象が大きく影響しています。

抗体は分子量150kDaでサイズは5~10nm程度と言われています。いわゆる高分子であり、CT検査やMRI検査で用いる造影剤が700~1000Daであることを考えるとかなり大きな分子になります。血中のアルブミンと同じ程度の大きさなのですが、正常血管からは漏れ出さないことになっています。

腫瘍血管などの異常血管では血管の透過性が亢進しており、通常は細胞間隙に漏れ出さないような抗体などの高分子が血管を透過して細胞間隙に移動します。このような状況をEPR効果と呼びます。EPR効果はナノメディシンという医療分野で有望視されており、抗がん剤をミセルなどの中に抗がん剤を閉じ込めてことで、ナノサイズの抗がん剤(ナノ粒子)を特異的に腫瘍に集積させるなどの技術(Drug Delivery System: DDS)が研究されています。抗体はEPR効果を使って腫瘍に特異的に集積します。実は、どのような抗原をターゲットとする抗体でもEPR効果により腫瘍に集積します。ただし、細胞に作用するかどうかは抗原-抗体反応により、集積するが作用しないという抗体も存在します。(後編につづく)

### 《参考文献》

- 1) Cancer cell-selective in vivo near infrared photoimmunotherapy targeting specific membrane molecules, Nat Med. 2011;17(12):1685-91.
- 2) Near infrared photoimmunotherapy for cancers: A translational perspective, EBioMedicine. 2021;70:103501.
- 3) Near-infrared photoimmunotherapy of cancer: a new approach that kills cancer cells and enhances anti-cancer host immunity, Int Immunol. 2021;33(1):7-15.

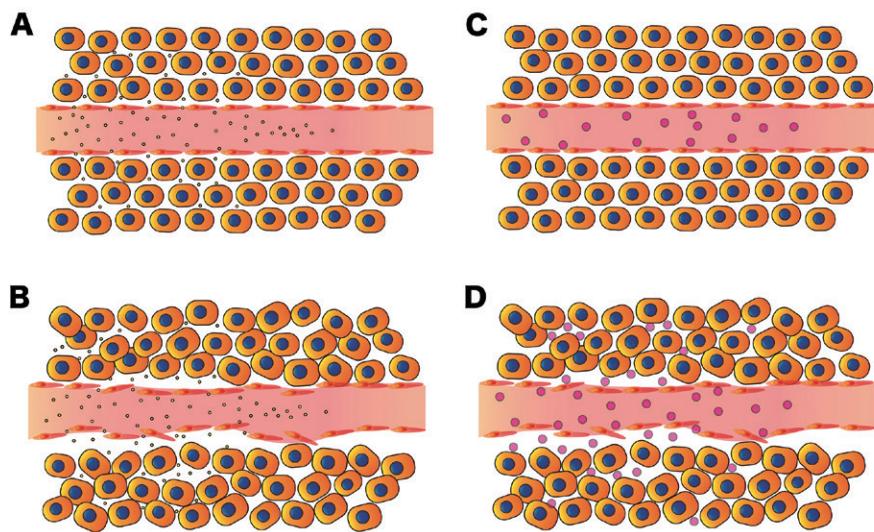


図4 A-B:超低分子造影剤(ヨード造影剤・ガドリニウム造影剤など)・C-D:ナノ粒子(アルブミン・抗体など)

## 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.6. 消化器・腎核医学

**Basic knowledge and recent topics of nuclear medicine learned from the certification examination.**  
**Vol 6. Nuclear medicine in digestive organs and kidneys**

澤本 博史 SAWAMOTO Hirofumi

**Key words : digestive organs and kidneys, Japanese Nuclear Medicine Board examination, basic clinical nuclear medicine**

### 《はじめに》

本稿では、日本核医学会専門医試験を受験する医師を対象に、2017年(第14回)～2022年(第19回)の専門医試験に出題された消化器・腎核医学の問題の解説を行う。この領域の出題数は毎年2～3問と決して多くはないもののコンスタントに出題されている。また、2020年(第17回)及び2021年(第18回)では従来の択一問題の他に記述式問題も出題されており(コロナ禍にておそらく口頭試問に代わる形での出題であったと推察される)，こちらにもこの領域に関連した出題がみられた。記述式問題の解答についてはあくまでも一例であり、参考程度として戴ければ幸いである。

### 《消化器核医学検査》

#### 《出題傾向》

消化器核医学では、肝受容体シンチグラフィ、肝胆道シンチグラフィ、消化管出血シンチグラフィ、異所性胃粘膜シンチグラフィ、唾液腺シンチグラフィからの出題が多く、使用薬剤や投与量についての総論的な内容の問題の他、実際の症例に沿った出題もなされている。

**問題** 検査目的と使用する放射性薬剤の組合せで正しいのはどれか。1つ選べ。(2018年 第35問)

- a. 副脾の診断  $^{99m}\text{Tc}$ -GSA
- b. 胆汁漏の診断  $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球
- c. 肝予備能の評価  $^{99m}\text{Tc}$ -スズコロイド
- d. シェーグレン症候群の診断  $^{99m}\text{TcO}_4^-$
- e. 消化管出血の出血源の同定  $^{99m}\text{Tc}$ -PMT

正解：d.

副脾の診断には網内系に取り込まれる薬剤である $^{99m}\text{Tc}$ -スズコロイドの他、 $^{99m}\text{Tc}$ 標識熱障害赤血球を用いる(後者はやや手技が煩雑である)。胆汁漏の診断には $^{99m}\text{Tc}$ -PMTを、肝予備能の評価には $^{99m}\text{Tc}$ -GSAを、消化管出血の出血源の同定には $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-D、 $^{99m}\text{Tc}$ -赤血球、 $^{99m}\text{Tc}$ -コロイド(フチン酸/スズコロイド)等を用いる。よってd.が正解である。

**問題** 成人における標準的な投与放射能量が最も多い検査はどれか。1つ選べ。(2022年 第39問)

- a.  $^{99m}\text{Tc}$ -GSAを用いた肝機能シンチグラフィ
- b.  $^{99m}\text{Tc}$ -PMTを用いた肝胆道シンチグラフィ
- c.  $^{99m}\text{Tc}$ -スズコロイドを用いた肝シンチグラフィ
- d.  $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を用いた異所性胃粘膜シンチグラフィ
- e.  $^{99m}\text{Tc}$ -HSA-Dを用いた消化管出血シンチグラフィ

正解：e.

a. b. c. は185MBq、d. は185～370MBq、e. は370～740MBq であり、e. が正解である。消化管出血シンチグラフィでは必要に応じ24時間後像を撮像する場合があり、減衰を考慮し投与放射能量を多くする必要がある。

### 《肝受容体シンチグラフィ》

$^{99m}\text{Tc}$ -GSAを用いたシンチグラフィであり、肝アシクロシンチグラフィとも云われる。 $^{99m}\text{Tc}$ -GSAは肝細胞表面に存在するアシクロ糖蛋白受容体と結合し、肝細胞内に取り込まれ、代謝を受けた後に胆汁中に排泄される。アシクロ糖蛋白受容体は種々の肝疾患で減少するので、肝に摂取される $^{99m}\text{Tc}$ -GSAは減少し、逆に血中濃度は増加する。従って、形態評価のみならず、 $^{99m}\text{Tc}$ -GSA 静注後の肝摂取、血中濃度を算出することにより肝機能(肝障害の程度)を定量化可能である。

定量指標については種々の報告があるが、血中クリアランスの指標であるHH15と、肝摂取率の指標であるLHL15による相対的な定量法が基本且つ簡便でありよく用いられている。これらは静注直後からのdynamic収集で得られたPlanar前面像において心血液プール及び肝臓に閑心領域を設定し、時間放射能曲線でのH3、H15(投与後3分、15分における心血液プールの放射能)、L15(投与後15分における肝臓の放射能)を用い、 $\text{HH15} = \text{H15}/\text{H3}$ 、 $\text{LHL15} = \text{L15}/(\text{H15} + \text{L15})$ で算出される(正常値はHH15: 0.5～0.6、LHL15: 0.91～0.96程度)。HH15は肝障害が高度となれば高値となる。LHL15は肝障害が高度になれば低値となるが、軽度の肝障害の場合には感度が低い。SPECT或いはSPECT/CTを用いることで局所の肝機能や機能

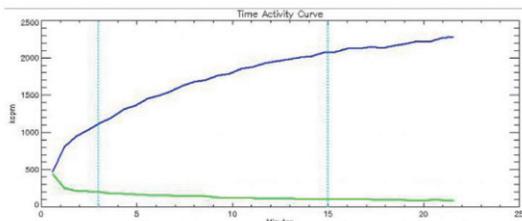
的肝容積の評価(計測)が可能であり、肝切除の場合では、術式の決定、術前後の予備能の評価、術後肝不全の予測等に用いられる。他、肝動脈塞栓術(TAE)での塞栓範囲の決定や、肝腫瘍に対する定位放射線治療での放射線治療計画目的等でも用いられることがある。

後述する<sup>99m</sup>Tc-PMTとは異なり、高度黄疸症例でも血中ビリルビンに影響されることなく肝機能の評価が可能である。

腫瘍は大半は欠損像として描出されるが、高分化肝細胞癌、限局性結節性過形成などでは細胞膜のアシクロ糖蛋白受容体が保たれていれば集積することがある。

**問題** <sup>99m</sup>Tc-GSA シンチグラフィでの時間放射能曲線を示す。肝摂取率指標を示す式はどれか。なお、H3、H15はそれぞれ投与後3分と15分における心血液プールの放射能、L15は投与後15分における肝臓の放射能を表す。(2021年 択一問題 第59問)

- a. L15 / H3
- b. H15 / (H15 + L15)
- c. L15 / (H15 + L15)
- d. (H15 + L15) / H15
- e. (H15 + L15) / L15



正解 : c.

定量指標については、設問文内に記載の肝摂取率の指標であるLHL15と、血中クリアランスの指標であるHH15が基本であり、LHL15はL15/(H15 + L15)で、HH15はH15/H3で算出される。よってc.が正しい。

**問題** <sup>99m</sup>Tc-GSA を用いた肝機能シンチグラフィについて正しいものはどれか。1つ選べ。(2020年 択一問題 第37問)

- a. 成人での投与量は約185MBqである。
- b. 正常では、胆囊は描出されない。
- c. 静注15分後に撮像を開始する。
- d. 中エネルギー計数器を使用する。
- e. 肝機能が低下するとLHL15が上昇する。

正解 : a.

a.は正しい。正常でも投与20分後以降胆管、胆囊が描出される。肝受容体シンチグラフィでは投与直後より撮像を開始し、投与約20分後まで連続してdata収集を行う。局所の肝機能(予備能)を評価する場合はこれ以降にSPECTを撮像する場合が多い(局所肝機能の定量、より厳密な肝機能の定量を行う目的で投与直後よりdynamic SPECTを行う施設もある。<sup>99m</sup>Tcのγ線のメインエネルギーピークは約140keVであるので、中

エネルギーではなく低エネルギー計数器を使用する。肝機能が低下するとLHL15は低下する。

### 《肝胆道シンチグラフィ》

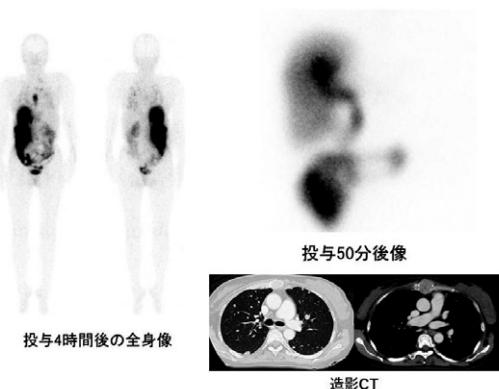
ビタミンB<sub>6</sub>とメチルトリプトファンの総合体よりもなる<sup>99m</sup>Tc-PMTを投与する。肝細胞膜トランスポーターであるOATP1B1及びOATP1B3を介した能動輸送により肝細胞へ速やかに取り込まれた後胆道系に排泄され、総胆管を経て十二指腸へ排泄される為、胆道系の機能評価に用いられる。胆囊にも取り込まれるが、胆囊の評価を行うには検査前の絶食が必要である。正常の場合投与5分後で心プールが消失し肝が明瞭に描出され、静注10分後以降で胆道が、30分以内には胆管を経由して腸管が描出される。60分後では胆囊や腸管に大部分以降し、肝の描出はほぼ不明瞭となる。肝集積はビリルビンと競合する為、黄疸が高度となると肝集積・排泄が低下し、腎尿路系の排泄が亢進する。総ビリルビン値が20~30mg/dLまでは描出可能と云われているが、6mg/dLを超えると腸管への排泄が認められないことがある。

検査の対象は新生児黄疸(乳児肝炎)と胆道閉鎖症の鑑別、先天性胆道拡張症(総胆管囊腫)の診断、肝移植後や胆道系術後の評価、胆汁漏、急性胆囊炎、肝内胆囊、肝内胆管結石の診断、体質性黄疸の鑑別、肝実質性黄疸と閉塞性黄疸の鑑別等である。体質性黄疸の場合、Rotor症候群では肝集積低下、Dubin-Johnson症候群では肝集積正常・肝排泄低下、Gilbert症候群では肝集積・肝排泄共に正常である。他、肝腫瘍性病変の鑑別にも用いられ、分化度の高い肝細胞癌の原発巣や転移巣には<sup>99m</sup>Tc-PMTが集積する場合がある。他、限局性結節性過形成や肝細胞腺腫等にも集積すると云われている。

負荷検査として、胆囊の収縮機能を評価する目的で胆囊収縮剤を投与し、投与前後の胆囊のカウントを測定する場合や、急性胆囊炎での胆囊管疋通性の評価目的で1時間後像にて胆囊描出(-)の際にモルフィン負荷を行う場合がある。

**問題** 50歳代、男性。肝細胞癌の治療歴あり。CTにて、多発肺腫瘍および胸骨腫瘍を認めたため、核医学検査が施行された。この核医学検査についての記載で誤っているものはどれか。1つ選べ。(2021年 択一問題 第57問)

- a. 放射性医薬品は<sup>99m</sup>Tc-PMTである。
- b. 腸管への生理的集積を認める。
- c. 肝細胞癌からの肺転移、胸骨転移が予想される。
- d. 原発性肺癌とその骨転移も鑑別に挙がる。
- e. この検査は新生時黄疸と先天性胆道閉鎖症の鑑別に有用である。



正解：d.

肝細胞癌の治療歴、造影CTにて多発肺結節、胸骨に溶骨性腫瘍を認める点からは肝細胞癌の肺転移、胸骨転移ということは容易に予想される。設問の核医学検査は<sup>99m</sup>Tc-PMTを用いた肝胆道シンチグラフィであり、a.は正しい。設問の投与50分後像は肝(右葉)からのwashoutがやや悪い印象はあるものの、腸管への排泄(生理的集積)は明瞭であり、b.は正しい。投与4時間後の全身像では腸管、腎及び膀胱への生理的集積の他(正常でも尿路系に少量排泄あり)、両肺野及び胸部正中(前面像)に異常集積が認められる。造影CTでの肺結節、胸骨腫瘍への集積と考えられる。分化度の高い肝細胞癌は本薬剤の集積を認める腫瘍であり、c.は正しい。本検査は上述のような腫瘍の陽性抽出の他、選択肢e.の新生児黄疸と胆道閉鎖症の鑑別にも有用とされている。

**問題** 肝胆道シンチグラフィについて正しいのはどれか。1つ選べ。(2019年 第35問)

- a. 正常では胆のうは描出されない。
- b. 放射性医薬品として<sup>99m</sup>Tc-フチン酸を用いる。
- c. 放射性医薬品静注後1時間程度で撮像を開始する。
- d. 24時間像を撮像する場合は、3時間像よりも収集時間を延長する。
- e. 24時間像で腸管への排泄が見られなければ、乳児肝炎は除外される。

正解：d.

正常でも胆囊は描出されるが、検査前の絶食が必要である。使用薬剤は<sup>99m</sup>Tc-PMTであり、<sup>99m</sup>Tc-フチン酸はコロイド肝シンチグラフィや消化管出血シンチグラフィで用いられる。撮像開始は投与5分後である。24時間像を撮像する場合は、減衰と排泄による収集カウント低下を考慮し収集時間を延長する(よってd.は正解)。肝胆道シンチグラフィは新生児黄疸(乳児肝炎)と胆道閉鎖症の鑑別に有用であり、胆道閉鎖症では24時間後像でも腸管への排泄(-)であるのでe.は通常は正解と考えられるが、乳児肝炎でも高度肝障害の場合や濃縮された胆汁の影響で胆管や腸管への排泄が認められないことがある。選択肢d.との兼ね合わせもあり不正解とする。

### 《コロイド肝シンチグラフィ》

最近は検査数が減少しており、試験問題の出題も限られているが、伝統的な肝臓核医学検査であり解説する。<sup>99m</sup>Tc-スズコロイドや<sup>99m</sup>Tc-フチン酸等のコロイドを形成する薬剤を用い(後者は血中のCa<sup>2+</sup>とキレート形成しコロイド化),類洞に存在するKupffer細胞の貪食作用(細網内皮系の機能)を画像的に評価する。肝細胞に摂取される訳ではない為、肝細胞の機能を反映した分布とはならないが、肝血流には依存すると云われる。正常では肝に80~85%程度、脾に5~10%程度、骨髄に数%程度分布する。肝硬変では肝右葉萎縮/左葉腫大、脾腫、脾/骨髄の集積亢進がみられ、コウモリの飛ぶ姿に似ていることからflying bat appearanceと云われている。他、劇症肝炎では肝集積が全く認められない場合があり、hepatice reticuloendothelial failureと呼ばれる。

肝腫瘍では限局性結節性過形成等にも集積すると云われているが、集積程度は病変内のKupffer細胞の多寡や貪食能の程度により様々である。しかし、MRI造影剤である超常磁性酸化鉄粒子(SPIO)が同様の機序で集積することもあり、腫瘍の評価に関しては他の画像modalityに移行している。

### 《消化管出血シンチグラフィ》

通常は上部及び下部消化管内視鏡では評価の難しいTreitz韌帯以下(主に小腸)の下部消化管出血が対象である。①<sup>99m</sup>Tc-コロイドや、②<sup>99m</sup>Tc-RBC或いは<sup>99m</sup>Tc-HSA-Dを投与して撮像する。①の場合、腹部ではバックグラウンドが低い画像が得られるが、薬剤が網内系に移行するまでの約15分間しか出血の検出は困難である為、投与24時間までの間歇性出血を検出可能である②の薬剤が通常用いられている。②の薬剤は正常の場合投与後血管内に留まるが、出血部位から消化管内に漏出すると再吸収されず経時に移動し広がる。SPECT/CTの併用によりPlanar像単独より診断能が向上すると云われている。但し腸管に排泄された薬剤を出血部位と誤認しないことが肝要である。消化管出血シンチグラフィは血管造影より感度が高く、検出可能な出血量は0.05~0.1 mL/minとされている。

**問題** 消化管出血が疑われた患者の<sup>99m</sup>Tc-RBC投与後5, 10, 20分の腹部正面シンチグラムを示す。以下の記述のうち正しいのはどれか。1つ選べ。(2019年 第36問)

- a. 異常なし
- b. 胃出血
- c. 空腸出血
- d. 回腸出血
- e. 下行結腸出血



正解：c.

投与5分後像より肝右葉下部～やや下方のレベルの腹部大動脈の血液プール像の左方に異常集積がみられ、10分後像、20分後像で拡大、増強している。空腸からの漏出像と考えるのが妥当である。

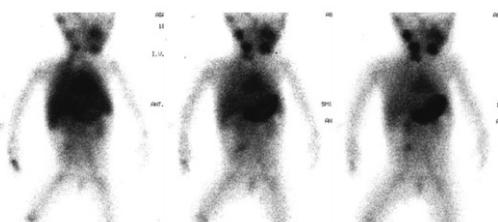
### 《異所性胃粘膜シンチグラフィ》

$^{99m}\text{TcO}_4^-$ は胃粘膜の粘液産生上皮細胞に取り込まれ、胃内腔に分泌される性質を有している為、異所性胃粘膜が存在する部位に集積する。Meckel憩室は胎生期の卵黄腸管の遺残による先天性小腸憩室で、回盲部より約0.5～1m口側の腸間膜付着部の対側にみられる。Meckel憩室には20～50%の頻度で異所性胃粘膜を内在し、特に下血等の症状を有する小児の場合には高率に胃粘膜を憩室内に有していると云われている。

注意点として、Meckel憩室からの出血直後には胃粘膜が脱落し、偽陰性となることがある。検査前日にH<sub>2</sub>ブロッカーを投与することで検出率が向上すると云われている。時に出血により漏出した $^{99m}\text{TcO}_4^-$ が描出されることがあるが、経時的に移動がみられるので鑑別可能である。他偽陽性として、子宮(月経期)や尿路排泄、Barrett食道、腸管重複症、胃囊胞、Crohn病や潰瘍性大腸炎、腸閉塞等が挙げられる。

**問題** 消化管出血が疑われた患者(1才)の $^{99m}\text{TcO}_4^-$ 投与後1、5、10分の体幹部正面シンチグラムを示す。最も考えられるものはどれか。1つ選べ。(2020年 択一問題 第39問)

- a. 異常なし
- b. 胃出血
- c. 十二指腸出血
- d. 回腸腫瘍
- e. Meckel憩室



正解：e.

設問のシンチグラムでは、胃の生理的集積と同様の時相で右下腹部に異常集積を認め、増強しているので、e.のMeckel憩室の異所性胃粘膜への集積とするのが妥当である。

**問題** 以下の薬剤のうち、異所性胃粘膜シンチグラフィに使用される薬剤はどれか。1つ選べ。(2017年 第36問)

- a.  $^{99m}\text{Tc-RBC}$
- b.  $^{99m}\text{Tc-Snコロイド}$
- c.  $^{99m}\text{TcO}_4^-$
- d.  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$
- e.  $^{99m}\text{Tc-DTPA-HSA(HSAD)}$

正解：c.

$^{99m}\text{Tc-RBC}$ は消化管出血シンチグラフィ、

$^{99m}\text{Tc-Snコロイド}$ は肝・脾シンチグラフィ、消化管出血シンチグラフィに使用される。 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ は後述する腎動態シンチグラフィに、 $^{99m}\text{Tc-HSA-D}$ は消化管出血シンチグラフィ、蛋白漏出シンチグラフィに使用される。従って、c.の $^{99m}\text{TcO}_4^-$ が正しい。

### 《唾液腺シンチグラフィ》

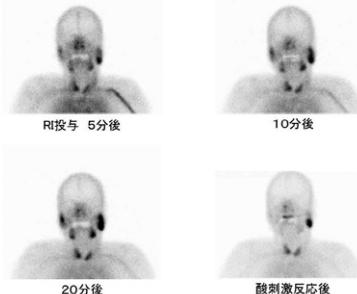
$^{99m}\text{TcO}_4^-$ は前述した胃粘膜の他、甲状腺及び唾液腺に生理的に集積する。唾液腺はI<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>等の陰イオンを取り込み濃縮する作用があるが、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ も同様の機序で唾液腺の排泄管上皮細胞に集積すると考えられている。取り込まれた $^{99m}\text{TcO}_4^-$ は唾液と共に徐々に口腔内に排泄される。正常では耳下腺、頸下腺が左右対称性に明瞭に描出され、集積は経時に亢進し、15～20分でピークとなる。排泄機能を評価する場合は、前述した撮像終了後にレモン、クエン酸や梅干等の酸味負荷を行い10～15分後に撮像する。

シェーグレン症候群や放射線照射後の機能低下では集積が低下し、酸味負荷後も排泄が殆どみられない。一般に唾液腺腫瘍は $^{99m}\text{TcO}_4^-$ を摂取しない為通常集積低下となるが、Warthin's tumorやoncocytomaでは腫瘍に集積し、酸味刺激後も集積が残存する。

**問題** 80歳代、男性。唾液腺の病変を指摘され、精査目的に唾液腺シンチグラフィが施行された。

正しいのはどれか。1つ選べ。(2017年 第60問)

- a. 使用された薬剤は $^{201}\text{TlCl}$ である。
- b. 甲状腺への集積は異常である。
- c. 左耳下腺癌への集積が考えられる。
- d. シェーグレン症候群が疑われる。
- e. 両側頸下腺の酸刺激反応は良好である。



正解：e.

$^{99m}\text{TcO}_4^-$ が薬剤として使用される。 $^{201}\text{TlCl}$ でも唾液腺や甲状腺に生理的集積を認めるので、いずれにしてもb.は不正解である。 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ では甲状腺や唾液腺の他、胃粘膜にも生理的集積がみられる。設問のシンチグラムでは投与5分後像より左耳下腺下極に結節状の異常集積を認め、酸刺激前のscanにて経時に集積が亢進し、酸刺激反応後のscanでも薬剤が排泄されず停滞している。Warthin's tumorやoncocytoma等の腫瘍への集積と考えられる。耳下腺癌の場合、 $^{99m}\text{TcO}_4^-$ は集積せず欠損像となる。シェーグレン症候群では大唾液腺への集積低下、酸刺激での反応性不良が特徴である。設問例の酸刺激反応後のscanでは耳下腺、頸下腺の薬剤は良好にwashoutされている

ので、e.は正しい。

### 《その他の消化器核医学検査》

蛋白漏出シンチグラフィ、脾シンチグラフィ、門脈シンチグラフィ、食道通過性検査、胃食道逆流検査、胃排出能検査、小腸・大腸通過性検査、胆汁胃逆流検査、腹腔シンチグラフィ等がある。使用薬剤は蛋白漏出シンチグラフィ：<sup>99m</sup>Tc-HSA-D、脾シンチグラフィ：<sup>99m</sup>Tc-スズコロイド或いは<sup>99m</sup>Tc標識熱障害赤血球、門脈シンチグラフィ：<sup>201</sup>TlCl、<sup>123</sup>I-IMP或いは<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub><sup>-</sup>(直腸内投与)、<sup>99m</sup>Tc-MAA(脾臓内注入)、食道通過性検査、胃食道逆流検査、胃排出能検査、小腸・大腸通過性検査：<sup>99m</sup>Tc-DTPA或いは<sup>99m</sup>Tc-コロイド、胆汁胃逆流検査：<sup>99m</sup>Tc-PMT、腹腔シンチグラフィ：<sup>99m</sup>Tc-MAA或いは<sup>99m</sup>Tc-コロイド等である。詳細は成書を参照されたい。

### 《腎核医学検査》

腎核医学検査には腎動態シンチグラフィと腎静態シンチグラフィがある。前者では薬剤負荷も行われ、過去問でも出題されている。核医学的手法による体外計測法での腎機能の評価は、非放射性薬剤を含めた採血や採尿等を利用(或いは併用)する方法よりも定量性は劣るが、簡便であることと、分腎機能が評価できる点で有用性が高い。

腎動態シンチグラフィでは<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>及び<sup>99m</sup>Tc-DTPAが現在使用されている。<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>は近位尿細管分泌物質であり、1回腎循環で5%程度が糸球体で濾過され、60%前後が近位尿細管より分泌し、ほとんど再吸収されずに尿中に排泄される。有効腎血漿流量(effective renal plasma flow: ERPF)が算出可能である。同様の物質として<sup>131</sup>Iまたは<sup>123</sup>I-OIHが以前は用いられており、1回腎循環での抽出率は85%程度と<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>の60%よりも高くバックグラウンドの低い画像が得られていたが、現在は発売中止となっている。<sup>99m</sup>Tc-DTPAは糸球体濾過物質であり、1回腎循環で20%が糸球体で濾過され、尿細管より殆ど分泌されない。糸球体濾過率(GFR)が算出可能である。

検査前には前処置として水負荷(例として検査30分前に5ml/kg、最大量300ml等)が必要である。

定性的評価として両腎に関心領域を設定し、腎時間放射能曲線(レノグラム曲線)を作成する。レノグラム曲線は3つの相に分けられる。①血管相(投与直後の急速な上昇を示す部、腎外組織と腎血流)、②分泌相或いは機能相(血管相に続く緩徐な上昇を示す部、腎血流と分腎機能)、③排泄相(分泌相或いは機能相に続く下降を示す部、腎孟や尿管の排泄機能)。投与から最高計数までの時間はT<sub>max</sub>、最高計数から1/2の計数にまで減じるまでの時間はT<sub>1/2</sub>といわれ、前者は4~6分、後者は6~10分程度が正常範囲内である。レノグラム曲線のパターンは視覚的評価により、漸増していく閉塞型、T<sub>max</sub>またはT<sub>1/2</sub>が延長する遅延型、ピークを認めるが著明に低下している機能低下型、平坦な無機能型に分類される。

腎動態シンチグラフィではフロセミド、カプトブリル等の薬剤を用いた負荷試験が行われる。フロセミド負荷は水腎症が閉塞性(器質性)か非閉塞性(機能性)かの鑑別に用いられる。但し、腎機能障害或いは水腎症が高度の場合は判定が困難となる。カプトブリル負荷は腎血管性高血圧の診断に用いる。ACE阻害薬であるカプトブリルは、アンギオテンシンⅠ→Ⅱへの変換を阻害し、輸出細動脈に対する血管取縮作用を低下させることにより糸球体濾過率を低下させる。腎血管性高血圧では、レニン-アンギオテンシン系の亢進によるアンギオテンシンⅡの産生亢進がカプトブリルにより抑制される結果、患側腎の集積低下、通過時間の延長や排泄遅延が生じる。なお、両側性の腎動脈狭窄の場合は診断精度が低下する。

検査対象は、尿流障害、腎血管性高血圧、閉塞性腎疾患の他、移植腎の合併症の診断等である。移植腎の診断の場合、急性尿細管壞死と急性拒絶反応の鑑別(典型例)では前者は血流相は正常~比較的良好であるが機能相で集積低下及び排泄遅延を示し、後者では血流、機能相共に集積低下する。

腎静態シンチグラフィでは<sup>99m</sup>Tc-DMSAが使用される。近位尿細管の上皮細胞に直接取り込まれ、長時間留まる。一部は糸球体より濾過された後に尿細管で再吸収されて集積する。正常では2時間後に投与量の40~50%(片腎で20~25%)が集積し、尿中排泄は2時間後で8~17%と非常に少ない。大部分が血漿蛋白と結合し、1回腎循環での腎除去率は5%と低い為、撮像は投与2~3時間後にを行う(集積のピークは投与5~6時間後である)。膀胱尿管逆流に伴い生じる尿路感染により引き起こされる腎実質障害や腎瘢痕の評価に優れ、US、CTよりも高感度と云われている。定量的評価として算出される分腎摂取率は皮質機能を反映しており、GFR、ERPFやCcr等と相関する。

### 《出題傾向》

腎核医学では、腎動態シンチグラフィ、腎静態シンチグラフィでの使用薬剤や投与量の他、腎動態シンチグラフィで行われる負荷検査の薬剤に関する出題が多い。《はじめに》で記載のように、この領域に関連した記述式問題もみられた。

**問題** 腎孟尿管移行部狭窄の手術適応を決める際、腎動態シンチグラフィで負荷に用いる薬剤はどれか。1つ選べ。(2022年 第38問)

- a. アデノシン
- b. フロセミド
- c. カプトブリル
- d. アセタゾラミド
- e. パラアミノ馬尿酸

正解：b.

a.は薬剤負荷心筋血流シンチグラフィ、d.は負荷脳血流シンチグラフィに用いる薬剤である。c.は前述の通り腎動態シンチグラフィで腎血管性高血圧の診断に用いる。e.は有効腎血漿流量測定のgold standardとされている非放射性薬剤である。よってb.が正解である。

**問題** <sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>を用いた腎動態シンチグラフィについて、正しいものはどれか。1つ選べ。(2021年 押一問題 第39問)

- a. 糸球体濾過率を算出する。

- b. 検査前は4時間以上絶食とする。
- c. 投与量として $740\text{MBq}$ は標準的である。
- d. 分腎機能の評価には排泄相の撮影が必要である。
- e. 機能相における腎の描出は $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ を用いた場合よりも明瞭である。

正解：e.

$^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ では有効腎血漿流量が算出される。糸球体濾過率を算出するのは $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ である。絶食は不要であるが、検査前の水負荷が必要である。投与量はキット製剤で200～400MBq、シリジ製剤で200～555MBqであり、c.の740MBqは標準的とは言い難い。尿路狭窄や腎実質障害が進行している場合、レノグラム曲線は右肩上がりのパターン(閉塞性パターン)を示し、検査時間(通常20～30分程度)では排泄相が確認不可能となるので、排泄相の撮影が必要であるとはいえない。 $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ は $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ と比べ1回循環での腎除去率が高く、尿中排泄率が高い為、バックグラウンドが低く良好な画像が得られると共に、腎機能低下時でも腎形態、尿排泄等の診断に優れている。よってe.は正しい。

**問題**  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ を用いた腎動態シンチグラフィで、糸球体ろ過能の定量評価に最も適した時相はどれか。1つ選べ。(2020年 択一問題 第38問)

- a. 静注30秒以内
- b. 静注3分後
- c. 静注5分後
- d. 静注10分後
- e. 静注20分後

正解：b.

$^{99m}\text{Tc-DTPA}$ を用いた腎動態シンチグラフィでは、諸家の報告により異なるが、静注1～2分後、静注2～3分後の腎時間放射能曲線の下方の面積を積算してGFRを算出している。従って、選択肢ではb.が正解と思われる。

**問題** カプトブリル負荷腎動態シンチグラフィの適応となる疾患はどれか。1つ選べ。(2019年第37問)

- a. 腎孟尿管移行部狭窄
- b. 腎血管性高血圧
- c. 膀胱尿管逆流
- d. 急性腎不全
- e. 腎盂腎炎

正解：b.

閉塞性水腎症と非閉塞性水腎症の鑑別にフロセミド負荷腎動態シンチグラフィが適応となる。a.の腎孟尿管移行部狭窄の場合、フロセミドによる反応性が手術適応の判断に用いられる。c.による腎瘢痕の検出や、e.の腎孟腎炎における感染巣の検出は $^{99m}\text{Tc-DMSA}$ による腎静態シンチグラフィの適応である。d.の急性腎不全は負荷検査の対象ではない(なお腎機能低下例であるので、腎動態シンチグラフィを行いう場合 $^{99m}\text{Tc-DTPA}$ よりも $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$ の使用が望ましい)。よってb.が正しい。

**問題** 腎動態シンチグラフィで腎血管性高血圧を評価する際に、負荷のために用いる薬剤はどれか。1つ選べ。(2018年第36問)

- a. イスリン
- b. カプトブリル
- c. パラアミノ馬尿酸
- d. フロセミド
- e. レニン

正解：b.

a.はGFR測定の、c.は有効腎血漿流量(ERPF)測定のgold standardとなる非放射性薬剤である。d.は閉塞性水腎症と非閉塞性水腎症の鑑別に用いられる。e.のレニンは腎臓の輸入細動脈壁にある傍糸球体細胞より分泌される内因性物質であり、血中のアンギオテンシンⅠからアンギオテンシンⅡを遊離する。よってb.が正しい。

**問題** 以下の薬剤のうち腎糸球体ろ過量の定量に最も有用な薬剤はどれか。1つ選べ。(2017年第37問)

- a.  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$
- b.  $^{99m}\text{Tc-DMSA}$
- c.  $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$
- d.  $^{99m}\text{TcO}_4^-$
- e.  $^{99m}\text{Tc-HMDP}$

正解：a.

a.は正しい。b.は腎静態シンチグラフィに使用される。c.はa.と同様に腎動態シンチグラフィに使用されるが、有効腎血漿流量(ERPF)の定量に有用である。d.は唾液腺・甲状腺・異所性胃粘膜シンチグラフィ等に、e.は骨シンチグラフィに用いられる。

**問題** 小児核医学検査につき以下の問い合わせよ。

- (1) 国内で用いることができる腎動態シンチグラフィおよび腎静態シンチグラフィの放射性医薬品を挙げよ。
- (2) 腎動態シンチグラフィを実施する際の注意点を3つ挙げよ。

(2021年 記述問題 第5問)

解答例

- (1) 腎動態シンチグラフィ： $^{99m}\text{Tc-MAG}_3$  及び  $^{99m}\text{Tc-DTPA}$

腎静態シンチグラフィ： $^{99m}\text{Tc-DMSA}$

- (2) 以下のような内容が注意点として考えられ、これらのうちの3つを記載すればよいと思われる。

- ・検査前の水分摂取状態が評価に大きく影響するので、経口あるいは輸液により充分な水負荷を行う(乳幼児では投与ルートの確保が望ましい)。
- ・安静の確保が必要があるので、鎮静や、家族の検査中の付き添い等を検討する。
- ・適正な投与量にて検査施行する。被曝に配慮するのは当然ではあるが、過度に減量すると撮像時間が延長し、画質劣化、定量値の誤差の増大を生じる結果となる。
- ・乳児では膀胱が相対的に大きく、腎下極と膀胱が重なることがある為、閑心領域の設定に配慮

- が必要である(必要に応じ膀胱カテーテルを留置する)。
- 尿路奇形の可能性について考慮する(重複腎孟尿管の場合、上腎、下腎の水腎症の程度や腎実質菲薄化の程度が異なる場合があり、それぞれに別々の関心領域を設定する必要がある)。

**問題** A 病院では、<sup>99m</sup>Tc-DTPAを用いた腎動態シンチグラフィを行う際に、診断参考レベル(Diagnostic Reference Level, DRL)のチェックを行った。

- (1) 診断参考レベルとは何か。簡潔に説明せよ。
- (2) <sup>99m</sup>Tc 標識製剤のうちで、診断参考レベルが 555MBq 以下の検査・放射性薬剤を解答例以外に3つ挙げよ(解答例:腎動態シンチグラフィ・<sup>99m</sup>Tc-DTPA)。
- (3) 腎動態シンチグラフィにおける<sup>99m</sup>Tc-DTPA の診断参考レベルは400MBq である。A 病院では、2019年1~12月における<sup>99m</sup>Tc-DTPA 腎動態シンチグラフィの投与量の中央値が 450MBq であった。A 病院のこの検査での投与量は適正か。また、A 病院で今後この検査を行う際にとるべき方策について述べよ。

(2020年 記述問題 第5問)

#### 解答例

- (1) 医療放射線(診断・IVR)による被曝防護の最適化のツール。通常の条件において、ある特定の検査による患者の線量がその手法に対して異常に高いか低いかを示すものである。通常、施設毎に標準的な体格の患者に用いる放射線の線量の中央値を地域や国で集計し、線量の分布の75パーセンタイル値として設定される。
- (2) 腎動態シンチグラフィ・<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub>  
腎静態シンチグラフィ・<sup>99m</sup>Tc-DMSA

## 編集後記

長崎で行われた心臓核医学会の帰りの空港行のバスでたまたまお会いした千葉大学の宮内先生に紹介され、7月1日に先生が会長をされた中性脂肪学会にweb参加した。この学会では中性脂肪蓄積心筋血管症(TGCV)をテーマに丸1日講演と討論が行われた。TGCVは大阪大学の平野賢一先生が2008年に世界で初めて提唱された疾患で、心筋や心血管の細胞内に中性脂肪が代謝されずに蓄積され、やがて高度の動脈硬化や心筋細胞の脱落や変性が起こるとされる。遺伝的背景を持って発症する原発性と通常の虚血性心疾患と区別が困難な患者さんの中に潜んでいる特発性に分類されている。この疾患が発見されてから10年以上の歳月をかけてようやく治験薬も開発され、多くの成果が報告されていることを知った。私もこの疾患のことは聞いていたものの、数多くの心疾患を扱う東京女子医大で探すことができずにいて、相当な希少疾患ではないかと考えていた。しかし、今回の講演を聞いてみて、多くの患者さんが登録されており、この疾患を疑う目が肥えていなかったのかもしれないとも感じた。この疾患は見た目には重症虚血性心疾患や低心機能の拡張型心筋症や高血圧性心疾患などと区別が難しい。しかし、その病因としてTGCVがあるかどうかを診断することが重要である。治療法が異なるからである。これまでの固定観念で患者を診ていると見過ごしてしまう。現在、まだまだこの疾患は広く知れ渡っておらず、循環器専門医でも知らない先生は多いと思う。新しい疾患概念を発見して、診断基準を作り、治療薬まで開発するというプロセスに情熱とエネルギーを注いだ平野先生にただただ感服するばかりである。実は本疾患の診断基準の大項目の1番目にBMIPPシンチの洗い出し率低下(<10%)があり、核医学検査を行うことがほぼ必須である。核医学検査はこれまで補助的に用いられることが多かったが、近年、心サルコイドーシスのFDG-PETや心アミロイドーシスの<sup>99m</sup>Tc-ピロリン酸シンチなど、核医学が診断を決定づける疾患が増えてきたことはこの分野を専門としてきた者としては大変心強く思う。今後は脳のアミロイドイメージング、タウイメージングなどの分子イメージングによる病態診断が治療方針を決定する時代になり、益々核医学の重要性が注目されることを期待したい。(編集委員長)

肝受容体シンチグラフィ・<sup>99m</sup>Tc-GSA  
(3) 診断参考レベルを超過しており必ずしも適正とは言い難い可能性がある。今後は患者の体格、また年齢(特に若年例)等に応じ実投与量を見直す必要があると考えられる。画質を担保する為に必要に応じdata収集や画像再構成の方法についても再検討すべきと思われる。腎動態シンチグラフィについては、実投与量の減量が難しい場合は検査前のみでなく検査後も水分摂取や輸液を行うことにより薬剤の排泄促進を促すことも肝要である。

診断参考レベル(DRL)は、核医学検査においては標準的な体格の成人の検査における実投与量(MBq、検定量ではない)の中央値である。注意点として、DRLは線量限度ではないということ、優れた診療と劣った診療の境界を示すものではなく、臨床的な必要性があれば超過してもよい(逆に、診断参考レベル以下の線量であっても最適化の余地の可能性がある)ことが挙げられる。

医療被ばく研究情報ネットワーク(J-RIME)が公開している日本の診断参考レベル2020年版(インターネットで無料で入手可能)では、設問文中の<sup>99m</sup>Tc-DTPA は390MBq、解答例の<sup>99m</sup>Tc-MAG<sub>3</sub> は380MBq、<sup>99m</sup>Tc-DMSA は210MBq、<sup>99m</sup>Tc-GSA は260MBq である。

#### 《おわりに》

日本核医学専門医試験に出題された消化器・腎核医学検査について解説を行った。形態画像診断に評価が移行している検査も存在する一方で、形態画像検査では得られない情報をもたらし、依然日常臨床に有用である分野であることは間違いない。本稿がお役に立てれば幸いである。



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

製品に関するお問い合わせ先 ☎ 0120-07-6941

nihon  
medi+physics

処方箋医薬品<sup>(注)</sup>

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

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(99mTc)注射液

(注) 注意-医師等の処方箋により使用すること

■ 効能・効果、用法・用量、警告・禁忌を含む使用上の注意等は、添付文書をご参照ください。

®:登録商標

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> 2019年11月作成

## 核医学装置QC用線源

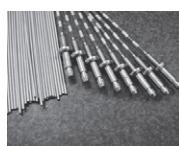
装置のデータ精度に心配ありませんか？

ガンマカメラ検出器  
精度管理用線源



57Co 370MBq

PET検出器用校正線源



68Ge

ドーズキャリブレータ用  
チェック線源



68Ge 37MBq

お問合せ・ご注文は



公益社団法人  
日本アイソトープ協会  
Japan Radioisotope Association

〒210-0821

神奈川県川崎市川崎区殿町3-25-20

放射線源課 TEL: 044-589-5002 FAX: 044-589-5006

製品輸入元

株式会社 千代田テクノル

〒113-8681

東京都文京区湯島1-7-12 千代田御茶の水ビル

URL: <https://www.c-technol.co.jp>

e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp



SPECTRUM  
DYNAMICS MEDICAL

### D-SPECT Series

CZT 半導体搭載心臓専用ガンマカメラシステム



販売名称／医療機器認証番号：  
D-SPECT カーディック スキャナー システム／225ADBX00049000  
D-SPECT VISTA カーディック スキャナー システム／303ADBX00054000  
フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON／230ADBX0011000  
フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT／301ADBX00036000

Changing the Shape of Nuclear Medicine

### VERITON Series

CZT 半導体搭載360度全身用ガンマカメラシステム



VERITON®  
VERITON-CT  
SPECT/CT

Spectrum Dynamics Medical Japan 株式会社

〒101-0047 東京都千代田区内神田1丁目5-13 内神田TKビル6階南  
TEL: 03-5843-9304 FAX: 03-5843-9305  
[infojp@spectrum-dynamics.com](mailto:infojp@spectrum-dynamics.com)  
[www.spectrum-dynamics.com](http://www.spectrum-dynamics.com)



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設以来、  
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**

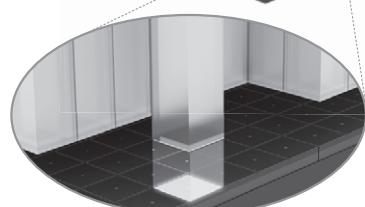
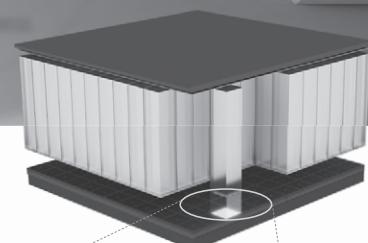
〒104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビルディング

<https://www.pdradiopharma.com> TEL 03-3538-3624

2022年5月作成

# Canon

それは未来を見据えた高画質。  
PET-CTは、いまデジタルを纏う。



New Digital PET Detector

キヤノンメディカルシステムズは、将来にわたって幅広いニーズに応えるため、  
高画質と高い汎用性を併せ持つPET-CTを開発しました。

最新技術を惜しみなく投入することで高画質と低被ばくを実現するとともに、  
医療従事者の安全や病院経営まで貢献します。

最先端の技術をもっと多くの人に、

新デジタルPET-CT Cartesion Prime 誕生です。

次世代デジタルPET-CT

## Cartesion Prime

【販売名】PET-CTスキャナ Cartesion Prime PCD-1000A 【認証番号】301ACBZX00003000

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

Made For life

放射線診療研究会会长

橋本 順

〒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

臨床核医学編集委員長

百瀬 满 (発行者)

〒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@tamu.ac.jp

臨床核医学編集委員

井上優介, 内山眞幸, 渋田伸一郎, 高橋美和子, 橋本 順, 丸野廣大, 百瀬敏光,

須山淳平, 烏井原彰, 岩渕 雄, 稲木杏吏, 伊藤公輝, 山崎香奈 2023年7月20日発行