

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

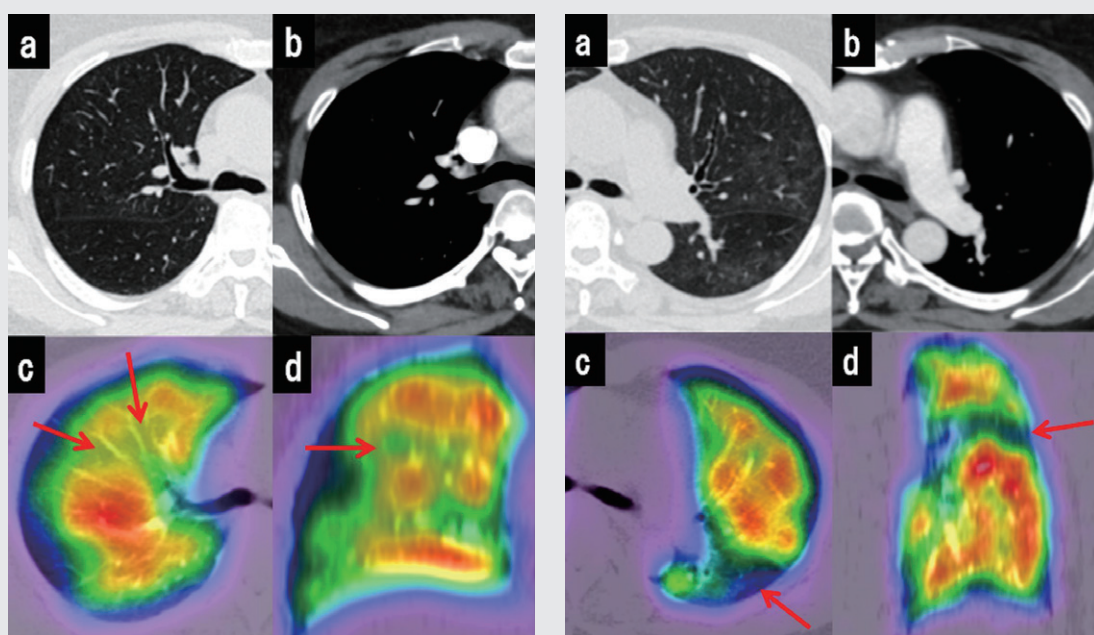
2022

Vol. 55 No. 6

11月号 81~96頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算270号(奇数月刊行)

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

See Page 82

ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

[症例報告] 肺血流シンチグラフィがCOVID-19罹患後の肺血流障害を検出した一例 … 82

内田 裕馬

[教育講座] 心アミロイドーシスのマルチモダリティイメージング …… 85

尾田 済太郎

[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. 2. 心臓核医学/心筋血流以外の心筋シンチグラフィ …… 90

山本 篤志

症例報告

肺血流シンチグラフィーがCOVID-19罹患後の肺血流障害を検出した一例

Application of lung perfusion scintigraphy to detect peripheral blood perfusion impairment in a patient with post COVID-19; A case report

内田 裕馬¹⁾ UCHIDA Yuma 小林 貴博¹⁾ KOBAYASHI Takahiro 伊藤 祐一¹⁾ ITO Yuichi
 勝又 優¹⁾ KATSUMATA Yutaka 永田 剛史²⁾ NAGATA Takeshi 岡澤 光芝³⁾ OKAZAWA Mitsushi
 伊藤 雄二³⁾ ITO Yuji

Keywords : lung perfusion scintigraphy, COVID-19, thrombosis

《はじめに》

呼吸器領域の核医学検査は、換気及び血流を可視化することによって、病変を検索することを目的としている。

¹³³Xeガスによる換気検査は肺の解剖学的な容量の評価に有用である一方、^{99m}Tc-MAAを用いた肺血流シンチグラフィーは、肺の血流を直接可視化できるという点で優れている¹⁾。今回我々は、COVID-19罹患後、胸部造影CT検査で明らかな肺血栓症が捉えられない症例においても、肺血流シンチグラフィーによって末梢血流不全を可視化できたので報告する。

《症 例》

【患者】50歳代、女性

【現病歴】202X年8月に新型コロナウイルス感染症(COVID-19)に罹患し、重症例としてICUに入院し人工換気された(図1)。退院後、吸気喘鳴及び息苦しさが続く耳鼻科を受診するも異常を認めず、30mほど歩くと息切れがするとのことで、精査目的として202X+1年1月に当院呼吸器内科を受診した。肺機能検査ではスパイログラム、肺気量分画に異常は認められなかったが、拡散能のみが低下していた。胸部CTでは浸潤陰影、器質化陰影は著明に改善していた。以上から肺血流



図1 入院時 胸部CT画像(他院にて撮影)
 両肺に広範な胸膜下優位のすりガラス影・浸潤影を認める。

障害の疑いとして心臓超音波検査、胸部造影CT検査を施行するも右心負荷所見なく、肺動脈内血栓も指摘できなかった。同時期の血液検査ではD-dimer 4.8 μ g/ml(正常範囲1.0 μ g/ml以下)と高値であり、入退院時(入院時4.0 μ g/ml、退院時3.8 μ g/ml)よりも高い値を示していた。

【既往歴】胆石症、子宮内膜症、貧血

【嗜好歴】喫煙：20代まで3本～20本/日、飲酒：最大10杯/日

【診察時現症】身長160cm、体重63kg、体温36.4℃、呼吸数22回/分、心拍数80bpm、血圧147/82mmHg、SPO₂ 99%、胸部聴診異常なし。

【心臓超音波検査】右心負荷所見なし、TRPG 23mmHg

【肺機能検査】D_LCO 56.7%(正常範囲80%以上、70%以下異常)、FRC 117.2%、RV 86.1%、TLC 93.6%、VC 89.9%

【診断時画像所見】COVID-19罹患から5か月後の胸部造影CT検査では肺動脈内血栓を指摘できなかったため、肺塞栓症精査として肺血流シンチグラフィー検査を実施した。

結果：Planar像の右前斜位(RAO)45°像で右上葉S3の集積低下、左後斜位(LPO)45°像で左下葉S6の一部に限局したRIの集積低下を認めた(図2)。また、Fusion画像においても同部位に集積低下を認めた(図3-4)。横断面像と冠状断面像により、SPECTとCTのFusion画像の位置が一致していることを確認することができる。

以上から、肺血流シンチグラフィーにより末梢肺動脈内に血栓の存在が示唆された。

【検査方法】

放射性医薬品：富士フィルム富山化学株式会社(現PDRファーマ株式会社)製の^{99m}Tc標識大凝集ヒト血性アルブミン(^{99m}Tc-MAA)を使用した。

撮像条件：仰臥位安静状態で185MBqを静脈内投与し、3分後に撮像を開始した。撮像装置にはSIEMENS社製のSPECT/CT装置であるSymbia Intevo Excelを使用し、LEHRコリメータにより安静呼吸下でPlanar撮像及びSPECT撮像を行っ

- 1) 総合大雄会病院 技術放射線科 〒491-8551 愛知県一宮市桜一丁目9番9号
 TEL : 0586-72-1211 (代) FAX : 0586-24-8853 E-mail : nuclpet@daiyukai.or.jp
 Department of Radiological Technology, Daiyukai General Hospital, Aichi Japan
- 2) 総合大雄会病院 放射線科
- 3) 総合大雄会病院 呼吸器内科

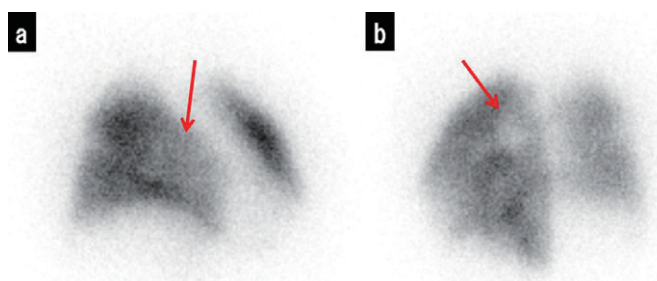


図2 肺血流シンチグラフィ Planar 像

- a: RAO45°. 右上葉S3に集積低下を認める(赤矢印)。
b: LPO45°. 左下葉S6の一部に限局した集積低下を認める(赤矢印)。

た。Planar 撮像条件はマトリクスサイズ256×256, 拡大率1.23とし, 撮像方向は前後, 左右, 側面, 左右前後斜位の8方向をそれぞれ1分間収集した。SPECT 撮像条件はマトリクスサイズ128×128, 拡大率1.45, view 数は30とし, 1方向当たり15秒の収集とした。また, SPECT データの補正と Fusion 画像作成のためのCTも撮影し, 条件は管電圧120Kv, 管電流36mA, Scan time 0.8s, 撮影スライス厚1.0mmで安静呼吸下での撮影とした。【臨床経過】肺血流シンチグラフィで右上葉S3, 左下葉S6に集積低下が認められ息切れは持続した。同時期の血液検査ではD-dimer 8.3 μ g/mlと入院時よりも高い値を示した。末梢の血栓が病態に関与している可能性があると考えられ, 経口抗凝固薬(DOAC)の使用も考慮されたが, Hb 6.4g/dlと高度貧血を認めたため適応外となった。

貧血の精査によって, 子宮内膜症の過多月経が指摘され, 治療によりHb13.5g/dlに回復したが, 罹患後10か月経過した時点でも労作時の息切れが続いていた。

《考 察》

本症例ではCOVID-19罹患後, 長期間継続する息切れを呈している。その原因が高度貧血に起因する可能性も指摘されたが, 貧血改善後も息切れが持続している。肺機能検査において拡散能が著明に低下しており, 息切れの原因が末梢肺動脈内の血栓による可能性も考慮された。実際, 造影CTでは中枢側肺動脈から亜区域枝肺動脈内に明らかな血栓の存在は確認できなかった一方, 肺血流シンチグラフィで右上葉S3と左下葉S6の集積が低下しており(図2-4), 同時期に検査した

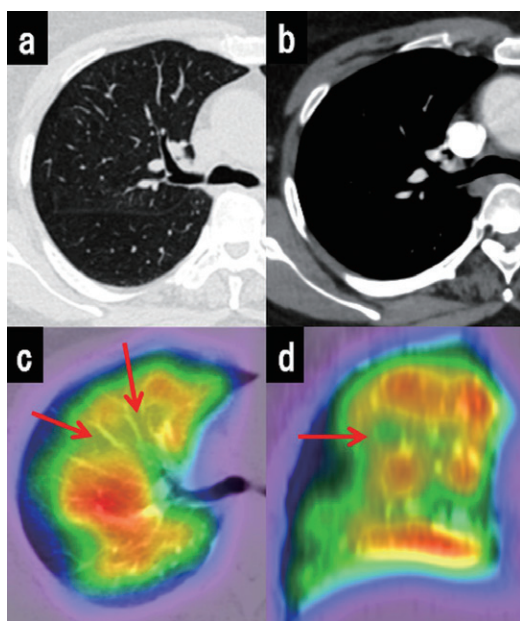


図3 右上葉S3 胸部CT画像とFusion画像

- a: 胸部単純CT画像。COVID-19による肺炎が著明に改善している。
b: 胸部造影CT画像。肺動脈内血栓を指摘できない。
c: Fusion画像(横断面像)。右上葉S3はS2に比較して集積低下を認める(赤矢印)。
d: Fusion画像(冠状断面像)。右上葉S3に集積低下を認める(赤矢印)。

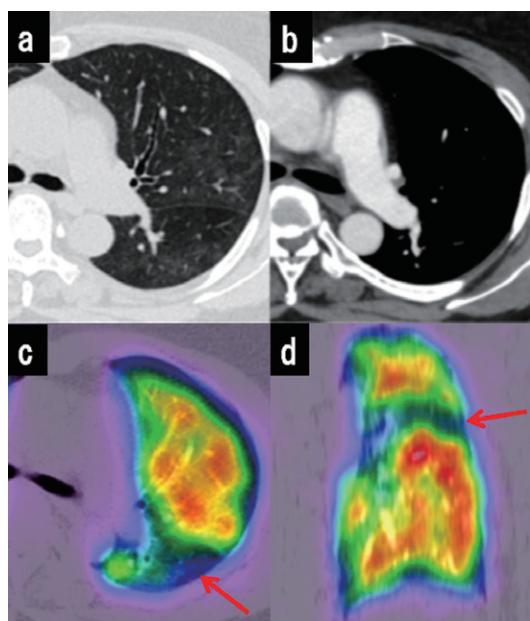


図4 左下葉S6 胸部CT画像とFusion画像

- a: 胸部単純CT画像。COVID-19による肺炎が著明に改善している。
b: 胸部造影CT画像。肺動脈内血栓を指摘できない。
c: Fusion画像(横断面像)。左下葉S6の一部に限局した著しい集積低下を認める(赤矢印)。
d: Fusion画像(冠状断面像)。左下葉S6の一部に限局した著しい集積低下を認める(赤矢印)。

肺拡散能が有意に低下している所見からは、末梢肺動脈に血栓が形成された可能性が高いと考えられる。血栓症のスクリーニングとして測定されるD-dimerはCOVID-19罹患時には微小血管内凝固を反映し、上昇する頻度が高い²⁾とされ、本症例においても末梢血管内での血栓形成の関与が疑われる。

COVID-19罹患時には、血管内皮の抗血栓性低下とともに von Willebrand Factor (vWF) や凝固第Ⅲ因子の放出、補体の活性化やフィブリノゲンの増加、サイトカインストームなどの炎症に関連する要因が複雑に絡み合い、動脈、静脈、毛細血管系のいずれにおいても血栓が生じ得る状態となる²⁾。その中でもCOVID-19 罹患に関連するサイトカインストームは、トロンبینの生成と肺内のフィブリン沈着により肺血流動態を悪化させる。そのようなサイトカインの一つである、インターロイキン6(IL-6)の血清レベルはCOVID-19罹患早期から上昇し、血管内皮細胞から血液凝固促進因子である Plasminogen Activator Inhibitor-1 (PAI-1) を放出し、肺を含む臓器で微小血栓を誘発するとされている³⁾。COVID-19罹患時の肺塞栓は深部静脈血栓の非存在下でも見られるため、通常の発症機序とは異なり肺動脈内に直接血栓が形成される機序も考えられている²⁾。肺動脈内に微小血栓が形成された場合、血流により末梢の肺動脈まで流れて塞栓を引き起こすことが考えられる。

肺塞栓症の診断には胸部造影CTや核医学検査が選択され、CTによる診断では血栓自体の検出が主体であり、血栓が大きいほど検出されやすく、血栓が大きいと塞栓範囲が広くなり呼吸機能に影響を与える。CTで検出可能な血栓は中枢側肺動脈から亜区域枝動脈レベルとされるため^{4) 5)}それ以降の重々区域枝動脈や弾性動脈、筋性動脈⁶⁾などの末梢肺動脈の血栓は検出する事が出来ない²⁾とされる。本症例は塞栓範囲が狭い末梢肺動脈塞栓であり、血栓も微小であると考えられるためCTによる検出は困難である²⁾と考える。一方、核医学検査である肺血流シンチグラフィは、放射性微粒子を静注し肺毛細血管に多発性微小肺塞栓を生

じさせて撮像を行う画像検査であり¹⁾、正確な肺血流分布や局所肺機能を画像化、把握することを得意とする。特に本症例のような臨床的に肺塞栓が疑われるがCTで陰性である場合(末梢性の shower embolism など)は核医学検査が有用とされている⁵⁾。以上から、微小血栓による肺塞栓の診断には核医学検査が欠かせないと考えられる。

COVID-19罹患後に遷延する症状として息切れ、咳嗽、呼吸困難などの呼吸器症状が知られているが⁷⁾、本症例を通して核医学検査が診断の一助となる可能性が示唆された。

《まとめ》

重症COVID-19罹患後に遷延する呼吸困難に対し、造影CTで検出されない病変を、肺血流シンチグラフィにより検出した。遷延する呼吸困難を有するCOVID-19罹患患者における病変検索には、肺血流シンチグラフィが有用であると考えられた。

《参考文献》

- 1) 日本核医学技術学会, 核医学技術総論, 2016 : 287
- 2) 射場 敏明, COVID-19における多彩な血栓形成とその対応, 日本医師会 COVID-19有識者会議, <https://www.covid19-jma-medical-expert-meeting.jp/topic/2174>
- 3) 坂尾誠一郎, 猪狩英俊, 肺の微小血栓の存在とその臨床, 第60回日本呼吸器学会学術講演2021
- 4) 山田典一, 肺血栓塞栓症の診断と治療, 日本血栓止血学会誌2008, 19(1):29-34
- 5) 小泉 淳, 肺血栓塞栓症の画像診断, 日本血栓止血学会誌2013, 24(4):370-379
- 6) 呂 彩子, 景山 則正, 谷藤 隆信, 他. 肺動脈内の器質化血栓の分布からみた急性広範性肺血栓塞栓症, 日本脈管学会 脈管学2005, 45(12):989-993
- 7) 伊藤 聡, 牛田 享宏, 岡部 信彦, 他. 新型コロナウイルス感染症(COVID-19)診療の手引き 別冊 罹患後症状のマネジメント 第1版2022

Canon

より鮮やか
TOF

450ps以下の
TOF時間分解能

より広い
Large Bore

ガントリ開口径900mm (CT)
最大FOV700mm

より低被ばく
AIDR 3D

最大50%ノイズ低減、
75%の被ばく低減効果

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>



Large Bore PET-CTシステム
Celesteion™

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

教育講座

心アミロイドーシスのマルチモダリティイメージング

Multimodality imaging of cardiac amyloidosis

尾田 清太郎 ODA Seitaro

Key words : cardiac amyloidosis, ^{99m}Tc -pyrophosphate scintigraphy, cardiovascular magnetic resonance

《はじめに》

心アミロイドーシスはこれまで非常に稀な疾患と考えられていたが、慢性心不全の基礎疾患として多く潜在していることが明らかとなり近年、注目を集めている。また、心臓MRIや ^{99m}Tc -ピロリン酸シンチグラフィなどの画像診断を用いた非侵襲的診断法が非常に有用であり診断効率が格段に上昇している。これまで本症に対する特異的な治療法はなかったが、近年、複数の有効性の高い新薬が臨床導入されており、その診断意義は急速に高まっている。このような背景から、2020年3月に世界に先駆けて本邦より「心アミロイドーシス診療ガイドライン」が和文¹⁾、英文²⁾の両方で発刊された。2021年4月には欧州心臓病会議からposition statementが発出され³⁾、同年7月には多数の国際学会が合同でマルチモダリティイメージングに関するconsensus recommendationsが発出されている^{4,5)}。本稿では心アミロイドーシスの基礎知識とマルチモダリティイメージングについて解説する。

《心アミロイドーシスとは》

アミロイドーシスは線維構造をもつ不溶性蛋白であるアミロイドが、臓器に沈着することによって機能障害を引き起こす疾患の総称である。アミロイドの形成機序は前駆蛋白が何らかの原因(遺伝子変異、加齢、pH変化など)により、立体構造に「解きほぐし・折りたたみ」を生じ、互いに「重合・伸展」してアミロイド線維を形成する。現在、30種類以上のアミロイド前駆蛋白が同定されており、それぞれの前駆蛋白に対応する臨床病型分類が示されている⁶⁾。心アミロイドーシスは心筋間質にアミロイドが沈着し、心機能が障害された状態を指し、心肥大に伴う拡張能障害が主体となり進行すると収縮能も低下する。刺激伝導系障害も高頻度に合併する。心アミロイドーシスを来すアミロイド前駆蛋白は限られており、主要な病型として次の3タイプが大部分を占める(図1)。^①免疫グロブリン軽鎖が前駆蛋白のALアミロイドーシス(AL)、^②野生型トランスサイレチンが前駆蛋白の野生型ATTRアミロイドーシス(ATTRwt)、^③変異型トランスサイレチンが前駆蛋白の遺伝性ATTRアミロイドーシス

	ALアミロイドーシス	変異型ATTR (ATTRv) 旧病名: 家族性アミロイドポリニューロパシー	野生型ATTR (ATTRwt) 旧病名: 老人性アミロイドーシス
前駆蛋白質	免疫グロブリン軽鎖	変異型トランスサイレチン	野生型トランスサイレチン
後天性 / 遺伝性	後天性	遺伝性	後天性・加齢関連
臨床的背景	多発性骨髄腫などの形質細胞異常、蛋白尿、巨舌	末梢神経障害、家族歴、集積地(熊高、本・長野)、手根管症候群	高齢男性、手根管症候群、腱板断裂、心房細動、HFpEF
心臓MRI	心肥大(対象性・非対称性)、左室内膜下部位のびまん性LGE、右室壁や左房壁のLGE Dark blood pool, Native T1・ECVの異常高値		
^{99m}Tc -ピロリン酸シンチグラフィ	多くは陰性	多くは陽性	
治療	ボルテゾミブ (プロテアソーム阻害薬) ダラツマブ (ヒト型抗CD38モノクローナル抗体)	タファミジス (TTR安定化剤) パチシラン (遺伝子サイレンシング療法)	タファミジス (TTR安定化剤)

HFpEF: heart failure with preserved ejection fraction, ECV: extracellular volume fraction, LGE: late gadolinium enhancement, TTR: transthyretin; LGE: late gadolinium enhancement

図1 心アミロイドーシスの主要病型

熊本大学病院 画像診断・治療科 〒860-8556 熊本県熊本市中央区本荘1丁目1番1号

TEL : 096-373-5261 FAX : 096-362-4330 E-mail : seisei0430@nifty.com

Department of Diagnostic Radiology, Faculty of Life Sciences, Kumamoto University

(ATTRv)。

1) AL

免疫グロブリン軽鎖を前駆蛋白とするアミロイドーシスで、異常形質細胞より産生されたモノクローナル抗体が原因となる。血中や尿中のベンス・ジョーンズ蛋白が補助診断に用いられるが、近年では診断感度の高い血中 free light chain (FLC) が活用され、診断効率が向上している。AL の約 30% に心病変を合併するとされる。AL の心病変は進行が早く、予後不良であるが、新規の化学療法(プロテアソーム阻害剤、抗 CD38 モノクローナル抗体など)により、予後は以前よりもかなり改善している⁷⁾。

2) ATTRwt

ATTRwt は野生型トランスサイレチンを前駆蛋白とするアミロイドーシスで以前は老人性アミロイドーシスと呼ばれていた非遺伝性のアミロイドーシスである。トランスサイレチンは肝臓で産生される甲状腺ホルモンの輸送担体であり、四量体を形成している。加齢によって四量体が不安定となりアミロイド線維が形成されやすくなる。ATTRwt は高齢の男性に好発し、約 60% に手根管症候群の既往があり、心アミロイドーシスと診断される 5-10 年前に手根管症候群の手術を受けていることが多い⁸⁾。高齢者の難治性心不全の基礎疾患として、多く潜在していることが明らかとなっている。治療薬としてトランスサイレチン四量体安定化薬であるタファミジスの有効性が示され⁹⁾、2019 年 3 月に ATTRwt に対しても保険で使用が可能となった。

3) ATTRv

ATTRv は変異型のトランスサイレチンを前駆蛋白とするアミロイドーシスで家族性ポリアミロイドニューロパチーとも呼ばれる遺伝性アミロイドーシスである。遺伝子変異によって四量体構造が不安定化したトランスサイレチンが重合し、アミロイドが形成される。かつては日本、ポルトガル、スウェーデンが三大集積地とされてきたが、近年では世界各地で報告が増えている。日本では熊本県と長野県に遺伝的フォークスがある一方、集積地以外での診断も増加傾向にある。末梢神経、自律神経、心臓、消化管、眼が主な罹患臓器であり、遺伝子型により表現型は様々である。現在、140 種類以上の遺伝子型が存在し、本邦では Val30Met 型が最も多い。治療薬として核酸医薬 (siRNA 製剤) であるパチシランの有用性が報告されており¹⁰⁾、2019 年 6 月に治療薬として本邦で認可され、同年 9 月に使用可能となった。

《心アミロイドーシスの臨床像》

剖検例で 80 歳以上の約 25% において心筋内にアミロイド沈着を認めたと報告されている¹¹⁾。特に左室駆出率が保たれた心不全 (heart failure with preserved ejection fraction: HFpEF) に多く潜在しており、心肥大を伴う HFpEF の 13-19% に心アミロイドーシスを認めたとする報告がある。大動脈弁狭窄症に潜在する心アミロイドーシスも注目されており¹²⁾、経カテーテル大動脈弁置換術を実

施した高度大動脈弁狭窄症患者の 14-16% に心アミロイドーシスの合併があり、術後の死亡率は非常に高いと報告されている¹³⁾。心アミロイドーシスは潜在的に多く存在し、そのほとんどが診断に至らず、適切な治療を受けていない現状にあると推察される。

心アミロイドーシスの診断においては、臨床所見から「疑うこと」が最も重要であり、レッドフラッグ (心肥大、拡張不全、刺激伝導系障害、心房細動、大動脈弁狭窄症、手根管症候群、末梢神経症状など) を有する症例では、積極的に画像診断を実施する必要がある。画像診断では心エコー、心臓 MRI、^{99m}Tc-ピロリン酸シンチグラフィを活用したマルチモダリティイメージングが重要な役割を果たす¹⁴⁾。

《マルチモダリティイメージング》

1) 心エコー

左室駆出率の保たれた心肥大を呈し、いわゆる拡張障害パターンを示すことが多い。進行すると左室駆出率も低下する。高頻度に右心肥大もみられる。古典的に有名な所見である「granular sparkling」の感度と特異度はさほど高くないとされる。スペックルトラッキング心エコーによる心筋ストレイン解析の有用性が報告され、長軸方向のストレイン (longitudinal strain) において、心尖部に比べ心基部優位に障害される、「apical sparing pattern」が比較的特異的な所見として有用である¹⁵⁾。

2) 心臓 MRI

Cine MRI では心臓の形態と機能を評価する。心アミロイドーシスでは心基部優位の心肥大を来すことが多い。対称性・全周性の肥大が典型とされているが、非対称性の中隔肥大をきすことも多く、肥大型心筋症への鑑別が問題となる¹⁶⁾。心肥大の程度は AL より ATTR のほうが強い傾向がある。進行例では心嚢液や胸水を伴うことが多い。

遅延造影 MRI は典型的な所見は、①左室内膜下優位のびまん性遅延造影 (late gadolinium enhancement: LGE)、②右室壁や左房壁の LGE、③心腔内の低信号化 (dark blood pool) である (図 2)。LGE は間質へのアミロイド沈着と内膜下優位の虚血性変化 (線維化) を反映しており、LGE の存在は心アミロイドーシスの強力な予後予測因子とされる。LGE は病期とともに内膜下から貫壁性に進行すると考えられ、病期によって様々な LGE 所見を呈することが示唆される¹⁷⁾。非典型的な LGE 所見を呈する症例も少ないため、読影の際は偽陰性となることに注意する必要がある。ま

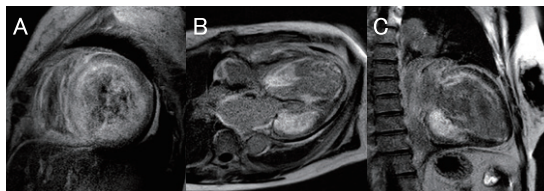


図2 心アミロイドーシスの遅延造影 MRI 典型像
二腔短軸像(A)、四腔長軸像(B)、二腔長軸像(C)。左室内膜下優位のびまん性LGE、心基部優位のLGE、右室壁や左房壁のLGE、心腔内のdark blood poolを認める。

た、心アミロイドーシスの遅延造影MRIではdark blood poolに起因する撮影エラーを生じうるため、その対策として phase-sensitive inversion recovery (PSIR) シークエンスの使用が推奨されている¹⁷⁾。遅延造影MRIは以下のような限界があることも認識すべきである：①遅延造影で早期病変を検出できない、②非典型なLGEを呈することが多い、③びまん性障害では過小評価となる、④撮影エラーを生じやすい、⑤定量的評価が難しい、⑥腎機能障害ではガドリニウム造影剤を使用できない。

T1マップは心筋のT1値(T1緩和時間 [ms])を評価する撮影である。心筋のT1値は様々な病態で変化する。例えば、心筋浮腫や線維化、蛋白沈着で心筋T1値は延長し、脂質や鉄の沈着で短縮する。T1マップは、心筋ダメージを定量化できるため、早期病変の検出や重症度・予後評価、治療効果判定などへの応用が期待されている。T1マップには造影剤を使用しない、native T1と造影剤を使用して評価する細胞外容積分画(extracellular volume fraction: ECV)がある。Native T1は細胞内・外の情報を包括しており、ECVは細胞外の広がりを反映している。最も代表的なシーケンスは modified look-locker inversion recovery (MOLLI) 法である。Native T1は装置静磁場強度(1.5Tや3.0T)や撮影シーケンスなどにより値が変化するため、基準値(正常値)は装置毎、撮影シーケンス毎に設定する必要がある¹⁸⁾。一方、ECVは造影剤の分布した割合(%)を示しており、静磁場強度や撮像シーケンスなどの影響は小さく、安定した心筋性状の評価が可能とされる。心血管MRI学会はT1マップをルーチン撮影に組み入れることを推奨している¹⁸⁾。心アミロイドーシスではnative T1、ECVとも極端な異常高値を示すことが多く(図3)、形態的に類似する肥大型心筋症や高血圧性心筋症、大動脈弁狭窄症との鑑別に有用である¹⁹⁾。Native T1単独の診断能は感度80-92%、特異度56-91%と優れており、他のパラメータと総合評価することで、診断能はさらに向上すると考えられる。心アミロイドーシスの病型(ALやATTR)により、T1マップの所見は若干、異なると報告されているが、オーバーラップも大きく、病型診断は難しい。T1マップは遅延造影MRIよりも病変の検出感度が高く、心アミロイドーシスの早期診断に貢献する技術と考えられる。Native T1とECVは心アミロイドーシスの重症度や予後とも相関を示すため、リスク

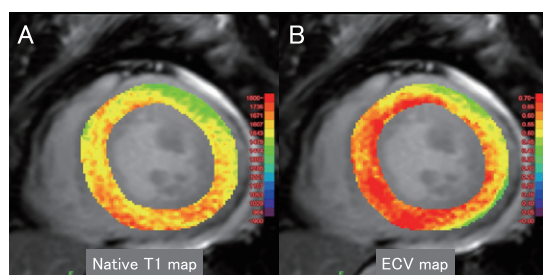


図3 心アミロイドーシスのT1マップ
Native T1マップ(A)、ECVマップ(B)Native T1、ECVとも著明な異常高値を呈する(カラーマップの緑色～黄色～赤色は異常高値領域)。

評価や経過のモニター、治療効果判定など診療マネージメントへの活用が期待されている²⁰⁾²¹⁾。

3) ^{99m}Tc -ピロリン酸シンチグラフィ

^{99m}Tc -ピロリン酸はカルシウムに親和性を有する物質であり、一般的には骨シンチグラフィや心筋梗塞シンチグラフィとして知られている。この ^{99m}Tc -ピロリン酸シンチグラフィはATTR心アミロイドーシスの診断に極めて有効である²²⁾。 ^{99m}Tc -ピロリン酸投与の3時間後に撮影したプラナー像で視覚的に肋骨と同等以上の集積を認めた場合を陽性と判定する(図4)。ピロリン酸シンチグラフィを用いたATTR心アミロイドーシスの診断能は感度99%、特異度86%とされ、ALを除外した場合、陽性適中率は100%と報告されている²³⁾。ただし、AL心アミロイドーシスにおいても約40%(うち25%は陽性判定の集積)に心集積が見られることに留意すべきである²⁴⁾。 ^{99m}Tc -ピロリン酸の心筋集積の程度は独立した予後因子であることも明らかとなっている²⁵⁾。プラナー像ではblood poolの集積による偽陽性に注意が必要である。SPECT/CTフュージョンを併用することで心筋への集積を正確に評価できる²⁶⁾。2020年10月よりトランスサイレチン型心アミロイドーシスの診断に対しての保険収載が可能となった。さらに2022年2月には ^{99m}Tc -HMDPが心アミロイドーシスの診断に対して保険収載可能となっている。

4) 心臓CT

心臓MRIの代替手段として、心臓CTによる遅延造影やECVの評価が可能となっている²⁷⁾。低管電圧撮影やデュアルエネルギーCTの仮想単色X線低エネルギー画像(40-55keV)を用いること

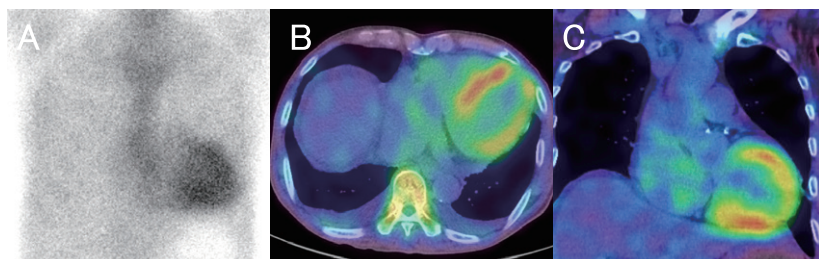


図4 ATTR心アミロイドーシスの ^{99m}Tc -ピロリン酸シンチグラフィ
プラナー正面像(A)とSPECT/CTフュージョン画像(B, C)。心筋に一致した異常集積像を認める。

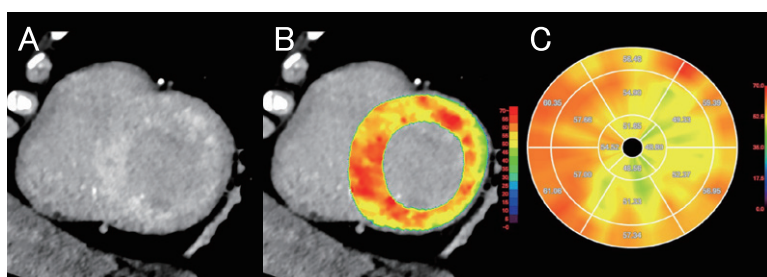


図5 心アミロイドーシスのCT
心筋遅延造影CT(A), CT-ECVマップ(B), CT-ECVプルズアイ(C)。びまん性の心筋遅延造影とECVの異常高値を示している(カラーマップの緑色～黄色～赤色は異常高値領域)。

で、MRIと同等の遅延造影の評価が可能となる²⁸⁾。また、心筋の造影効果やヨード密度からECVの算出も可能であり、MRIによるECVと良好な相関が報告されている²⁹⁾³⁰⁾(図5)。CTはMRIと比べて簡便でアクセスが良く、MRIの実施が困難な心不全症例やデバイス挿入後の症例、ガドリニウム造影剤が使用できない透析中の症例にも安全に実施できる。臨床的な実用性が高く、今後の普及が期待される。

《おわりに》

心アミロイドーシスは潜在的に多い疾患であるにもかかわらず、十分に診断がなされていない現状にある。まずは疾患概念と診断法を理解することが大切である。画像診断においては心臓MRI(特に遅延造影MRIとT1マップ)と^{99m}Tc-ピロリン酸シンチグラフィを含めたマルチモダリティイメージングを効果的に活用することが重要である。本稿で紹介した内容が心アミロイドーシス診療の標準化に寄与することを願う。

《文 献》

- 1) 日本循環器学会, 日本アミロイドーシス学会, 日本血液学会, ほか. 2020年版 心アミロイドーシス診療ガイドライン.
- 2) Kitaoka H, Izumi C, Izumiya Y, et al. JCS 2020 Guideline on Diagnosis and Treatment of Cardiac Amyloidosis. *Circ J*. 2020;84(9):1610-71.
- 3) Garcia-Pavia P, Rapezzi C, Adler Y, et al. Diagnosis and treatment of cardiac amyloidosis: a position statement of the ESC Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J*. 2021;42(16):1554-68.
- 4) Dorbala S, Ando Y, Bokhari S, et al. ASNC/AHA/ASE/EANM/HFSA/ISA/SCMR/SNMMI Expert Consensus Recommendations for Multimodality Imaging in Cardiac Amyloidosis: Part 1 of 2 -Evidence Base and Standardized Methods of Imaging. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2021;14(7):e000029.
- 5) Dorbala S, Ando Y, Bokhari S, et al. ASNC/AHA/ASE/EANM/HFSA/ISA/SCMR/SNMMI Expert Consensus Recommendations for Multimodality Imaging in Cardiac Amyloidosis: Part 2 of 2 -Diagnostic Criteria and Appropriate Utilization. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2021;14(7):e000030.
- 6) Benson MD, Buxbaum JN, Eisenberg DS, et al. Amyloid nomenclature 2018: recommendations by the International Society of Amyloidosis (ISA) nomenclature committee. *Amyloid*. 2018;25(4):215-9.
- 7) Kastritis E, Palladini G, Minnema MC, et al. Daratumumab-Based Treatment for Immunoglobulin Light-Chain Amyloidosis. *N Engl J Med*. 2021;385(1):46-58.
- 8) Aus dem Siepen F, Hein S, Prestel S, et al. Carpal tunnel syndrome and spinal canal stenosis: harbingers of transthyretin amyloid cardiomyopathy? *Clin Res Cardiol*. 2019;108(12):1324-30.
- 9) Maurer MS, Schwartz JH, Gundapaneni B, et al. Tafamidis Treatment for Patients with Transthyretin Amyloid Cardiomyopathy. *N Engl J Med*. 2018;379(11):1007-16.
- 10) Adams D, Gonzalez-Duarte A, O'Riordan WD, et al. Patisiran, an RNAi Therapeutic, for Hereditary Transthyretin Amyloidosis. *N Engl J Med*. 2018;379(1):11-21.
- 11) Tanskanen M, Peuralinna T, Polvikoski T, et al. Senile systemic amyloidosis affects 25% of the very aged and associates with genetic variation in alpha 2-macroglobulin and tau: a population-based autopsy study. *Ann Med*. 2008;40(3):232-9.
- 12) Ternacle J, Krapf L, Mohty D, et al. Aortic Stenosis and Cardiac Amyloidosis: JACC Review Topic of the Week. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(21):2638-51.
- 13) Scully PR, Treibel TA, Fontana M, et al. Prevalence of Cardiac Amyloidosis in Patients Referred for Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol*. 2018;71(4):463-4.
- 14) Oda S, Kidoh M, Nagayama Y, et al. Trends in Diagnostic Imaging of Cardiac Amyloidosis: Emerging Knowledge and Concepts. *Radiographics*. 2020;40(4):961-81.
- 15) Stricagnoli M, Cameli M, Incampo E, et al. Speckle tracking echocardiography in cardiac amyloidosis. *Heart Fail Rev*. 2019;24(5):701-7.
- 16) Martinez-Naharro A, Treibel TA, Abdel-Gadir A, et al. Magnetic Resonance in Transthyretin

- Cardiac Amyloidosis. J Am Coll Cardiol. 2017;70(4):466-77.
- 17) Fontana M, Pica S, Reant P, et al. Prognostic Value of Late Gadolinium Enhancement Cardiovascular Magnetic Resonance in Cardiac Amyloidosis. Circulation. 2015;132(16):1570-9.
 - 18) Messroghli DR, Moon JC, Ferreira VM, et al. Clinical recommendations for cardiovascular magnetic resonance mapping of T1, T2, T2* and extracellular volume: A consensus statement by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) endorsed by the European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI). J Cardiovasc Magn Reson. 2017;19(1):75.
 - 19) Baggiano A, Boldrini M, Martinez-Naharro A, et al. Noncontrast Magnetic Resonance for the Diagnosis of Cardiac Amyloidosis. JACC Cardiovasc Imaging. 2020;13(1 Pt 1):69-80.
 - 20) Martinez-Naharro A, Kotecha T, Norrington K, et al. Native T1 and Extracellular Volume in Transthyretin Amyloidosis. JACC Cardiovasc Imaging. 2019;12(5):810-9.
 - 21) Fontana M, Martinez-Naharro A, Chacko L, et al. Reduction in CMR Derived Extracellular Volume With Patisiran Indicates Cardiac Amyloid Regression. JACC Cardiovasc Imaging. 2021;14(1):189-99.
 - 22) Singh V, Falk R, Di Carli MF, et al. State-of-the-art radionuclide imaging in cardiac transthyretin amyloidosis. J Nucl Cardiol. 2019;26(1):158-73.
 - 23) Gillmore JD, Maurer MS, Falk RH, et al. Nonbiopsy Diagnosis of Cardiac Transthyretin Amyloidosis. Circulation. 2016;133(24):2404-12.
 - 24) Quarta CC, Zheng J, Hutt D, et al. 99mTc-DPD scintigraphy in immunoglobulin light chain (AL) cardiac amyloidosis. Eur Heart J Cardiovasc Imaging. 2021;22(11):1304-11.
 - 25) Castano A, Haq M, Narotsky DL, et al. Multicenter Study of Planar Technetium 99m Pyrophosphate Cardiac Imaging: Predicting Survival for Patients With ATTR Cardiac Amyloidosis. JAMA Cardiol. 2016;1(8):880-9.
 - 26) Tsuda N, Shiraishi S, Oda S, et al. Utility of Single-Photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography Fusion Imaging With (99 m)Tc-Pyrophosphate Scintigraphy in the Assessment of Cardiac Transthyretin Amyloidosis. Circ J. 2018;82(7):1970-1.
 - 27) Oda S, Emoto T, Nakaura T, et al. Myocardial Late Iodine Enhancement and Extracellular Volume Quantification with Dual-Layer Spectral Detector Dual-Energy Cardiac CT. Radiol Cardiothorac Imaging. 2019;1(1):e180003.
 - 28) Ohta Y, Kitao S, Yunaga H, et al. Myocardial Delayed Enhancement CT for the Evaluation of Heart Failure: Comparison to MRI. Radiology. 2018;288(3):682-91.
 - 29) Oda S, Nakaura T, Utsunomiya D, et al. Late iodine enhancement and myocardial extracellular volume quantification in cardiac amyloidosis by using dual-energy cardiac computed tomography performed on a dual-layer spectral detector scanner. Amyloid. 2018;25(2):137-8.
 - 30) Oda S, Kidoh M, Takashio S, et al. Quantification of Myocardial Extracellular Volume With Planning Computed Tomography for Transcatheter Aortic Valve Replacement to Identify Occult Cardiac Amyloidosis in Patients With Severe Aortic Stenosis. Circ Cardiovasc Imaging. 2020;13(5):e010358.

核医学装置QC用線源

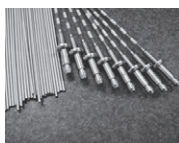
装置のデータ精度に心配ありませんか？

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ション用
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
放射線源課

〒210-0821

神奈川県川崎市川崎区殿町3-25-20

TEL: 044-589-5002 FAX: 044-589-5006

製品輸入元

株式会社 千代田テクノロ **TECHNOL**

〒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

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. 2. 心臓核医学/心筋血流以外の心筋シンチグラフィ

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

Vol. 2. Nuclear cardiology/ Myocardial scintigraphy other than myocardial perfusion

山本 篤志 YAMAMOTO Atsushi

Key words : BMIPP scintigraphy, MIBG scintigraphy, pyrophosphate scintigraphy, FDG-PET

《はじめに》

日本核医学会専門医試験を受験する医師を対象に専門医試験の心筋血流シンチグラフィ以外の心臓核医学、具体的にはBMIPP、MIBG、ピロリン酸シンチグラフィに関して説明し、過去の専門医試験の問題解説を行う。

《脂肪酸代謝シンチグラフィ： ^{123}I -BMIPP》

BMIPPは遊離脂肪酸のアナログで ^{123}I を標識している。長所はmemory imagingにより過去の虚血を可視化できることや、負荷が必要ないことが挙げられるが、一方で負荷をかけないため軽度の虚血同定は困難である。

冠攣縮性や重度の労作にて一過性の虚血が繰り返されるとBMIPPは集積低下を認め、その頻度や重症度に応じて集積低下が強くなる。持続的な虚血になるとBMIPPは欠損となり、ACSなどの梗塞を起こせば大きな欠損となる。このように、BMIPPの集積低下は範囲から責任病変が予測できるだけでなく、程度から重症度も評価が可能となる。

BMIPPのみでは集積低下部位が心筋虚血(可逆性)なのか、あるいは心筋梗塞(不可逆性)なのか判別できないため、一般的にはTc、Tlの心筋血流SPECTと合わせて2核種で撮像を行う。正常であればどちらも集積を認め、労作性狭心症や冠攣縮性狭心症のような一過性虚血であれば、血流製剤は正常集積ですがBMIPPは集積低下を認めmismatchを認めるようになる。さらに、ACSとなると再灌流療法が早期であれば血流製剤の軽度低下にとどまるが、治療まで時間が経過しているほど、あるいは再灌流されなかった場合、貫通性の梗塞となり両核種の高度集積低下を呈するようになる。それでは問題の解説に移る。

問題 心筋シンチグラフィで用いられる ^{123}I -BMIPPについて誤っている記述はどれか。1つ選べ。

- 心筋脂肪酸代謝を評価できる。
- 核種の物理学的半減期は $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 製剤よりも長い。
- 心筋虚血のメモリーイメージを評価できる。

- $^{201}\text{TlCl}$ を用いた心筋血流イメージングと2核種同時撮像が可能である。
- プラナー像から得られた「心/縦隔比」は心不全の予後評価に有用である。

第16回25問目。上記の通り、BMIPPは遊離脂肪酸アナログで、心筋脂肪酸代謝を評価可能とするトレーサーである。BMIPPは ^{123}I で標識されているが、物理学的半減期は13時間で $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (6時間)より長い。メモリーイメージングにより虚血の有無を評価する。 ^{201}Tl などの心筋血流製剤と合わせて2核種同時撮像を行うことで、心筋血流代謝乖離の有無を確認する。

心/縦隔比はMIBGでの評価であり、後述する。解答はe。

問題 虚血性心不全と比較して、拡張型心筋症による心不全で一般的に見られる核医学検査所見の特徴はどれか。1つ選べ。

- 左室駆出率が低い。
- 左室拡張末期容積が小さい。
- 右室負荷が高頻度に見られる。
- 血流SPECTで見られる低下範囲が広い。
- SPECTで血流・代謝ミスマッチの頻度が低い。

第15回26問目。上記の通り、心筋血流代謝乖離は虚血を示すため、拡張型心筋症などの非虚血性心疾患では見られる頻度が低い。解答はe。

問題 急性心筋梗塞1週間後の安静時検査において、虚血領域(Area at risk)に欠損を示すのはどれか。1つ選べ。

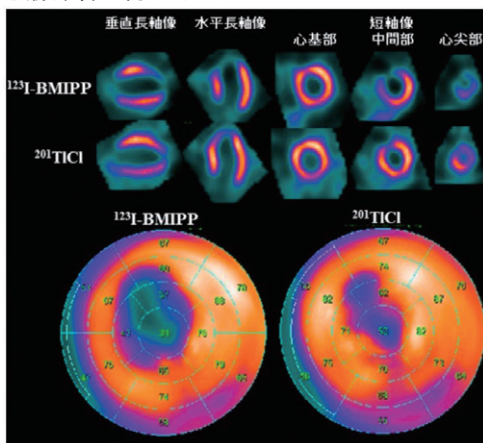
- $^{201}\text{TlCl}$
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI
- $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ピロリン酸
- ^{18}F -FDG
- ^{123}I -BMIPP

第13回27問目。上記の通り、memory imagingにより過去の虚血を可視化できるため、再灌流後の心筋血流代謝乖離の範囲がarea at riskとして

表現される。解答はc。

問題 急性心筋梗塞で緊急冠動脈カテーテル治療を行なった症例の発症10日後の $^{201}\text{TlCl}$ / ^{123}I -BMIPP dual SPECTを示す(別紙No.51)。次のうち、正しいものはどれか。1つ選べ。

- 責任冠動脈病変は左回旋枝と考えられる。
- $^{201}\text{TlCl}$ と ^{123}I -BMIPPの集積に乖離(ミスマッチ)は認めない。
- 慢性期に左室壁運動障害の改善が期待される。
- 梗塞部心筋のバイアビリティはない。
- 心筋障害は認めない。



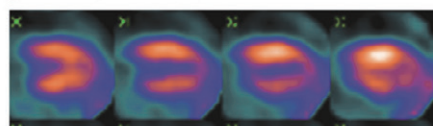
第18回51問目。前壁中隔～心尖部の血流代謝乖離(虚血による心筋障害)を認めており、LAD領域の虚血を示している。虚血領域はviabilityを認めており、壁運動、左室心機能の改善が期待される。解答はc。

問題 60歳代、女性。10日前に、労作時に突然の左前胸痛が出現した。症状は徐々に改善したが、3日前に近医受診し心電図検査で、II, III, aVF, V₄-V₆にST上昇、心臓超音波検査で、心尖部に高度の壁運動低下を認め、トロポニンも陽性のため当院紹介入院となる。入院後施行された安静時 $^{201}\text{TlCl}$ 心筋血流SPECT, ^{123}I -BMIPP心筋SPECT(別紙No.50:図A), および冠動脈造影(別紙No.50:図B)を示す。考えられる疾患はどれか。1つ選べ。

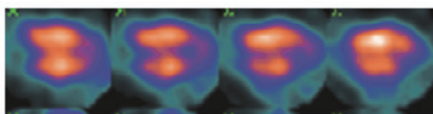
- 前壁心筋梗塞
- 下壁梗塞
- たこつぼ型心筋症
- 肥大型心筋症
- 拡張型心筋症

第13回50問目。60歳女性の胸痛。12誘導心電図で広範囲のST上昇を認め、 $^{201}\text{Tl}/^{123}\text{I}$ -BMIPP心筋SPECTでは、心電図変化の部位に一致しない、心尖部の血流代謝乖離を認める。経胸壁心臓超音波検査では同部位の壁運動低下を認めるが、冠動脈造影検査では有意な狭窄、閉塞病変を認めない。全ての所見に矛盾しないのはたこつぼ型心筋症である。たこつぼ型心筋症の急性期では、心尖部で両核種の集積低下を認める。亜急性期には心筋血流の改善を認め、心筋血流代謝乖離を認めるよう

図A ^{201}Tl および ^{123}I -BMIPP

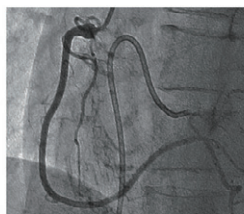


^{201}Tl 心筋血流SPECT 垂直長軸断像



^{123}I -BMIPP心筋SPECT 垂直長軸断像

図B 冠動脈造影



右冠動脈



左冠動脈

になり、慢性期には脂肪酸代謝も改善し両核種ともに正常集積を示す。解答はc。

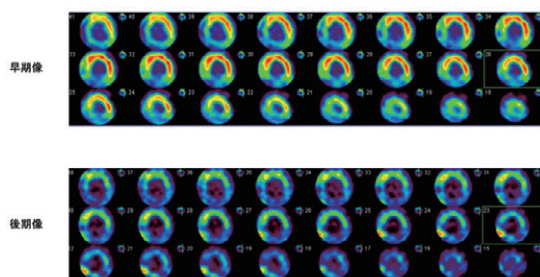
《交感神経シンチグラフィ: ^{123}I -MIBG》

心臓は交感神経の影響を強く受けているが、ノルエピネフリンの類似物質であるMIBGは同様の挙動を示し、交感神経末端においてuptake1により顆粒に取り込まれる。正常心筋では多くの交感神経終末が存在するためMIBGの高い集積が見られるが、除神経が起こった障害心筋ではMIBGは集積低下、欠損する。MIBGはこれまでの多くの研究で心不全の予後予測に有用であることが示されている。planar像で早期、後期の心臓と縦隔の集積比と心臓のカウントから計算した洗い出し率が予後の指標として使用されている。

問題 60歳代、男性。拡張型心筋症による難治性心不全にて両心室ペーシング療法を併用するも、うっ血性心不全のため入院。心不全症状改善後に ^{123}I -MIBGシンチ施行した。SPECT短軸像(別紙No.52図A上段:早期像, 下段:後期像), 正面プラナー像(別紙No.52図B左:早期像H/M比2.11, 右:後期像H/M比1.55, 洗い出し率48.3%(半減期補正なし))を示す。正しいものはどれか。1つ選べ。

- ^{123}I -MIBG投与後、早期像は1時間後、後期像は4時間後に撮像する。
- SPECT像では下後壁、心尖部の集積は正常範囲である。
- SPECT像では前壁、側壁の集積は早期像から後期像にかけて洗い出しが亢進している。
- MIBGの集積は三環系抗うつ剤の内服による影響を受けない。
- 後期像のH/M比は1.55と正常範囲であり予後良好である。

第18回52問目。MIBGは投与15分後に早期像、4時間後に後期像を撮像する。MIBGは三環系抗



うつ葉に影響を受け、心臓への集積が抑制される。H/M比(心/縦隔比)、洗い出し率の正常範囲は施設や撮像機器により異なるが、それぞれ大凡2.0以上、30%未満である。症例は下後壁から心尖部にかけて集積低下を認める。また、前壁、側壁の集積は早期像で保たれているが、後期像で集積低下を示しており、同部位の洗い出し率が亢進している。解答はc。

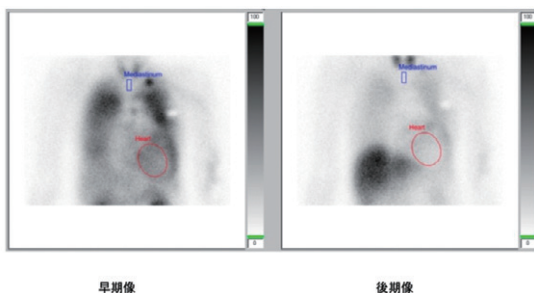
《ピロリン酸シンチグラフィ： ^{99m}Tc -PYP》

^{99m}Tc -PYPシンチグラフィは骨シンチグラフィのトレーサーとして知られているが、ATTR心アミロイドーシスの検出に極めて有効であることが示されている。投与3時間後のプラナー像を用いた視覚評価では、心筋への取り込みを骨と比較しgradingする。grade2以上でATTR心アミロイドーシスの可能性が高いとされるが、プラナー像では心プールの影響も除外できないため、可能な施設であればSPECT imageも撮像し併せて評価を行う。

心臓に相当する部位に関心領域を置き、その対側に置いた関心領域でのカウントの比であるH/CL比も診断に有用であることが示されている。 ^{99m}Tc -PYPでのAL、ATTRの鑑別能を検討した過去の研究では、心筋への集積はATTRで有意に高く、特にH/CL比が1.5をcutoff値とするとATTRにおいて感度97%、特異度100%となり、鑑別に非常に有用であることが示されている。

問題 心アミロイドーシスならびに関連する核医学検査について、誤っているものはどれか。1つ選べ。

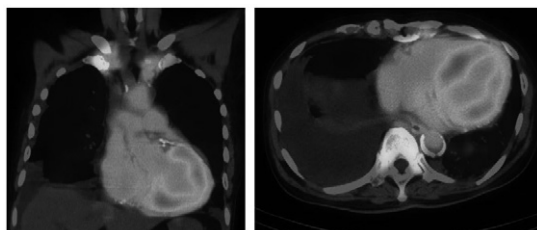
- 心アミロイドーシスにはATTRとALがある。
- ^{99m}Tc ピロリン酸シンチグラフィはATTR心アミロイドーシスによく集積する。
- ^{99m}Tc ピロリン酸シンチグラフィでは血液プールと心筋への集積との鑑別にSPECTが役立つ。
- ^{99m}Tc ピロリン酸シンチグラフィで心筋集積の有無の判定が難しい場合、24時間後の後期像の撮像が役立つ。
- 手根管症候群にしばしば合併する。



第18回27問目。上述の通り、 ^{99m}Tc -PYPはATTR心アミロイドーシスに特異的に集積を認める。planar像で評価を行うが、心プールの影響が除外できない際は、SPECT imageによる評価も行う。心アミロイドーシスは大きくATTR、ALに分類される。全身性疾患のため、手根管症候群や腎機能障害など、複数の診療科にまたがった症状を呈するため、関連診療科への啓発が重要である。投与3時間後に撮像する。解答はd。

問題 84歳男性。2ヶ月前から徐々に労作時息切れが出現し、全身浮腫を認めるようになり、入院となった。 ^{99m}Tc -PYPシンチグラフィをSPECT-CTにて施行した。図(別紙11ページNo.52)にSPECT-CT像(左:冠状断面、右:水平断面)を示す。本症例について正しいものはどれか。1つ選べ。

- 国内では東北地方での罹患率が特に高い。
- ^{99m}Tc -PYP静注後、24時間後に撮像する。
- 脊椎への ^{99m}Tc -PYP集積は異常所見である。
- 左室への ^{99m}Tc -PYP集積は検査前に糖質制限がされていないためである。
- 治療薬はタファミジス(ピンダケル)である。



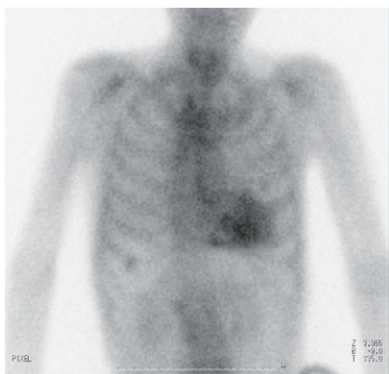
第17回52問目。左室心筋にびまん性の ^{99m}Tc -PYP集積を認めており、ATTR心アミロイドーシスが強く疑われる。上述の通り、 ^{99m}Tc -PYPは骨シンチグラフィのトレーサーのため、骨へ生理的に集積を認める。撮像は投与3時間後である。本症例は高齢男性であり、野生型のATTR心アミロイドーシスが疑われるが、遺伝型では長野県、熊本県、石川県に多く見られる。現在、ATTR心アミロイドーシスに対する最新の治療薬として、タファミジス(ピンダケル)が開発され、使用されている。解答はe。

問題 80歳代、男性。大動脈弁狭窄症および心機能低下で経カテーテル的大動脈弁治療を受けた。治療後も心機能低下が改善せず、虚血性心疾患評価のため負荷心筋血流SPECTが行われたが陰性のため、精査目的にピロリン酸シンチグラフィが行われた(別紙No.53)。画像及び疑われる対象疾患について、以下の選択肢で正しいものはどれか。1つ選べ。

- 高齢の大動脈弁狭窄症患者では極めて稀である。
- 疾患タイプと心筋集積との関連性は低い。
- 保険診療として実施できる。
- 左室肥大を呈することは少ない。
- 現時点では治療薬はない。

第18回53問目。左室心筋にびまん性の ^{99m}Tc -PYP集積を認めており、ATTR心アミロイドー

シスが強く疑われる。高齢の重度大動脈弁狭窄症患者において、一定の割合で存在すると報告されており、びまん性の心肥大を示すため、大動脈弁狭窄症や肥大型心筋症などその他心肥大を示す心疾患との鑑別が重要である。上述の通り、 ^{99m}Tc -PYPシンチグラフィは肥大心を示す他疾患との鑑別に極めて有効であり、保健適応である。現在、ATTR心アミロイドーシスに対する最新の治療薬として、タファミジス(ビンダケル)が開発され、使用されている。解答はc。



《糖代謝PET： ^{18}F FDG-PET》

以前は虚血性心疾患における、viability評価として使用されていたが、現在では心サルコイドーシスの活動性炎症評価に使用されており、心サルコイドーシスにおけるFDG-PETについて説明する。サルコイドーシスとは全身の非乾酪性類上皮肉芽腫形成を特徴とする疾患である。心サルコイドーシスは心筋に活動性炎症を呈し心筋細胞を障害する疾患で、完全房室ブロックなどの伝導障害や重症心不全を引き起こし、予後不良であることが知られている。FDG-PETは活動性炎症の病変に集積することから、心サルコイドーシスの診断、活動性炎症の評価に有用であり、診断基準の主徴候の一つとなっている。活動性炎症の評価として、FDG集積の半定量的な指標であるstandardized uptake value (SUV)値が用いられている。通常、心筋は糖代謝を行っており、通常のプロトコルでは心筋への生理的集積を認めるため、それを抑制するために、24時間の炭水化物制限と18時間の絶食を必要とする。

問題 心臓サルコイドーシスのFDG-PETによる検査をする際の絶食時間で妥当なものはどれか。1つ選べ。

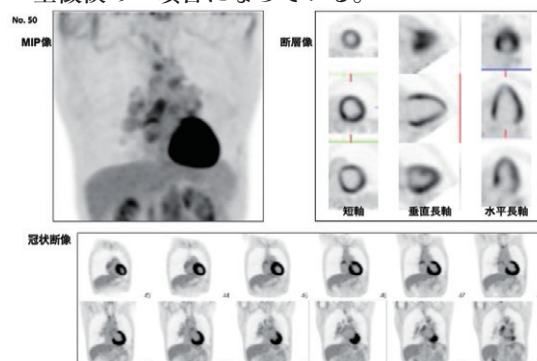
- 必要なし
- 2時間
- 5時間
- 8時間
- 18時間

第18回30問目。上述の通り、18時間の絶食と絶食前の低炭水化物食を併用することで、心筋への生理的集積を抑制することができる。解答はe。

問題 60歳代、男性。肺サルコイドーシスで経過観察中、心機能の低下・左室拡大・完全房

室ブロックを呈した患者のFDG-PETを別紙No.50に示す。FDG-PET画像の評価として誤っている選択肢はどれか。1つ選べ。

- 心筋集積の分布パターンからは心筋病変の評価は困難である。
- 本症例の場合、半定量指標：SUVの値によって診断が左右される。
- 絶食などの前処置が不十分であった可能性が考えられる。
- 縦隔および肺門リンパ節の異常集積が見られる。
- 診断ガイドラインではFDGの心筋異常集積は主徴候の一項目になっている。



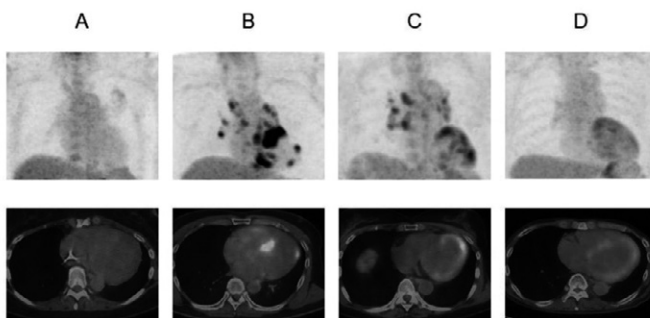
第18回50問目。肺サルコイドーシスを伴う60歳男性が心機能の低下と、完全房室ブロックを認めたため、心サルコイドーシスの合併を疑い、FDG-PETを試行したと考えられる。縦隔、肺門リンパ節に集積を認めており、リンパ節サルコイドーシスの合併が考えられる。心臓に関しては、びまん性に強い集積を認めることから、炭水化物制限が不十分だったことによる、生理的集積が疑われる。そのため、この検査所見やSUV値からは心筋の活動性炎症の有無は評価困難である。上述の通り、FDG集積は診断基準の主徴候の一つとなっている。解答はb。

問題 心臓サルコイドーシスと診断された4名の患者A～Dの ^{18}F -FDGPET/CT画像を図(別紙12ページNo.54)に示す。いずれも検査前日の夕食は、午後6時に5g未満の低炭水化物食を摂取し、その後18時間以上の長期絶食後に検査を施行した。以下の記述のうち、正しいものはどれか。1つ選べ。

- B, C, Dの3名の患者を陽性(活動性炎症あり)と判定した。
- 心臓サルコイドーシスにおける心筋生検の陽性率は60%を超えるので積極的に施行すべきである。
- 前処置を十分に行なえば、 ^{18}F -FDGPET検査の陽性率は十分に高いので、 ^{67}Ga -citrateシンチグラフィは診断基準から除外された。
- 患者Bが、心電図にて完全房室ブロックを認めたのでステロイド治療を開始した。
- ガドリニウム造影MRIにおける心筋の遅延造影所見は、非特異的な所見なので心臓サルコイドーシスの診断には役立たない。

第17回54問目。心サルコイドーシスにおける心筋生検の陽性率は約20%と低い。 ^{67}Ga シンチグラフィはFDG-PETと比較すると診断率が低いが、FDG-PETの異常集積と同様、診断基準の主徴候となっている。心臓造影MRIにおける遅延造影所見も診断基準の主徴候の一つとなっており診断

に有用である。Bの症例は心筋中隔に強い活動性炎症を認めており、房室ブロックを呈する可能性がありステロイド治療の適応と考えられる。Dの症例に関しては、淡いびまん性の心筋集積であることから、積極的には活動性炎症とは指摘できない。解答はd。



上段: ^{18}F -FDG PETの胸部MIP画像 (Maximum intensity projection image)
下段: ^{18}F -FDG PET/CTの左心室レベルの融合画像 (PET/CT fusion image)

編集後記

最近、成田悠輔という経済学者がテレビやYouTubeチャンネルに登場し、その奇抜な発想と発言が注目されている。東大卒でイェール大学助教授(准教授?)の肩書を持ち、政治や教育問題に関するアンケート調査とその分析などから客観的に世の中の制度を評価する仕事を行っているという。その分析によると、現在、民主主義政治の根本となる選挙活動にいくら若者が参加しても全く世の中は変わらない。教育に関してはいくら進学校を目指して入ったとしてもその学校の質が将来を変えるわけではない、など「ああ、やっぱりね」という内容をデータとして示し、説得力のある主張を行っている。そもそも、選挙というシステムそのものに問題があると主張、私も多分に同意する。成人になれば必ず与えられる選挙権で、何も調べることなく選挙演説も聞かず投票できる制度に問題がないとはとても言えないだろう。米国ではSNSを通じてのフェイクニュースを利用した選挙活動も問題視されている。いわゆる情報操作で何とでもなってしまう。彼の著書「22世紀の民主主義」には具体的な政策そのものに投票する制度や、政治家はいない、AIによる無意識下での政策決定の提案などが書かれている。我々のいる医学・医療の分野で医師の仕事がAIに取って代わられる、と同じ理屈で、来世紀には政治家の仕事もAIに取って代わられる社会が来るのだろうか? いずれにしてもAIについてはまずはサイエンスや経済の分野から普及していき、さらに政治や教育で利用されていくのかもしれない。もちろん、人間による制御は必要だが、旧態依然としている政治や教育の分野にメスを入れ、理論やエビデンスを持ち込み、変革をもたらされればよいと思う。成田氏は冷静に物事を捉え、大衆を納得させる話術も持ち合わせている。次世代を担う若者の意識を変え、新たな政治の在り方を模索してもらいたい。

(編集委員長)

SIEMENS
Healthineers

Biograph Horizon

More within reach.

www.siemens.co.jp/healthineers

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



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。

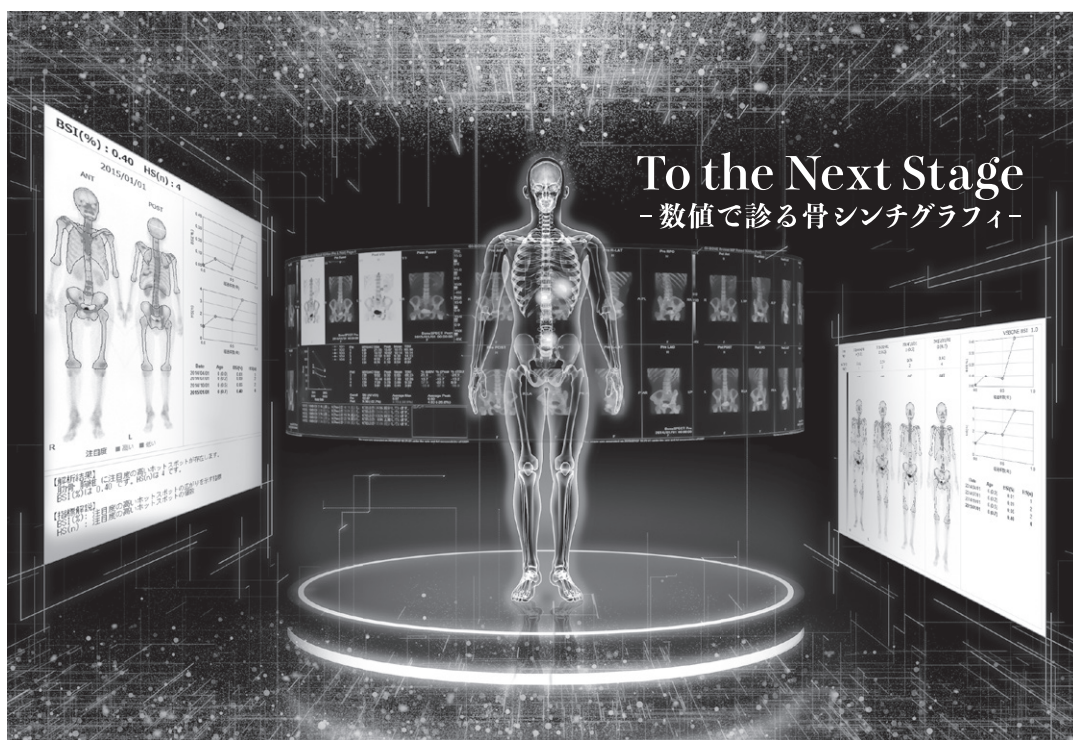
ペプチドリームグループの革新的な創薬力により、
最先端の放射性医薬品をグローバルに展開し、核医学の広がりに貢献してまいります。



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



To the Next Stage - 数値で診る骨シンチグラフィ -

処方箋医薬品[※]

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

骨シンチ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チグラムを撮る。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、食欲不振
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、撮像前後できるだけ排尿させること。

20. 取扱い上の注意

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

放射線診療研究会会長

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 満 (発行者)

〒162-0033 杉並区清水2-5-5 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

臨床核医学編集委員

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、

南本亮吾、百瀬敏光、須山淳平、島井原彰

2022年11月20日発行