

## 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、身体への影響はほぼないとされている。

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 $^{99m}\text{Tc}$ 標識大凝集ヒト血清アルブミン( $^{99m}\text{Tc}$ -Macroaggregated Human Serum Albumin;  $^{99m}\text{Tc}$ -MAA)が用いられる。

肺血流分布は体位の影響を強く受ける。 $^{99m}\text{Tc}$ -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。

$^{99m}\text{Tc}$ -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。

$^{133}\text{Xe}$ 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。

$^{81m}\text{Kr}$ ガス：加湿した $^{81}\text{Rb}$ - $^{81m}\text{Kr}$ ジェネレーターに送り、溶出した $^{81m}\text{Kr}$ 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<sup>99m</sup>TcO<sub>4</sub>-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** <sup>99m</sup>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。

- a. 脳
- b. 耳下腺
- c. 甲状腺
- d. 胃
- e. 腎

解答：e

正常でも4-6%のシャント率であるが、シャント率15%以上で腎および脳、甲状腺、脳、肝臓、脾臓、唾液腺の肺外集積が確認される。ただし、甲状腺・胃・唾液腺のみの描出の場合、MAAから<sup>99m</sup>Tcが分離している可能性がある。

**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。

- a. 換気分布が異常を示す。
- b. 区域性(segmental)血流欠損を示す。
- c. 肺動脈性肺高血圧との鑑別に有用である。
- d. 末梢側の病変の診断には、造影CTよりも有用性が高い。
- e. 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。

- a. 多発肺塞栓
- b. PTTM (pulmonary tumor thrombotic microangiopathy)
- c. がん性リンパ管症
- d. Swyer-James 症候群
- e. 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。

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

解答：d

<sup>81m</sup>Krガスは閉鎖回路を必要としない。<sup>99m</sup>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泡内に取り込まれ、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。<sup>81m</sup>Krガスと<sup>133</sup>Xeガスは閉塞性肺障害の評価に適している。

**問題35** <sup>99m</sup>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。

- a. 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。
- b. 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。ハイケ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 $^{99m}\text{Tc}$ -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  $^{99m}\text{Tc}$ -MAAについて誤っているものはどれか。一つ選べ。

- 血液製剤を原料としている。
- 無色透明の注射液である。
- 投与は管理区域で行う。
- 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。
- 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  $^{99m}\text{Tc}$ -MAAを用いるのが適切でないのはどれか。1つ選べ。

- 肺高血圧症患者の肺血流シンチグラフィ
- 肺動静脈瘻におけるシャント率確定
- 下肢RIベノグラフィによる深部静脈血栓症の診断
- 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
- 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、この検査で使用される放射性医薬品は $^{99m}\text{Tc}$ -RBCあるいは $^{99m}\text{Tc}$ -HSAである。

問題34  $^{99m}\text{Tc}$ 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。

- $^{99m}\text{Tc}$ Technegasの粒子径は800nmである。
- SPECT撮像はできない。
- 気管切開を行なっている患者でも可能である。

- $^{81m}\text{Kr}$ -gas同様、閉塞性肺疾患で気道沈着はしない。
- 深呼吸位まで吸入すると肺底部に高集積を示す。

解答：d

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

$^{99m}\text{Tc}$ Technegasは炭素微粒子に $^{99m}\text{Tc}$ 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。 $^{99m}\text{Tc}$ 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。 $^{99m}\text{Tc}$ 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( $^{99m}\text{Tc}$ -MAA)。肺血流プランナー像(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)、

#### No. 56

図1

図2



図3

図4

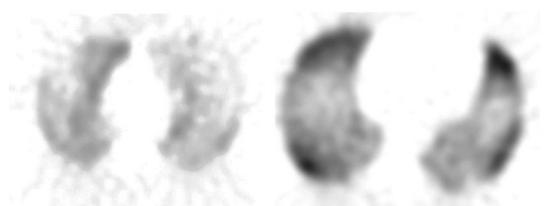
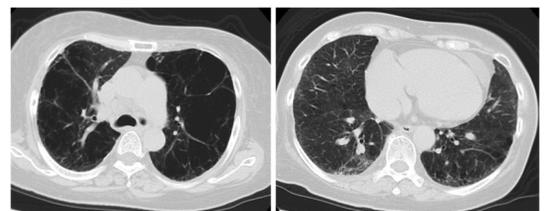


図5

図6



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)

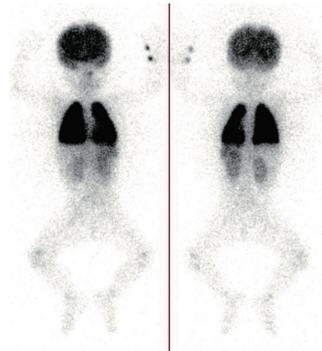
解答：b

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では肺底部に蜂巢肺はなく、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。

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。

34



- a. 使用放射性医薬品は<sup>123</sup>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。





## Biograph Horizon

More within reach.

[www.siemens.co.jp/healthineers](http://www.siemens.co.jp/healthineers)

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