

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

# 臨床核医学

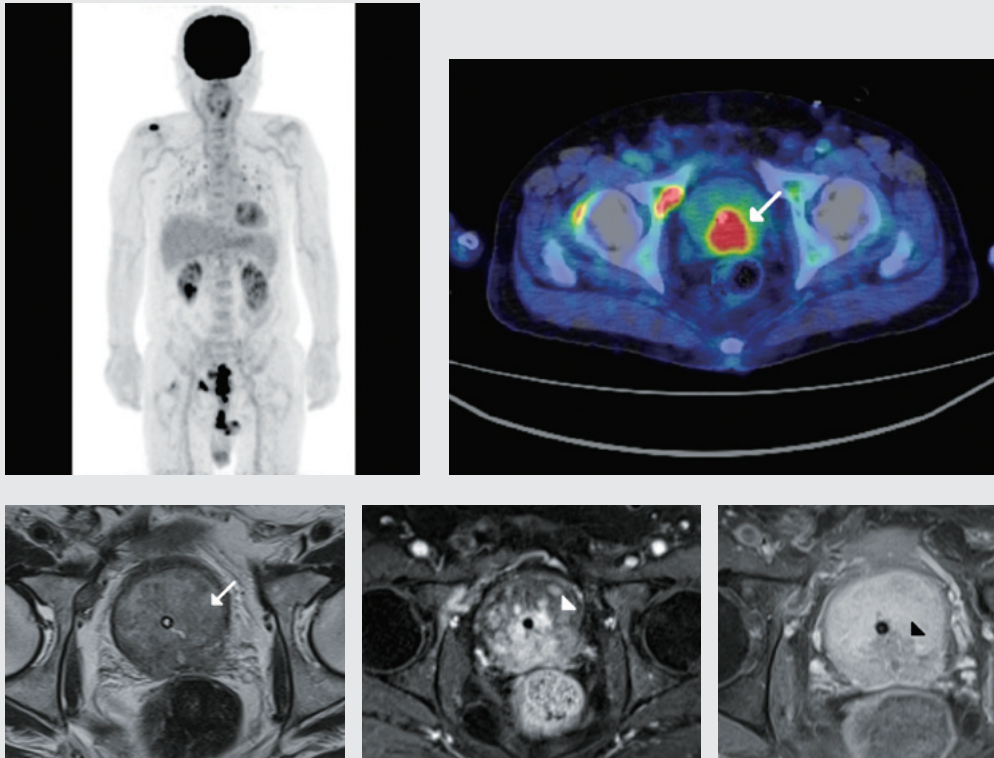
2018

Vol.51 No.1

1月号 1~16頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算241号(奇数月刊行)

<http://www.meteo-intergate.com>(本誌論文検索用)*See Page 2*ホームページ・Online版 [www.rinshokaku.com](http://www.rinshokaku.com)

[症 例] FDG-PETが有用であったPSA陰性前立腺癌の2例 .....	2
宇田川 剛史	
[症例クイズ] 解答編(平成29年7月症例検討会から) .....	5
須山 淳平	
[技術講演] CZT検出器を用いた新しい全身用SPECT/CT(Discovery NM/CT 670 CZT)の使用経験 .....	9
松成 一郎	
[書 評] 福島へのメッセージ 放射線を怖れないで! .....	12
飯沼 武	

## 症 例

## FDG-PETが有用であったPSA陰性前立腺癌の2例

Two cases of PSA negative Prostate cancer in which FDG-PET was useful for diagnosis.

宇田川 剛史 UDAGAWA Takeshi 岡田 慎悟 OKADA Shingo 山城 雄貴 YAMASHIRO Yuki  
中西 淳 NAKANISHI Atsushi 村上 康二 MURAKAMI Koji

Key Word : Prostate cancer, PSA negative, FDG-PET

## 《はじめに》

前立腺癌には $^{18}\text{F}$ -FDG (fluorodeoxyglucose) の集積が弱いことが知られており、局所評価に $^{18}\text{F}$ -FDG-PET (positron emission tomography) が用いられることは稀である。また、そのなかでも血清PSA値が陰性であった症例はさらに報告が少ない。今回我々は、血清PSA陰性であったが $^{18}\text{F}$ -FDGの良好な集積を示したことにより、前立腺癌と診断しえた症例を2例経験したため、文献的考察を加え報告する。

## 【症例1】

患者：63歳 男性

主 訴：健診異常

既往歴：高血圧、高尿酸血症

家族歴：父 大腸癌

喫煙歴：20-30歳 20本/日

現病歴：2017年2月健康診断でFDG-PETを行ったところ、前立腺及び骨盤内リンパ節に集積を認めた。前立腺癌の疑いがあるため、精査加療目的に当院泌尿器科に紹介となった。

初診時所見：直腸診で前立腺のサイズは鶏卵大・可動性不良であり、左葉に硬結を触れた。腫瘍マーカーはCEAが3.8ng/mlと軽度高値であったが、PSAは1.05ng/mlと計測され、陰性であった。そのほかの腫瘍マーカーの上昇はなかった。

画像所見：FDG-PETにおいて前立腺に瀰漫性の $^{18}\text{F}$ -FDGの集積を認め、Maximum Standardized Uptake Value: SUV-maxは早期相(60分)で14.97、後期相(130分)で22.56と計測された。両側閉鎖リンパ節、左膀胱前リンパ節にも集積が認められた(図1)。骨盤部単純MRIでは前立腺は腫大し、FDG-PETの集積部と一致した範囲がT2強調画像で瀰漫性に低信号を示し、拡散強調画像(b=1000)で高信号を示していた。精囊もT2強調画像で低信号であり、前立腺癌による浸潤が疑われた(図2)。両側閉鎖リンパ節、左膀胱前リンパ節の腫大も認められた(図3)。

前立腺病理所見：PSAは低値であるが、画像所見上、前立腺癌が強く疑われたため、超音波ガイド下経直腸前立腺針生検が施行された。病理学的検索において、13/16か所で扁平上皮癌が検出され、前立腺扁平上皮癌の診断となった。

診断後経過：診断後はCDDP+5FU投与による化学療法施行の方針となった。6コース施行後のFDG-

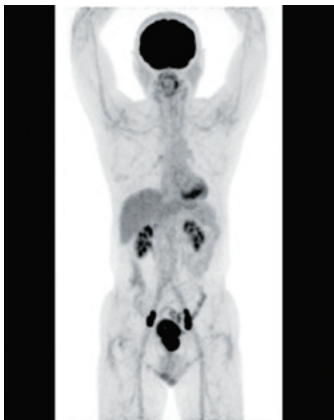


図1  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT MIP画像 (治療前)

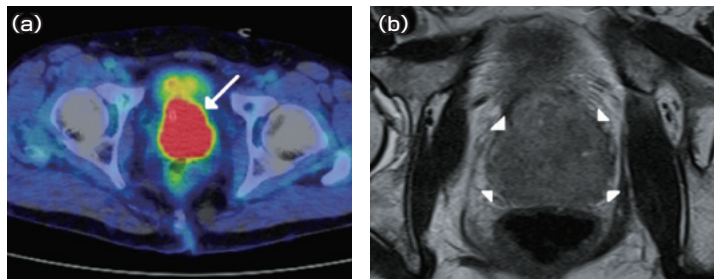


図2  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT fusion画像(a), 単純MRI T2強調画像 [FA:150, TR:5530.0, TE:94.0] (b)  
前立腺には瀰漫性の $^{18}\text{F}$ -FDGの集積を認め(矢印), 同領域はMRI T2強調画像で低い低信号を示している(矢頭)。

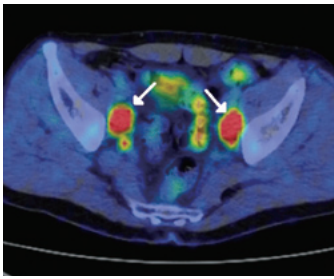


図3  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT fusion画像  
両側閉鎖リンパ節は腫大し(矢印)、 $^{18}\text{F}$ -FDGの集積を認める。

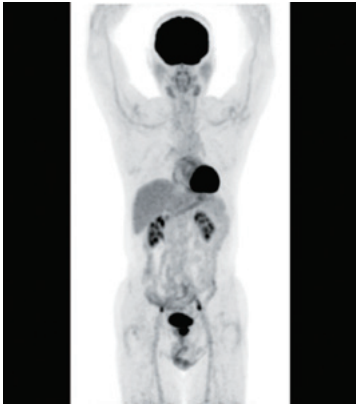


図4  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT MIP画像(化学療法6コース施行後)  
原発巣の集積は縮小し、両側閉鎖領域のリンパ節への集積も縮小している。

PETでは腫瘍のSUV-maxの低下が認められ、また腫大リンパ節の集積は消失した。原発巣の化学療法治療効果判定においてもFDG-PETは有用であると考えられた(図4)。今後、ロボット補助下前立腺摘出術が施行される予定である。

#### 【症例2】

患者：84歳 男性

主訴：発熱

既往歴：前立腺肥大症、神経因性膀胱、狭心症

家族歴：特記事項なし

喫煙歴：20-52歳 30本/日

現病歴：前立腺肥大症で当院泌尿器科かかりつけの患者。2017年5月に38.9℃の発熱を認め、改善傾向ないため当院救急外来受診。熱源精査のため行われた単純CTで両肺に多発する結節を認めた。転移性肺腫瘍が疑われたが、CTでは原発巣は不明瞭であったため、発熱加療および全身検索目的に入院となった。

初診時所見：直腸診で前立腺のサイズは鶏卵大・石様硬であり、右葉辺縁域に硬結を触れた。腫瘍マーカーはCEAが15.2ng/ml、Pro-GRPが102pg/mlと二つの項目で高値であったが、PSAは2.15ng/mlと計測され、陰性であった。

画像所見：FDG-PETにおいて前立腺辺縁域正中を中心に $^{18}\text{F}$ -FDGの集積を認め、SUV-maxは早期相

(60分)で15.95、後期相(130分)で16.25と計測された。両肺に多発する結節にも淡い集積を認め、右肩峰や仙骨、右腸骨、左恥骨にも集積が認められた(図5, 6)。骨盤部単純+造影MRIでは前立腺は腫大し、FDG-PETの集積部よりもやや狭い範囲ではあるが、前立腺辺縁域正中を中心に低信号を示し、拡散強調像(b=1000)で高信号を示していた。ガドリニウム造影剤により、FDG-PETの集積部と一致した範囲が早期相で造影され、後期相で造影効果のwashoutが認められた(図7)。

前立腺病理所見：PSAは低値であるが、画像所見上前立腺癌が強く疑われたため、超音波ガイド下経直腸前立腺針生検が施行された。病理学的検索が行われ、12/16か所よりPSA染色陽性、内分泌マーカー陰性の腺癌が検出され、低分化型前立腺癌(Gleason score 4+4)の診断となった。

診断後経過：診断後はホルモン療法が施行され、病勢評価のための画像検査は今後施行される予定である。

#### 《考 察》

$^{18}\text{F}$ -FDGは主に尿路系から排泄されるため、腎臓や尿管、膀胱や前立腺の悪性腫瘍では転移巣の評価には用いられるものの、原発巣の評価は困難であり、本邦での施行率は高くない。さらに前立腺癌の $^{18}\text{F}$ -FDGの集積は弱いことが知られている。Francescoらによると<sup>1)</sup>、前立腺に偶発的に $^{18}\text{F}$ -FDG

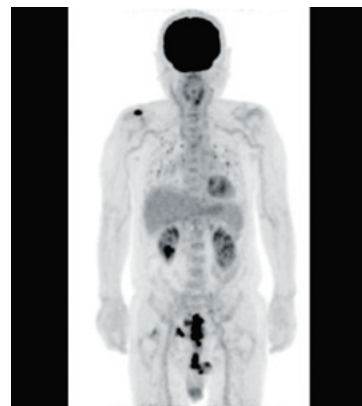


図5  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT MIP画像

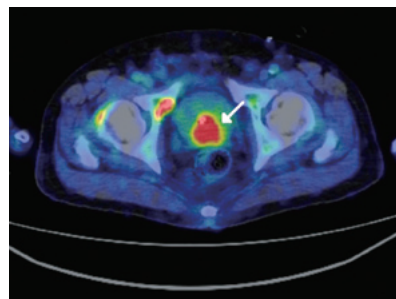


図6  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT fusion画像  
前立腺辺縁域正中を中心に $^{18}\text{F}$ -FDGの集積(矢印)を認める。



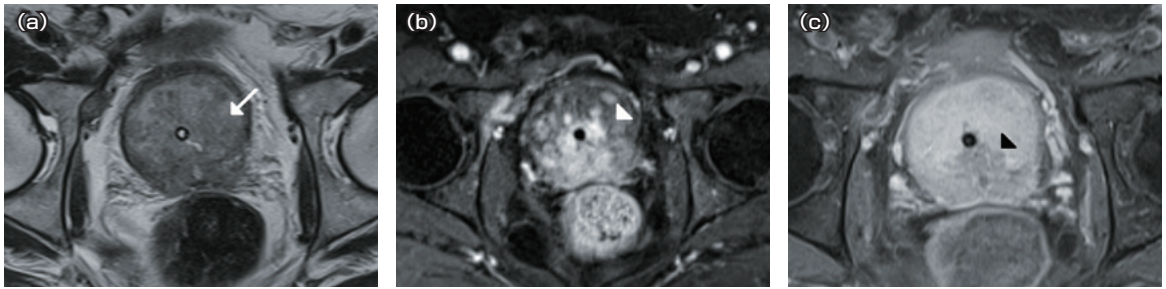


図7 単純MRI T2強調画像 [FA:150, TR:5000.0, TE:94.0] (a), 造影MRI 脂肪抑制T1強調画像早期相 [FA:10, TR:3.8, TE:1.42] (b), 造影MRI 脂肪抑制T1強調画像後期相 [FA:10, TR:3.8, TE:1.42] (c)  
MRI T2強調画像では前立腺辺縁域正中を中心とした淡い低信号域がある(白矢印)。また脂肪抑制T1強調画像早期相では集積と一致した範囲に濃染域を認め(白矢頭)、後期相では造影効果のwash outが認められる(黒矢頭)。

の集積を示した症例の多施設研究では悪性腫瘍群と非腫瘍群のSUV-maxに有意差はなかったと報告されている。

しかしながら、 $^{18}\text{F}$ -FDGで集積を示し、さらなる精査で前立腺癌と診断された症例の報告もあり<sup>2)</sup>、前立腺癌の原発巣評価についてのFDG-PETの有用性についての統一した見解ははっきりとしない。

現在本邦で前立腺癌のスクリーニングに用いられているのは血清PSAである。しかし、PSAが陰性の前立腺癌もあり、文献により多少の差異はあるものの前立腺癌と診断された患者の中で、PSAが $\leq 4.0\text{ng/ml}$ 、つまりPSA陰性の前立腺癌患者は15%程度含まれるといわれている<sup>3)</sup>。PSA陰性の前立腺癌の悪性度については、低悪性度の腺癌の場合、浸潤傾向が弱く基底膜を破壊できないため、血清PSA値が上昇しないという意見や、高悪性度の腺癌の場合は分化度が低い為、PSA分泌能に乏しく、PSAが上昇しないという意見など様々であり、こちらもまた統一した見解はない。またPSAがスクリーニングに用いられ続けている影響で、PSA陰性前立腺癌の数は過小評価されている可能性もある。

PET検査とPSA測定をスクリーニングに用いた際の有用性については、当然のことながらコストや簡便性において血清PSA測定の方が優れている。しかしながら、本症例と同様にPSA陰性前立腺癌で $^{18}\text{F}$ -FDGが集積を示したという症例報告も認められる。医学中央雑誌で検索を行ったところ、本邦でPSA陰性で $^{18}\text{F}$ -FDGが集積を示した前立腺癌の報告や学会発表議事録は6例あり、本症例と併せ8例である<sup>4)-7)</sup>。その組織型の内訳は腺癌が6例(Gleason Score 6: 2例, 7: 3例, 8: 1例)、扁平上皮癌1例、小細胞癌1例であった。

PSA陰性患者に対する前立腺生検は悪性度の低い偶発癌を増加させる可能性があり、それと同様にPSA陰性患者に対するFDG-PETも臨床的意義の低い偶発癌の発見の増加につながる可能性がある。しかし、 $^{18}\text{F}$ -FDGが集積を示したPSA陰性前立腺癌には腺癌の高悪性度例や扁平上皮癌・神経内分泌癌などの特殊な組織型の癌も含まれており、さらに直腸診などで所見がなく、 $^{18}\text{F}$ -FDGの集積のみが陽性所見であった前立腺癌の報告も認めら

れ、前立腺への $^{18}\text{F}$ -FDGの集積を過小評価することの危険性が示唆される。

現段階では前立腺のスクリーニングを目的にFDG-PETを施行する意義は高くはないかもしれないが、前立腺に集積を認めた際はPSAが陰性であっても、他の画像検査や直腸診などの結果とあわせて、より侵襲的な前立腺針生検の施行を積極的に検討する必要があると考えられる。また転移巣評価のみではなく、治療効果判定を含めた原発巣評価についてもFDG-PETの検査意義に関しては検討の余地があるものと考えられ、今後さらなる症例の集積が望まれる。

#### 《参考文献》

- 1) Francesco B, et al: Multicentre study of  $^{18}\text{F}$ -FDG-PET/CT prostate incidental uptake. Jpn J Radiol 33: 538-546, 2015
- 2) Insang H, et al: Is further evaluation needed for incidental focal uptake in the prostate in  $^{18}$ -fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography-computed tomography images? Ann Nucl Med (2013) 27: 140-145
- 3) Thompson IM, et al: Prevalence of prostate cancer among men with a prostate-specific antigen level  $\leq 4.0\text{ng}$  per milliliter. N Engl J Med 350: 2239-2246, 2004
- 4) Kajiwaru M, et al: Prostate cancer suggested by  $^{18}\text{F}$ -FDG-positron emission tomography/CT findings: A case report. Nishinon J. Urol. 72: 108-111, 2010
- 5) 古市欣也・他: FDG-PETで異常集積を認めた前立腺小細胞癌の1例. 臨床放射線. 53: 928-932, 2008.
- 6) 澤田洋平・他: FDG-PETの集積を契機に発見された前立腺癌の一例(会議録/症例報告). 泌尿器外科(0914-6180)28巻臨増: 884, 2015
- 7) 真鍋由美・他:  $^{18}\text{F}$ -FDG-PETで前立腺に集積を認めた症例についての検討(会議録). 日本泌尿器科学会雑誌(0021-5287)100巻2号: 279, 2009

## 症例クイズ

## 解答編(平成29年7月症例検討会から)

須山 淳平<sup>1)</sup> SUYAMA Jumpei 丸野 廣大<sup>2)</sup> MARUNO Hirokata 堀田 昌利<sup>3)</sup> HOTTA Masatoshi  
南本 亮吾<sup>3)</sup> MINAMIMOTO Ryogo 橋本 禎介<sup>4)</sup> HASHIMOTO Teisuke

前号に平成29年7月放射線診療研究会症例検討会で出題された問題を掲載しております。本号で以下に解答および解説を呈示いたします。

【症例1】(出題:丸野廣大先生)

解答:問題1(1)または(2), 問題2(1), 問題3(3)

狭心痛が疑われた70歳代男性の運動負荷シンチグラフィである。喫煙歴や飲酒歴はないが、高血圧や糖尿病があり、心筋虚血のriskが考慮される。既往症としては脳血管イベントも挙げられている。また、負荷心筋シンチグラフィ施行時に、負荷時胸痛や有意なST変化があり、虚血の存在が示唆される。

問題1では虚血の範囲が問われており、集積分

解答を送って頂いた方には感謝致します。回答者の中から優秀賞を送らせて頂きます。

布をみると選択肢(2)のLADとRCAの2枝病変とまず考えられる。負荷シンチグラフィでは、特に男性では下後壁の深部減衰による見かけ上の集積分低下(attenuation artifact)の可能性を考慮すべきであり、さらに提示された投影像を確認すると、肝臓が近接しており、近接する高集積分によるartifact(streak artifact)の可能性も考慮される。そのため、本症例のような血流分布がられた場合は、選択肢(1)と(2)の双方を考慮する必要がある。実際に、本症例によるCT吸収補正画像では、下後壁のカウント低下が補正されており、心筋虚血がLAD領域に限局している事がわかる(図3)。

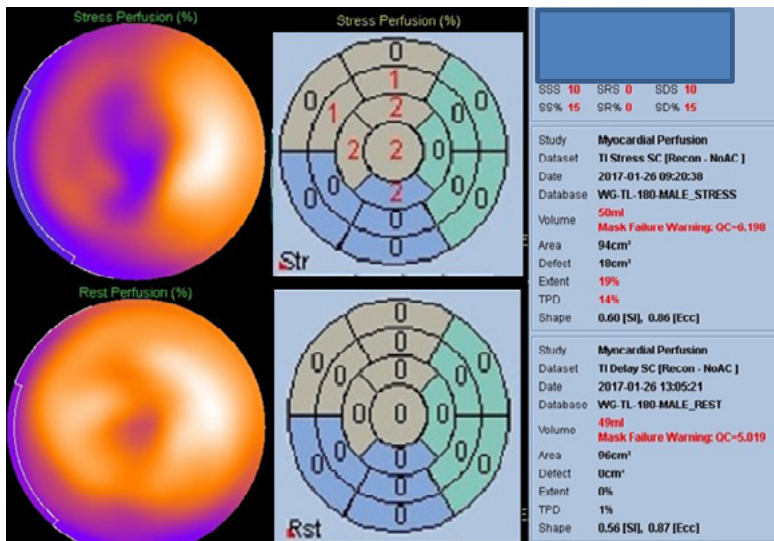


図14 極座標表示

- 1) 湘南医療大学 保健医療学部 〒244-0806 神奈川県横浜市戸塚区上品濃16-48  
TEL : 045-821-0111 FAX : 045-821-0115 E-mail : suyama@fureai-g.or.jp
- 2) 虎の門病院 放射線科
- 3) 国立国際医療研究センター 放射線核医学科
- 4) 獨協医科大学 放射線医学教室



図15 CAG(LCA)

問題2では、polar mapを確認すると心室中隔の心基部を含むLAD領域に広範な取り込み低下と再分布が認められており、LADの近位部に狭窄病変が存在していると考えられる。今回の症例では、前壁心基部側での虚血も認めており、この領域は(第1)対角枝の灌流域であることが多く、選択肢としては(1)と考えられる。

問題3では狭心症の治療方法の選択について問われており、負荷心筋血流SPECTで虚血心筋量が10%以上であると再灌流療法が有効であり、軽度虚血(10%未満)の場合は薬物療法が望ましいとされている<sup>1)</sup>。心筋SPECTで虚血心筋量はTPD(Total Perfusion Deficit)やSSS(Summed Stress Score)あるいはSDS(Summed Difference Score)によって評価され、SSSでは10%以上の虚血は8以上のスコアとされる。本症例の自動解析ではSSS=6、TPD=8%と軽度虚血示しており、薬物治療が適応のようにみられる。ただし、SPECTを視覚評価すると数値よりは強い虚血があるように見え、さらによく確認すると解析範囲心基部側に広すぎると考えられる。そのため、手動で解析範囲を適切に調整すると図14のようになり、SSSやTPDの値が大きくなって虚血心筋量が10%を超えるため、解答は選択肢の(3)となる。

ソフトウェアによる自動解析では、同様の現象が起こることがあり、通常は主観の入らない自動解析が有用であるが、視覚評価と解析結果が大きく乖離する場合は手動での範囲の調整が必要である。

その後施行されたCAGでは、LAD #6、#7にそれぞれ高度狭窄を認めた(図15)。また、LCX、RCAには有意狭窄は認められなかった。第1対角枝は#6の狭窄病変より遠位部より分岐している。

(今回の症例の内容について、artifactの種類、血管走行と虚血範囲の関係、スコアリングの意味と治療適用等については、成書の他に放射線診療研究会のホームページよりアクセスできるコンテンツ集に資料が掲載されており、御参考にしていただきたい。)

#### 《参考文献》

- 1) Hachamovitch R, Hayes SW, Friedman JD, et al. Comparison of the short-term survival benefit associated with revascularization compared with medical therapy in patients with no prior coronary artery disease undergoing stress myocardial perfusion single photon emission computed tomography. *Circulation*. 2003 Jun 17;107(23):2900-7.

【症例2】(出題：堀田昌利先生)

解答：問題1(5)、問題2,3(2)

問題1 CTで広範な腹腔内腫瘍を認める。FDG-PETでは強いFDG集積を認め、病変分布がより明瞭である。図16で示すように、小網、大網、小腸間膜への強いFDG集積を認めている。

問題2,3 本症例では、大網・小網・小腸間膜・

回盲部に多発する腫瘍性病変を認めている。単純CTでは水濃度～軽度高吸収値、造影CTでは辺縁部主体に早期濃染を認め、後期相では内部に造影増強が広がっている。FDG-PET/CTでは、肝臓と同程度の集積があり、集積は比較的均一であった。経過としては、術前診断では虫垂原発腹膜偽粘液腫と考えられたが、大網結節が典型的でなく、診査腹腔鏡を優先した。腹腔内は囊胞様腫瘍が散在し、かつ穿孔して血性的内容物が流出していた。



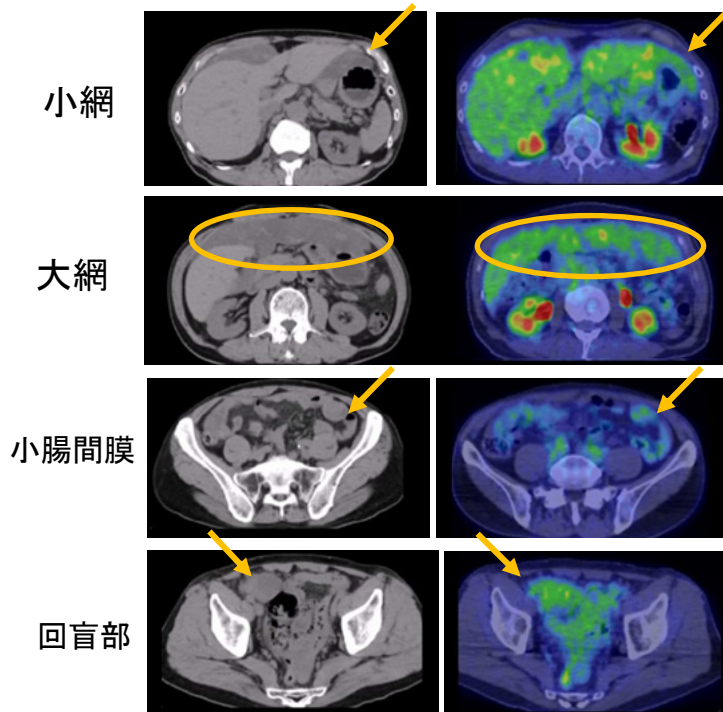


図16 単純CTとPET-CT 小腸、大腸、小腸間膜に腫瘍形成があり、強いFDG集積を認めている(矢印および円)。

腫瘍切除され、病理所見では紡錘形細胞が束状になって錯綜しながら増殖。核分裂像が数多く見られ(2個/HPF程度)、また細胞が密な部分と、基質が増加し浮腫状の肉芽組織様に見えるところがあった。免疫組織学的にはc-Kit(+), CD34(-), desmin(-), S100(少数+), Ki-67(30-40%)であり、GIST(高リスク群)と診断された。そのため問題2、3の解答としては選択枝(2)となる。

GISTは消化管粘膜下に発生する肝葉系腫瘍であり、カハール細胞に由来する。免疫組織学的にKITもしくはCD34陽性となる。発生部位としては、胃(50~70%)、小腸(20~30%)が大部分を占め、大腸や食道は稀であり、腸間膜原発も存在する<sup>1)</sup>。画像所見としては、サイズが小さい場合は内部均一だが、サイズが大きくなるにつれ不均一になるとされる。

また、石灰化を伴うことがある(約25%)。FDG-PETでは約8割程度にFDG集積を認める。悪性を示唆する所見としては、5cm以上、内部変性(出血・壊死)、辺縁不整、血流豊富が挙げられ、腹膜播種を生じることがある<sup>2)</sup>。

今回の症例の画像的な特徴である、嚢胞様所見、多血性、FDG集積の3所見を元に、鑑別所見を行ったところ(表1)、GISTの播種が最も考えられる。

腹腔内播種様の病変で、嚢胞状(変性)、多血性、びまん性FDG集積亢進などの所見を認めた場合、GIST播種も留意すべきである。

《参考文献》

- 1) Ghanem N, Althoefer C, Furtwängler A, et al. Computed tomography in gastrointestinal stromal tumors. Eur Radiol. 2003 Jul;13(7):1669-78.
- 2) Antoch G, Kanja J, Bauer S, et al. Comparison of PET, CT, and dual-modality PET/CT imaging for monitoring of imatinib (STI571) therapy in patients with gastrointestinal stromal tumors. J Nucl Med. 2004 Mar;45(3):357-65.

表1 鑑別診断

	嚢胞様	多血性	FDG集積
結核性腹膜炎	△/×	△/×	○
GIST播種	△/○	○	○
腹膜偽粘液腫	○	△/×	△
腹膜中皮腫	△/×	×	○
リンパ管腫	○	×	△/×

## 【症例3】(出題：橋本禎介先生)

## 解答：問題1(5)，問題2(5)，問題3(2)

問題1 傍矢状洞部と頭蓋底部に2個の腫瘤がある。髄膜腫はT1強調像やT2強調像で脳灰白質と同等の信号を示すことが多く、本症例のようにT2強調像やFLAIR画像で軽度高信号を示すこともある。また、均一で強い造影効果をきたしており、髄膜腫と考えられる。頭蓋底側のものは硬膜面に沿って進展し、信号強度や造影効果は傍矢状洞の髄膜腫と同様であり、明瞭なdural tail signを認めるため、板状髄膜腫(en plaque meningioma)と考えられる。板状髄膜腫は、平坦でシート状の硬膜に沿って広がるタイプの髄膜腫で、頭蓋内では中頭蓋窩(特に蝶形骨洞部)で多いとされている。このタイプの髄膜腫は骨進展をきたすことが多いとされ、本症例においても斜台や左錐体骨への進展が認められる。したがって、いずれも髄膜腫と考えられ、解答は選択枝(5)となる。

問題2 問われている腫瘍は腹部～骨盤部におよぶ大きなものであり、多房性の嚢胞性病変で、一部に明確な石灰化が見られている。造影効果は漸増性に強く認められる。MRIでは嚢胞内がさまざまな信号に見られ、一部は液面形成を来している。chemical shift imagingでは、脂肪成分は同定されない。卵巣上皮性腫瘍では漿膜性腫瘍で石灰化を伴ってくることがあるが、粘液性ではまれなことや典型的なstained glass appearanceの所見とは異なることから、(1)の粘液性嚢胞腺腫とは考えにくい。今回の選択枝に挙げられた他の間葉系腫瘍を積極的に示唆する所見も認められない。すべての選択枝の除外困難と思われる。結果的にはparagangliomaなので解答は選択枝(5)となり、強い造影効果が多血性腫瘍であるparagangliomaの性質を反映したものと考えられる。

問題3 血圧上昇と血液所見から交感神経節由来の腫瘍の可能性が考えられ、交感神経シンチグラフィの結果から腹部の巨大腫瘍が原因病変であることが分かる。実際にこの症例では腫瘍摘出がされており、病理所見で確定診断を得ている。大きな腫瘍であるが、脈管浸潤が認められず、またMib-1indexも1%以下と増殖能は低い腫瘍であった。pheochromocytomaは副腎由来であり、副腎

外の交感神経節由来のものがparagangliomaとされるため、診断としては後者となる。褐色細胞腫/傍神経節腫の核医学診断においては、交感神経シンチグラフィ( $^{123}\text{I}$  - ,  $^{131}\text{I}$  - MIBG)が1990年代より使われてきた。MIBGはノルエピネフリン類似物質であり、交感神経系腫瘍によく集積するため、本症例のように腫瘍診断に大きな役割を果たす<sup>1)</sup>。近年の報告では、FDG-PETはさらに高集積が特徴で、感度も高い。特異性は低いが、paragangliomaの局在診断や転移巣の検索に有用である<sup>2,3)</sup>。 $^{68}\text{Ga}$ -DOTATATE PETの有用性も報告されている<sup>4)</sup>。MRI拡散強調像でのADC値は低い傾向にあり、副腎腫瘍の鑑別ではSUV値との組み合わせ有効との報告もある<sup>5)</sup>。

## 《参考文献》

- 1) Rufini V, Treglia G, Perotti G, et al. The evolution in the use of MIBG scintigraphy in pheochromocytomas and paragangliomas. *Hormones (Athens)*. 2013 Jan-Mar;12 (1): 58-68.
- 2) Blanchet EM, Gabriel S, Martucci V, et al.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT as a predictor of hereditary head and neck paragangliomas. *Eur J Clin Invest*. 2014; 44 (3): 325-332.
- 3) Tan TH, Lee BN, Hussein Z, et al. Diagnostic Performance of  $(^{68}\text{Ga})$ -DOTATATE PET/CT,  $(^{18}\text{F})$ -FDG PET/CT and  $(^{131}\text{I})$ -MIBG Scintigraphy in Mapping Metastatic Pheochromocytoma and Paraganglioma. *Nucl Med Mol Imaging*. 2015 Jun;49(2):143-151.
- 4) Chang CA, Pattison DA, Tothill RW, et al.  $(^{68}\text{Ga})$ -DOTATATE and  $(^{18}\text{F})$ -FDG PET/CT in Paraganglioma and Pheochromocytoma: utility, patterns and heterogeneity. *Cancer Imaging*. 2016 Aug 17; 16(1): 22.
- 5) Nakajo M, Nakajo M, Fukukura Y, et al. Diagnostic performances of FDG-PET/CT and diffusion-weighted imaging indices for differentiating benign pheochromocytoma from other benign adrenal tumors. *Abdom Imaging*. 2015 Aug; 40 (6): 1655-65.



## 技術講演

## CZT 検出器を用いた新しい全身用SPECT/CT (Discovery NM/CT 670 CZT)の使用経験

松成 一朗 MATSUNARI Ichiro

### 《はじめに》

現在のSPECTで主流となっているのはアンガー型ガンマカメラであり、ヨウ化ナトリウムクリスタルに光電子増倍管を組み合わせ、ガンマ線を電気信号に変換することで画像を得ている。Cadmium zinc telluride (CZT) 検出器は、ガンマ線を直接電気信号に変換するため、エネルギー分解能が高くコントラストの良い画像が得られる。また、光電子増倍管を必要としないため、非常にコンパクトである。CZT 検出器を用いたSPECTは、小動物用装置や心臓専用装置、乳房専用装置などが開発され、その優れた性能により高画質であるのみならず短時間収集や被曝量低減などの面でも従来型SPECTを凌駕することが様々な報告で明らかになっている。Discovery 670 NM/CT CZTは、CZT 検出器を使用した世界で初めての全身用SPECT/CTである。埼玉医科大学病院では、日本での第1号機として本装置を導入し、2017年7月より核医学検査を開始している。本稿では、本装置について概説するとともに、初期使用経験を述べる。

### 《装置の構成およびコリメータ》

本装置の外観を図1に示す。2検出器型SPECTと16列CTからなり、基本構成は他のDiscovery 670シリーズと同様であるが、CZT 検出器の構造上、光電子増倍管が存在しないため、コンパクトである。また、CZT 検出器の1ユニットの大きさは4センチ四方であり、これが縦方向に10ユニット、横方向に13ユニット配列されている。この結果、有効視野は39×51cmを実現している。ここで特筆すべきは、detector frameと呼ばれる領域が極めて狭く(図2)、頭部を撮像する

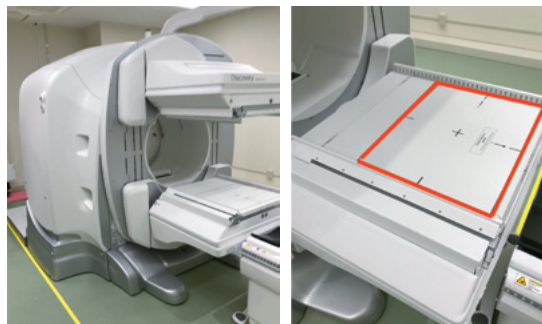


図1 Discovery NM/CT 670 CZTの外観

図2 検出器の外観。赤い線で囲った部位が撮像範囲である。

際など肩に触れることなく近接撮像が可能な点である。心筋SPECTの際にも検出器が両腕と接触し邪魔になることが少なく、両腕の挙上が容易である。コリメータはWide energy high resolution (WEHR)コリメータと呼ばれる平行孔コリメータが付属しており、これですべての撮像を行う。ただし、撮像可能エネルギーは250 KeVまでであるため、 $^{67}\text{Ga}$ や $^{131}\text{I}$ などエネルギーの高い核種の撮像には向かない。

エックス線CTにはASiRと呼ばれる逐次近似法を用いた画像再構成方が搭載されており、低線量でも高画質なCT画像が得られる。また、心電図同期撮像ができ、冠動脈石灰化の評価も可能である。

画像処理装置としてはXelerisワークステーションが付属しており、撮像データは自動的に本ワークステーションに転送され、画像再構成を含めすべての処理を行う。またQGSなど一般的な処理に加えて、Q Metrixを用いたトレーサー集積の定量やLister toolによるリストモード収集データの解析が可能である。

## 《基本性能》

CZT 検出器の特徴の一つとして、エネルギー分解能が高いことが挙げられる。本装置でも<sup>99m</sup>Tcでのエネルギー分解能は約6% FWHMであり、従来のNaIに比べて2倍近い性能が得られている。また、システム感度は従来型のDiscovery 670よりも10-20%高い数値が得られた。空間分解能は、画像再構成法によって大きく異なり、evolutionなどの分解能補正を用いた場合には回転半径によっては5-mm FWHM前後の良好な空間分解能が得られた。

## 《臨床での経験》

## 骨スキャン

同一症例の従来機(Prism 2000)と本装置の骨スキャン画像を図3に示す。従来機に比べてコントラストに優れた画像が得られ、細部の構造まで描出されていた。また、Lister toolを用いて短時間収集での画像を抽出した骨スキャン像を図4に示す。これを見る限り、我々の施設での一般的な収集時間(15分間)の4分の1程度でも十分診断に



図3 従来機とDiscovery NM/CT 670 CZTでの骨スキャンの比較。

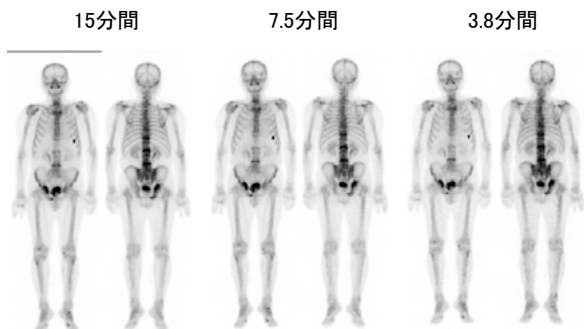


図4 前立腺癌骨転移患者における、Lister toolを用いた短時間スキャンのシミュレーション。

耐える画像が得られるようである。

## 骨SPECT

骨SPECT/CTでは、プレーン像よりも詳細な評価ができるが、本装置ではFunctional anatomical mutual enhancement (FAME)と呼ばれる技術によってCTの情報と併せてSPECT画像を作ることができる(図5)。本技術により、ボケの少ない鮮明なSPECT画像を得ることが出来る。

<sup>123</sup>I-MIBGによる褐色細胞腫の描出

本装置はSPECT/CT一体型の装置であるので、図6に示すようにSPECTとCTの融合画像を容易に作成することが可能である。また、今のところ<sup>123</sup>Iの収集エネルギーウインドウは159 KeV ± 10%としているが、Lister toolを用いてウインドウ幅を変化させた<sup>123</sup>I-MIBGプレーン像を図7に示す。ウインドウ幅を狭くした方が腫瘍のコントラストが改善しており、今後は収集エネルギーウインドウ条件の最適化が必要と思われる。

## 脳血流SPECT

前述のようにdetector frameが狭いため、脳SPECTで近接撮像が可能である。近接撮像の一番の利点は空間分解能の向上である。図8に脳血流<sup>99m</sup>Tc-ECD SPECT画像を示す。SPECTとしては空間分解能に優れた鮮明な画像が得られた。

<sup>123</sup>I-ioflupaneによるドーパミントランスポーターSPECT

ドーパミントランスポーターSPECTは、パーキンソン症候群やレビー小体型認知症の診断に欠かせない検査となっている。本装置では近接撮像

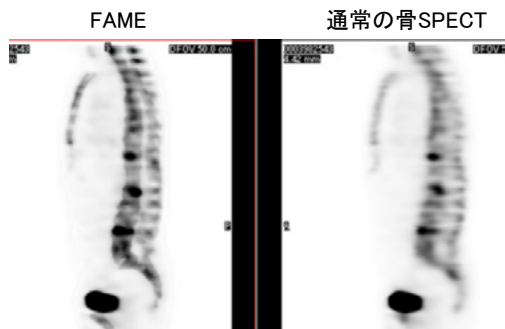


図5 FAMEおよび通常の骨SPECT画像。

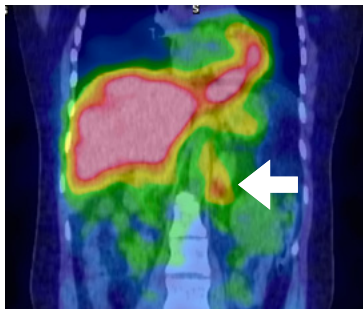


図6 褐色細胞腫(矢印)の<sup>123</sup>I-MIBG SPECT/CT融合画像。

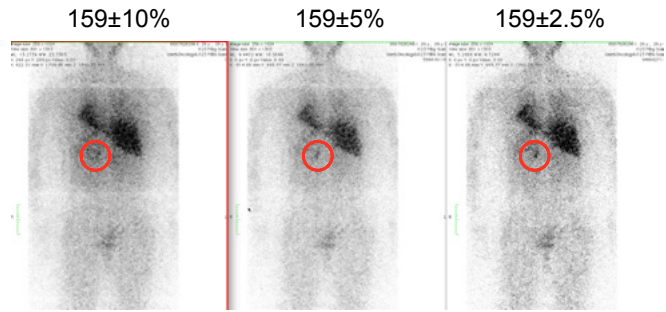


図7 図6と同一症例の<sup>123</sup>I-MIBG プラナー像(後面像)。Lister toolで収集エネルギーウィンドウ幅を狭めると病変のコントラストが改善している。

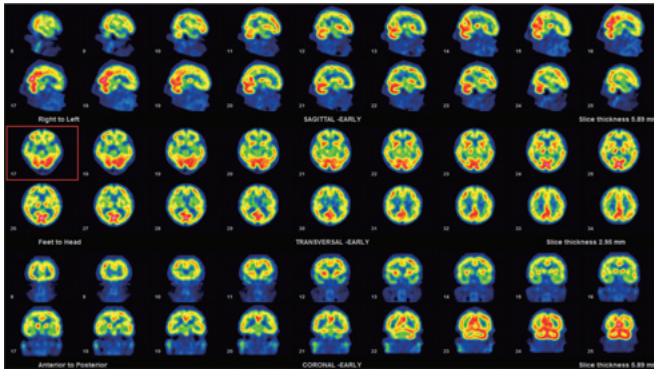


図8 <sup>99m</sup>Tc-ECD脳血流SPECT画像。

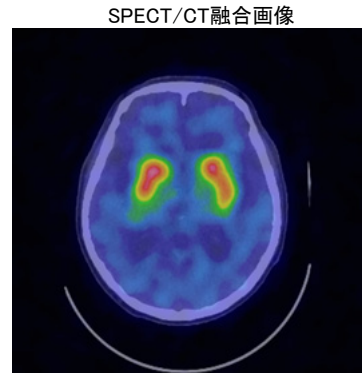


図9 <sup>123</sup>I-ioflupaneによるドーパミントランスポーターSPECT画像。

が可能であるため、脳血流SPECTと同様に空間分解能の高い、良好な画像を得ることが可能であった(図9)。

### 心筋血流SPECT

CZT検出器を用いた心臓専用SPECTでは、短時間撮像や被曝量低減など、様々な点で従来のアンガー型SPECTを凌駕することが知られている。全身用SPECT装置である本装置でも心臓専用機のように短時間収集が可能であるかについては興味のあるところである。当施設での安静時<sup>99m</sup>Tc-tetrofosmin心筋血流SPECT収集時間は7.5分であるが、Lister toolを用いて3.8分、1.9分、0.9分のSPECT画像を図10に示す。これを見る限り、短時間収集でも十分な画質が得られるようであるが、現在症例数を増やして検討中である。

### 《まとめ》

CZT検出器を用いた全身用SPECT/CT装置Discovery NM/CT 670CZTはエネルギー分解能や空間分解能など基本性能に優れた特性を示した。また、良好な臨床画像が得られ、骨スキャンなどでは検査時間の大幅な短縮の可能性が示された。

### 短軸断層像

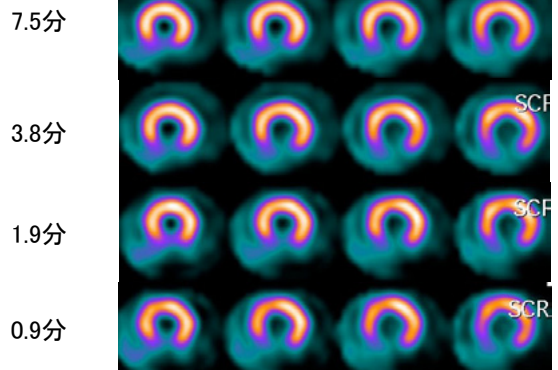


図10 下壁心筋梗塞患者における、Lister toolを用いた短時間SPECTのシミュレーション。

脳SPECTではdetector frameが小さいため近接撮像が可能であり、空間分解能に優れた鮮明な画像が得られた。心筋SPECTにおいても鮮明な画像が得られ、検査時間の短縮の可能性が示された。しかし、本装置での最適な収集エネルギーウィンドウ幅、撮像時間などは確立されておらず、今後の検討が必要である。本装置を用いて、短時間収集や被曝量低減など患者負担の軽減に向けての検討が進むことが期待される。



## 書 評

## 福島へのメッセージ 放射線を怖れないで！

著：須藤鎮世 幻冬舎ルネッサンス新書

2017年2月 ¥800+税

飯沼 武 IINUMA Takeshi

放射線医学総合研究所名誉研究員（医学物理士）

## 《はじめに》

筆者は本誌の前号で、J Nucl Medの2017年1月号に掲載されたLNT仮説に関する論文を紹介しましたが、今回もこのLNT仮説に反論する本を読みましたので、是非、本誌の読者の皆様に読んでいただきたいと投稿させていただきました。

LNT仮説は放射線防護の基本的な考え方として、ICRPを中心に堅持されてきましたが、近年、それに対する反論が増えております。今回、取り上げる本もその一つです。きっと放射線の専門家である読者の皆様にご参考になると思います。また、福島事故後の日本国民の放射線に対する恐怖にも対応する考え方を示唆しています。

## 《本書の概要》

まず、本書の著者である須藤鎮世氏のことは、私は全く知りませんでした。本書の後書きによりますと、東京大学薬学部の卒業で薬学がご専門です。2003年から就実大学薬学部の教授をつとめ、2015年から同大学の名誉教授に就任されたとのこと。ただ、2011年の福島原発事故の後、文科省のボランティア活動として線量測定に行っておられますので、放射線のことはかなり詳しいのではないかと推察します。

本書は以下の5章からなっております。1章：直線閾値なしモデルは捏造された根拠のない仮説、2章：広島・長崎の被爆者の被曝線量の過小評価、3章：広島・長崎の生涯調査は直線閾値なしモデルを支持しない、4章：放射線が生物にとって有益なのは進化の過程で獲得した適応反応があるから、5章：福島の汚染程度は心配するだけ損です。

以上のタイトルを読むと、かなり衝撃的ですが、LNT仮説を全面的に否定しているのが特徴です。その内容を簡単にご紹介します。



第1章では、ショウジョウバエの研究で有名なハーマン・マラーの実験がデータの捏造であると、様々な論文や資料を用いて明言しております。マラーは1946年のノーベル賞受賞者ですから、その発言は大きな影響がありますが、その論文が捏造だったとは驚きです。まず、これによってLNT仮説の基礎が崩れます。

第2章では、広島・長崎の原爆の放射線量は全エネルギーの15%であることを述べ、その後、降った黒い雨(放射性降下物)の影響が過小評価されていたと主張しております。

第3章では、広島・長崎における被爆者の生涯調査の最新の結果では、LNT仮説を支持しないと述べております。その原因の一つが前述の死の灰による線量の過小評価だとしております。

第4章では、放射線に対する基礎的な理解として、放射線の種類や単位などについて解説した後、我々人類は誕生以来、ずっと放射線と共存してき

たこと、そして進化の過程で適応応答(Adaptive Response)を獲得し、生命を防御するシステムを作ってきたと述べています。

第5章では、最後に福島汚染に触れ、その現状を説明しております。例えば、2017年現在、個人線量計で測ったデータでは川内村で1.1～5.5mSv/年、飯館村で3.9～17mSvだそうです。著者はこれらの線量では避難はむしろ、有害で、誤った規制であると主張しています。

#### 《筆者の印書》

実は、最初にこの本を見た時、著者のことを全く知らなかったもので、また国民の不安を招くいい加減な内容ではないかと思いました。ご存知の通り、福島事故の後には多くの本が出版され、日本人の放射線恐怖症に火をつけるようなものが多かったのを覚えています。

その一つが広瀬 隆著「東京が壊滅する日 フクシマと日本の運命」であります。この本ではヨーロッパ放射線リスク委員会(ECRR)の計算として、原発から200km以内では40万人が癌にかかるということを書いてあります。これは全くの間違いで恐怖心を煽っています。

しかし、本書を読み進んでいくうちに、科学的なデータに基づく記述であることがわかり、納得がゆきました。巻末の参考文献には国内外の83の

論文のリストが掲載されています。そのため、内容は一般の人には少し難しいと思われるかもしれませんが、本誌の読者は専門家でありますので十分理解できると信じます。

筆者にとっても驚いたのは有名なマラーの論文がデータの捏造であると明言していることです。マラーの人物像も詳しく書かれており、本当だと信じるようになりました。また、広島・長崎の原爆の放射線量に関しても、若い読者の方はほとんど知らないでしょうから、とても勉強になると思います。是非、本書をお読みになり、ご感想をお聞かせください。

福島事故の影響はこれからも長く続くことでしょう。問題は国民の放射線恐怖症による風評被害がなくなるということです。本誌の読者は放射線を専門とする医師ですから、この問題に正しい理解を持ち、患者さんに接しなければなりません。残念ながら、LNT仮説については我々、専門家の間でも意見の不一致があります。しかし、真実を求めて研究と議論を進めることが必要です。皆様は中村仁信先生らの活動を知っておられるでしょう。

今後、日本核医学会や日本医学放射線学会などを通じて、議論を深めましょう。

ご意見は飯沼あてにお送りください。

t.aiinuma3391@kjd.biglobe.ne.jp

**FUJIFILM**  
Value from Innovation

放射性医薬品/  
骨疾患診断薬・脳腫瘍及び脳血管障害診断薬  
処方箋医薬品 注意—医師等の処方箋により使用すること

# テクネ<sup>®</sup> MDP 注射液/キット

製薬基：メチレンジホスホン酸テクネチウム(<sup>99m</sup>Tc)注射液/注射液 調製用 薬価基準収載

※「効能又は効果」、「用法及び用量」、「使用上の注意」等については添付文書をご参照下さい。

製造販売元

**富士フイルム RIファーマ株式会社**

資料請求先：〒104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビル TEL 03(5250)2620  
ホームページ：http://fri.fujifilm.co.jp

2014年9月作成

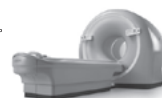
未来の医療を  
変えていく。  
最前線に立ち  
進むべき道へ。



PET/CT装置  
**Ingenuity TF PET/CT**

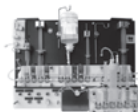
Astonish TFとiDose4の高画質、低被ばく技術を両立したPET/CTシステムです。臨床現場のニーズに基づいた、低被ばくで最適化されたCT画質を体験してください。  
製造販売元：株式会社フィリップスエレクトロニクスジャパン  
販売元：株式会社日立製作所  
販売名：PET/CT装置 Ingenuity TF 医療機器認証番号：225ACBZX00063000

**HITACHI**  
Inspire the Next



放射性医薬品合成設備  
**NEPTIS<sup>®</sup> plug-01**

NEPTIS<sup>®</sup> plug-01は遠隔操作により自動的に放射性標識化合物であるflorbetapir(<sup>18</sup>F)の注射液を製造します。なお、florbetapir(<sup>18</sup>F)の効果・効能は、アルツハイマー型認知症が疑われる認知機能障害を有する患者の脳内アミロイドベータプラークの可視化です。  
製造販売元：日本イライリー株式会社  
販売元：株式会社日立製作所 ヘルステクニクスユニット 医療機器認証番号：226008ZX00279000



キュリメータ

**IGC-8**

ウェル形電離箱を用いた放射能測定装置です。視認性の良い10.4インチカラー液晶タッチパネルディスプレイを採用しています。核医学で一般に使用される核種をはじめ、PET用核種、RI内療法で用いられるα線・β線放出核種を測定できます(最大99核種登録可能)。測定結果は、ドット/ラベルプリンタ(オプション)での印字はもちろん、外部通信インターフェースからも出力できます。

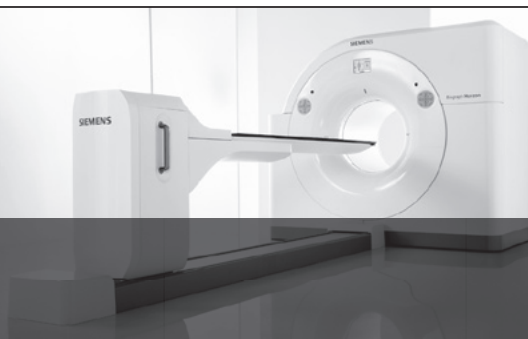


©株式会社 日立製作所 www.hitachi.co.jp/healthcare

**SIEMENS**  
Healthineers

# Biograph Horizon

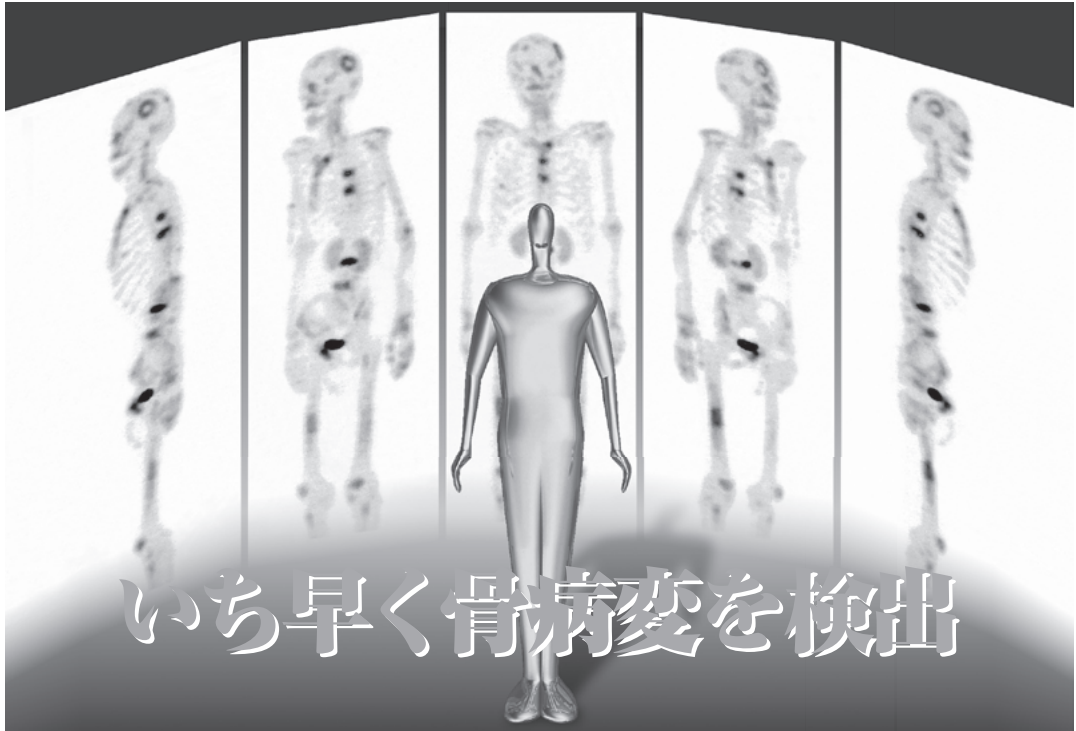
More within reach.



[www.siemens.co.jp/healthineers](http://www.siemens.co.jp/healthineers)

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





# いち早く骨病変を検出

処方箋医薬品<sup>①</sup>

放射性医薬品・骨疾患診断薬

薬価基準収載

## クリアボーン<sup>®</sup>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 (<sup>99m</sup>Tc) 注射液

### 【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

#### 効能又は効果

骨シンチグラムによる骨疾患の診断

#### 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時間の経過を待って被検部の骨シンチグラムをとる。  
年齢、体重により適宜増減する。

#### 使用上の注意

#### 1. 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、投与量は最少限度にとどめること。

#### 2. 副作用

臨床試験及び使用成績調査(全12401例)において副作用が認められた例はなかった(再審査終了時)。

#### (1) 重大な副作用

ショック、アナフィラキシー(頻度不明):ショック、アナフィラキシーがあらわれることがあるので、観察を十分に行い、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。

#### (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

\*自発報告につき頻度不明

#### 3. 高齢者への投与

一般に高齢者では生理機能が低下しているので、患者の状態を十分に観察しながら慎重に投与すること。

#### 4. 妊婦、産婦、授乳婦等への投与

妊婦又は妊娠している可能性のある婦人及び授乳中の婦人には、原則として投与しないことが望ましいが、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。

#### 5. 小児等への投与

小児等に対する安全性は確立していない(現在までのところ、十分な臨床成績が得られていない)。

#### 6. 適用上の注意

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。

#### 7. その他の注意

(1) (社)日本アイソトープ協会医学・薬学部会放射性医薬品安全性専門委員会の「放射性医薬品副作用事例調査報告」において、まれにアレルギー反応(発赤)、その他(悪心、発汗など)があらわれることがあると報告されている。

(2) 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。

#### 包装

555MBq、740MBq、1.11GBq、1.85GBq

詳しくは添付文書をご参照ください。

®:登録商標

注) 注意-医師等の処方箋により使用すること



資料請求先

日本メジフィジックス株式会社

〒1136-0075 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

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。

<http://www.nmp.co.jp>

2015年6月改訂

# Canon

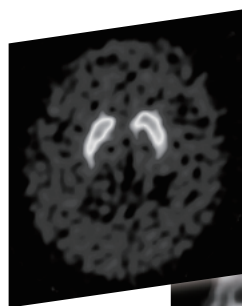
## 4倍の実効感度

従来の汎用装置\*に対して、三つの検出器で1.5倍、ファンビームコリメータで2倍、3D-OSEM再構成で1.3倍、合計4倍のデータ収集効率を実現。高画質イメージング、短時間イメージング、さらに動態イメージングへの応用が可能です。

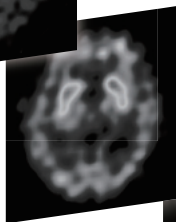
\*二検出器型・LHERコリメータ・FBP再構成を想定。

## 7mmの空間分解能

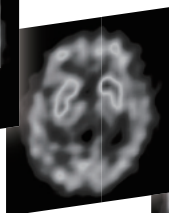
データ収集効率と空間分解能はトレードオフの関係。優れたデータ収集効率を有するからこそ、SPECT分解能7mmの超高分解能ファンビームコリメータが実用可能です。PETに迫る高分解能イメージングを追求します。



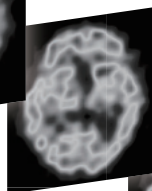
3H



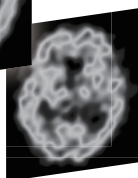
16 min



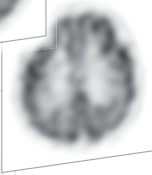
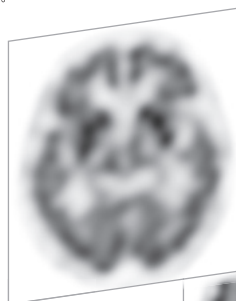
14 min



6 min



1 min



最高のSPECT画像を『GCA-9300R』で。

# GCA-9300R™

To meet your demand for the highest quality.

デジタルガンマカメラ GCA-9300R  
認証番号:225ADBZX00120000



キヤノンメディカルシステムズ株式会社 <https://jp.medical.canon>

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。

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, 投稿先)

〒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

2018年1月20日発行