

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

2024

Vol.57 No.6

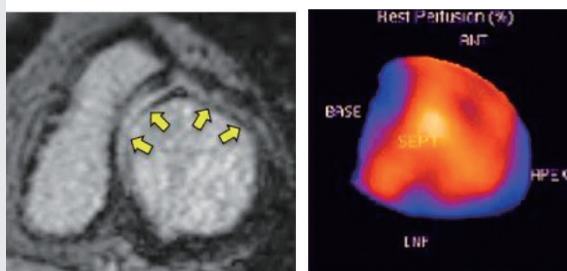
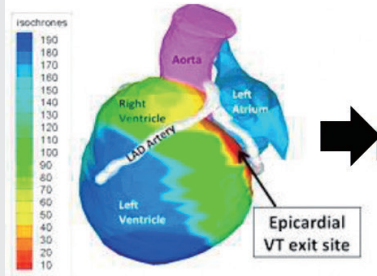
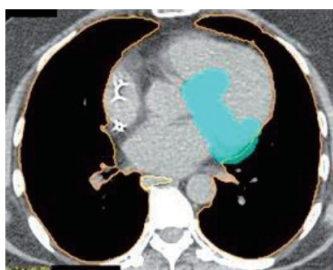
11月号 81~96頁

放射線診療研究会

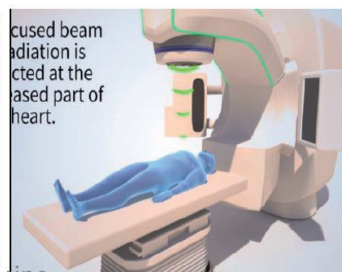
1968年創刊通算282号(奇数月刊行)

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

ワイドバンドMRI 半導体PET

電気生理学的
Voltage map放射線治療計画
標的決定

SBRT



See Page 86

ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

[症例クイズ] 解答編(第926回 放射線診療研究会 報告)	82
須山 淳平	
[総 説] 難治性不整脈に対する体幹部定位放射線治療の臨床応用と課題	86
橋本 弥一郎	
[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	90
Vol. 14放射性医薬品 No2	
本田 納紀	

症例クイズ

解答編(第926回 放射線診療研究会 報告)

須山 淳平¹⁾ SUYAMA Jumpei 川本 雅美²⁾ KAWAMOTO Masami 長尾 充展³⁾ NAGAO Michinobu
鈴木 正彦⁴⁾ SUZUKI Masahiko

前号では、第926回放射線診療研究会に行われた症例検討会で出題し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：川本 雅美 先生)

問題1 3)

本症例では、ほぼ左右対称な集積をきたしており、悪性腫瘍や炎症性疾患等の病変への集積とは考えにくい。また、集積部位も皮下がメインであり、日常臨床で経験される検査前の運動によるFDGの生理的集積とも思われない。

本症例は、前立腺癌の既往があり、ホルモン療法中であった。

使用された薬剤は、前立腺癌の治療薬であるデガレリクス酢酸塩(ゴナックス[®])である。

デガレリクス酢酸塩(ゴナックス[®])は性腺刺激ホルモン放出ホルモン(GnRH)アンタゴニスト(阻害薬)である。神経細胞から放出されるGnRH受容体にゴナックスが結合することにより、GnRHの結合を抑える。脳下垂体に作用し、性腺刺激を抑えることでテストステロン(男性ホルモン)の分泌を抑制するホルモン療法の注射薬である。投与された後しばらくの間は本症例のようなPET所見を呈することが予想される。

その投与方法が特徴的であり、初回は240mgを1カ所あたり120mgずつ腹部2カ所に皮下投与する。2回目以降は、初回投与4週間後より、80mgを維持用量とし、腹部1カ所に皮下投与し、4週間間隔で投与を繰り返す。皮下注射された後に、体液と触れると皮下でゲル状の塊となり、徐々に成分が放出されるため、効果を発揮する(図9)。

日本は現在、世界一の高齢社会を迎えているといわれている。FDG-PET/CT検査を受ける患者の中にも、過去に別の悪性既往の治療歴があったり、現在も他の悪性腫瘍で治療中だったりすることが経験される。多くは20~30年ほど前の胃癌手術、乳癌手術の既往だが、昨今では本症例のように前立腺癌で薬物療法中の患者が新たな肺癌の精密検査のために受診するケースも多い。

また、同様の所見は他の薬剤の注射でも経験され、使用薬剤により様々な集積パターンを呈し得る。

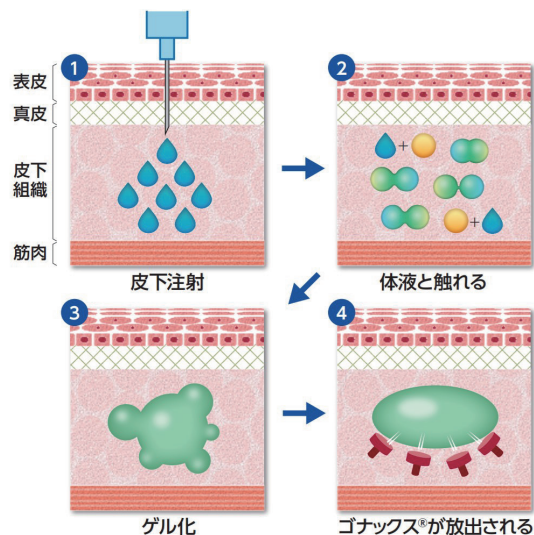


図9 デガレリクス酢酸塩(ゴナックス[®])の体内動態(フェリングファーマ株式会社 バンフレット ゴナックス[®]による治療を受けられる患者へより)

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) 湘南鎌倉総合病院 先端医療センター 核医学診断部

3) 東京女子医科大学 画像診断学・核医学講座

4) 東京慈恵会医科大学 リハビリテーション医学講座

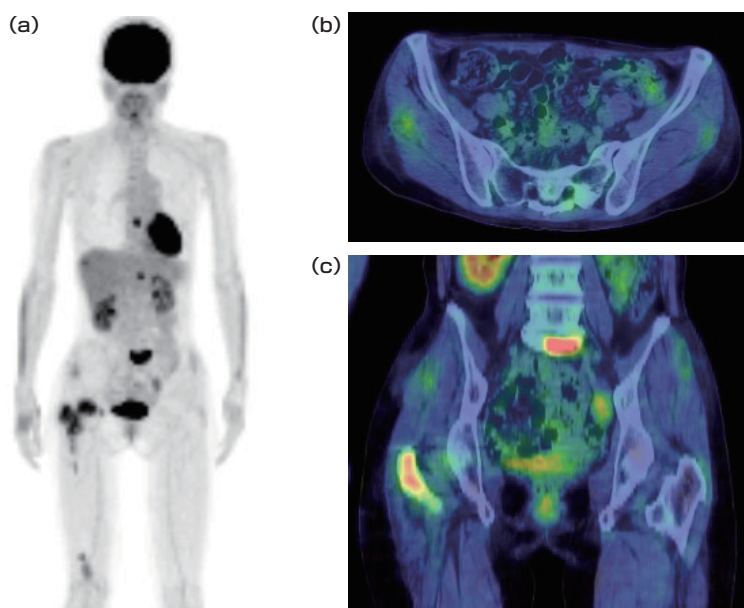


図10 フルベストラントキット(フェソロデックス筋[®])筋注後
(a) FDG-PET 全身MIP 正面像 CT-PET fusion画像
(b) 横断像(c)冠状断像

図10は乳癌のホルモン治療でフルベストラントキット(フェソロデックス筋注[®])を両側の臀筋に注射した症例である。この薬剤はあくまで筋注されているのだが、筋肉内のみならず、皮下脂肪内にも筋注後変化としての濃度上昇を認めることがほとんどであり、筋肉内よりも脂肪組織内にFDG集積が目立つこともある。

図11はインスリン皮下注射により皮膚面に集積をきたした症例である。本症例は10年以上のインスリン治療歴のある方であり、CTでも皮膚の肥厚が顕著である。

上記のような運動の有無や薬剤名等は、検査前の問診により、診断時の確信度を大きく高めることができる。日常臨床において検査前の必要な情報の収集を怠らざに行うことが必要である¹⁾。

《参考文献》

- 1) 川本雅美：特集1 FDG-PET 検査におけるピットホール集 FDG - PET 検査前の問診の重要性 - いかに必要な情報を集めるか！ 臨床画像,40(2);158-163.2024.

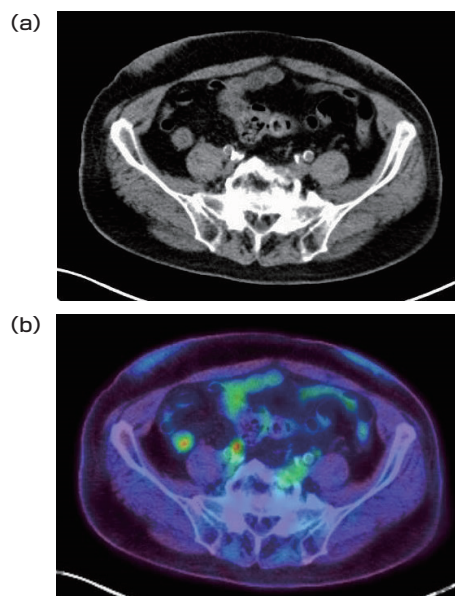


図11 インスリン投与症例
(a)腹部単純CT横断像 (b)CT-PET fusion画像 横断像
前腹部皮膚面に接して皮下脂肪の上昇域があり、FDG集積を認める

【出題2】(出題：長尾充展 先生)

問題1 2)

問題2 3)

左室低形成症候群を代表とする先天性単心室血行動態に対して実施される Fontan 手術は、体循環からの静脈血を直接肺動脈に連結する機能的修復術である。短中期的な成績は大きく向上したが、

遠隔期には心機能や運動耐用能の低下に加え、中心静脈圧の上昇に伴う多臓器の合併症や続発症が明らかになっている。頻度の高いものとして、不整脈、チアノーゼ、血栓塞栓症、蛋白漏出性胃腸症、心不全、肺高血圧、肝硬変、肝がん、腎不全等が挙げられる。

本症例では、消化器症状と意識障害を伴う発熱で発症した細菌性髄膜炎の治療後に胸痛が発症している。血液データでは、INR、D-dimerの軽度上昇を認めた。トロポニンの軽度上昇が認められたが、クリアチニンキナーゼは正常範囲であった。BNPは軽度高値である。また、肝機能異常を認めた。

身体所見としては、特に異常は認められていない。心電図(図2)では、心房調律であるが、CRBBB、右軸偏位を認め得る。また、陰性T波がI, aVL, V1-6で認められた。

胸部単純写真(図3)では、肺野に異常はなく、胸水を疑わせる異常所見も認められない。心臓は術後変化があり、単心室は拡大気味である。

血液データからは炎症性変化の上昇を認められず、超音波検査の結果から疣贅も認められていないので本問に与えられたデータから感染性心内膜炎を積極的に示唆する所見は認められていなかったが、当初は髄膜炎による入院をしているため精査は必要と考えられる。また、先天性心疾患の術

後であり、冠動脈の走行や支配領域を把握する必要がある。これらを踏まえ、問題1の画像診断については患者本人の状態や施設の設備の状況から種々選択の余地があると考えられるが、本症例では2)の冠動脈造影CTが選択された。

施行された冠動脈造影CTでは、単一心室の前壁側に不自然な血管途絶像があり(→), 同部位での冠動脈の高度狭窄および閉塞が考えられる。症状と血液検査、心電図所見等からピロリン酸シンチグラフィが次の検査として選択された。同時撮影のタリウム安静時心筋血流シンチグラフィでは、前壁中隔に広範な血流低下が認められており、その一部にピロリン酸の集積を認めていることが確認され、CTAで見られた冠動脈の閉塞による急性期心筋梗塞と確認できた。^{99m}Tc-PYPを用いた心筋梗塞シンチでは、心筋梗塞の発症後数週間以内に集積がピークになり、一ヶ月以内には集積は消退する。本検査では広範に及ぶ安静時血流の高度な狭窄部の一部が梗塞に陥ったことがわかる。そのため、問題2の解答は3)急性期心筋梗塞となる。

心臓MRIを図12に示す。単一心室前壁の一部に、T2強調画像で心筋浮腫、拡散強調画像(IVIM)で拡散制限を示し、LGEを認める領域があり、急性期心筋梗塞に矛盾ない所見である。これはピロリン

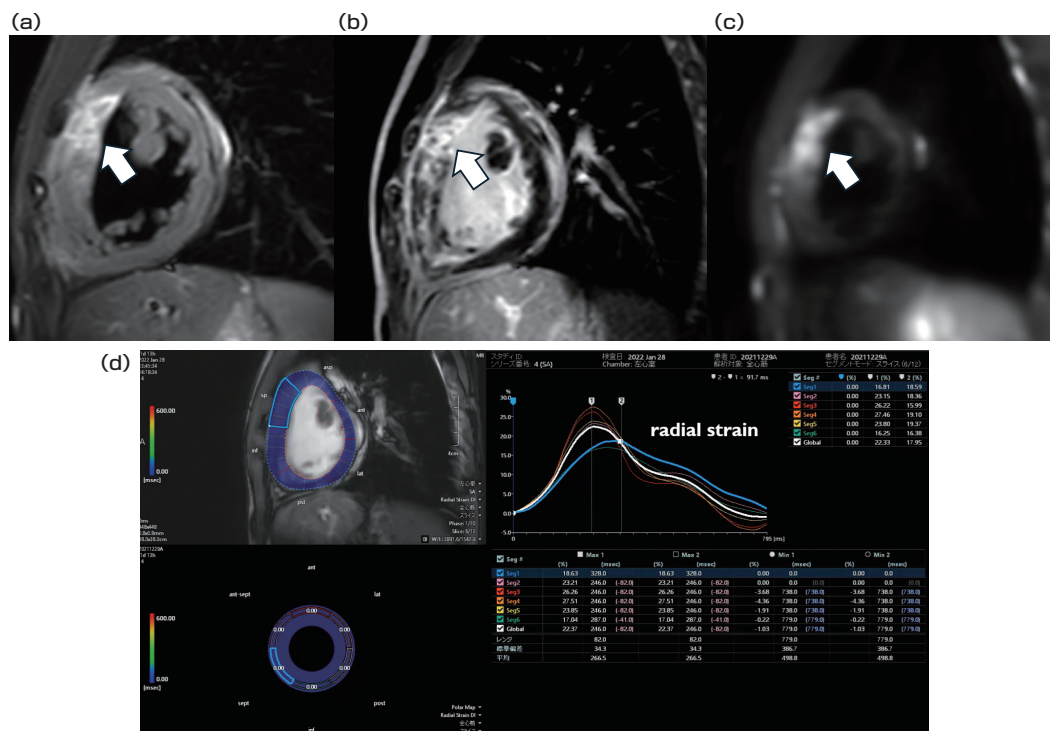


図12 心臓MRI a.T2強調像短軸像 b.脂肪抑制造影T1強調像短軸像 c.拡散強調画像(IVIM) d.シネMRIとストレイン解析

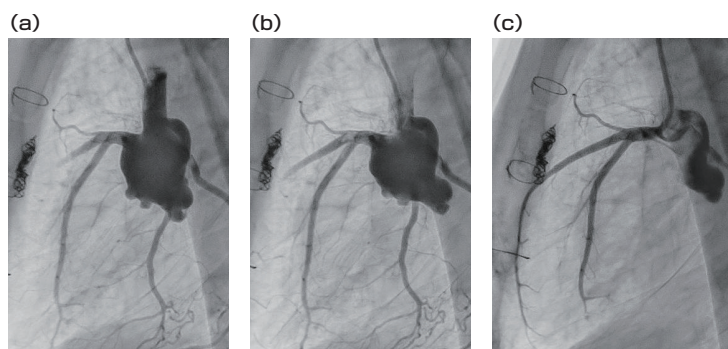


図13 心臓カテーテル検査，血栓吸引術およびバルーン血管形成術 a 治療前 b 治療中 c 治療後

酸シンチグラフィの部位と一致する。また，機能解析画像を見ると，梗塞部位での心筋ストレインが低下し，単心室の同期不全を呈している。

以上のより画像診断より，新規心筋梗塞の発症の診断がなされた。

その後施行された心臓カテーテル(図13)では，冠動脈造影CTAの所見と同様に血管の閉塞が確

認され，治療後血行が良好に改善された。

複雑心奇形においても複数のmodalityを組み合わせることで非侵襲的に責任病変を同定することができた症例であった。また，ピロリン酸シンチグラフィは複雑心奇形を持つ先天性心疾患における新規梗塞の有無の評価に有用であることが示された。

【出題3】(出題：鈴木正彦 先生)

多系統萎縮症(multiple system atrophy: MSA)の多くは40歳以降に発症し， α シヌクレインが神経細胞とオリゴデンドログリアに蓄積する進行性脳神経変性疾患である。病初期に小脳性運動失調が主体であるものをオリブ橋小脳萎縮症(olivopontocerebellar atrophy: OPCA)，パーキンソニズムであるものを線条体黒質変性症(striatonigral degeneration: SND)，そして起立性低血圧など自律神経障害が前景に立つものはシャイ・ドレーガー症候群(Shy-Drager syndrome: SDS)という。

OPCAでは小脳，橋底部の萎縮を比較的早期から認める。また，T2強調画像水平断にて比較的早期から橋中部に十字状の高信号(十字サイン)，中小脳脚の高信号化を認める。SNDでは被殻萎縮や鉄沈着による被殻外側部の直線状のT2高信号，被殻後部の低信号などを認める。そのため問題1の解答は2)となる。また問題2のように，進行例では心臓交感神経シンチグラフィで異常値を示さず，ドパミントランスポーターシンチグラフィでは明瞭に集積低下を示すことが臨床上経験される。

国際的にはGilman分類と呼ばれる診断基準が

ある¹⁾。この分類では，MSA-C：診察時に小脳症状が主体であるもの(すなわちOPCA)，MSA-P：診察時にパーキンソン症状が主体であるもの(すなわちSND)と2つに分類される。このためMSAの診療では，「MSA-C」や「MSA-P」という言葉が使われる。尚，国際的な診断基準では，SDSに該当する分類はない。これはSDSの初期症状である自律神経症状がMSAに必須の症状として含まれているからである。

MSA-Pは発症から5～8年程度で歩行困難となり，やがて嚥下障害による窒息や気道閉塞による無呼吸で亡くなることが多い。また原因不明の突然死のリスクがある。パーキンソン病と一旦診断しても進行期によくある症状が早期から認める場合にはMSA-Pを疑う必要がある。本症例のように，MRIや核医学検査が有用に活用されていくことにより，正しい診断を早期につけることが可能であり，その結果，合併症を予測して予防的な介入を行うことが重要である。

《参考文献》

- 1) Gilman S, Low P, Brooks DJ, et al. Second consensus statement on the diagnosis of multiple system atrophy. Neurology. 2008; 71:670-6.

総 説

難治性不整脈に対する体幹部定位放射線治療の臨床応用と課題

Clinical application and challenges of stereotactic body radiation therapy for refractory arrhythmias.

橋本 弥一郎¹⁾ HASHIMOTO Yaichiro 長尾 充展²⁾ NAGAO Michinobu

Key Words: Stereotactic Body Radiation Therapy (SBRT), Ventricular Tachycardia (VT), Positron Emission Tomography (PET), Connexin 43 (Cx43)

《はじめに》

難治性不整脈に対する体幹部定位放射線治療 (SBRT: Stereotactic Body Radiation Therapy) は、近年注目されている新しい治療法である。薬物療法やカテーテルアブレーションなどの従来の治療法が効果を示さない場合や、不整脈が再発する場合、心臓の特定部位にピンポイントで高線量の放射線を照射し、根治を目指す。

不整脈のひとつである心室頻拍 (VT: Ventricular Tachycardia) は、心室内の異常な電気信号が原因で発生し、患者の生活の質を著しく損ない、心不全の増悪や心停止、突然死のリスクを高める。通常、カテーテルアブレーションが最も有効な治療法とされているが、一部の患者ではこの治療法が奏功しない場合や不整脈が再発することがある。

2017年にワシントン大学から難治性VTに対するSBRTについての症例報告が発表された。この報告は、わずか5例にもかかわらず、世界のトップジャーナルであるNEJMに掲載された。これは「がん治療における放射線技法をVT治療に応用する」という革新的なアイデアによる新技法の開発であり、同年のカージオロジーのトップニュースの一つとなった。その後、欧米を中心に進展し、日本では2021年から臨床試験が開始されている。

SBRTのターゲット領域の決定は、侵襲的電気解剖学的マッピング (EAM: Electroanatomic Mapping) や12誘導心電図、医用画像に基づいて行われることが多いが、特に機能画像である核医

学分野への期待が高まっている。本稿では、難治性不整脈に対するSBRTの現状と課題、本学での取り組みについて概説する。

《SBRTによるCx43発現増加と不整脈抑制効果の機序》

SBRTにより、心筋梗塞後の心臓において、コネキシン43 (Cx43) というギャップ結合タンパク質の発現が増加することが動物実験で示されている。Cx43は細胞間の情報伝達において重要な役割を果たすタンパク質であり、心不全においてその発現量が大幅に減少し、不整脈の原因となることが知られている。Cx43の発現増加に伴い、心臓の電氣的伝導が再構築され、不整脈を抑制する効果が発現すると考えられている。

カテーテルアブレーションは、不整脈の原因となる心筋の異常部分を焼灼する治療法である。一方、SBRTはCx43の発現を増加させ、機能低下した心筋のギャップ結合を修復することで、不整脈の原因となる基質を制御する。SBRTの効果は、治療後数日から数週間以内に現れることが多く、放射線による線維化が生じる前に観察されることが多い。これはCx43の発現増加と一致している。剖検研究によれば、SBRT施行後3か月で照射された心筋において、アポトーシス、マクロファージによる貪食、リンパ球による強い炎症反応が確認され、その後数週間から数か月かけて線維性瘢痕に置換されることが報告されている¹⁾。

1) 東京女子医科大学 放射線医学講座 放射線腫瘍学分野 〒162-8666 東京都新宿区河田町8番1号
TEL: 03-33353-8111 FAX: 03-5269-7355

E-mail: hashimoto.yaichiro@twmu.ac.jp

Department of Radiation Oncology, Tokyo Women's Medical University

2) 東京女子医科大学 放射線医学講座 画像診断・核医学分野

Department of Diagnostic Imaging and Nuclear Medicine, Tokyo Women's Medical University

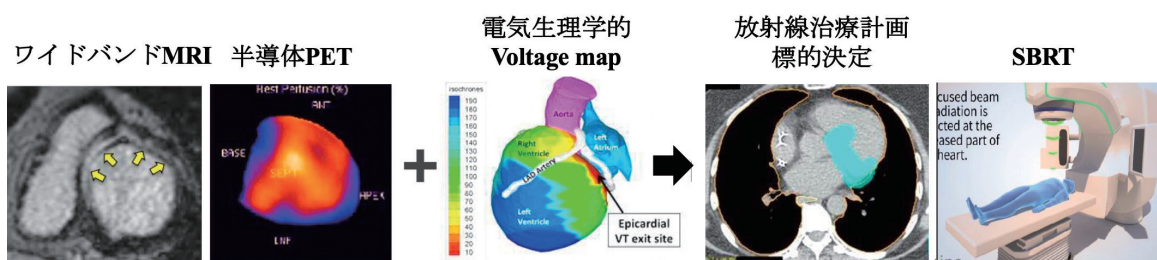


図1 治療のステップ

治療のステップ(図1)

1. 患者選択(本学の基準)

適応基準

持続性単形性心室頻拍が3回以上認められ、以下の条件をすべて満たすこと

1. 少なくとも1剤以上の抗不整脈薬に対する抵抗性がある、または薬剤内服が困難である
2. 一回以上のカテーテルアブレーション歴がある、もしくは非適応(解剖学的にアプローチが困難、心外膜起源の頻拍)、または患者がアブレーションを拒否している
3. 心臓領域への放射線照射歴がない

除外基準

上記の選択基準を満たしていても、以下に該当する場合は除外とする

1. 強心薬または左心室補助人工装置に依存している心不全
2. 心室頻拍以外の要因で12か月以上の生存が見込めない
3. 多形型心室頻拍または心室細動
4. 維持透析または腹膜透析を行っている
5. 外科的治療が必要な心疾患を有する
6. 急性心不全に対して入院加療が必要である
7. CTで明らかな間質性肺炎を認め、放射線肺臓炎のリスクが高い

2. 画像診断と放射線治療計画

SBRTを実施する前に、CT、MRI、PETなどの医用画像を用いて心臓の異常電気活動の発生源を特定する。また、心電図や電気生理学的検査のデータも活用し、最も適切なターゲット領域を決定する。これらの画像データに基づき、放射線をどの範囲に、どの角度から、どの程度の線量で照射するかを詳細に計画する。照射領域は非常に精密に設定され、正常な心筋や周囲の臓器(肺、食道、冠動脈など)を可能な限り避けることが求められる。

る。

VTによる突然死の予防には、植込み型心臓デバイスが薬物治療よりも優れていることが証明されている。しかし、これらのデバイスは精密画像にアーチファクトを発生させる。本学では、SBRTの最適なターゲットを決定するために、従来のEAMに加え、アーチファクトを除去するための心臓MRIの先端技術であるワイドバンドMRIや、心臓デバイスの影響を受けない半導体PETを利用することを試みている。

半導体PET装置を用いて心筋のブドウ糖代謝率(MRglc, Metabolic Rate)を可視化するFDG-PETのダイナミック撮像法が開発され、心サルコイドーシスなどでその有用性が報告されている²⁾心サルコイドーシスは全身性サルコイドーシス患者の5~10%に発症し、不整脈や突然死のリスクが高い。従来のカテーテルアブレーションでは治療困難なケースが多く、SBRTが有効とされる。新たに開発されたMRglcイメージングは、FDG-PETよりも病変部の小さな描写が可能で、ノイズが少なく、コントラストが高い(図2)。また、SBRTのターゲットの決定や放射線治療後の炎症浸潤の評価にも有効である可能性がある。

3. SBRT

SBRTは25 Gy/1回で行い、患者は放射線治療用の寝台に固定され、治療計画に基づいて正確に照射される。照射直前には、低電圧CTを用いた照射部位の画像確認を行い、必要に応じて位置を補正する。照射時間は、15分程度である。SBRTの高精度な技術により、ターゲット領域に対してのみ集中的に高エネルギーX線が照射される。

4. 治療後の経過観察

治療後は、不整脈の再発やその他の有害事象を監視するため、定期的に心電図モニタリングや画像診断が行われる。不整脈が完全に消失するまでには時間がかかる場合があるが、多くの患者で症

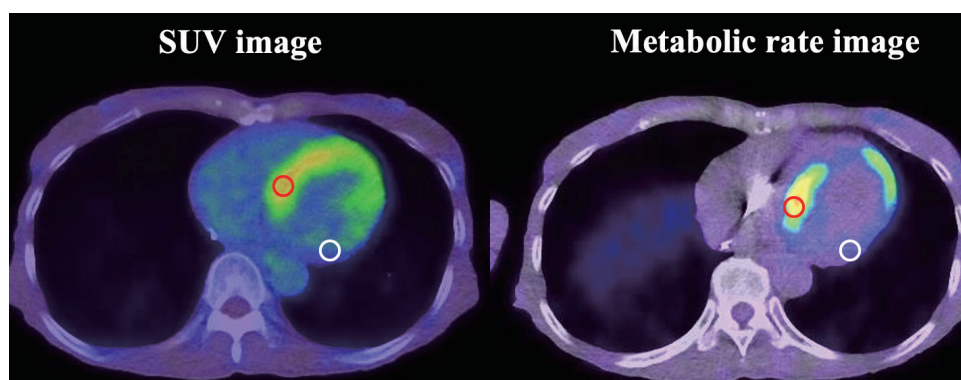


図2 左：従来のFDG-PET 右：MRglcイメージング

状の改善が報告されている。また、一部の患者では心膜炎や肺炎などの有害事象が報告されているが、いずれも許容範囲内であった。

《臨床試験の報告》

1. スタンフォード大学とワシントン大学の初期研究³⁾ (2017年報告)

2010年代後半、米国のスタンフォード大学とワシントン大学において、カテーテルアブレーションが無効であった重度VT患者に対するSBRTの臨床試験が行われ、2017年にこの治療法が難治性VTに有効であることが世界で初めて報告された。従来の治療に反応しなかったVT患者に対しSBRT(25 Gy/1回)を行うことで、治療後6か月間で不整脈発作の回数が80%以上減少したことが確認された。特に治療抵抗性の患者において急性の不整脈発作が大幅に抑えられた点が注目された。また、従来のカテーテルアブレーションと異なり、SBRTは外科的処置を必要としないため、患者への侵襲が極めて少なく、合併症のリスクを低減しつつも高い治療効果が得られる画期的な治療法として評価された。この初期研究は試験的な段階であったが、その成功によりさらなる研究と臨床試験の基礎が築かれ、SBRTが重度のVTに対する新たな治療オプションとして注目を集める契機となった。

2. ENCORE-VT (Electrophysiology-guided Noninvasive Cardiac Radioablation for Ventricular Tachycardia)試験⁴⁾ (2019年報告)

難治性VTまたは早期心室収縮による心筋症を持つ成人患者に対するSBRT(25 Gy/1回)の第I/

II相試験が実施され、90日以内の治療関連の有害事象と、治療前後のVTエピソードの減少が主要評価項目とされた。結果として、VTエピソード数は治療前の中央値119回から治療後3回に減少し($p < 0.001$)、94%の患者で有効性が確認された。

3. RAVENTA(Radiosurgery for ventricular tachycardia)試験⁵⁾ (2023年報告)

多施設・多プラットフォームの実現可能性試験として、5例の難治性VT患者を対象にSBRT(25 Gy/1回)が実施された。治療は全例で成功し重大な有害事象は報告されなかった。3例でVTエピソードの減少が確認され、1例は再発したVTに対してカテーテルアブレーションを受けた。治療後6週間で心原性ショックにより1例が死亡した。

4. 欧州での報告

欧州でも、主にドイツやイギリスなどでSBRTによる不整脈治療が行われ、特に長期的な治療効果に焦点が当てられている。ドイツでは、数年間にわたるフォローアップを行った報告があり、SBRTが長期的にも不整脈を抑制する効果があることが示されている。治療後1年以上経過した後も、不整脈の再発が非常に少ないことが確認された。また、心機能に悪影響を与えることなく、安全に治療を行うことが可能であると報告されている。2023年には欧州31施設の加盟した会議体が発足し、欧州連合から10億円の資金提供を受けて研究が実施されている。

5. 日本国内での報告⁶⁾

日本における第II相試験の中間報告が行われた。3例の難治性VT患者にSBRT(25 Gy/1回)が実施され、侵襲的電気生理学的検査や心臓MRIなどのデータが限られていたため、高解像度ホルター

心電図や核医学検査を用いて評価が行われた。3例中2例でVTエピソードの有意な減少が認められ、1例で再発が確認された。30日以内に重大な有害事象は報告されず、治療の安全性が確認された。

《今後の課題》

- ・ **エビデンスの不足**：現時点では、日本国内における臨床データは欧米に比べて少なく、標準治療として採用されるためには、さらなるエビデンスの蓄積が必要である。
- ・ **心臓放射線治療に対する認識**：心臓に放射線を照射することに対して、安全性や長期的な影響に関する懸念があり、これが広範な臨床試験の障害となっている可能性がある。
- ・ **コラボレーションの必要性**：心臓専門医と放射線治療医、画像診断医の間での密接なコラボレーションが必要であり、治療計画や管理において、それぞれ専門的知識を統合することが重要である。

《まとめ》

今後、日本でもより多くの施設での臨床試験が進展することが期待される。欧米の研究結果や臨床試験データの蓄積により、日本においてもSBRTの難治性不整脈治療に対する安全性や有効性の理解が深まり、適応が拡大することが見込まれる。国内の研究機関が多施設共同試験を開始することで、より大規模なデータの収集が進み、将来的には標準治療として位置付けられる可能性がある。

《参考文献》

1. Tomáš Kučera, Kristína Jedličková, Marek Šramko, et al. Inflammation and fibrosis characterize different stages of myocardial remodeling in patients after stereotactic body radiotherapy of ventricular myocardium for recurrent ventricular tachycardia. *Cardiovascular Pathology*. 2023; 62, 107488.
2. Inoue A, Nagao M, Kaneko K, et al. Glucose metabolic rate from four-dimensional ¹⁸F-FDG PET/CT to differentiate sarcoid lesions from malignant lesions. *Eur Radiol* 2024.

3. Phillip S. Cuculich, Matthew R. Schill, Rojano Kashani, et al. Noninvasive Cardiac Radiation for Ablation of Ventricular Tachycardia. *N Engl J Med*. 2017; 377:2325-36.
4. Clifford G. Robinson, Pamela P. Samso, Kaitlin M.S. Moore, et al. Phase I/II Trial of Electrophysiology-Guided Noninvasive Cardiac Radioablation for Ventricular Tachycardia. *Circulation*. 2019; 139(3): 313-321.
5. David Krug, Adrian Zaman, Lina Eidinger, et al. Radiosurgery for ventricular tachycardia (RAVENTA): interim analysis of a multicenter multiplatform feasibility trial. *Strahlentherapie und Onkologie*. 2023; 199:621-630.
6. Amino M, Kabuki S, Kunieda E, et al. Interim Report of a Japanese Phase II Trial for Cardiac Stereotactic Body Radiotherapy in Refractory Ventricular Tachycardia — Focus on Target Determination —. *Circulation Reports* 2023; 5: 69-79.

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. 14放射性医薬品 No.2

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

Vol. 14 Radiopharmaceuticals (No. 2)

本田 納紀¹⁾ HONDA Natsuki 伊藤 公輝²⁾ ITO KimiteruKeywords: Radiopharmaceuticals, Metabolism, PRRT, ¹⁷⁷Lu-DOTATATE

《はじめに》

本号では前号に引き続き、過去5年分の核医学専門医試験問題のうち、放射性医薬品に関係する問題について抜粋し、解説をさせていただきます。前号において放射性医薬品のうち、サイクロトロンを用いて院内製造される薬剤に関する問題にスポットを当てて取り上げた。本稿ではデリバリーされるSPECT製剤や放射性治療薬に関する問題を中心に解説する。核医学専門医試験問題の領域における放射性医薬品の出題は、集積機序や体内動態、代謝等に関する問題が多い。まずはそれらの問題をまとめて紹介させていただく。後半で過去問掲載の放射性医薬品についてまとめた表を掲載するのでそちらも参照いただきたい。

第20回

09. 脳機能イメージング剤のうち集積機序に代謝に関わるのはどれか。1つ選べ。

- a. ¹⁸F-florbetapir
- b. ^{99m}Tc-ECD
- c. ^{99m}Tc-HSA-D
- d. ¹²³I-IMP
- e. ¹²³I-ioflupane

回答 b

^{99m}Tc-ECDは脂溶性の低分子化合物であり、血液脳関門通過後、エステラーゼによって立体特異的脱エステル化され、水溶性へ代謝されることで脳内へ集積する。¹⁸F-Florbetapirおよび¹²³I-ioflupaneは未変化体がアミロイドβ、ドパミントランスポーターへそれぞれ結合する。^{99m}Tc-HSA-Dはヒト血清アルブミンに^{99m}Tcを配位結合させた薬剤であり、代謝されずに血液プールシンチグラフィに利用される。¹²³I-IMPは単純拡散で脳内へ緩徐に移行し、脳内のアミン結合部位へ結合、集積すると考えられている

第20回

10. 次の^{99m}Tc標識放射性医薬品とその医薬品の

診断標的への集積に関わる因子の組み合わせについて正しいのはどれか。1つ選べ。

- a. ^{99m}Tc-DTPA 脂溶性
- b. ^{99m}Tc-MAA トランスポーター
- c. ^{99m}Tc-MDP ハイドロキシアパタイトとの相互作用
- d. ^{99m}Tc-MIBI メタボリックトラップ
- e. ^{99m}Tc-PMT 受容体

回答 c

^{99m}Tc-MDPは骨のハイドロキシアパタイトへの吸着が集積の機序と考えられているため合っている。^{99m}Tc-DTPAは腎糸球体で濾過され、尿細管で分泌、再吸収、代謝されることなく尿中排泄される。トランスポーターは介さない。^{99m}Tc-MAAは肺毛細血管の一時的な微小塞栓による集積。^{99m}Tc-MIBIは心筋へ受動拡散により集積し、細胞内で負荷電位を帯びたミトコンドリア膜に吸着すると考えられている。^{99m}Tc-PMTは静注後、肝・胆道系へ移行したのち、小腸へ排出される。受容体を介した集積ではない。

第20回

26. 下記の放射性医薬品のうち、受容体結合を集積機序とする薬剤はどれか。1つ選べ。

- a. ^{99m}Tc-DTPA
- b. ^{99m}Tc-ECD
- c. ^{99m}Tc-HMPAO
- d. ¹²³I-ioflupane
- e. ¹²³I-iomazenil

回答 e

¹²³I-Iomazenilは中枢性ベンゾジアゼピン受容体に結合することでベンゾジアゼピン受容体発現を可視化する薬剤である。a-dの選択肢の薬剤集積には受容体は関与しない。^{99m}Tc-DTPAは腎糸球体で濾過され、尿細管で分泌、再吸収、代謝されることなく尿中排泄される。^{99m}Tc-ECDおよび^{99m}Tc-HMPAOは血液脳関門を通過し脳内へ取り込まれた後、脳組織において水溶性に代謝される

国立がん研究センター中央病院 〒104-0045 東京都中央区築地5-1-1

National Cancer Center Hospital

1) 薬剤部 Department of Pharmacy

2) 放射線診断科 Department of Diagnostic Radiology

ことで長時間保持される。 ^{123}I -ioflupaneはドパミントランスポーターへ結合する。

第20回

42. 放射性医薬品と主要な排泄経路の組み合わせで誤っているものはどれか。1つ選べ。

- a. ^{67}Ga citrate 腸管
- b. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -PMT 胆汁
- c. ^{131}I -MIBG 尿中
- d. ^{177}Lu -DOTATATE 尿中
- e. $^{223}\text{RaCl}_2$ 尿中

回答 e

$^{223}\text{RaCl}_2$ の主要排泄経路は糞中排泄である。日本人去勢抵抗性前立腺癌患者に本剤55kBq/kgを単回投与72時間後の累積糞中排泄率の平均値は56%。a-dの薬剤の主要な排泄経路はあっている。

第19回

14. 放射性医薬品とその集積に関連する語句の組み合わせとして正しいものはどれか。1つ選べ。

- a. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD 加水分解
- b. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSA グルタチオン抱合
- c. ^{123}I -BMIPP 心筋交感神経受容体
- d. ^{123}I -IMP ベンゾジアゼピン受容体
- e. ^{123}I -MIBG 交感神経受容体

回答 a

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDは脳内へ移行後、エステル基が加水分解され水溶性物質に代謝されることで脳内に長時間保持される。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -GSAはアシアロ蛋白く受容体に結合することで肝細胞内へ取り込まれる。 ^{123}I -BMIPPは細胞内へ取り込まれた後、脂質プールおよびミトコンドリア内へ移行する。側鎖として β 位にメチル基があるため β 酸化を受けにくく心筋内に長くとどまる。 ^{123}I -IMPは単純拡散で脳内へ移行し、アミン結合部位へ結合し集積する。 ^{123}I -MIBGはノルアドレナリン類似物質であり、交感神経終末のUptake-1経路を介して取り込まれる。

第18回

08. 集積機序として構造変化を利用しない放射性薬剤はどれか。1つ選べ。

- a. ^{18}F FDG
- b. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD
- c. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAO
- d. ^{123}I -BMIPP
- e. ^{123}I -Iomazenil

回答 e

^{123}I -Iomazenilは未変化体のまま血液脳関門を通過し、中枢性ベンゾジアゼピン受容体に結合することでベンゾジアゼピン受容体の発現量の評価を可能とする。 ^{18}F -FDGはグルコーストランスポーターで細胞内へ取り込まれた後、リン酸化されることで細胞内に保持される。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDおよび $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMPAOは血液脳関門を通過し脳内へ取り込まれた後、脳組織において水溶性に代謝される

ことで長時間保持される。 ^{123}I -BMIPPは心筋細胞へ取り込まれた後、アシアロCoAにより活性化され、脂質プールやミトコンドリア内へ移行する。

第17回

08. 以下の放射性医薬品の集積機序と関連性の低いものはどれか。1つ選べ。

- a. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP ハイドロキシアパタイト
- b. ^{123}I -MIBG ノルアドレナリン
- c. ^{67}Ga -citrate トランスフェリン
- d. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBI トランスポーター
- e. ^{111}In -pentetreotide ソマトスタチン受容体

回答 d

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MIBIは受動拡散により心筋細胞へ集積し、負荷電荷を帯びたミトコンドリア膜へ吸着すると考えられており、トランスポーターは介さない。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDPは骨のハイドロキシアパタイトへの化学的吸着により集積する。 ^{123}I -MIBGはノルアドレナリン類似物質であり、交感神経終末や副腎髄質に取り込まれる。 ^{67}Ga -citrateの集積機序は明らかとされていないが、トランスフェリンと結合して腫瘍へ取り込まれると考えられている。 ^{111}In -pentetreotideはソマトスタチン受容体への結合を利用した神経内分泌腫瘍診断薬である。

第17回

25. 輸送担体(トランスポーター)で脳細胞に取り込まれるものはどれか。1つ選べ。

- a. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECD
- b. ^{123}I -IMP
- c. ^{123}I -iomazenil
- d. ^{18}F -FDG
- e. H_2^{15}O

回答 d

^{18}F -FDGはグルコースと同様にグルコーストランスポーターを介して細胞内に取り込まれるためdが正解である。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -ECDは血液脳関門を通過し脳内へ取り込まれた後、脳組織において水溶性に代謝されることで長時間保持される。 ^{123}I -IMPは脳内での血管内/脳実質組織のpH勾配、脂質/水分分配係数並びに脳及び脳内毛細血管内膜に局在する相対的非特異的な高容量アミン結合部位への親和性などの作用が複合していると考えられている。 ^{123}I -Iomazenilは血液脳関門を通過し、中枢性ベンゾジアゼピン受容体に結合する。 H_2^{15}O は脳血流や酸素代謝の測定に用いられる。トランスポーターは介さない。

前述の通り、専門医試験において放射性医薬品に関する問題は、集積機序や代謝・排泄経路についての問いが多い。放射性医薬品を使用していくにあたって基本的な情報となるため押さえておいていただきたい。過去問中で出題されている放射性医薬品の作用機序・集積機序ならびに主な排泄経路について、一覧にまとめさせていただく。解説については本一覧を参照のこと。

	作用機序・集積機序	主な排泄経路
^{99m} Tc-MDP (骨シンチグラフィ)	骨のハイドロキシアパタイトへの化学的吸着と骨の細胞を介した取り込み。	尿中排泄
^{99m} Tc-HSA-D (血液プールシンチグラフィ)	^{99m} Tc-HSA-Dはヒト血清アルブミンに ^{99m} Tcを配位結合させた薬剤であり、血中保持率が高く、心疾患や血行動態・血管病変の診断を可能とする。	尿中排泄
^{99m} Tc-DTPA (腎シンチグラフィ)	^{99m} Tc-DTPAは糸球体濾過物質で、腎糸球体で濾過され、尿細管で分泌、再吸収、代謝されることなく尿中排泄される。	尿中排泄
^{99m} Tc-MAA (肺シンチグラフィ)	静注後、肺毛細血管を一時的に塞栓することで肺に集積する。	尿中排泄
^{99m} Tc-MIBI (心筋シンチグラフィ)	心筋へ受動拡散により集積する。細胞内へ入った ^{99m} Tc-MIBIは負荷電位を帯びたミトコンドリア膜に吸着すると考えられている。	尿中排泄
^{99m} Tc-PMT (肝胆道シンチグラフィ)	静脈内投与されると、迅速に血中から消失し、肝・胆道系へ移行したのち、小腸へ排出される。腸管からの再吸収は認められず、また尿中排泄も少ない。	肝胆道系排泄
^{99m} Tc-ECD (脳血流シンチグラフィ)	中性・脂溶性の ^{99m} Tc-ECDは血液脳関門を透過し、局所脳血流に比例して脳実質に取り込まれる。透過後はエステル基が加水分解を受けることで水溶性物質に分解され脳実質に保持されと考えられている。	尿中排泄
^{99m} Tc-HMPAO (脳血流シンチグラフィ)	中性かつ脂溶性の ^{99m} Tc-HMPAOは静注後、初回循環で血液脳関門を通過して脳内に取り込まれ、局所脳血流に比例して脳内に分布する。脳組織内で水溶性に代謝されることで長時間脳内に保持される。	尿中 (40%程度) 肝胆道系 (30%程度)
^{99m} Tc-GSA (肝受容体シンチグラフィ)	アシアロ糖たん白(ASGP)受容体に結合して肝細胞内に取り込まれる。	胆道～ 糞中排泄
¹²³ I-IMP (脳血流シンチグラフィ)	脳内での血管内/脳実質組織のpH勾配、脂質/水分配係数並びに脳及び脳内毛細血管内膜に局在する相対的非特異的な高容量アミン結合部位への親和性などの作用が複合していると考えられている。	尿中排泄
¹²³ I-BMIPP (心筋シンチグラフィ)	¹²³ I-BMIPPは生体内の脂肪酸と同様の体内動態を示し、細胞内に取り込まれた後、アシアロCoAにより活性化されて脂質プールおよびミトコンドリア内に移行する。本剤は直接β酸化を受けにくいため、心筋内に長時間保持される。	尿中排泄

¹²³ I-MIBG (心・腫瘍シンチグラフィ) ¹³¹ I-MIBG (褐色細胞腫・パラガングリオーマ治療薬)	¹²³ I-MIBGはノルアドレナリン類似物質であり、Uptake-1を介する経路で心臓の交感神経終末や副腎髄質細胞内に取り込まれる。 ¹³¹ I-MIBGはMIBGに治療用放射線核種である ¹³¹ Iを標識した治療薬である。作用機序は ¹²³ I-MIBGと同様で現在は褐色細胞腫・パラガングリオーマに適応あり。	尿中排泄
¹²³ I-Ioflupane (ドパミントランスポートシンチグラフィ)	¹²³ I-Ioflupaneは、線条体のドパミントランスポート(DAT)に結合することでDATの発現量の評価を可能とする。	尿中排泄
¹²³ I-Iomazenil (脳受容体シンチグラフィ)	¹²³ I-Iomazenilは中枢性ベンゾジアゼピン受容体に選択的に結合することで分布を得ることができる。	尿中排泄
²²³ RaCl ₂	ラジウム223はカルシウムに類似した性質を有しており、骨転移巣のように骨代謝が亢進している部位に集積し、α線で腫瘍増殖抑制作用を示す。	糞中排泄
⁶⁷ Ga-citrate	⁶⁷ Gaは血清蛋白質のトランスフェリンと結合し、腫瘍細胞膜表面のトランスフェリン受容体を介して腫瘍細胞内に取り込まれ、集積すると考えられている。	投与24時間以内は腎排泄 その後は肝臓排泄となる。

《ペプチド受容体放射性核種療法(PRRT)》

近年、神経内分泌腫瘍(NEN)に対する新規治療アプローチとして、ペプチド受容体放射性核種療法(Peptide Receptor Radionuclide Therapy: PRRT)が着目を浴びている。NENの腫瘍細胞表面にはソマトスタチン受容体発現が多く、PRRTでは、ソマトスタチン類似物質を¹⁷⁷Luで標識したルテチウムオキシドトレオチド(¹⁷⁷Lu)注射液(ルタテラ静注)を用いて腫瘍選択的な治療を行う。またPRRT適応判定には¹¹¹In-pentetreotide(オクトレオスキャン注)によるソマトスタチン受容体シンチグラフィが用いられる。専門医試験においても毎年出題されている傾向があるため、以下にまとめて解説をさせていただく。

第19回

09. ルテチウムオキシドトレオチド(¹⁷⁷Lu)注射液(ルタテラ静注)について、誤っているのはどれか。1つ選べ。

- アミノ酸輸液を併用する。
- 物理的半減期は約6.6日である。
- 腎尿路経路により速やかに尿中排泄される。
- ¹⁷⁷Luのα線により腫瘍増殖抑制作用を示す。
- ソマトスタチン受容体陽性の神経内分泌腫瘍の治療に用いられる。

回答 d

第20回

42. ^{177}Lu -DOTATATE 治療について誤っているのはどれか。1つ選べ。
- 放射線治療病室への入院が必要である。
 - ^{177}Lu の物理学的半減期は約7日である。
 - ^{177}Lu は β 線と γ 線の両者を放出する。
 - アミノ酸製剤(ライザケア[®])は腎臓での ^{177}Lu -DOTATATEの再吸収を阻害する。
 - 治療前に病変部のソマトスタチン受容体の発現を画像的もしくは病理学的に確認する。

回答 a

^{177}Lu は β 線と γ 線を放出する放射性核種であり、半減期は6.6日である。またルタテラ静注は、ソマトスタチン受容体陽性の神経内分泌腫瘍(NEN)への治療で用いられ、治療前にオクトレオスキャン等でソマトスタチン受容体陽性を確認したのちに投与される。ルタテラは尿中排泄される薬剤であるが、一部腎臓に取り込まれるため、アミノ酸輸液であるライザケア輸液を併用することで、ルタテラの腎臓への取り込みを阻害し、被ばくを低減させる。投与後は基本的には放射線治療病室へ入院することになるが、現在では特別措置病室への入院も可能となっていることや、退出基準を満たせるのであれば外来での投与なども可能となる。

第18回

33. ^{111}In -pentetreotide について、誤っているものはどれか。1つ選べ。
- 神経内分泌腫瘍のソマトスタチン受容体のサブタイプSSTR2および5への親和性が高い。
 - 肝、腎、脾などが生理的な集積臓器である。
 - ガストリノーマよりもインスリノーマの検出感度が高い。

- サルコイドーシスや関節リウマチへの集積することが報告されている。
- 標識法は ^{111}In 溶液を注射用ペンテトレオチドと混合し、常温で30分間放置である。

回答 c

^{111}In -pentetreotide(オクトレオスキャン[®])に関する問題。オクトレオスキャンはソマトスタチン受容体のサブタイプSSTR2ならびに5に親和性が高く、特にSSTR2への親和性が高いと言われている。インスリノーマはガストリノーマなどの他のNETと比較してSSTR発現が少ないため検出感度が低い。逆にSSTR発現のある他の腫瘍にも集積を示し、他にもサルコイドーシスや関節リウマチ、Graves病などの炎症性疾患への集積も報告されているため、鑑別診断には注意を要する。またSSTR2発現の高い臓器への高い集積を認め、かつ主に腎臓排泄(一部肝胆道)の薬剤のため、生理的な集積は腎臓、膀胱に多く、また脾臓や肝臓などの臓器にも集積を認める。標識法は問題表記の通り。

《おわりに》

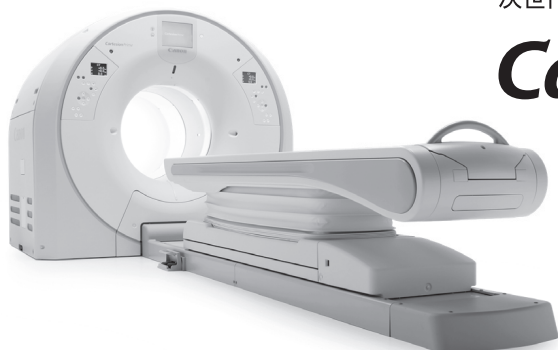
前号に引き続き、過去5年分の放射性医薬品に関する問題について解説させていただいた。デリバリーで供給される医薬品については、適用から集積機序・代謝・排泄などの基礎知識は各医薬品の添付文書やインタビューフォームで得ることができるため、一度参照いただくことをお勧めする。また今回紹介させていただいたPRRTのほか、 ^{131}I -MIBG治療など新規性が高い診断・治療に関しても専門医試験を受けるにあたって理解を深めていただきたい。本稿が核医学専門医を目指される先生方の一助になれば幸いです。

編集後記

本誌は私が編集責任者として編集する最後の号となる。私が務めたこの10年の雑誌の内容には核医学の10年の歴史が詰まっている。その内容は実に多彩で、放射線物理、核医学技術、核医学診断、治療、核医学を取り巻く医療まで幅広い。しかし、そのすべてが日進月歩というわけではなかった。期待されていた治療分野については、いくつかの治療は医療から消えてしまった。現在実施中、もしくは今後予定されている治療も将来持続可能なかは不明である。診断についてはPETが技術的進歩を遂げ、臨床に定着してきたが、新たな放射性薬剤による診断はこの10年間あまり進まなかった。これは医学界全体に言えることだが、医学はすでに成熟期を迎えており、かつてのような急速な進歩はなく、安全性を担保しながら緩やかに進歩する傾向にある。今後は、ある程度確立した医学をどこでも誰でも利用できるインフラの整備、専門家間の知識の共有が重要になる。近年急速に進化しているAI技術は医学の進歩というよりは医療の効率性や均一性を促すツールになるのではないかと思う。とは言え、現時点でまだまだ核医学の進歩は見逃すことはできない。本誌はその情報、専門知識の共有に多いに貢献できると思う。これからも本誌が持続可能な核医学情報誌としての役割を果たすことを切に望む。最後に、これまで長い間本誌やこの編集後記を読んでくださった方々に感謝し、今後の健康と活躍を祈念したい。

(編集委員長)

Canon



次世代デジタル PET-CT

Cartesion Prime

Luminous Edition

〔一般名称〕 X線CT組合せ型ボジトロンCT装置
〔販売名〕 PET-CTスキャナ Cartesion Prime PCD-1000A
〔認証番号〕 301ACBX00003000

G000101

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

核医学装置QC用線源

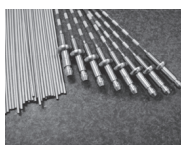
装置のデータ精度に心配ありませんか？

**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
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



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



D-SPECT® CARDIO
D-SPECT® VISTA

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® CT
SPECT/CT

販売名称/医療機器認証番号:

D-SPECT カーディオグラフィック スキャナーシステム/725ADBZX00049000

D-SPECT VISTA カーディオグラフィック スキャナーシステム/303ADBZX00054000

フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON/230ADBZX00111000

フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT/301ADBZX00036000

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

info@jp.spectrum-dynamics.com

www.spectrum-dynamics.com



放射性医薬品／アミロイドイメージング剤 処方箋医薬品[※] 薬価基準収載

アミヴィッド[®] 静注

AMYViD[®] Injection

放射性医薬品基準フルルベタピル (¹⁸F) 注射液

[※]注意—医師等の処方箋により使用すること。

※効能又は効果、用法及び用量、警告・禁忌を含む使用上の注意等の詳細については、
電子添文をご参照ください。



アミヴィッド、AMYViDはAvid Radiopharmaceuticals, Inc. の登録商標です。



製造販売元

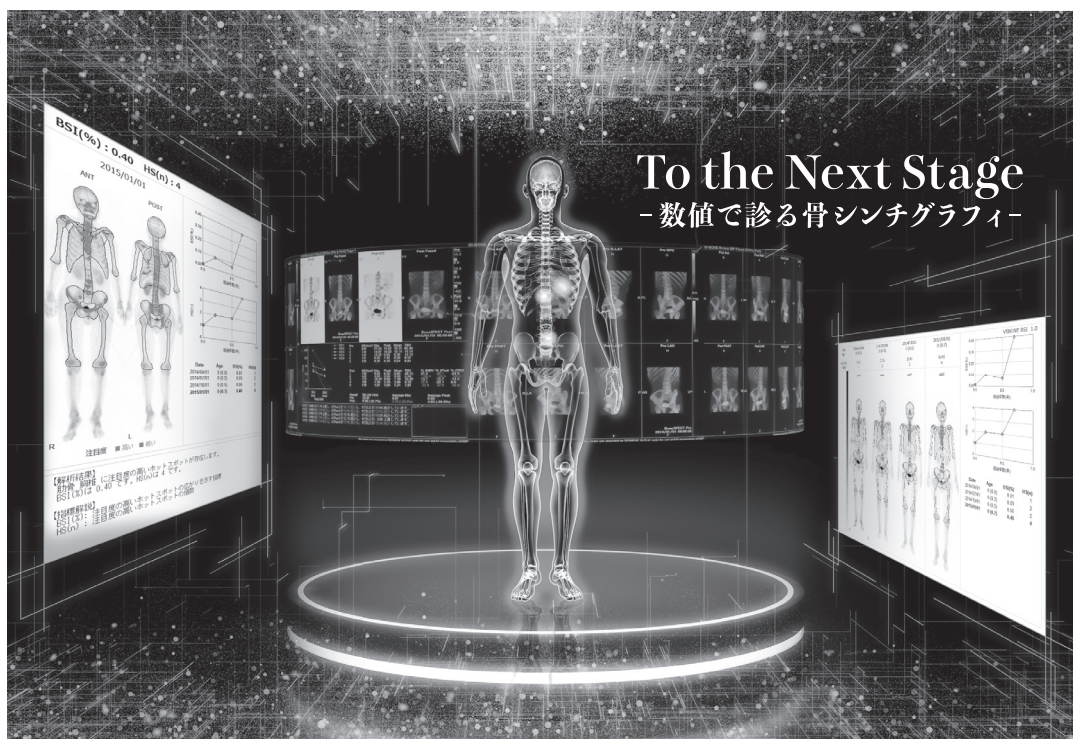
PDRファーマ株式会社

文献請求先及び問い合わせ先

TEL 03-3538-3624

〒104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビルディング

2024年6月改訂



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、撮像前後でできるだけ排尿させること。

20. 取扱以上の注意

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 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

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、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 2024年11月20日発行