

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

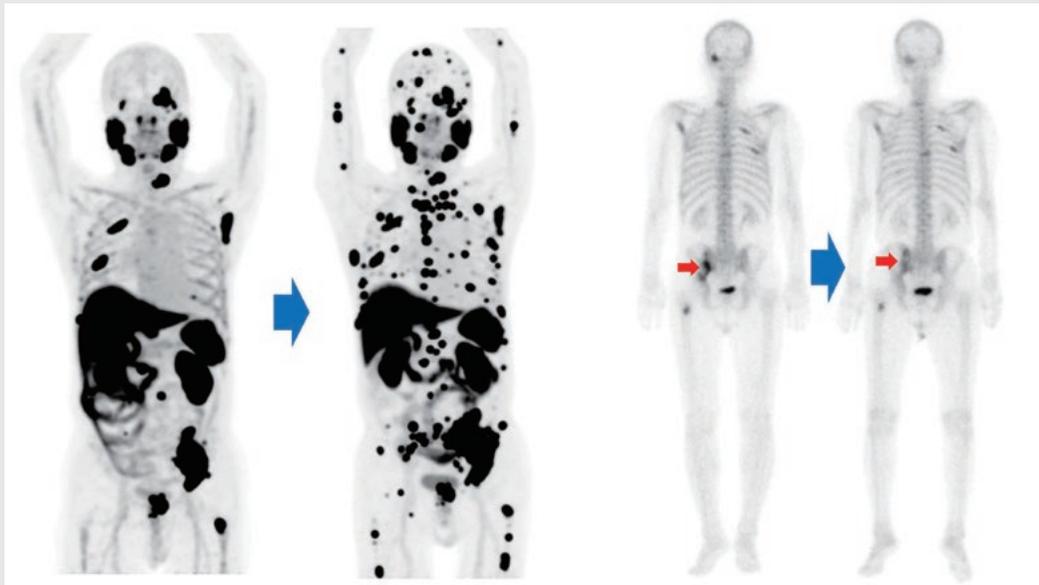
2023

Vol. 56 No. 2

3月号 17~32頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算272号(奇数月刊行)

<http://www.meteo-intergate.com>(本誌論文検索用)*See Page 22*ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

- [研究報告] ドパミントランスポータシンチグラフィにおけるプラナー像を用いた
定量指標 18
加藤 佑一
- [教育講座] PSMA-PETの驚異的な検出能と臨床的有用性 22
渡部 直史
- [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.4. 腫瘍・炎症核医学/ ^{18}F -FDG-PET (2) 25
京藤 幸重

研究報告

ドパミントランスポータシンチグラフィにおけるプラナー像を用いた
定量指標

Quantitative index using planar images in Dopamine Transporter Scintigraphy

加藤 佑一 KATOH Yuichi	高宗 沙希 TAKAMUNE Saki	四辻 瑤平 YOTSUJI Youhei
亀崎 亮佑 KAMEZAKI Ryosuke	中村 祐也 NAKAMURA Yuya	池田 龍二 IKEDA Ryuji
白石 慎哉 SHIRAIISHI Shinya	富口 静二 TOMIGUCHI Seiji	坂本 史 SAKAMOTO Fumi

Keywords : Dopamine Transporter Scintigraphy, Planar Image

《はじめに》

ドパミントランスポータシンチグラフィ (DaT Scan) は、ドパミン神経の変性・脱落を伴うパーキンソン病を含むパーキンソン症候群の早期診断¹⁾ やレビー小体型認知症の診断精度の向上、治療方針の決定に寄与する診断技術である²⁾。現在、DaT Scanでは臨床所見に加え、視覚評価と定量評価を行うのが一般的であり、single photon emission computed tomography (SPECT) 画像による視覚評価と定量評価により診断能が向上するという報告もある³⁾。ドパミントランスポータシンチグラフィにおけるSPECT撮像における課題として収集時間とComputed Tomography (CT)撮像による被ばくの影響が挙げられる。収集時間は通常30-45分程度が推奨されているが⁴⁾、病態によっては安静が保てない場合もある。しかしながら短時間収集を行った場合、線条体に十分なカウントが得られずバックグラウンド (Back Ground : B.G.) の集積が不均一となり、定量値に影響を及ぼしてしまう。また、撮影時ポジショニングのずれによって正中位が保てない場合は左右非対称となり、定量値や視覚評価に影響を及ぼす可能性があるため、融合画像作成の際にCT撮像が必要となる場合がある。SPECT/CT装置の普及により同日にCT撮像を行い、CT画像を用いた正確な減弱補正が可能となるため、これを使用している施設もある。しかしながら、この方法には被ばくが伴ってしまう。プラナー像は収集時間が短いため、検査時間の短縮が可能となり、患者負担を軽減できる。また、CTの撮像が不要であるため、新たな被ばくの影響はない。DaT Scanにおいてプラナー像を撮像している施設は少なく、我々が検索した限り、プラナー像を用いた定量評価に関する報告はみられなかった。

本検討の目的はDaT Scanにおけるプラナー像を用いて視覚評価および定量評価の有用性について検証することである。

《対象》

対象はパーキンソニズムの鑑別のため、2019年10月～2021年4月に当院でDaT Scanを施行した患者のうち、体重、薬剤投与時間や投与量が証明されている40症例(男性11名、女性29名、年齢72.97 ± 11.89歳)とした。本研究は最終臨床診断がドパミン神経変性疾患 (dNDD: dopaminergic neurodegenerative diseases) であり、かつDaT View (日本メジフィジックス社製) にてAge CorrelationにおけるSBR値が-2SD以下を示したものをdNDD、そうでないものをnon-dNDDとした。なお、本検討は当院倫理委員会の承認を得たものであり、倫理規定に従って使用した。(熊本大学病院 倫理審査 先進第1852号)

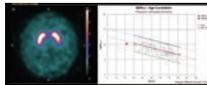
《方法》

1. 使用機器・核種および撮像方法

SPECT装置はDiscovery NM / CT 670 (GE Healthcare社製)を使用し、ガンマカメラは2検出器を用い、画像処理装置はXeleris 4.0117にて行った。イオフルパン (ioflupane, [¹²³I]FP-CIT) を167 MBq投与し投与後4時間後にプラナー像、SPECT像の順に収集を行った。プラナー像の撮像条件は収集時間を3分、マトリクスサイズを256×256 (2.2 mm/pixel)とした。SPECT像の撮像条件は収集時間を14min/rot (2回転収集)、マトリクスサイズは128×128 (3.32 mm/pixel)とした。コリメータは平行多孔型低エネルギー高分解能型を用い、減弱補正法はChang法を使用した。画像再構成法は、ordered subsets-expectation maximization (OS-EM)法とし、Subsetを10、Iterationを10とし、前処理フィルタ(ノイズ低減フィルタ)はButterworth (Order: 8, cutoff: 0.5 cycle/cm)とした。解析ソフトウェアとしてDaT View (日本メジフィジックス社製)により特異的結合比 (Specific Binding Ratio : SBR)、DaT QUANT (GE Healthcare社製)により線条体摂取率 (striatal uptake ratio: SUR)を算出した。画像処理ソフト Image J (米国NIH (National Institute of Health))

定量的評価法

a) DaT View (SBR)



- ✓ 特異的結合比 (Specific Binding Ratio : SBR)
- ROIは線条体と線条体を除いた全脳 (B.G.) に設定.
- 部分容積効果の影響を小さくし、再現性の高い定量値を算出することができる.
- 基準線を目視により設定するため、解析者間での誤差が生じやすい.

$$SBR = \frac{\text{線条体 ROI の平均カウント} - \text{線条体を除いた全脳 (B.G.) ROI の平均カウント}}{\text{線条体を除いた全脳 (B.G.) ROI の平均カウント}}$$

b) DaT QUANT (SUR)

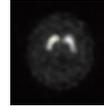


- ✓ 線条体摂取率 (striatal uptake ratio: SUR)
- ROI は線条体と後頭葉 (B.G.) に設定する.
- 線条体は尾状核・前方部分の被殻・後方部分の被殻と3部位に細分化.
- 解剖学的標準化を行い、線条体摂取率を算出する.
- 自動処理にて解析されるため、解析者間での誤差が少ない.
- 解析できる施設に限られる.

$$SUR = \frac{C_{st} - C_{BG}}{C_{BG}}$$

C_{st} : 線条体の平均カウント
 C_{BG} : バックグラウンド領域の平均カウント

c) SUV



- (Standardized Uptake Value : SUV)
- 画像処理ソフト Image J を使用.
- 集積を認める左右線条体に ROI を設定
- 線条体へのみ ROI を設定するため、B.G. カウントによる変動が少ない.
- 手動でROIを設定するため、解析者間での誤差が生じやすい.
- 計測した値をもとに算出する.

$$SUV = \frac{\text{線条体ROIの平均カウント値} (C_{st})}{\text{標準化されたバックグラウンド領域の平均カウント値} (C_{BG})}$$

図1 従来の定量指標算出法

(左: DaT View(日本メジフィジックス社製) 中: DaTQUANT(GE Healthcare社製) 右: SUV)

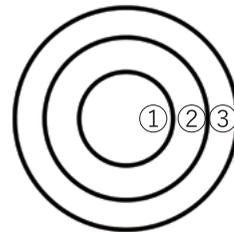
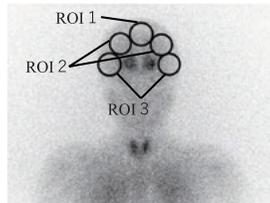
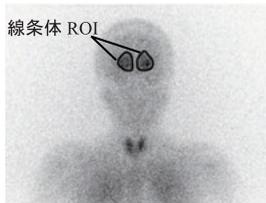


図2 SUIにおける線条体およびB.G.領域のROI設定

(左: SUIにおける線条体ROI, 中: SUIにおけるB.G.領域のROI, 右: B.G. ROIの大きさ(mm))

製 Ver.1.53) を使用し, SUV (Standardized Uptake Value) と線条体摂取比 (striatal uptake index: SUI) を算出した。

2. 定量解析法

従来の定量指標の算出法は図1に示す。

線条体摂取比は画像処理ソフト Image J を使用し, プラナー像において集積を認める左右線条体に手動でROIを設定し, 前面像・後面像においてカウントを測定した。(図2) B.G. (Back Ground) 領域については, 頭頂 (ROI 1), 線条体上 (ROI 2), 側頭 (ROI 3) の3部位にROIを設定した。症例間での差異を可能な限り少なくするため, また対象臓器が円形に近いためROIの中心は統一し, 同心円とした。円は直径が①20mm, ②30mm, ③40mmの3サイズに設定した。①をROIサイズ小, ②をROIサイズ中, ③をROIサイズ大とした。線条体ROIのカウントとB.G.領域のカウントの比を算出した。SUIは式(1)で求められる。

$$SUI = \frac{\text{線条体ROIの平均カウント}}{\text{バックグラウンド領域の平均カウント}} \dots\dots(1)$$

3. 評価方法

3-1. ROIサイズによるSUIの変化, ROC解析と有意差検定

前面, 後面のプラナー像においてB.G.領域として設定した正円形ROIの直径を20mm, 30mm, 40

mmと変化させたとき, 頭頂, 線条体上, 側頭の3部位にて算出したSUI値がどのように変化するか検討した。また, ROC解析を行い前面, 後面の3部位, 3サイズのB.G.により算出したSUIの診断能の比較を行った。

3-2. 従来の定量指標とSUIの比較

3部位のSUIと従来の定量指標であるSUR, SUVにおいて3-1と同様にROC解析, 有意差検定を行った。また, 従来の定量指標とSUI間の相関関係について検討した。

4. 統計解析法

2群間比較には, Mann-Whitney U検定を行い, $p < 0.05$ を有意とした。有意指標においては, ROC解析を行い, AUC (Area Under the Curve) を算出した。すべての解析は, Med Calc (version 19.4.1) を用いた。

《結果》

a. ROIサイズによるSUIの変化, ROC解析と有意差検定

各部位におけるROIサイズごとの2群間の有意差検定を行った結果を図3に示す。検定はそれぞれ前面, 後面, 前後平均にて行った。いずれの部位においてもROIサイズによるSUIの変化は小さく, 前面では後面より高値を示す傾向がみられた。頭頂の前面, 側頭, 線条体上では2群間で統計学的有意差がみられたが ($p < 0.05$), 頭頂の後面, 前後平均では統計学的有意差がみられなかった

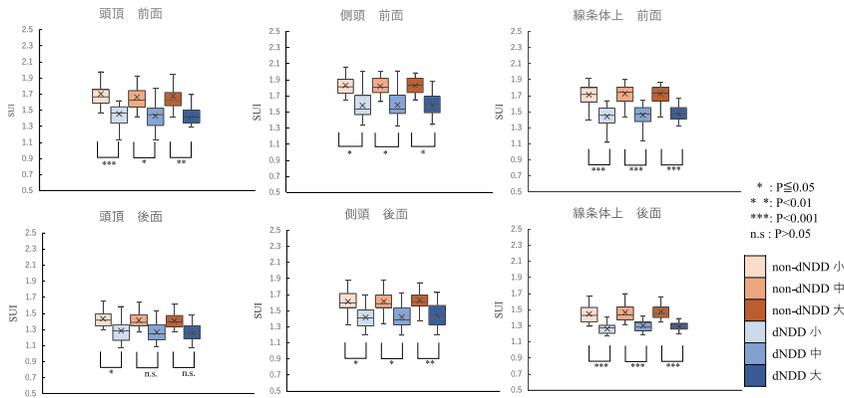


図3 2群間のROIサイズの変化におけるSUIのばらつき (左：頭頂，中：側頭，右：線条体上，上：前面像を用いたSUI，下：後面像を用いたSUI)

表1 3部位におけるROC解析

ROI サイズ	部位	前面	後面	平均
小	頭頂	0.885	0.805	0.892
	側頭	0.850	0.878	0.850
	線条体上	0.925	0.935	0.940
中	頭頂	0.855	0.820	0.900
	側頭	0.848	0.848	0.855
	線条体上	0.935	0.903	0.917
大	頭頂	0.917	0.848	0.910
	側頭	0.860	0.848	0.873
	線条体上	0.920	0.948	0.933

($p \geq 0.05$)。また、それぞれのROIサイズごとに3部位におけるSUIのROC解析を行った結果を表1に示す。ROC解析はそれぞれ前面、後面、前後平均にて行った。いずれのROIサイズにおいても線条体上をB.G.に用いたSUIが最も高いAUC(Area Under the Curve)を示した。

b. 従来の定量指標とSUIの比較

3部位におけるROIサイズ中に算出されたSUI、およびSUR、SUVにてROC解析を行った結果を図4に示す。SUIにおけるAUCは頭頂では0.900、側頭では0.855、線条体上では0.917、SURでは0.963、SUVでは0.853となった。また、3部位のSUIとSUR、SUVにおいて有意差検定を行った結果、いずれも有意差はみられなかった($p \geq 0.05$)

また、従来の定量指標とSUI間の相関係数分析を図5に示す。いずれのB.G.部位においてもSUIとSURの間には相関係数 $r > 0.7$ の強い正の相関がみられた一方で、SUIとSUVの間では相関係数 $0.4 < r < 0.7$ の中程度の正の相関がみられた。

《考察》

図3より頭頂をB.G.に用いたSUIはROIサイズの変化による影響が側頭や線条体上と比較して大きくなり、表1に示されるように他の部位と比較してROIサイズの変化によるAUCの変化が目立った。その理由として、頭頂をB.G.に用いた場合、大脳鎌や頭蓋骨を含む可能性がある。それらを含む割合によってSUI値とAUCが大きく変化するものと考えられる。一方、側頭や線条体上をB.G.に用いたSUIはROIサイズの変化による影響

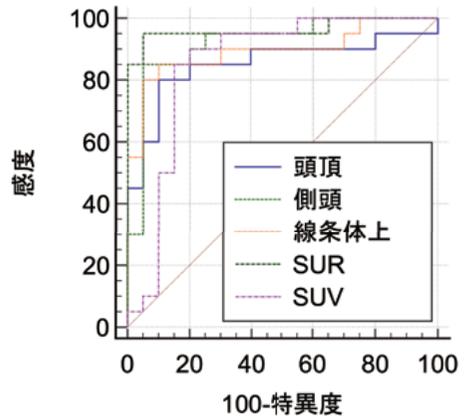


図4 従来指標とSUIにおけるROC解析

は頭頂と比較して小さく、図3に示す通り、いずれのROIサイズにおいても2群間で有意差がみられた。しかしながら側頭はいずれのROIサイズにおいても他の部位と比較して、高いAUCは示さなかった。その理由として、側頭では脳実質以外の構造を含みやすいことが考えられる。ROIサイズが大きすぎる場合、頭蓋骨を含んでいるケースや頭蓋外を測定している可能性等が考えられる。また、側頭ではシルビウス裂周囲の萎縮の影響を受けやすく、ROIサイズが小さい場合には萎縮部位を多く含むことも考えられる。側頭前方において脳の高い萎縮率を示したという報告⁵⁾もあるため、脳の萎縮がどの程度影響を及ぼすかについてさらなる検討が必要である。線条体上はいずれのROIサイズにおいても高いAUCを示した。線条体上は他の部位と比較して、脳実質を含む割合が大きいため、脳実質のカウントを最もよく反映していると思われる。いずれの部位においてもROIサイズが大きすぎると脳実質以外の構造を含んでしまい、小さすぎると部分容積効果の影響や1ピクセルの与える影響が大きくなってしまふ。今回の検討では、前面像ではROIサイズ中、後面像ではROIサイズ大が高いAUCを示した。よって、正円形ROIにおいては直径30~40mm程度が適切であると考えられる。

従来の定量指標とSUIを比較した結果、図4より3部位のSUIにおいて、SUVより高いAUC

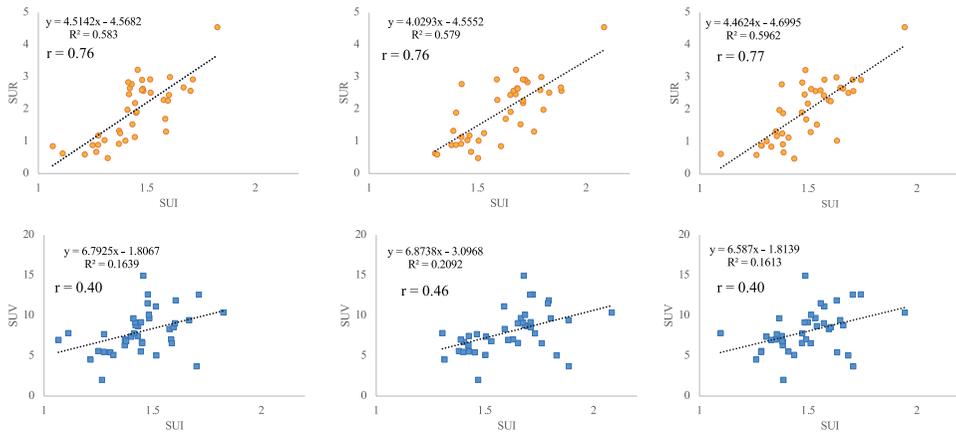


図5 SUIと従来指標における相関関係

(左上：SURとSUI(頭頂)中上：SURとSUI(側頭)右上：SURとSUI(線条体上)左下：SUVとSUI(頭頂)中下：SUVとSUI(側頭)右下：SUVとSUI(線条体上))

を示したが、SURには及ばなかった。しかしながら、3部位のSUIとSUR、SUVの間に有意差は存在しなかった。また、図5より、いずれの部位をB.G.領域に用いたSUIとSURにおいて強い正の相関がみられたことからSUIは有用な診断指標になり得ると考えられる。SUVとSUIにおいては相関係数 $r = 0.4$ 程度であり、強い相関はみられなかったがSUIのAUCはSUVより高値を示した。よってSUIは今回の測定法を用いたSUVよりも優れた指標であることが示唆された。

《結論》

DaT Scanにおけるプラナー像を用いた定量評価は従来の定量指標と変わらず、dNDDの診断において有用な指標となり得た。

《参考文献》

1) Ana M. Catafau, Eduardo Tolosa. Impact of dopamine transporter SPECT using ¹²³I-Ioflupane on diagnosis and management of

patients with clinically uncertain parkinsonian syndromes. *Mov Disord* 2004 ; 19(10) : 1175-1182.

2) Z.Walker et al. Dementia with Lewy bodies: a comparison of clinical diagnosis, FP-CIT single photon emission computed tomography imaging and autopsy. *JNNP* 2007 ; 78(11) : 1176-1181.

3) Badiavas K, Molyvda E, Iakovou I, et al. SPECT imaging evaluation in movement disorders: far beyond visual assessment. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2011 ; 38(4) : 764-773.

4) 日本核医学会, 日本脳神経核医学研究会編. イオフルパン診療ガイドライン 第2版. 2017 ; 3-18.

5) D.Chan, N C Fox et al. Patterns of Temporal Lobe Atrophy in Semantic Dementia and Alzheimer’s Disease *Ann Neurol*. 2001 ; 49(4): 433-42.



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[※]
 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 (^{99m}Tc) 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

教育講座

PSMA-PETの驚異的な検出能と臨床的有用性

Incredible detectability and clinical usefulness of PSMA-PET

渡部 直史 WATABE Tadashi

Key words : PSMA-PET, biochemical recurrence, oligometastasis

《1. はじめに》

近年、SiPMなどの半導体型検出器を搭載されたPET/CT装置が普及しつつあり、PETの分解能は改善している。しかし、前立腺癌に対するFDG-PETの集積はあまり明瞭でないことも多く、日常臨床で実施される機会は少ない。一方、PSMA (prostate specific membrane antigen) を標的としたPSMA-PETは非常に検出感度が高く、2015年頃に登場し、あっという間に世界中に広がった。国内ではまだ未承認であるが、本投稿では前立腺癌の再発・転移の検出に大変有用性の高いPSMA-PETについて、紹介したい。

《2. PSMA-PETについて》

PSMA (前立腺特異的膜抗原)は前立腺癌の細胞膜表面に高頻度で発現している膜タンパクである。PSMAは悪性度(グリソンスコア)に相関した発現を認めると共に、転移病変、ホルモン抵抗性前立腺癌で発現が増加すると報告されている¹⁾。

PSMA-PETプローブについては、既に米国で⁶⁸Ga-PSMA11と¹⁸F-DCFPyLが承認されており、¹⁸F-PSMA-1007はフランスで承認されている(図1)。一方、国内でも金沢大学にて⁶⁸Ga-PSMA11の医師主導治験、大阪大学・東京医科歯科大にて¹⁸F-PSMA-1007の医師主導治験・臨床研究、京都大学にて¹⁸F-FSU-880の臨床研究が実施中、あるいは実施済みである。⁶⁸Ga(半減期:68分)の標識については一般的にジェネレータからの溶出が必要

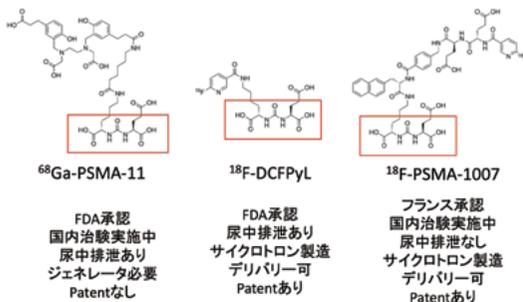


図1 代表的なPSMA-PETプローブの比較(赤枠内はPSMAに結合する構造を指す)

であるが、最近ではサイクロトロンで製造しやすい¹⁸F(半減期:110分)標識PSMAリガンドの利用が世界的に増えてきている印象がある。また国内では約150ヶ所のサイクロトロン施設があり、デリバリーも可能であることから、⁶⁸Gaよりも¹⁸F製剤が普及しやすいと想定される。

《3. PSMA-PETの有用性》

PSMA-PETは治療前評価からCRPC(去勢抵抗性前立腺癌)までの様々なステージでの評価に有用であるが、特に術後あるいは放射線治療後の生化学的再発(PSA再発)において有用性が高い^{2,3)}。実際に大阪大学での臨床研究において、前立腺癌の転移・再発病変に明瞭な高集積を呈し、従来のCTや骨シンチでは検出困難であった再発病変を検出できることを確認している⁴⁾。またPSMA-PETを実施することで局所再発のみ、あるいは少数転移(oligometastasis)の場合は放射線治療(再照射を含む)によって、良好なPSAの低下を得ることが出来ている(図2)。一方、多発転移が確認された場合や放射線治療の実施が困難である場合は全身治療としてホルモン療法が実施されるなど、PSMA-PETの結果は前立腺癌の治療方針の決定に大きなインパクトを与えている。特に¹⁸F-PSMA-1007は尿中排泄がほとんどないことか

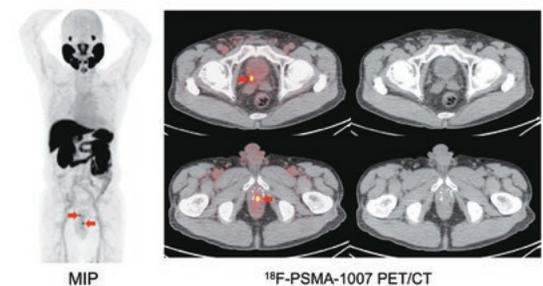


図2 ¹²⁵Iシード治療後の生化学的再発症例の¹⁸F-PSMA-1007 PET画像(赤矢印が再発病変を指す):生検にて再発が確認され、サイバーナイフ治療により、PSAの低下を認めた(PSA 3.32→0.61 ng/mL)(Watabe T, et al. Ann Nucl Med. 2021)

大阪大学大学院医学系研究科 放射線統合医学講座 核医学 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-2
TEL : 06-6879-3461 FAX : 06-6879-3469 E-mail : watabe.tadashi.med@osaka-u.ac.jp

Department of Nuclear Medicine and Tracer Kinetics,
Osaka University Graduate School of Medicine

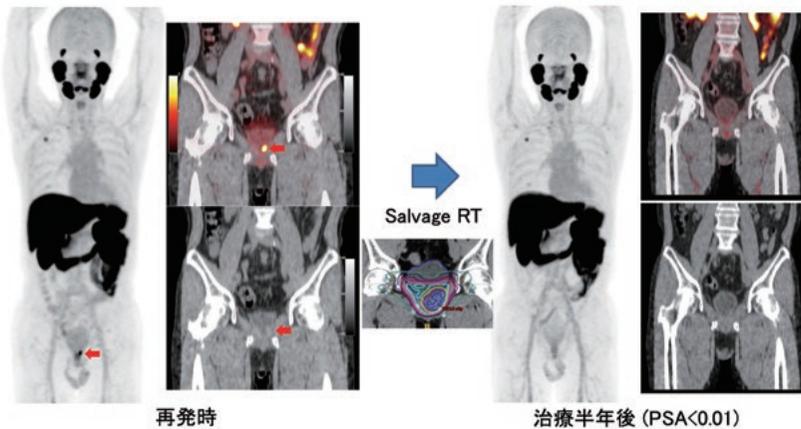


図3 術後生化学的再発疑いの ^{18}F -PSMA-1007 PET画像 (PSA 0.19 ng/mL) : 尿中排泄がないため、膀胱周囲の局所再発が明瞭に描出されている。PSMA-PETを基準に照射野を設定した放射線治療(IMRT)により、PSAは感度以下に低下した。(Watabe T, et al. Ann Nucl Med. 2021)

ら、膀胱周囲の再発の検出が容易である(図3)。

また近年、oligometastasisに対して、積極的に局所治療を行うようになってきているが、海外からのreview論文において、PSMA-PETはoligometastasisの検出に非常に有用であり、放射線治療による局所制御率も極めて良好であったと報告されている。⁵⁾ また放射線治療だけではなく、PSMA-PETで検出されたoligometastasisに対して、手術を実施することで、追加治療なしで良好な制御が行えることも報告している。⁶⁾

このように前立腺癌の生化学的再発においてはPSMA-PETを用いることでoligometastasisがかなり正確に診断できており、かつ進行抑制に貢献していると言える。

《4. PSMA-PET vs 骨シンチの比較》

骨シンチは前立腺癌の骨転移の検出で日常的に用いられているが、PSMA-PETと骨シンチを比較する場合、まず両者で見ているものが違うということを理解しておく必要がある。PSMA-PETは前立腺癌細胞そのものを認識して集積することから、CTでの変化が全くないような骨転移であっても検出可能である。一方、骨シンチは骨の代謝(教科書的には主に骨硬化)を見ていることから、骨転移の初期で骨に変化がない時には骨シンチでの集積は認められない。つまり、骨髄側から前立腺癌細胞がやってきて、転移巣が形成されるようになり、骨が侵食されて、反応性に骨硬化が生じた段階になって、ようやく骨シンチやCTで同定できるようになるわけである。このため、比較的経過の長い慢性期のCRPC患者ではPSMA-PETの所見と骨シンチは比較的良く一致している印象がある。(但し、PSMA-PETを実施していれば、あえて追加で骨シンチを実施する意義は乏しい^{7,8)})一方、治療後の効果判定においては、骨シンチでの反応はすぐに出現せず、治療効果がないように見えることがある。またPSAが急激に上昇している場合などは骨転移が増悪していないように見えてしまうことがある。このため、治療効果判

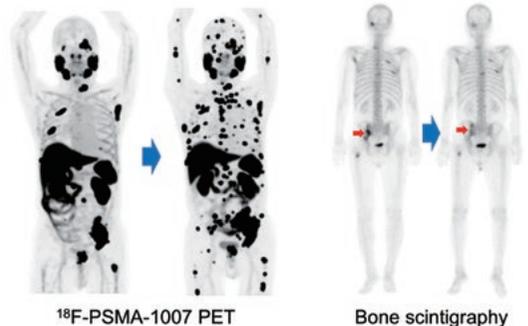


図4 多発骨転移を伴う去勢抵抗性前立腺癌患者：カバジタキセル治療後

副作用で治療中止後の半年間の増悪経過(PSA 上昇: 397 → 984 ng / mL) : PSMA-PETでは新たな骨転移巣が多数出現しているが、骨シンチ(背面像)では新規病変は認められず、むしろ左腸骨の集積は改善傾向に見える(赤矢印)。骨転移から時間が経過していないために、骨への変化がまだ出現していないと考えられる。

定に用いるにはPSMA-PETがベストと言える(図4)。

《5. PSMA-PET vs DWIBSの比較》

DWIBS(全身拡散強調画像 : Diffusion-weighted Whole body Imaging with Background Suppression)についても、PSMA-PETの症例と比較することがあるが、基本的にはPSMA-PETに軍配が上がる。経験上、骨転移病変についてはある程度のサイズになるとDWIBSでも同定できているように思われる。一方、リンパ節転移については小さなものはDWIBSでの検出は困難であることが多い(図5)。そもそも正常のリンパ節にもDWIBSでは多くの非特異的なシグナルが検出されることから、小さな転移のシグナルがあっても検出できないように思われる。実際にPSMA-PETで明らかなリンパ節転移を認めた症例で、DWIBSを見直すと、一致するシグナルを同定できることもあるが、PSMA-PETの結果なしで診断することは極めて困難な例が多い。文献上もPSMA-PETによる転

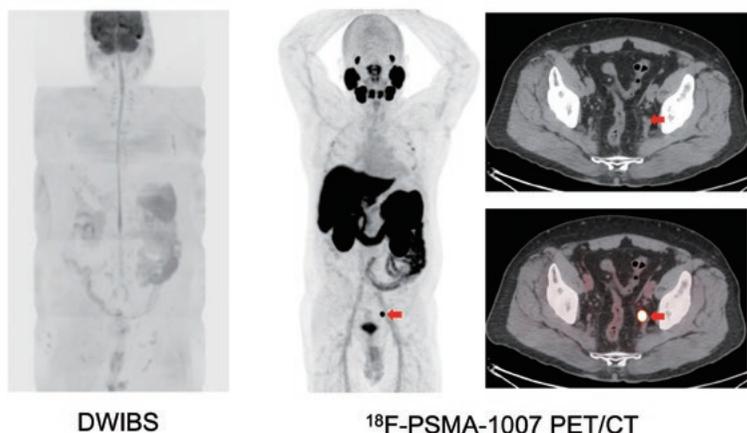


図5 術後・salvage放射線治療後の生化学的再発疑いの ^{18}F -PSMA-1007 PET画像 (PSA 2.69 ng/mL) : PSMA-PETでは左閉鎖鎖領域のリンパ節転移(赤矢印)が明瞭に描出されているが、DWIBSでは同定できない。

移の検出はDWIBSよりも有意に高感度で優れていると報告されている(感度PSMA-PET: 77-100%, DWIBS: 37-69%)^{9,10)}。

以上より、全身の転移再発診断においては、PSMA-PETが最も高感度かつ高精度で診断できるモダリティであると考えられる。

《6. おわりに》

PSMA-PETは非常に優れた検出感度を持っており、特に前立腺癌の生化学的再発では患者の治療方針決定に大きなインパクトを与える検査である。PSMAリガンドの中でも ^{18}F -PSMA-1007は尿中排泄がほとんどなく、局所再発の検出力も優れている。国内ではまだ治験実施中であるが、近い将来に承認され、前立腺癌の診療を大きく変えることが期待される。

《7. 引用文献》

- 1) Muehlematter UJ, Burger IA, Becker AS, et al. Diagnostic Accuracy of Multiparametric MRI versus ^{68}Ga -PSMA-11 PET/MRI for Extracapsular Extension and Seminal Vesicle Invasion in Patients with Prostate Cancer. *Radiology*. 293(2):350-358. 2019.
- 2) Giesel FL, Knorr K, Spohn F, et al. Detection Efficacy of ^{18}F -PSMA-1007 PET/CT in 251 Patients with Biochemical Recurrence of Prostate Cancer After Radical Prostatectomy. *J Nucl Med*. 60(3):362-368. 2019.
- 3) Sprute K, Kramer V, Koerber SA, et al. Diagnostic Accuracy of ^{18}F -PSMA-1007 PET/CT Imaging for Lymph Node Staging of Prostate Carcinoma in Primary and Biochemical Recurrence. *J Nucl Med*. 62(2):208-213. 2021.
- 4) Watabe T, Uemura M, Soeda F, et al. High detection rate in [^{18}F]PSMA-1007 PET: interim results focusing on biochemical recurrence in prostate cancer patients. *Ann Nucl Med*. 35(4):523-528. 2021.
- 5) Rogowski P, Roach M 3rd, Schmidt-Hegemann NS, et al. Radiotherapy of oligometastatic prostate cancer: a systematic review. *Radiat Oncol*. 9;16(1):50. 2021.
- 6) Mori S, Kato T, Watabe T, et al. Oligometastatic Lymph Node Recurrence Detected Using ^{18}F -PSMA-1007 PET/CT in a Patient With Castration-resistant Prostate Cancer After Radiation Therapy. *Cancer Diagn Progn*. 2(5):598-602. 2022.
- 7) Zhou J, Gou Z, Wu R, et al. Comparison of PSMA-PET/CT, choline-PET/CT, NaF-PET/CT, MRI, and bone scintigraphy in the diagnosis of bone metastases in patients with prostate cancer: a systematic review and meta-analysis. *Skeletal Radiol*. 48(12):1915-1924. 2019.
- 8) Zhao G, Ji B. Head-To-Head Comparison of ^{68}Ga -PSMA-11 PET/CT and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP Bone Scintigraphy for the Detection of Bone Metastases in Patients With Prostate Cancer: A Meta-Analysis. *AJR Am J Roentgenol*. 2022 Sep;219(3):386-395. doi: 10.2214/AJR.21.27323. Epub 2022 Apr 20. Erratum in: *AJR Am J Roentgenol*. 219(3):529. 2022.
- 9) Malaspina S, Anttinen M, Taimen P, et al. Prospective comparison of ^{18}F -PSMA-1007 PET/CT, whole-body MRI and CT in primary nodal staging of unfavourable intermediate- and high-risk prostate cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 48(9):2951-2959. 2021.
- 10) Anttinen M, Ettala O, Malaspina S, Jet al. A Prospective Comparison of ^{18}F -prostate-specific Membrane Antigen-1007 Positron Emission Tomography Computed Tomography, Whole-body 1.5 T Magnetic Resonance Imaging with Diffusion-weighted Imaging, and Single-photon Emission Computed Tomography/Computed Tomography with Traditional Imaging in Primary Distant Metastasis Staging of Prostate Cancer (PROSTAGE). *Eur Urol Oncol*. 4(4):635-644. 2021.

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.4. 腫瘍・炎症核医学 / ^{18}F -FDG-PET(2)

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

Vol. 4. ^{18}F -FDG-PET in oncology and inflammation (2)

京藤 幸重 KYOTO Yukishige

Key words : ^{18}F -FDG-PET, oncology, inflammation

《はじめに》

前回に引き続き、日本核医学会専門医試験を受験する医師を対象に過去5年間(第14回から第18回)の専門医試験の腫瘍・炎症核医学の領域の中から ^{18}F -FDG-PETに関する知識を整理し、実際の問題の解説を行う。今回は臨床問題を中心に解説する。

《臨床問題の出題傾向》

過去5年間で出題された臨床問題10問のうち、疾患別には悪性リンパ腫と大型血管炎に関する問題が最も多く、これらは必ず押さえておく必要がある。その他、腫瘍PETにおいて遭遇する可能性のある偶発所見、特に生理的集積や炎症性集積などが問われており、幅広い知識が要求されている。

悪性リンパ腫では、病期分類、効果判定基準、臨床分類などについて問われている。病期分類(Ann Arbor分類とLugano分類)、効果判定基準については、ガイドラインなどに目を通して確認しておきたい。

大型血管炎では、高安動脈炎と巨細胞性動脈炎それぞれの疾患概念や合併疾患などについて問われている。発症年代(高安動脈炎:若年女性、巨細胞性動脈炎:やや女性優位の高齢者)と罹患血管の分布の特徴(高安動脈炎:上行から弓部大動脈およびその分枝動脈など、巨細胞性動脈炎:大動脈および特に頭頸部を主体とするその分枝動脈など)および、巨細胞性動脈炎の30~60%に合併するとされるリウマチ性多発性筋痛症について確認しておきたい。

生理的集積としては、寒冷刺激・高カテコラミン血症・薬剤の影響などによる褐色脂肪集積が問われている。ピグアナイド系経口糖尿病治療薬による腸管集積増強や、G-CSF製剤による骨髄集積亢進なども押さえておきたい。

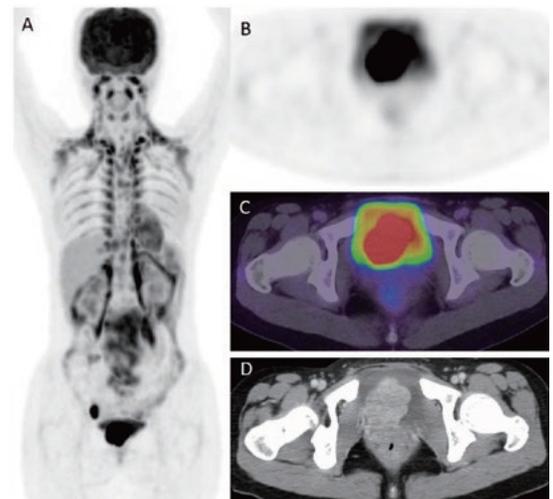
炎症性集積としては、橋本病(慢性甲状腺炎)、IgG4関連疾患、ホルモン注射や予防接種後の注

射部位反応などが問われている。最近では、COVID-19 mRNA ワクチン接種による腋窩リンパ節集積が話題となっており、押さえておきたい。

《問題・解説》

問題 10歳代、女性。4、5年来持続する高血圧、動悸を主訴に来院。CTにて膀胱背尾側の腫瘤を指摘されたため ^{18}F -FDG PET 検査を施行された。
別に ^{18}F -FDG PET のMIP画像(A)、 ^{18}F -FDG PET の骨盤部横断像(B)、同レベルの ^{18}F -FDG PET/CT融合画像(C)、同時期、同レベルの造影CT画像を示す。
最も考えやすいのはどれか。1つ選べ。(第14回:問55)

- 腹膜播種が疑われる。
- 肋骨転移が疑われる。
- 傍神経節腫が疑われる。
- 骨盤右側の集積は生理的集積が疑われる。
- 頸胸腹部に多発リンパ節転移が疑われる。



解答 : c

解説：膀胱背尾側の腫瘤に一致して高集積を認める(A,B,C,D)。頸部、肩部、傍椎体、肋間、縦隔、腎周囲(後腹膜)などにみられる集積は、褐色脂肪組織の分布に一致すると思われる(A)。画像及び症状などから、高カテコラミン血症により褐色脂肪組織の活性化を伴った傍神経節腫が最も考えやすい。骨盤内右側にみられる集積(A)は、総合的にはリンパ節転移の可能性が考えられる。

問題 悪性リンパ腫のFDG-PET検査について誤っているのはどれか。1つ選べ。(第15回：問32)

- 頸部および縦隔の2カ所のリンパ節に異常集積がみられた患者の病期はAnn Arbor II期である。
- HL (Hodgkin lymphoma) で骨髄に局在性の集積が見られた場合、骨髄生検は省略可能である。
- 治療効果判定において、CTで腫瘍の残存があっても ^{18}F -FDG集積が消失していればCR (CMR)と判断する。
- 病変の集積が肝臓と同等の場合、5ポイントスコア (Deville criteria) でscore 4と判定される。
- DLBCL (diffuse large B cell lymphoma) と比べて、SLL (small lymphocytic lymphoma) のFDG集積は低い。

解答：d

解説：横隔膜の同側にある2つ以上のリンパ節領域の病変はAnn Arbor II期である。HL (Hodgkin lymphoma) や aggressive NHL (non Hodgkin lymphoma) ではPETを行った場合、骨髄生検は省略可能である。PETを用いた効果判定では5ポイントスコア (Deville criteria) でScore 1,2,3をCR (CMR: complete metabolic response)と判定する。病変の集積が肝臓と同等の場合はScore 3である。DLBCLに代表されるアグレッシブリンパ腫に比べて、SLLに代表されるインドレントリンパ腫ではFDG集積は低い。

5ポイントスコア (Deville criteria)

Score 1：バックグラウンドより高い集積なし

Score 2：病変の集積 \leq 縦隔

Score 3：縦隔 $<$ 病変の集積 \leq 肝臓

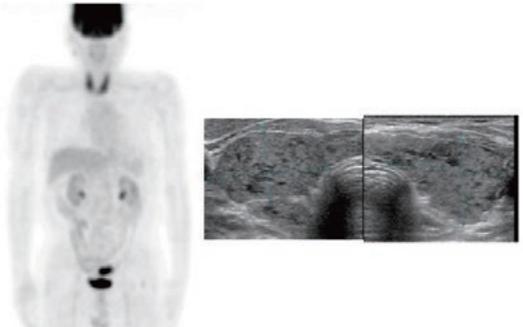
Score 4：肝臓より高い

Score 5：肝臓より著明に高い、and/or 新たな集積

問題 60歳代、男性。S状結腸癌の術前病期診断目的で ^{18}F -FDG PET/CTを撮影した。別に、全身MIP(左)、甲状腺右葉(右上)と左葉(右下)の長軸超音波像を示す。採血ではTSH($\mu\text{U/ml}$) 34.74 [正常0.5-5.0], FT4(ng/dl) 0.75 [正常0.9-1.7], TgAb(IU/ml) $>4,000$ [正常 <28], TPOAb(IU/ml) >600 [正常 <16], TRAb(IU/ml) 0.3 [正常 <0.3]であった。前頸部の集積の原因として正しいのは

どれか。1つ選べ。(第15回：問57)

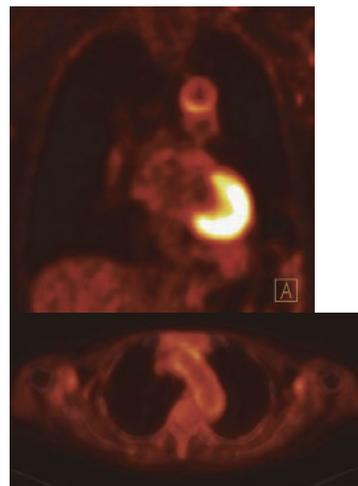
- 橋本病
- バセドウ病
- 単純性甲状腺腫
- 甲状腺乳頭癌
- S状結腸癌の甲状腺転移



解答：a

解説：膀胱頭側のS状結腸癌への集積のほか、甲状腺両葉の腫大とびまん性集積がみられる。検査所見(甲状腺機能低下、TPOAb高値、TgAb高値)と併せて、橋本病が考えられる。橋本病(慢性甲状腺炎)は、甲状腺に対する自己抗体であるTPOAb(抗TPO抗体)やTgAb(抗サイログロブリン抗体)などにより、慢性的な甲状腺の炎症が生じ、甲状腺機能低下や、甲状腺腫大(時に萎縮)をおこす疾患である。TRAb(抗TSH受容体抗体)は、バセドウ病を引き起こす自己抗体である。バセドウ病・甲状腺機能亢進症の場合、甲状腺集積は目立たないことが多いが、胸腺過形成(集積を伴う)や、骨格筋集積亢進を引き起こすことが知られている。甲状腺に局所性集積をみた場合は、腫瘍性病変を疑うが、集積程度では良悪性は区別できない。

問題 20歳代、女性。主訴は発熱と全身倦怠感。 ^{18}F -FDG PET検査が行われた。CTとの融合画像(冠状断像、横断像)を別に示す。正しいのはどれか。1つ選べ。(第16回：問51)



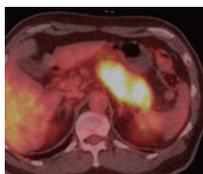
- 巨細胞性動脈炎が疑われる。
- 右肺門に集積亢進を認める。
- 心筋に活動性の炎症が存在する。
- 本疾患の疑診例では本検査の保険適用がない。
- RI投与前24時間は糖類摂取を制限する。

解答：d

解説：大動脈壁に集積増加を認め大型血管炎が示唆される。年齢・性別から高安動脈炎が疑われる。高安動脈炎では肺動脈を冒すこともあるが、本例では肺門の集積亢進は目立たないと思われる。心筋集積は生理的集積として矛盾しないと思われる。大型血管炎の疑診例での診断目的の検査は保険適用にならない。前処置は腫瘍PETと同じ(4時間以上の絶食)でよい。

問題 60歳代、男性。結腸癌術後症例。CTにて縦隔リンパ節腫大と脾腫大を指摘され、全身検索目的で施行された¹⁸F-FDG PET/CT検査のMIP像と脾臓レベルの横断像を別に示す。画像の解釈として最も適切なものはどれか。1つ選べ。(第16回：問58)

- 絶食が不十分である。
- 著明な脾腫を認める。
- 前立腺炎が疑われる。
- 重複癌として脾癌が疑われる。
- 縦隔リンパ節は転移の可能性が高い。



解答：c

解説：肺門縦隔リンパ節、腫大した脾体尾部、腹部大動脈周囲、右腸骨動脈周囲、前立腺に集積が疑われる。全てを一元的に考えると転移や重複癌より、IgG4関連疾患による炎症性集積が考えやすい。IgG4関連疾患は、血中IgG4高値に加え、リンパ球とIgG4陽性形質細胞の浸潤と線維化により、同時性あるいは異時性に全身諸臓器の腫大などを認める原因不明の疾患である。罹患臓器として、脾臓、胆管、涙腺・唾液腺、中枢神経系、甲状腺、肺、肝臓、消化管、腎臓、前立腺、後腹膜、動脈、リンパ節、皮膚、乳腺などが知られて

いる。病変が複数臓器におよび全身疾患としての特徴を有することが多いが、自己免疫性肺炎など単一臓器病変の場合もある。本症例では、リンパ節炎、自己免疫性肺炎、動脈周囲炎、前立腺炎の存在が疑われる。脳集積は保たれており絶食が不十分とはいえない。脾腫や脾集積亢進はない。

問題 60歳代女性。左腎腫瘍の精査のため¹⁸F-FDG PET/CT検査が施行され、検査終了直後に呼吸困難、動悸を訴えた。血圧103/61 mmHg、脈拍146/min。¹⁸F-FDG PET/CT画像を別に示す。施行すべき治療方法として最も適切なものはどれか。1つ選べ。(第17回：問55)

- アドレナリン(エピペン)筋肉内注射
- カテーテル血栓溶解療法
- ステロイド静脈内投与
- ヘパリン静脈内投与
- 緊急手術



解答：e

解説：画像所見より高集積を示す左腎腫瘍と尿路や腎静脈～下大静脈に伸展する腫瘍栓の存在が疑われる。また、右房内や両側肺門部(おそらく肺動脈)にも異常集積があり、症状などもあわせ、検査中に生じた(または進行した)右房・肺動脈の肉眼的腫瘍塞栓が疑われる。最も適切な治療は、緊急手術と思われる。関連した病態として、微小肺動脈腫瘍塞栓やPulmonary tumor thrombotic microangiopathy (PTTM)についても確認しておきたい。

問題 50歳代男性。X-5年秋、多発リンパ節腫大にて医療機関を受診し、悪性リンパ腫(濾胞性リンパ腫、Grade 2)と診断されたが、化学療法にて寛解した。X年3月、再度、多発リンパ節腫大が認められたため、病期診断の

ために、¹⁸F-FDG PET/CT 検査(当施設での初回検査：図1と2)を実施した。その後、治療を行っていたが、X+2年1月、sIL2-R(可溶性インターロイキン2 受容体、基準値122~496 U/ml)が3ヶ月間で516 U/ml から1298 U/ml に急増したため、再度、病態評価のために、¹⁸F-FDG PET/CT 検査(当施設での2回目の検査：図3と4)を実施した。
 図1(左上)：初回¹⁸F-FDG PET 画像(MIP 画像)

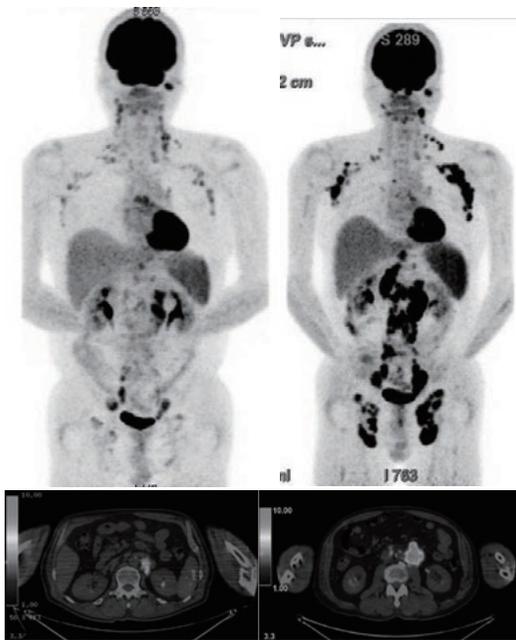
図2(左下)：初回¹⁸F-FDG PET/CT 融合画像(腹部横断像)左傍大動脈リンパ節のSUVmax 7.74

図3(右上)：2回目¹⁸F-FDG PET 画像(MIP 画像)

図4(右下)：2回目¹⁸F-FDG PET/CT 融合画像(腹部横断像)左傍大動脈リンパ節のSUVmax 12.04

この症例に関する以下の記載のうち、正しいものを1つ選べ。(第17回：問58)

- a. 当施設での初回検査の際の悪性リンパ腫の病期は、II 期以下である。
- b. 当施設での初回検査の際に、悪性リンパ腫が心筋に浸潤している。
- c. 当施設での2回目の検査時に histological transformation が疑われる。
- d. 当施設での2回目の検査後の左傍大動脈リンパ節をはじめとする病変の集積増加は flare phenomenon である。
- e. 当施設での2回目の検査後に適切な化学療法を実施すれば、良好な予後が期待できる。



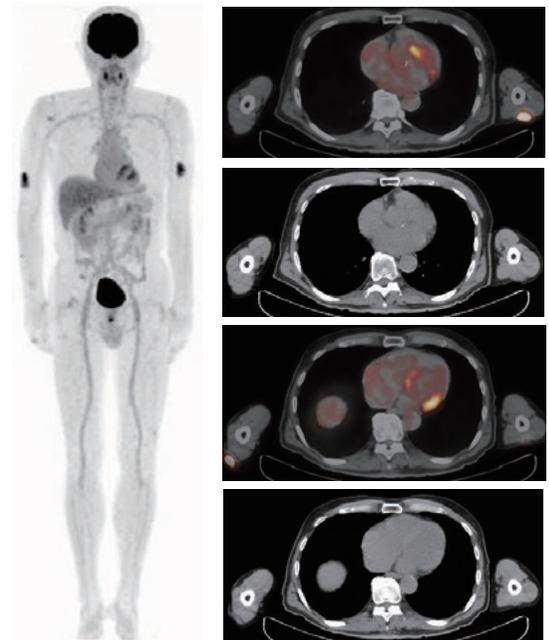
解答：c

解説：初回検査時には横隔膜両側の複数のリンパ節病変と脾浸潤が疑われ、III 期である。心筋

集積は生理的集積として説明可能と考える。2回目検査時には病勢進行が疑われ、またSUVが高値となり、びまん性大細胞型B細胞リンパ腫(DLBCL)などアグレッシブリンパ腫への histological transformation(組織学的形質転換)を疑うべきと考える。FDG-PETは、組織学的な確認に最適な生検部位を決定するために利用することができる。組織学的形質転換を来した患者は一般に予後不良である。flare phenomenonは、治療が奏効しているにもかかわらず骨シンチグラフィで一過性に集積が亢進する現象のことを指す。免疫チェックポイント阻害薬による免疫治療では、治療開始後比較的早期(2-3ヶ月)に hyperprogression や pseudoprogression という現象が観察されることがあり、FDG-PETでの治療効果判定には注意を要する。

問題 70歳代、男性。前立腺癌でホルモン治療中。痛ドックでFDG-PET/CTを受けた時の写真を提示する(下図)。両側上腕の皮下深部に結節とFDG集積亢進を認めた。FDG-PET/CT検査後の診察で、右腕にホルモン注射治療を受けている、左腕にインフルエンザ予防接種を受けたという情報を得た。最も考えやすい疾患はどれか。1つ選べ。(第18回：問55)

- a. 結節性筋膜炎
- b. 前立腺癌の皮下転移
- c. ホルモン注射とインフルエンザ予防接種注射による皮下の炎症性肉芽腫
- d. 炎症を伴ったアテローム
- e. 神経原性腫瘍

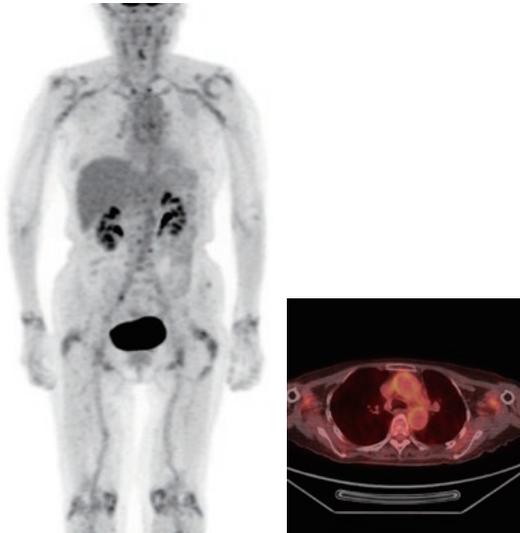


解答：c

解説：問診内容から、ホルモン注射や予防接種後

の注射部位反応(皮下の炎症性肉芽腫)への集積が最も考えやすいと思われる。他の薬剤でも臀部や腹壁などの投与部位に反応性集積が見られることがある。COVID-19 mRNA ワクチン接種では、局所反応のほか腋窩リンパ節にも集積がみられることがあり、リンパ節転移やリンパ腫病変などの鑑別が問題となる。問診が重要である。

問題 80歳代，女性，関節炎症状あり。FDG-PET/CTのMIP像と横断像を示す(下図)。この患者に想定される疾患について，不適当なものはどれか。1つ選べ。(第18回：問58)



- 発熱や筋肉痛をとまなう。
- CRP 高値，赤沈亢進がみられる。
- 抗核抗体，リウマトイド因子の陽性例が多い。
- ステロイドが有効である。
- 失明の危険性に注意を要する。

解答：c

解説：高齢者の大動脈～分枝動脈の集積と肩関節や股関節などの大関節の集積などから，巨細胞性動脈炎を合併したリウマチ性多発筋痛症(polymyalgia rheumatica: PMR)が想定される。PMRは発熱や頸部，肩，腰部，大腿など四肢近位部の痛みやこわばりを生じる原因不明の炎症性疾患で，男女比は1:2で，50歳以上の中高年に多く発症する。ステロイドが奏功する。血液検査ではCRP高値や赤沈亢進などを認め，抗核抗体やリウマトイド因子は通常陰性である。PMRの約20%に巨細胞性動脈炎を合併し，視力障害に注意が必要である。FDG-PETでは，棘突起の腱付着部，股関節，肩関節に集積がみられることが多い。

《おわりに》

今回は，臨床問題を中心に解説した。PET MIP像などで，全身の集積分布を確認し，想定される疾患や病態を考え，解答に結びつけたい。

編集後記

この忙しい現代社会に必要なスキルとして「時間の効率化」が上げられ，そのタイムマネジメントに関するハウツー本が無数に出版されている。自分も次から次へとやってくる仕事の洪水をどのように裁いていくか，時間をどのように効率的に使えば楽にこなすことができるかをこれまで考えてきた。しかし，その一方，時間を効率化することは悪であると主張するイギリス人記者の近著「限りある時間の使い方」が昨年ベストセラーになっている。彼の主張によると，時間を効率化すればするほど別の仕事が舞い込んできていつまでたっても本当に自分がやりたいことができなくなるらしい。なるほど，自分も人から頂いた仕事をいつも優先してきたな，自分がやらなきゃいけないと思うことを後回しにして実現していないな，と感じる。著者はやりたいことは今から始めよ，人生の時間は限られている(人生4000週間しかない)と主張する。「宝くじ当たったら・・・する」「退職したら・・・する」では恐らく実現不可能だ。なぜならこのような考え方は問題が解決すれば人生が思い通りになるという思い込みであり，基本的に充実感を先延ばしする考え方なのである。実は本当にやりたいことは本人にとって大きな努力が必要だったりしてかなり苦勞するし，裏を返せばそれをやらない理由をいつも考えているのかもしれない。この本を読んで感じるのはある程度社会貢献した人は余力のあるうちに自分のことを考えるべきだということ。査読が回ってきたら基本断わる，学会の仕事もそろそろよいだろう。こんな仕事は若い人に回してチャンスを与えることも大事だ。本誌編集の仕事も2024年末で10年の任期が終了する。「任期が終わったら・・・しよう」ではなく，今から好きなことをしたいと思う。

(編集委員長)

核医学装置QC用線源

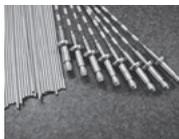
装置のデータ精度に心配ありませんか？

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 Radiosotope 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 千代田テクノル **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

販売名称/医療機器認証番号:

D-SPECT カーディアック スキャナー システム/225AD8ZX00049000

D-SPECT VISTA カーディアック スキャナー システム/303AD8ZX00054000

フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON/230AD8ZX00111000

フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT/301AD8ZX00036000

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

infoj@spectrum-dynamics.com

www.spectrum-dynamics.com

PET校正用線源

▶ コストパフォーマンス

▶ 優れた均一性

▶ ヨーロッパでの豊富な実績

π.pmod

PMOD Japan Inc

〒160-0023新宿区西新宿6-12-6-302

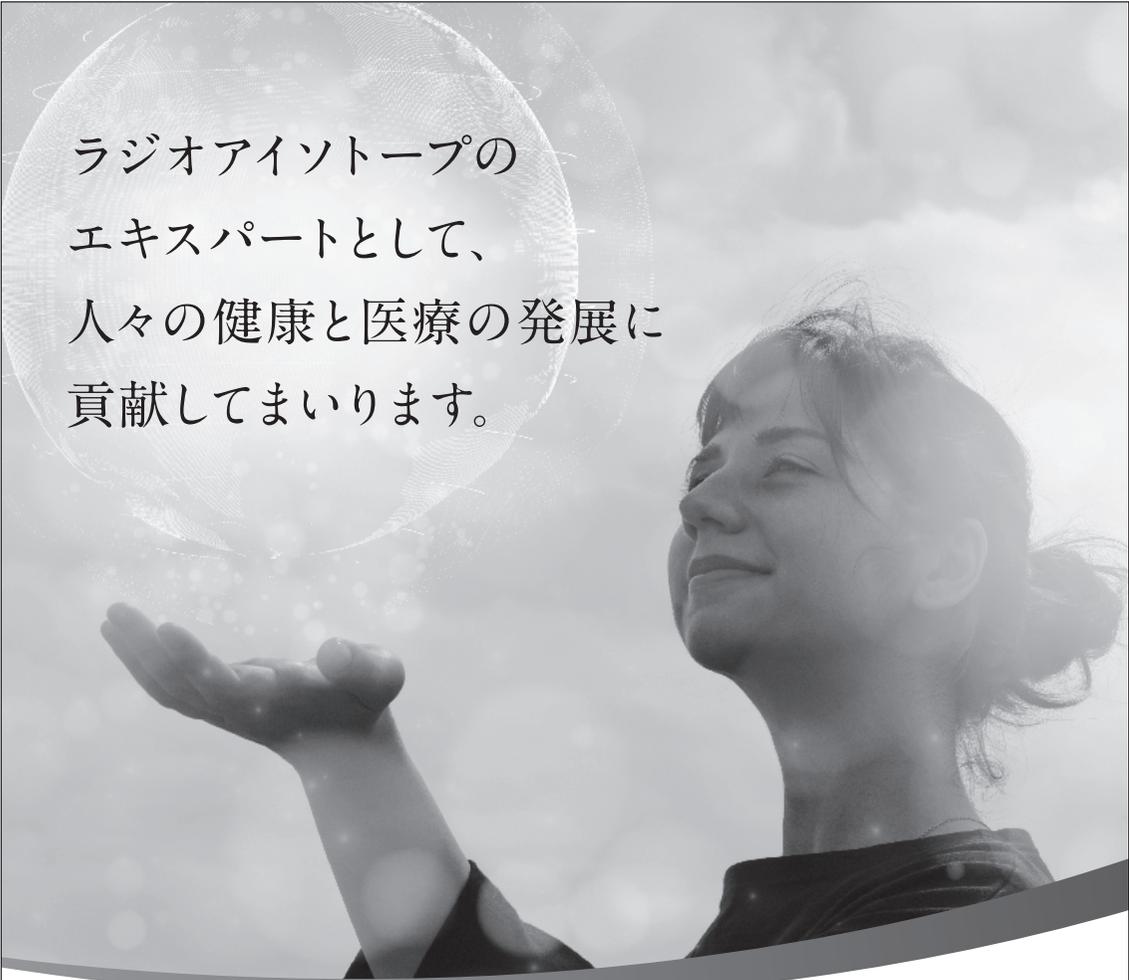
— お問合せ・ご注文はこちらまで —

TEL 03-5324-0753

E-MAIL mickey@pmod.jp

ERS
Epsilon Radioactive Sources



A black and white photograph of a woman in profile, looking upwards with a serene expression. She is holding a glowing, textured sphere in her open palm. The sphere has a grid-like pattern and emits a soft, ethereal light. The background is a bright, slightly hazy sky with soft clouds. The overall mood is one of hope and scientific achievement.

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

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。



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。

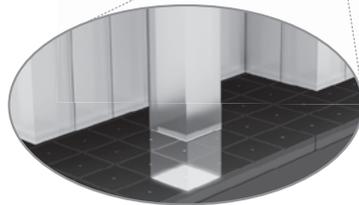
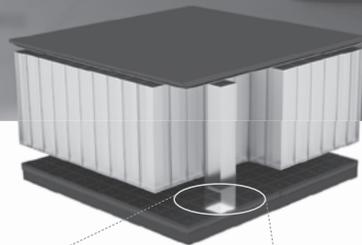
最新技術を惜しみなく投入することで高画質と低被ばくを実現するとともに、医療従事者の安全や病院経営まで貢献します。

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



New Digital PET Detector

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, 波田伸一郎, 高橋美和子, 橋本 順, 丸野廣大,
南本亮吾, 百瀬敏光, 須山淳平, 鳥井原彰

2023年3月20日発行