

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

2022

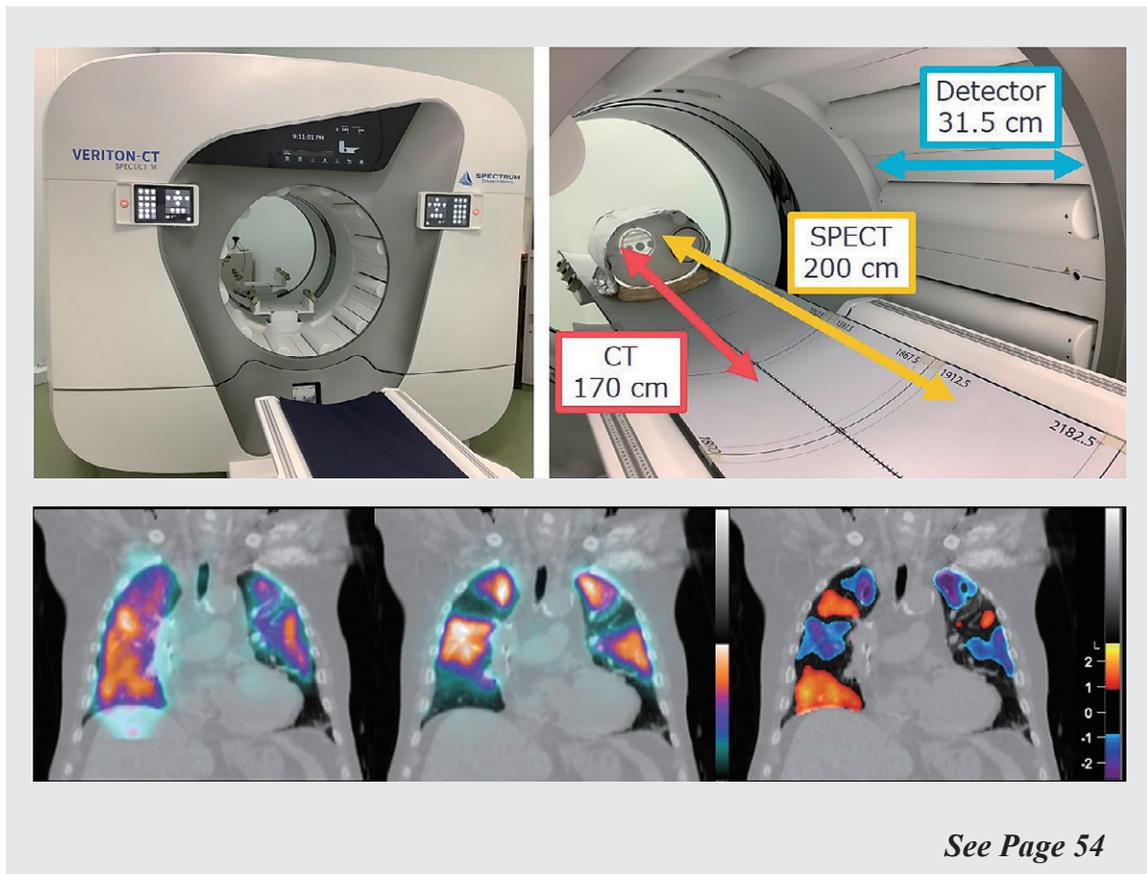
Vol.55No.4

7月号 49~64頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算268号(奇数月刊行)

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



ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

[症例報告] FDG-PET/CTにて特徴的な所見を呈した甲状腺機能亢進症の一例	50
岩淵 雄	
[技術報告] 半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CTの使用経験	54
佐々木 秀隆	
[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. 1. 骨シンチグラフィ	58
久慈 一英	

症例報告

FDG-PET/CTにて特徴的な所見を呈した甲状腺機能亢進症の一例

A case of hyperthyroidism with characteristic findings on FDG-PET / CT.

岩淵 雄 IWABUCHI Yu

宮澤 雷太 MIYAZAWA Raita

富田 快 TONDA Kai

陣崎 雅弘 JINZAKI Masahiro

Keywords : FDG-PET, hyperthyroidism, glucose metabolism

《はじめに》

FDG-PET/CTは様々な臓器の糖代謝を一度の検査で俯瞰的に観察することができる。臨床的には悪性腫瘍の病期分類や治療効果判定などの診断目的で使用されることが多いが、悪性腫瘍以外の疾患が原因となって偶発的に臓器の糖代謝異常がFDG PET/CTで確認されることもよく経験される。今回、われわれは健診目的でFDG-PET/CTが施行され、甲状腺機能亢進症に伴う特徴的な臓器の糖代謝異常を認めた症例を経験したので報告する。

《症 例》

患者：50歳代 女性

目的：健診目的

既往歴：約10年前よりバセドウ病

《臨床経過》

20XX年、健診目的でFDG-PET/CTを施行。撮像装置はシーメンス社製Biograph mCTを使用、F-18 FDGを4.0MBq/kgで投与し、投与後60分後から1ベット90秒で撮影した。撮像されたFDG-PET/CTでは積極的に悪性腫瘍を示唆する異常集積は指摘できなかったものの、全身の骨格筋へ

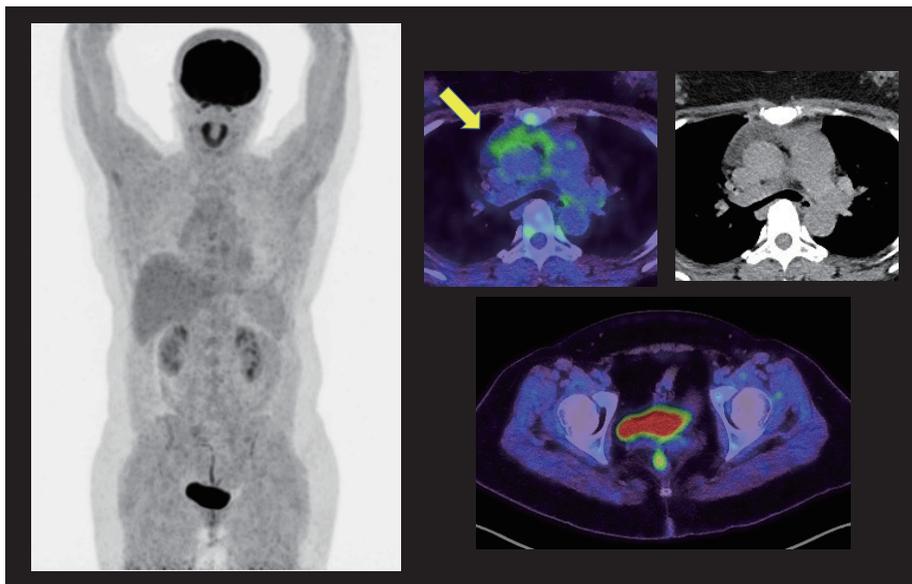


図1 今回のFDG-PET/CT MIP像(左)、胸部CT及びFusion画像(右上)、骨盤部Fusion画像(右下) MIP像では全身の骨格筋にびまん性に比較的均一なFDGの集積亢進を認める。右臀部の筋肉でSUVmax : 2.2と測定され、Fusion画像でも骨格筋への淡い集積は確認できるが、MIP像の方が骨格筋への集積は評価しやすい。縦隔には腫大した胸腺が確認され、FDGの集積亢進(SUVmax : 3.0)を伴っている。胸腺過形成の所見である。

慶應義塾大学医学部放射線科学教室(診断) 〒160-8582 東京都新宿区信濃町35

TEL : 03-5363-3837 FAX : 03-3353-1977 E-mail : iwabuchi@rad.med.keio.ac.jp

Department of Radiology, Keio University School of Medicine

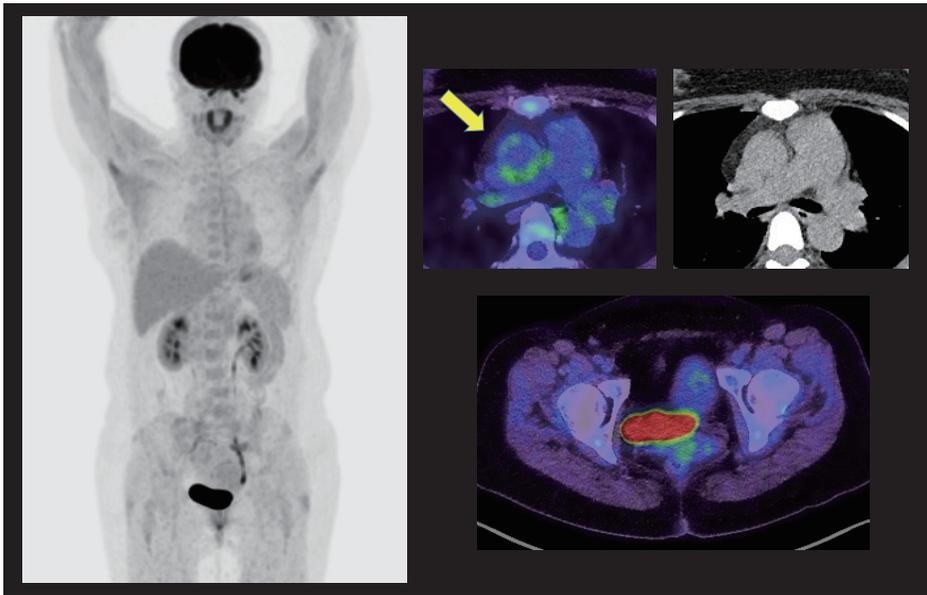


図2 1年後のFDG-PET/CT MIP像(左), 胸部CTおよびFusion画像(右上), 骨盤部Fusion画像(右下) 両側上肢の筋肉にFDG集積を認めるが,これは検査前の筋負荷に伴う生理的集積と考えられる。それ以外の骨格筋には1年前(図1)に認めた異常集積は指摘できなくなっている。右臀部の筋肉でSUVmax: 1.5と測定される。胸腺についても過形成が改善しており,FDGの集積もバックグラウンド程度まで低下している(SUVmax: 0.6)。

のびまん性のFDG集積亢進が認められた(図1左MIP像, 右下Fusion画像)。また,縦隔においてはやや腫大した胸腺に一致した軽度のFDG集積亢進(SUVmax: 3.0)が認められた(図1右上CTおよびFusion画像)。検査前問診では6時間以上の食事制限が厳守されていることが確認されており,過度の運動等の骨格筋への集積が上昇するような要因は確認されなかった。他院にて甲状腺機能亢進症の加療中であることが確認され,治療中ではあったものの動悸の自覚があり,甲状腺機能亢進症のコントロールが不良な状態でFDG PET/CTが施行されたものと考えられた(甲状腺機能の詳細は不明)。画像で確認された骨格筋や胸腺への異常集積は甲状腺機能亢進症に伴った各臓器の糖代謝の変化を見ているものと診断した。1年後に同じく健診目的で施行された同受診者のFDG PET/CT(図2)では両側上肢の筋肉に筋負荷に伴った生理的集積が認められるものの,骨格筋へのびまん性の集積亢進や胸腺への集積亢進は消失していた。2回目にPETが施行された時点での甲状腺機能は遊離T3: 3.5pg/ml(基準値2-4.5pg/ml), 遊離T4: 1.9ng/dl(基準値0.7-1.8ng/dl), TSH: <0.01(基準値0.3-4.5μIU/ml)とTSHは低下していたものの甲状腺ホルモンほぼ基準値

となっており,甲状腺ホルモン正常化に伴って,画像も正常化したものと考えられた。

《考 察》

FDGは臨床では主に悪性腫瘍の病期診断や治療効果判定で利用されることが多いが,各種臓器の糖代謝を反映するため内分泌系に異常があるとそれに伴った臓器のFDG集積の分布異常や変化が見られることがある。FDGの生理的分布に影響するものとしては生体内の内分泌代謝異常の他にも薬剤としてインスリンやG-CSF(Granulocyte Colony Stimulating Factor: 顆粒球コロニー形成刺激因子)などもFDGの生理的分布に大きな影響を及ぼすことが知られている¹⁻²⁾。また,稀であるが悪性腫瘍でもG-CSFやACTH(Adrenocorticotrophic Hormone: 副腎皮質刺激ホルモン)といったホルモンを産生するタイプの腫瘍の場合は骨髄や副腎などのホルモンの対象となる臓器にFDGの分布異常をきたすことが報告されている³⁻⁴⁾。甲状腺ホルモンについても同様にFDGの生理的分布に変化をきたすことがこれまでに報告されており,特徴的な所見としては全身の骨格筋のFDG集積が亢進すると言われている⁵⁾。これは甲状腺ホルモンの上昇に伴い,骨格

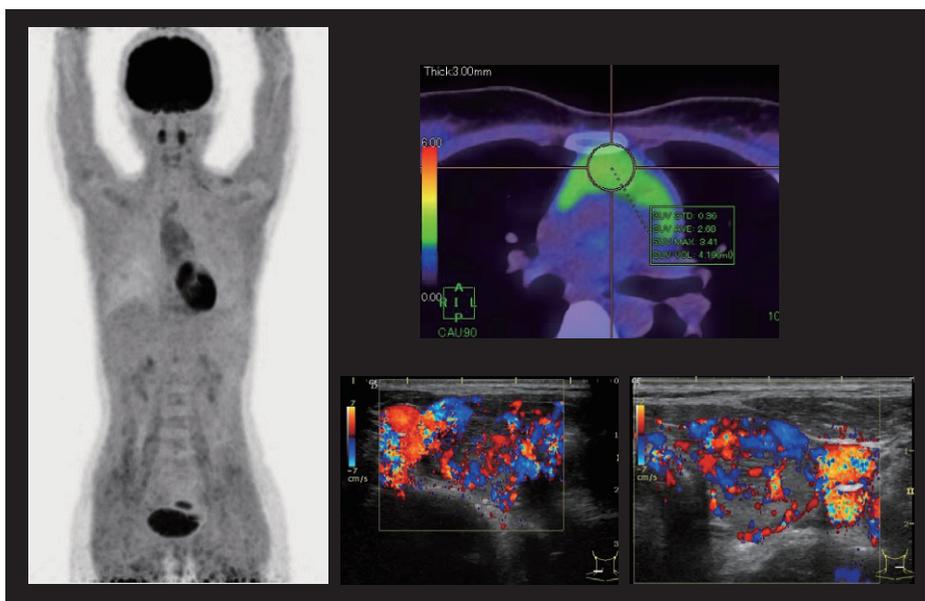


図3 甲状腺機能亢進症の参考症例 MIP像(左), Fusion画像(右上), 甲状腺の超音波ドップラー所見(右下) 全身の骨格筋にびまん性に集積亢進が認められる。胸腺にはSUVmax: 3.4の集積亢進を認め、過形成に伴う集積と考えられる。肝臓の集積はSUVmax: 2.0と計測され、MIP像でも全体に集積が低下しているように見える。甲状腺のドップラー超音波検査では甲状腺全体の血流が上昇しており、甲状腺機能検査と合わせてバセドウ病と診断された。

筋のGLUT4発現が促進され、ヘキソキナーゼ活性も亢進することによる変化をみているとされる。検査前に過度の運動を行った際にも骨格筋へのFDG集積亢進が見られることがあり鑑別が必要となることがあるが、この場合は使用した筋肉に一致した集積亢進が見られるのが特徴で、甲状腺機能亢進症で見られる全身の骨格筋に比較的均一に広がる集積とは特徴が異なり、両者を鑑別する際にこの点に着目することが有用と考えられる。また、甲状腺機能亢進症に伴った二次的な反応として本例でも確認されたように胸腺過形成を生じることがある。通常、胸腺組織は成人以降になると脂肪組織に置き換わってくるため、FDGの有意な集積は認めないことが多いが、過形成では腫大した胸腺にFDGの集積亢進が認められるようになる。この所見は甲状腺機能亢進症を示唆する副次的所見として重要と考えられ、読影に際しては注意する必要がある。過去の報告ではバセドウ病患者で骨格筋への集積が認められたものは95% (19/20症例)、胸腺への集積が認められたのは75% (15/20症例)と報告されており⁶⁾、いずれも甲状腺機能亢進症において比較的頻度の高い所見と考えられる。また、骨格筋や胸腺以外にも肝臓の集積が甲状腺機能亢進に伴い正常群より低下し

たという報告があり⁵⁾、その機序としては糖新生の促進やGLUT2発現促進によるグルコースのoutputの促進がされることによる変化を見ているとされる。参考症例として当院で経験された別の甲状腺機能亢進症の症例を提示するが、びまん性の骨格筋へのFDG集積亢進と腫大した胸腺へのFDG集積亢進に加えて、MIP像では肝臓は他の臓器に比較して相対的に集積が低下しているように見える(図3)。採血では遊離T3: 21.7pg/ml(基準値2-4.5pg/ml)、遊離T4: 5.3ng/dl(基準値0.7-1.8ng/dl)、TSH: <0.01(基準値0.3-4.5μIU/ml)、TSAAb: 750(基準値0-179%)と甲状腺ホルモンの上昇を認め、超音波検査でも甲状腺の血流上昇が確認され、バセドウ病の診断となった症例である。甲状腺機能亢進症の可能性が疑われた場合は骨格筋や胸腺に加え肝臓の集積にも着目する必要があると考えられる。

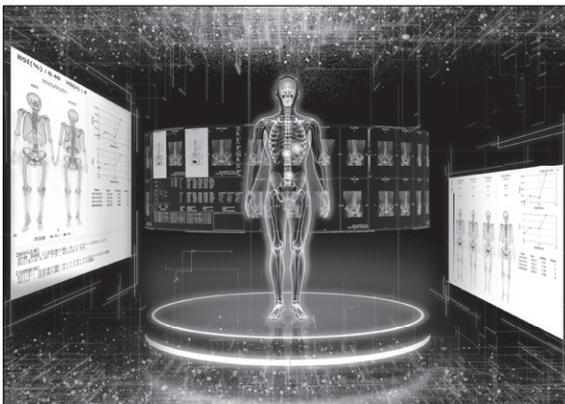
《おわりに》

FDG-PET/CTにて特徴的なFDG分布異常を呈した甲状腺機能亢進症の症例を経験した。ブドウ糖は言うまでもなくあらゆる臓器のエネルギー源となる物質であり、その代謝は様々なホルモンの影響で変化しうる。FDG-PET/CTは臨床的には

悪性腫瘍の精査目的で使用されることが多いが、偶発的に内分泌異常を疑う所見を認めることがあり、読影の際には各臓器のFDG分布の変化に着目して読影する必要があると考えられる。全身の骨格筋への集積亢進が認められた場合は、検査前の糖分摂取や過度の運動など前処置不良の影響以外にも甲状腺機能亢進症の可能性につき検討する必要があると考えられた。

《文 献》

- 1) Félix-Nicolas Roy, Sylvain Beaulieu, Luc Boucher, et al. Impact of intravenous insulin on 18F-FDG PET in diabetic cancer patients. J Nucl Med. 2009; 50: 178-83.
- 2) Dmitri Mayer, Edward M Bednarczyk. Interaction of colony-stimulating factors and fluorodeoxyglucose f(18) positron emission tomography. Ann Pharmacother. 2002; 36: 1796-9.
- 3) Miyako Morooka, Kazuo Kubota, Yuji Murata et al. (18)F-FDG-PET/CT findings of granulocyte colony stimulating factor (G-CSF)-producing lung tumors. Ann Nucl Med. 2008; 22: 635-9.
- 4) Yohji Matsusaka, Tadaki Nakahara, Isao Kurihara et al. Bilateral Adrenal Hyperplasia Due to Adrenocorticotrophic Hormone-Secreting Esthesioneuroblastoma on FDG PET and 111In-Pentetreotide Scintigraphy. Clin Nucl Med. 2018; 43: 452-453.
- 5) Yen-Kung Chen, Yen-Ling Chen, Chih-Cheng Tsui, et al. The significance of alteration 2-[fluorine-18]fluoro-2-deoxy-(D)-glucose uptake in the liver and skeletal muscles of patients with hyperthyroidism. Acad Radiol. 2013; 20: 1218-23.
- 6) Yen-Kung Chen, Yen-Ling Chen, Alfred C. Liao, et al. Elevated 18F-FDG uptake in skeletal muscles and thymus: a clue for the diagnosis of Graves' disease. Nucl Med Commun. 2004; 25: 115-21.



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^(注)
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

技術報告

半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CTの使用経験

Clinical experience of VERITON-CT, semiconductor whole-body gamma camera

佐々木 秀隆¹⁾ SASAKI Hidetaka 神谷 貴史¹⁾ KAMIYA Takashi 一ノ瀬 世洸¹⁾ ICHINOSE Seikou
 千村 美里²⁾ CHIMURA Misato 坂田 泰史²⁾ SAKATA Yasushi 加藤 弘樹³⁾ KATO Hiroki
 藤埜 浩一¹⁾ FUJINO Koichi

Keywords : CZT, semiconductor, ring-shaped gantry

《はじめに》

当院は2021年8月に VERITON-CT (Spectrum Dynamics Medical 社製) を導入した(図1)。この装置は放射線検出素子にテルル化亜鉛カドミウム (Cd-Zn-Te : CZT) を用いたフルデジタル半導体全身用ガンマカメラである。12個の半導体検出器ユニットをリング状に配置する特徴的構造をもち、検出器素子は装置全体で24576個搭載されている。ここでは装置の概要とその使用経験を述べる。

《装置の概要》

体軸方向の有効視野は31.5cm/bedであり、1度の撮像で脳や心臓だけでなく、肺や肝臓などの臓器を撮像することが可能である。骨シンチやガリウムシンチなど全身像を撮像する際にはStep

and shoot法で約200cm撮像することが可能である。

撮像は、リング状に12個配置された半導体検出器ユニットを活かし、360°方向から行う Full FOV Scan, さらには心臓などの特定の領域に焦点を絞り、集中的に行う Focus FOV Scanが可能であり、従来の2検出器型のガンマカメラに比べ非常に感度が高くなっている。また、放射線検出素子に半導体を用いていることで高いエネルギー分解能を利用した2核種同時収集が可能となっている。

CT装置は16列のマルチスライスCT (analogic 社製) を採用し、スリップリングには非接触型のブラッシュレスを用いている。また、本装置は画像再構成法に逐次近似再構成法を用いることで低線量の心電図同期撮像が可能となり、金属アーチ

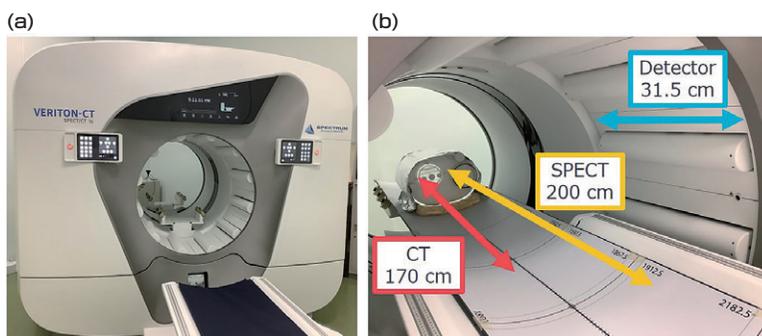


図1 (a) VERITON-CTの外観, (b) ボア内の様子

1) 大阪大学医学部附属病院 医療技術部 放射線部門 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-15 L階 核医学部門
 TEL : 06-6879-6812 FAX : 06-6879-6813 E-mail : h_sasaki@hp-rad.med.osaka-u.ac.jp

Department of Radiology, Osaka University Hospital

2) 大阪大学大学院医学系研究科 循環器内科学

Department of Cardiovascular Medicine Osaka University Graduate School of Medicine

3) 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

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

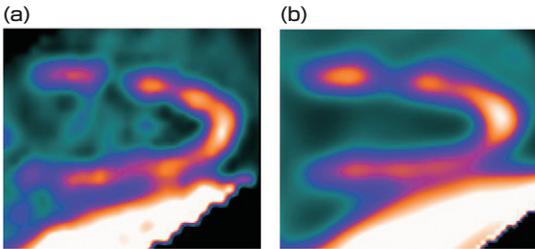


図2 心肝ファントム 垂直長軸像。VERITON-CTでは従来型装置の半分の収集時間でも均一性の良い画像となっている。

(a) 従来型装置 20分間収集, (b) VERITON-CT 10分間収集

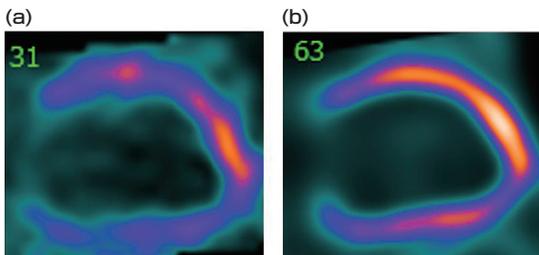


図3 心筋血流シンチ臨床例 (BMI : 33.8 kg/m²) 垂直長軸像

VERITON-CTでは従来型装置の半分の収集時間でも均一性の良い画像となっている。

(a) 従来型装置 20分間収集, (b) VERITON-CT 10分間収集

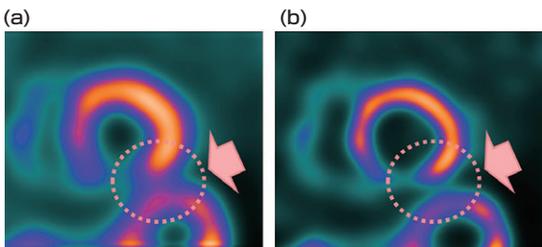


図4 ボクセルサイズの比較。ボクセルサイズを小さくすると心筋と胃壁の集積を分離することが可能であった。

(a) ボクセルサイズ 4.92 mm, (b) ボクセルサイズ 2.46 mm

ファクト除去機能も搭載されている。さらに、装置導入時に becquerel calibration factor が搭載されているため、CT 減弱補正を行うことにより PET と同様 Bq/ml 単位で画像を出力することにより、定量評価への応用が可能となっている。

本装置は非常に高感度で SPECT には有用であるが、前述のように CZT 検出器がリング状に配置されているため、プラナー像を得ることができない。しかし、CT 減弱補正による SPECT 情報から、被写体の減弱を加味した仮想プラナー画像を作成できるのが特徴的である。この仮想プラナー画像は任意の方向からの投影像 (Multi View Planar : MVP) を作成することが可能であるため、

プラナー収集時間の短縮が図れる。その他リストモード収集を用いた Time Reduction Tool や心位相解析、Dynamic 収集や CT 画像を用いた VOI 解析など様々な解析ツールを有する。以下に、各検査における運用例を示す。

《心筋血流シンチ》

心筋血流シンチでは VERITON-CT の非常に高い感度を活かし、ボクセルサイズを 2.46mm にした高分解能収集を行っている。従来の NaI (TI) シンチレータ検出器搭載のシンチレーションカメラでは、ボクセルサイズを小さくすると統計ノイズが増大するため、収集時間を延長する必要があるが、VERITON-CT ではボクセルサイズを小さくしても従来型装置の半分程度の収集時間で収集を行うことが可能である。心肝ファントムを従来型装置、および VERITON-CT で撮像した例を示す (図 2)。心筋部に ^{99m}Tc 溶液を 42kBq/ml 封入し、従来型装置では 20 分間収集、VERITON-CT では 10 分間収集を行った。VERITON-CT の SPECT 画像は従来のシンチレーションカメラに比べ均一性の良い画像となっていることがわかる。

図は、身長 170cm、体重 100kg (BMI : 33.8kg/m²) の患者に ^{99m}Tc を投与した 1 例を示す (図 3)。静注 25 分後から VERITON-CT で 10 分間収集 (360° 収集) し、続けて従来型装置で 20 分間収集 (180° 収集) を行った例である。VERITON-CT では半分の収集時間にもかかわらず、臨床例においても均一性の良い画像が得られていることがわかる。その他の症例においても、2.46mm と高分解能の画像を作成しているため腸管や胃壁などの心外集積との分離が可能となり、心機能解析時にも心筋部のトレースが容易となる (図 4)。さらには、短時間収集を行うことが可能であるため、腹臥位像などの追加撮像が容易である。

《肺換気・血流シンチ》

当院では肺移植症例の移植申請評価ならびに移植後のフォローアップ症例が多く、肺換気・血流シンチを依頼されている。従来装置では 8 方向のプラナー像および SPECT/CT を撮像し、前後面像を用いて左右の肺の集積比を算出していた。

現在では、SPECT/CT 画像から 8 方向の MVP 画像を作成し、PACS 転送している (図 5)。移植申請の症例では呼吸状態が悪い患者が多く、収集

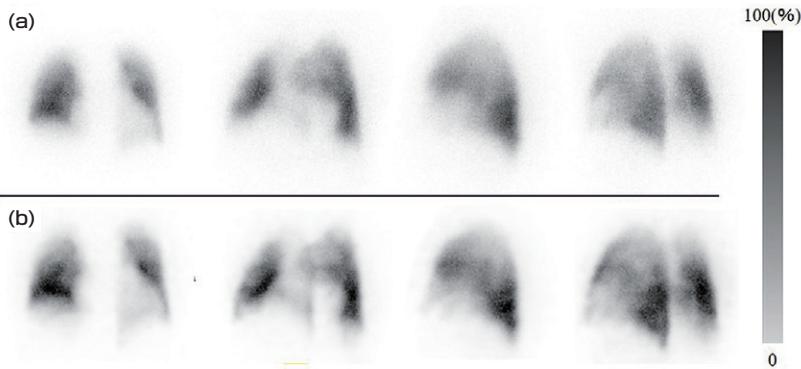


図5 従来型装置におけるプラナー像とVERITON-CTにおけるMulti View Planar 画像の比較
(a) 従来型装置, (b) VERITON-CT (MVP)

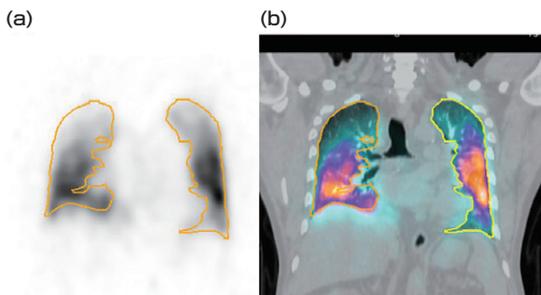


図6 CT画像を用いた3次元VOI解析の様子。肺野に合わせて半自動的にVOIを設定できる
(a) SPECT-Coronal像, (b) Fusion-Coronal像

時間が短縮されることは非常に有意義である。また、従来型装置の画像との比較可能な、縦隔や心陰影を反映したMVP画像を得ることが可能であった。左右の肺の容積や集積比はMIM workstationを用いCT画像をもとに算出しており、半自動的にVOIの設定が可能であるため、再現性に優れていると考えられる(図6)。また、評価

値に関しても従来のプラナー像を用いた解析結果と乖離はなかったため、プラナー像を撮像することなく、患者の負担を軽減したうえで今後もフォローアップを行うことができることが示唆された。

肺換気・血流シンチにおいてはSPECT/CT画像を用い、3次元的にSubtraction処理を行うことが可能である(図7)。今後、さらに2核種同時収集を行うことによって一度の収集で肺換気・血流画像を同時に撮像することが可能であるため、換気・血流の不均衡の様子を、位置ずれの少ない精度の高い状態で3次元的に評価することができる。

《ガリウムシンチ》

当院では心臓移植待機症例も多く、補助循環装置への感染を評価するためガリウムシンチの依頼が多い。装置の交換ならびに感染巣の広がり进行评估する必要があることから全身のSPECT/CTを

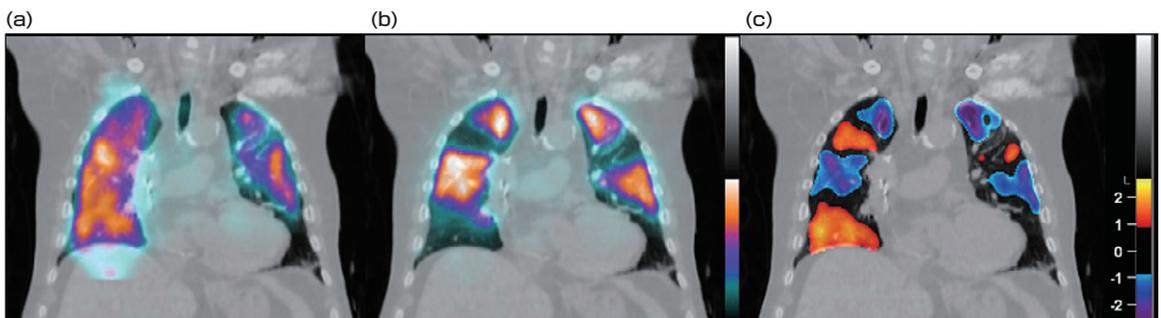


図7 肺換気・血流シンチそれぞれの集積を正規化し、換気から血流画像の差分画像を作成することによって3次元的に換気・血流の不均衡の様子を把握することが可能である。

(a) 肺換気シンチ Coronal像, (b) 肺血流シンチ Coronal像, (c) Subtraction画像

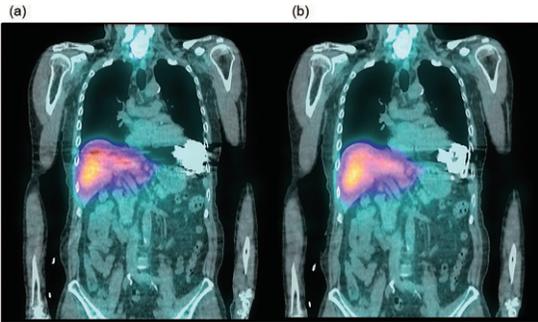


図8 補助人工心臓からのアーチファクト。Metal Artifact Reduction処理によってアーチファクトが低減されている

(a) MAR(-), (b) MAR(+)

撮像している(図8)。従来のSPECT/CT装置では補助人工心臓からのアーチファクトが発生しているが、VERITON-CTでは金属アーチファクト除去を行うことが可能であるため、補助人工心臓

から肝臓へのアーチファクトが低減されている。また、Bq/ml単位で画像再構成を行うことができるため、PETと同様に投与放射線量などによらず同じスケールでFusion画像を作成することができ、今後治療効果判定などに用いることができると期待される。

《まとめ》

導入から約半年間のVERITON-CTの使用経験を紹介した。VERITON-CTは高感度を活かした短時間収集が可能であり、さらにCTを撮像することによって、定量性のある画像を提供し、CT画像を用いた3次元的なVOI解析を行うことが可能となり、今後の核医学診療の発展に大いに寄与すると期待される。

核医学装置QC用線源

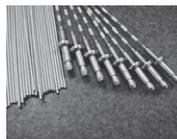
装置のデータ精度に心配ありませんか？

ガンマカメラ検出器
精度管理用線源



^{57}Co 370MBq

PET検出器用校正線源



^{68}Ge

ドーズキャリブレーション用
チェック線源



^{68}Ge 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 Radiotope 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 

〒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. 1. 骨シンチグラフィ

Basic Knowledge and recent topics of Nuclear medicine learned from the certification examination.
Vol.1. Bone scintigraphy

久慈 一英 KUJI Ichiei

Key Words : bone scan, Japanese Nuclear Medicine Board examination, basic clinical nuclear medicine

《骨シンチグラフィの臨床基本事項》

骨シンチグラフィの臨床的目的は、主に骨転移検索にある。集積変化自体は造骨代謝を反映するので、疾患特異的な検査ではないが、SPECT/CTなど解剖学的画像と組み合わせることによって、診断特異性を向上させることができる。全身像のみでも造骨性病変の感度は非常に高い。骨シンチグラフィでは骨のハイドロキシアパタイトに化学吸着するリン酸化合物が利用されている。日本で用いられている放射性医薬品は、 ^{99m}Tc -MDPと ^{99m}Tc -HMDPの2種類である。MDPとHMDPは同等の画像が得られるが、HMDPがややバックグラウンドのクリアランスが早いとされる。PETでは、 ^{18}F -NaFが骨PET製剤として応用可能だが、まだ研究利用のみである。PETの画質や感度はSPECTよりも高いが、コスト面と利用可能施設の面で、未だにSPECTのメリットも大きい。

骨転移のうち溶骨性転移では感度が低くなり、骨梁間型転移ではほとんど検出できない。検出能については、溶骨性骨転移ではFDG-PETが優れるが、造骨性骨転移では骨シンチグラフィが優るとされる。造骨性骨転移の多い前立腺癌や乳癌では、骨シンチグラフィが現在でもよく利用されている。骨転移のタイプによって使い分けするのが賢い利用法である。

通常、成人には555~740MBq投与し、2-3時間後に排尿してから撮像する。15歳以下の小児では、日本核医学会から示されている小児投与量ガイドラインに従って体重に応じて投与量を減らす。

読影には、正常像を熟知する必要がある。小児では、成長期に骨端線が高集積となる。また、加齢につれて脊椎骨などに退行変性が多くなるので、骨転移と区別することが重要である。一般的に、骨転移は椎体の内部にあり、辺縁部は退行変性が多い。骨転移は、骨破壊性変化や造骨性変化を確認する必要がある。骨転移は、赤色髄に多いので、病変の分布も重要である。

疾患に特徴的な所見として、super bone scan, absent kidney sign, double stripe sign, shin splint, Honda signなどがある。また、副甲状腺機能亢進症、骨軟化症、アミロイドーシス、肥厚性骨関節症、SAPHO症候群、反射性交感神経性ジストロフィー(RSD)、線維性骨異形成症、類骨骨腫、骨肉腫など特徴的な疾患の骨シンチグラムを診断する必要がある。全てを解説できないので、画像を参照しながら要点を整理しておく必要がある。

《過去問題から》

実際に過去5年間の第14回から第18回核医学専門医試験問題からテーマ別に主な内容を見てみよう。

1. 放射性医薬品と集積機序、検査方法

問題 次のうち、誤っているのはどれか。1つ選べ。

[第14回問39]

- 骨シンチグラフィ製剤は、造骨の盛んな部位に集積する。
- 骨シンチグラフィ製剤は、ビスフォスフォネート製剤の一種である。

埼玉医科大学国際医療センター核医学科 〒350-1298 埼玉県日高市山根1397-1

TEL : 042-984-4147 FAX : 042-984-4665 Mail : kuji@saitama-med.ac.jp

Department of Nuclear Medicine

Saitama Medical University International Medical Center

- c. 骨シンチグラフィ製剤は、異所性石灰化部にも集積する。
- d. ^{18}F -FDG 製剤は、造骨型の骨転移の検出に優れている。
- e. ^{18}F -NaF は、骨シンチグラフィ製剤の一つである。

正解：b

放射性医薬品と集積機序については、基本事項である。放射性医薬品はリン酸化合物で、造骨性の盛んな病変に集積する。ハイドロキシアパタイトに化学吸着するとされ、異所性石灰化やある種のアミロイドにも結合する。

問題 腫瘍・炎症の検査で用いる放射性医薬品と投与から撮像までの一般的なタイミングの組み合わせで誤っているものはどれか。1つ選べ。[第17回問33]

- a. 神経内分泌腫瘍疑いに対する ^{111}In -pentetreotide 4時間後と24時間後
- b. 褐色細胞腫疑いに対する ^{123}I -MIBG 6時間後と24時間後
- c. 骨転移検索に対する $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -(H)MDP 1日後
- d. 不明熱に対する ^{67}Ga -citrate 2-3日後
- e. 副腎腫瘍に対する ^{131}I -アドステロール 1週間後

正解：c

検査方法や投与量についても実務上は重要なので押さえておく。骨に集積し、バックグラウンドの放射能が減るためには、放射性医薬品を成人では555-740MBq投与し、投与2-3時間後の撮像が適正である。1日後では $^{99\text{m}}\text{Tc}$ がほとんど減衰して良い画像にならない。

問題 3相骨シンチグラフィに関して誤っているのはどれか。1つ選べ。[第15回問38]

- a. RIをボラスで勢いよく静注する。
- b. 血液プール相はRI投与5分後に撮像する。
- c. 骨相撮像の少なくとも30分前までに排尿させる。
- d. 病変部の血流を評価できる。
- e. $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDPは $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDPよりバックグラウンドの低下が遅い。

正解：c

3相骨シンチグラフィは、放射性医薬品をボラス注入して直後から早期血流相、5分後から10分まで血液プール相、2-3時間後に遅延相(骨相)を経時的に撮像することにより、炎症病変など血流増加が強い病変を鑑別することができる。排尿は骨相撮像の直前で良い。反射性交感神経性ジストロフィーは外傷等により四肢血管の交感神経調

節が異常となる病態で、血流亢進が主な集積変化の原因と考えられる。[第17回問42]で出題されている。

2. 生理的集積と異常集積

骨以外の集積には尿路系の尿放射能がある。頭蓋の縫合や骨端線の集積が生理的に見られる。骨転移以外に、慢性副鼻腔炎や骨髄炎、骨折、退行変性、外傷性変化、骨梗塞、骨外集積などカルシウム代謝と関連した種々の病変に集積する。カルシウム代謝異常を来す疾患では特徴的な骨集積分布変化を認めることが多いので出題も多い。

問題 図1に示した骨シンチグラムの所見や解釈として正しいのはどれか。1つ選べ。[第16回問39]

- a. 肋骨に多発する異常集積がある。
- b. 年齢30歳以下である。
- c. 検査前排尿が不十分である。
- d. 上腕骨幹端部異常集積がある。
- e. Absent kidney signである。

図1



正解：b

骨端線が明瞭に描出されるのは、成長期の16歳頃までである。成人では骨端線は描出されない。肋骨前端部は肋軟骨移行部で集積がやや高い。外傷性変化を来しやすい。腎皮質が淡く見えれば正常である。

3. 特徴的な骨シンチグラム

問題 骨シンチグラフィでsuper bone scan(びまん性集積増加)所見として認められることが多いのはどれか。1つ選べ。[第14回問38]

- a. 骨粗鬆症
- b. 骨軟化症
- c. 二次性副甲状腺機能亢進症

- d. 肺性肥厚性骨関節症
- e. SAPHO 症候群

正解：c

super bone scan は進行した骨転移だけではなく、副甲状腺機能亢進症など全身の骨代謝亢進で認められることもある。骨集積が全体に亢進して相対的に腎描出が不明瞭化した場合をいう。骨軟化症では、病的骨折が多発するので参考になる。SAPHO 症候群では、胸肋鎖関節の集積増加の他に骨髄炎を伴うことがある。

問題 50歳代、女性。右肺癌、肺内転移、縦隔、頸部、腹部リンパ節転移がある。上大静脈症候群があり放射線治療中である。四肢に疼痛があり、骨転移の検索のため骨シンチグラフィが施行された(図2)。診断で正しいのはどれか。1つ選べ。[第15回問37]

- a. びまん性骨転移
- b. 副甲状腺機能亢進症
- c. 多発骨折
- d. 肺性肥厚性骨関節症
- e. 線維性骨異形成症

図2



正解：d

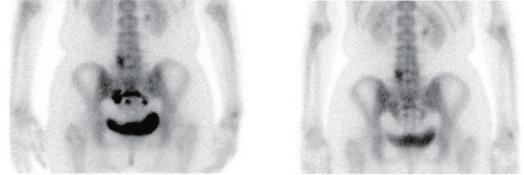
画像で下肢長管骨の左右対称性の骨皮質集積増加が明らかであり、肥厚性骨関節症の典型的画像である。腎臓は描出されているので、super bone scan ではない。肥厚性骨関節症は、肺癌や慢性肺疾患、右左シャントを合併した慢性心疾患などで見られる。左右対称性に骨皮質で優位な集積の増強が起こる。四肢など長管骨では、皮質が2重に見えるため、parallel track sign や double stripe sign などと呼ばれる。

問題 60歳代、女性。3年前に乳癌の手術を受け、無治療で経過観察中。骨転移の検索目的で、骨シンチグラフィが施行された。骨シンチグラム後面像(図3左)、その10ヶ月後の骨

シンチグラム後面像(図3右)を示す。適切な診断はどれか。1つ選べ。[第15回問56]

- a. 骨転移
- b. 腰椎圧迫骨折
- c. 仙骨不全骨折
- d. 仙腸関節炎
- e. 衣服への尿の付着

図3



正解：c

画像で仙骨に左右方向に集積増加があり、経時的に改善している。仙骨に左右水平に異常集積を認める場合は仙骨脆弱性(不全)骨折の可能性が高い。Honda sign と呼ばれる。尾骨ではしりもち骨折が類似した所見を認める。

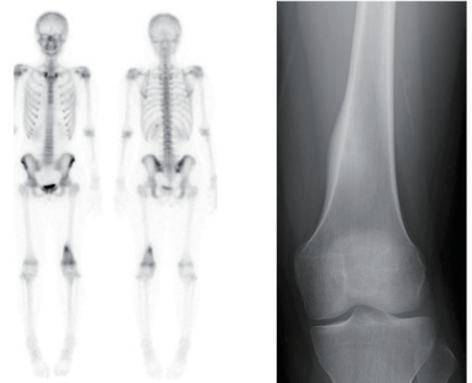
3. 限局性骨病変

良性骨病変でも、線維性骨異形成症、類骨骨腫など高集積となる病変が重要で、悪性腫瘍と間違えないようにしたい。骨疾患は好発年齢が参考になる。

問題 10歳代、女性。左膝の痛みにて外来受診し、施行された左膝の単純X線写真と全身骨シンチグラフィを示す(図4)。解釈として正しいものはどれか。1つ選べ。[第18回問56]

- a. Ewing 肉腫が鑑別に挙がる。
- b. 骨肉腫が鑑別に挙がる。
- c. 骨端線は完全に閉じている。
- d. 左大腿骨の良性病変が疑われる。
- e. 針生検が必要と考えられる。

図4



正解：d

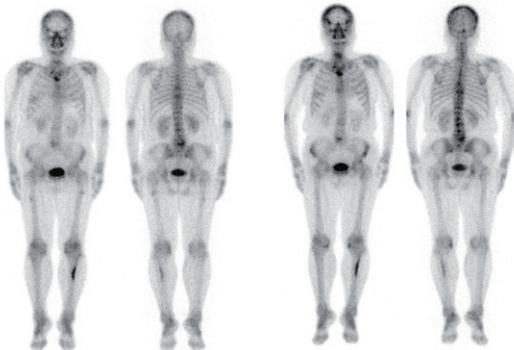
異常集積から左大腿骨遠位部の病変である。X線単純写真をよくみると病変は、内側骨皮質にあり、骨皮質の肥厚があるが、悪性の骨膜肥厚はない。中心部に透亮像がある。異常集積も大腿骨遠位骨幹部内側に強い部位がある。透亮像がナイダスとわかれば、類骨骨腫と診断できる。本疾患は炎症が強いと病変周囲の集積も上昇する。骨端線が保たれていることに注意する。画像で診断できる良性疾患なので、生検は不要である。痛みが強くと、NSAIDsでコントロール不良な場合は手術する場合もある。

4. 非定型骨折・骨壊死

60歳代、女性。乳癌、多発骨転移と診断され、ビスホスホネート製剤が数年以上投与されている。経過観察目的に骨シンチグラフィが施行された(図5左)。1年前の骨シンチグラフィ(図5右)と比較して、まず行うべき対処として正しいのはどれか。1つ選べ。[第16回問56]

- 抗癌剤治療再開を検討する。
- ^{18}F -FDG PET 検査を追加する。
- 両側大腿骨への放射線治療を行う。
- ビスホスホネート製剤を休薬する。
- 両側大腿骨の髓内固定術を施行する。

図5



正解：d

左脛骨外側皮質に局限した異常集積集積を認め、変化が乏しい。骨転移とは異なる異常所見である。骨シンチグラフィは、骨髄炎や骨壊死の診断にも有用である。ビスホスホネート製剤の顎骨壊死が有名であるが、長期投与で大腿骨など長管骨での非定型骨折を生じることがある。骨転移とは異なる骨病変を認めた場合は指摘する。進行すると治療が困難なので早期発見が重要である。治療は可能であれば投与中止あるいは休止である。

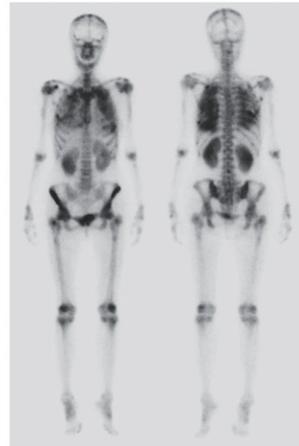
5. 骨外集積

骨外集積は、診断に役立つこともあるので知識が重要である。骨外カルシウム沈着を来す疾患が相当するが、透析などに伴う高カルシウム血症に伴う異所性石灰化、アミロイドーシス、横紋筋融解、炎症、悪性腫瘍など軽度の場合も含めれば多い。

問題 図6に示した全身骨シンチグラフィの所見や解釈として、誤っているものはどれか。1つ選べ。[第17回問40]

- 骨外集積がある。
- super bone scan である。
- 患者は成人である。
- 腎実質の集積が高い。
- 関節集積増加がある。

図6



正解：b

肺の異所性集積があり、透析に伴う異所性石灰化が考えやすい。関節や腎集積も増加している。透析アミロイドーシスが疑われる。腎集積は認められるので、super bone scan とはいいがたい。関節周囲の集積はあるが、骨幹端集積ではないので成人と考えられる。

《最近の話題》

骨シンチグラフィの骨病変の評価を定量的に行う手法が臨床応用されている。Bone scan index (BSI)は、全身像にて中心骨のうち骨病変の占める面積の割合(%)を定量化する方法である。自動解析ソフトウェアも開発されており、前立腺癌など造骨性骨転移の骨転移腫瘍量を測定する臨床的指標としてエビデンスが確立してきている。もう1つのアプローチとして骨集積度をFDG-PETのようにSUV (standardized uptake value) で評価

しようとする試みもある。SUV値は造骨性バイオマーカとして応用可能性が示されている。例えば、造骨性の高い前立腺癌骨転移病変と比較して、退行変性部の集積度が低いいため、活動性の骨転移病変と退行変性はSUVである程度区別可能である。小児の成長速度と骨幹端集積度の相関が示されている。SUV定量については、対応する高精

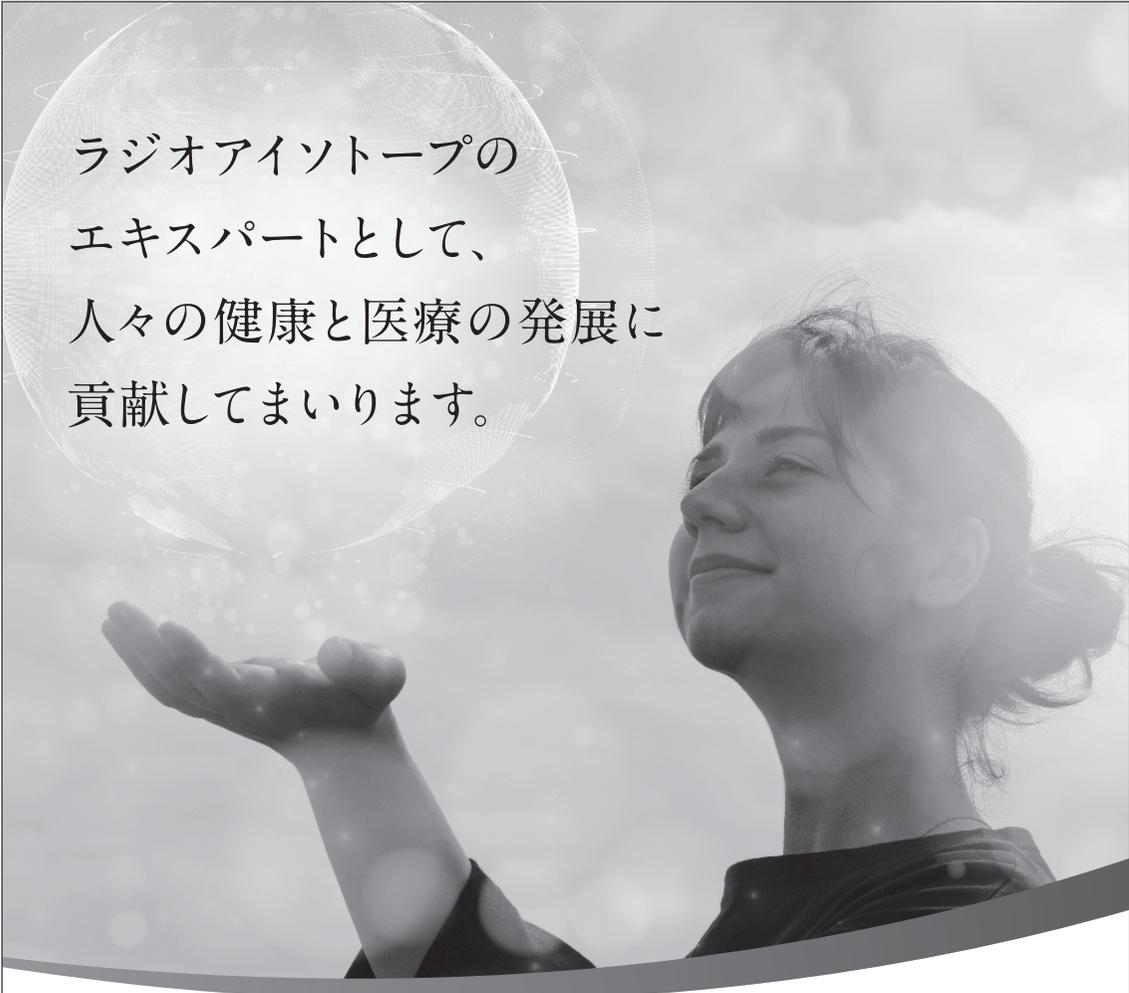
度のSPECT/CTで測定することで臨床利用可能となった。このように、古くはプランナー像から始まった骨シンチグラフィにおいて、新たな定量値が画像バイオマーカとして応用されつつある。核医学専門医としては、これらの新しい定量法についても親しんでいく必要がある。

編集 後記

今月号より、リレー講座「専門医試験から学ぶ核医学の基礎と最新の話」の連載を開始した。この企画は11年前から数年にわたり連載しており、ホームページ上のコンテンツ集で紹介されているのでお馴染みの読者も多いことだろう。10年の歳月を振り替えると核医学診療や技術に様々な進歩があり、情報を刷新する必要があると考え、再度企画することにした。特にPETの分野では、10年前に比べると保有施設も格段に増え、悪性腫瘍の分野では必須の検査となっているし、技術面では画質やthroughputの向上がめざましい。特に近年開発された半導体PET画像を読影していると、かつてすばらしいと思っていた前世代のPET機器の画質が陳腐に見えてしまったりする。治療の分野もめざましい進歩があるが、まだ定着した感はない。現在実施予定の新たな治療が待ち受けており今後の進歩に期待したい。

こうした核医学の進歩の影で専門医の受験者も増加し、試験の形式も変わりつつある。ここ5年間の受験者数は60人平均だが、今年からは口頭試問も開始された。先日、専門医試験のお手伝いに行ってきたが、基礎と臨床に分けられ、それぞれ1問ずつ選択して受験する。現場で働く人であれば回答できる内容ではあるが、より専門的な知識も必要になってきた。専門医を目指す先生方には是非、これから月号発信する本企画で勉強して頂きたい。

(編集委員長)



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> TEL03-3538-3624

2022年5月作成

5月号のp.40に社名変更前の「富士フィルム富山化学株式会社」の社名で広告が掲載されてしまっておりました。
大変申し訳ございませんでした。

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。

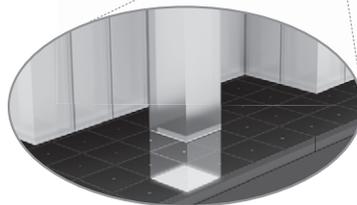
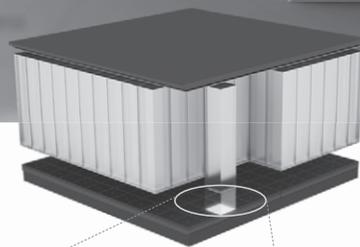
最先端の技術をもっと多くの人に、

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
2022年7月20日発行