

## 「気付くと100倍楽しい核医学」第2弾 -肺血流・肺換気シンチグラフィのポイント-

東北学病院診療技術部放射線部門 小田桐 逸人(Odagiri Hayato)

### 【はじめに】

呼吸器領域で施行される核医学検査に肺血流シンチグラフィ・換気シンチグラフィがあります。肺血流シンチグラフィは、肺血流分布異常をとらえることで、肺梗塞の原因となる血栓の診断や治療効果、肺がん手術前評価、血流の右左短絡などを評価できる検査です。ガス交換の状態を評価する肺換気シンチグラフィと組み合わせることで、より正確な診断が可能となり、換気・血流ミスマッチの情報は血管性病変の鑑別に有用です。今回は、肺血流・肺換気シンチグラフィで使用する放射性医薬品の特徴や、投与時の注意点、撮像方法などわかり易く解説し、実際の画像を供覧し臨床の現場で役立つ情報を提供します。

### 【使用薬剤の特徴と集積機序】

肺換気シンチグラフィで使用する薬剤として $^{81m}\text{Kr}$ ガスと $^{99m}\text{Tc}$ ガスがあります。 $^{81m}\text{Kr}$ ガスを生成する $^{81}\text{Rb}/^{81m}\text{Kr}$ ジェネレータ(Fig.1)は、 $^{81}\text{Rb}$ を水酸化ルビジウム(ルビウム)の形で、プラスチックカラム中に充てんした陽イオン交換樹脂に吸着されており、加湿した酸素(空気)を送ることで $^{81m}\text{Kr}$ を気体状態で持続的に得ることができます。 $^{99m}\text{Tc}$ ガスは、専用の発生装置を用いて5 nm以下の超微粒子の $^{99m}\text{Tc}$ ガスを得ることができます。 $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ ジェネレータから比放射能濃度の高い状態で溶出する必要があります。生成した $^{99m}\text{Tc}$ ガスを、座位または立位で深吸気と息止めを2回から3回繰り返し、肺胞内に吸着させます。その後、カメラに移動し撮像することで換気像を得ることができます。

肺血流シンチグラフィの薬剤は、テクネチウム大凝集性人血清アルブミン(MAA)が使用されています。この製剤は、人の血液を原料として製剤化されたもので粒子径は10~50  $\mu\text{m}$ となっております。保管方法も冷凍保管し、使用時に解凍するという特徴があります。核医学検査で使用する院内標識薬剤は、比較的簡便に精度よく生成できる特徴があります。しかし、封入する液量や、攪拌、放置時間など順守すべき内容があり、注意が必要です。 $^{99m}\text{Tc}$ -MAAの投与量は添付文書では37から370 MBqを静注するとなっておりますが、施設によって若干投与量には差があると思います。ちなみに、DRLs2020では成人の投与量260 MBqと記載されています。

$^{99m}\text{Tc}$ -MAAの集積機序は、静脈投与によって右心系から肺動脈によって肺毛細血管に運ばれます。肺毛細血管の末端は直径10~30  $\mu\text{m}$ でMAAの粒子サイズ10~50  $\mu\text{m}$ の方が大きいので、肺の毛細血管を通過することができずに一時的に捕捉され、一過性の微小塞栓となって肺に選択的に集積します。肺内分布は、その領域に流れる肺動脈血流量に比例するので、血流欠損部には $^{99m}\text{Tc}$ -MAAによる放射活性が認められず、シンチグラムを撮像することにより肺血流分布異常部位を検索することが可能となります。微小塞栓を利用していることから、血流状態や呼吸機能に異常が出るのではと心配されますが、肺毛細血管は約300億本存在し、そのうち、MAA粒子により塞栓が起きるのは50~60万個といわれており、肺血流や呼吸機能への影響はないとされています。塞栓した $^{99m}\text{Tc}$ -MAAは時間とともに分解され、より小さな粒子となって3~4間の半減期を経て肺より除去されます。その後肝臓や脾臓で蛋白分解され、24間後には肺にはほとんど存在しないとされています。しかし、重度の慢性肺高血圧症など一部の疾患では、末梢より上流の血管肥厚が起きており、 $^{99m}\text{Tc}$ -MAA粒子により広範



Fig.1 左: $^{81}\text{Rb}/^{81m}\text{Kr}$ ジェネレータ、右: $^{99}\text{Mo}/^{99m}\text{Tc}$ ジェネレータ・テクネゾール・MAAキット

困の塞栓を起こす可能性があるため、量の調整などが必要になる場合があります。肺血流の分布は重力や胸腔内圧の影響を受けるため、座位で静注すると、下肺野に放射能分布が多い状態になってしまいます。基本的には、安静臥位で静注し、均一な分布を得るようにします。文献によっては、背臥位と腹臥位で半量ずつ静注する方法もあるようです。薬剤の性質上、放置している時間が長くなると沈殿するため、静注直前に注射筒を静かに振とうし、攪拌してから投与するようにして下さい。注射針は24 G、27 Gの細い針では<sup>99m</sup>Tc-MAA粒子を壊してしまう恐れがあるため、22 G以上の注射針を使用しゆっくり静注します。注射筒及びライン上に血液の混入が無いことを確認する必要があります。

投与量後のシリンジを測定している施設はご存じかもしれませんが、シリンジの壁に吸着しやすい性質がありますので、残量を加味したと調整が必要となります。どれくらい残量があるのかぜひ測定して把握しておくことをお勧めします。



Infinia3Hawkeye4:GE (SPECT/CT)

### 【撮像方法】

当院の撮像方法を例として記載いたします。ガンマカメラは低エネルギー用コリメータを使用し、看護師が22 Gサーフロー針で血管確保後、医師が薬剤投与を行います。成人で120 MBq投与します(Pre、Postのシリンジ測定による実投与量管理)。患者を背臥位で寝かせて、投与ラインの血管確保、肺全体が入るようにポジショニングし、投与と同時にDynamic撮像を行います。抜針後、Planar撮像を行います。前後面のみでは肺区域に重なりがあるため、当院では両側面、両斜位を入れた計8方向の撮像を行っています。SPECT撮像では両腕を挙上して撮像します。前後面Planar像で肺以外の集積がみられた際は早い段階で全身撮像に切り替え、シャント有無の確認を行います。

Dynamic撮像は手技の煩雑さもあるため、省略する施設も多いとおもいます。Dynamic画像の解像度は低いですが、血管の走行やシャント情報が得られることもあります。Planar画像は比較的高解像度での各肺区域の<sup>99m</sup>Tc-MAA分布を観察ことができるため、多方向で撮像し評価します。前面像では左下肺野内側には心圧痕がみられ、後面像でもっとも大きな肺容量部分を描出します。下肺の方が厚いので血流が多く、肺尖は薄いため集積が少なく見えることがあります。両側面像は肺葉ないし肺区域を区別するのに有用されています。反対側からのカウントも拾うので、血流があるように見えることもあり注意が必要となります。腕の吸収を避けるため両腕挙上で撮影を行う必要があります。斜位像は肺区域がお互いに重ならないため血流低下領域の局在が正確に観察できる特徴があり、特に後面斜位像は、下葉や背側支配領域の血流評価に有用とされています。区域性的評価が重要な肺塞栓などの症例では撮像が推奨されます。SPECT画像はPlanar画像に比べ空間分解能は劣りますが、それ以上にコントラストが高いため小領域肺血流減少部が診断できる特徴があります。腕の吸収の影響を避けるため可能な限り挙上位で撮影を行い、となり合う肺区域の重なりを避けて体軸3断面を作成し肺血流分布異常を検出します。Planar画像では、

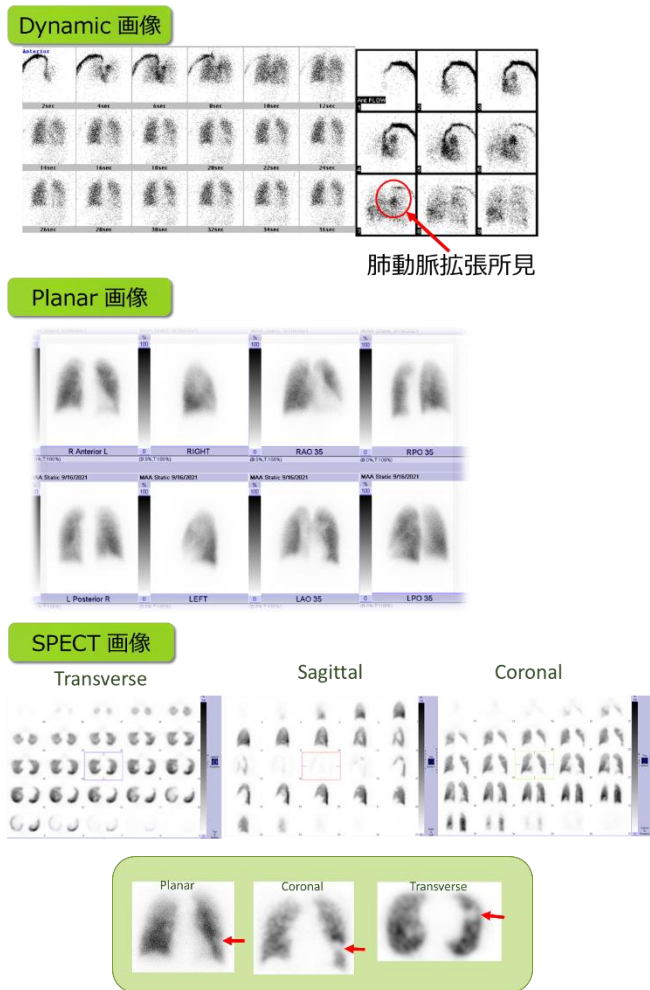


Fig.2 Planar像では、小さな病変の前後方向の肺血流に埋もれて、欠損がはっきりしない。SPECT像では薄いスライスにより病変部の欠損がはっきり描出されている。

小さな病変の前後方向の肺血流に埋もれて、欠損がはっきりしない場合でも、SPECT像では薄いスライスにより病変部の欠損がはっきり描出されています (Fig.2)。Planar画像を用いた解析として左右比算出があります (Fig.3)。肺を上下3等分左右2等分の領域に分けてカウント測定し局所肺機能を客観的に数値で表します。通常左右の肺血流はほぼ同等であるが正面像 (腹側) では心陰影のため、左下肺野の集積少なく計測されます。使用するソフトによってROIが異なるため、施設ごとに手技を統一し運用することが望ましいです。

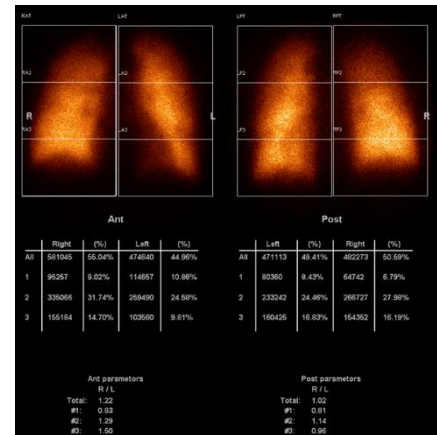


Fig.3 肺を上下3等分左右2等分の領域に分けて集積を評価領域ごとの集積を客観的に数値で示す。

### 【臨床症例】

#### ① 慢性血栓塞栓性肺高血圧症

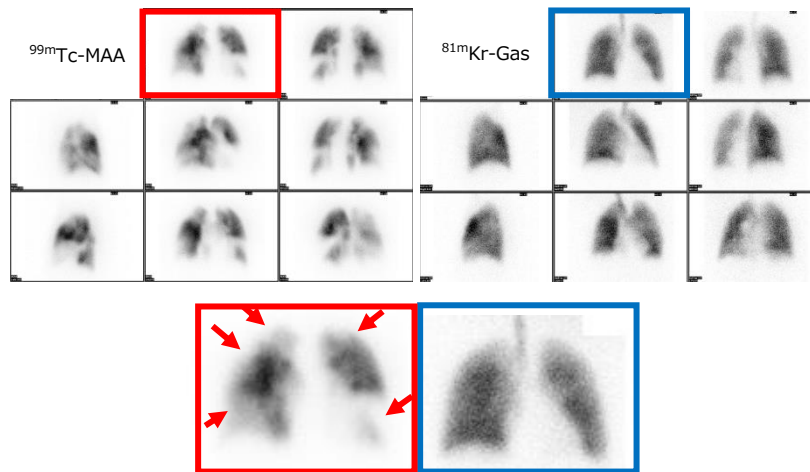


Fig.4 左図の肺血流シンチグラフィでは、赤矢印のように両肺末梢に区域・亜区域性に集積低下が多数認められ血流が不均一であることがわかる。右図の換気シンチでは血流のような集積低下は見られず、均一に<sup>81m</sup>Krガスが分布している。これを「換気・血流ミスマッチ」と言い、肺の多発性の動脈塞栓が疑われ慢性血栓塞栓性肺高血圧症として矛盾しない所見と言える。

#### ② 肺癌

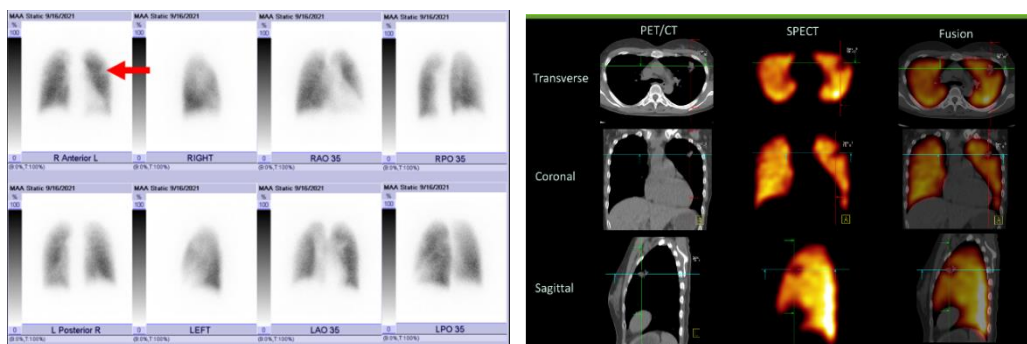
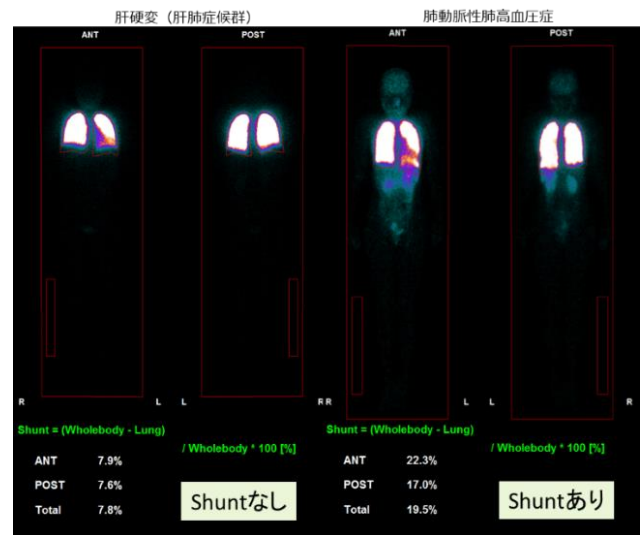


Fig.5 肺上葉に、PET画像で腫瘍が認められ、肺血流シンチにおいて腫瘍の位置と一致して集積の低下が確認できる。Planar画像に比べSPECT画像の方が腫瘍の位置に一致した集積低下をとらえている。右図はPET/CT検査のCT画像とSPECTを利用した融合画像。PET/CTでは呼気でCTを撮影しているため、自然呼吸撮影のMAA-SPECTとレジストレーションが比較的簡単にできる。近年は、SPECT/CT装置も普及していることから、容易にCTとSPECTの融合画像を構築でき、診断精度の向上につながっている。

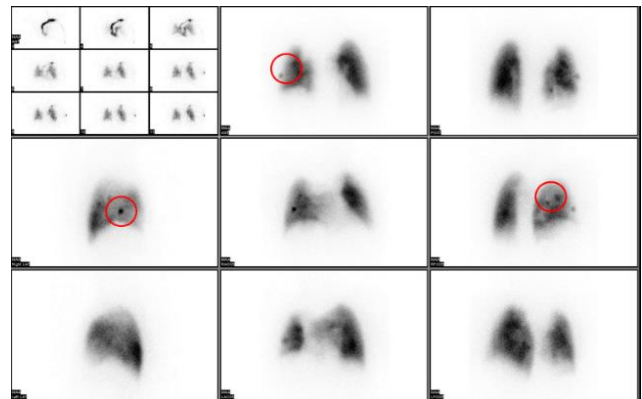
### ③ 右左シャント症例

Fig.6 右左シャントは先天性心・肺疾患のほか、肺動静脈瘻(奇形)、肝硬変(肝肺症候群)、重症肺疾患(原発性肺高血圧症、肺線維症など)でも認められる。全身シンチグラフィにて、肺以外の臓器、とくに脳および腎皮質の描出は、右左シャントを示唆する所見といえる。シャント率の定量化は全身スキャンから、全身と肺のカウント比を測定することにより右左シャント率を、非侵襲的に定量化できる。正常は15%未満と記載している文献が多い。



### ④ ライン上の血液によるMAAの凝集(ピットホール)

Fig.7 99mTc-MAAは、血液を混ざること細かい粒子を形成するが、投与ライン上で、血液と混ざる(血液と濃いMAAが混ざる)と粗大な粒子を形成することがある。そのため、肺動脈枝の太い根管で塞栓してしまうことがある。投与時は、ライン上に逆流血液がない状態で行うことが必要。



#### 【まとめ】

肺血流・肺換気シンチグラフィは血流分布異常やガス交換の状態を評価する上で非常に有用な情報を得ることができる検査です。薬剤の調整や投与時におけるピットホールが存在するため注意する必要があります。肺以外の集積を認めた場合は、速やかに全身像の撮像をおこない、シャント率を計測するようにしましょう。また、分葉ごとのカウント比解析などを肺機能評価に有用な情報になります。肺血流・肺換気シンチグラフィの両検査を施行した場合は比較しやすい表示を心がけましょう。

近年は、CT肺動脈撮影や、CT Perfusionなどが施行され、肺血流シンチグラフィの件数は減少傾向ですが、被ばく線量も少なく腎機能低下・ヨードアレルギー患者にも施行できるという利点を生かし、肺疾患の診断に有用な画像を提供していただきたいと思います。

#### 【参考文献】

- 1) 新核医学技術総論: 日本核医学技術学会編 臨床編 2020年
- 2) 呼吸器核医学診断(診療)ガイドライン: 日本核医学会分科会 呼吸器核医学研究会 2015年
- 3) 核医学検査のテクニック: 監修 加藤千恵次メジカルビュー社 2020年
- 4) 実践核医学検査: 金森勇雄ら 医療科学社 2009年
- 5) 病気がみえる vol.4 呼吸器: 編集 医療情報科学研究所 メディックメディア 2018年