

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

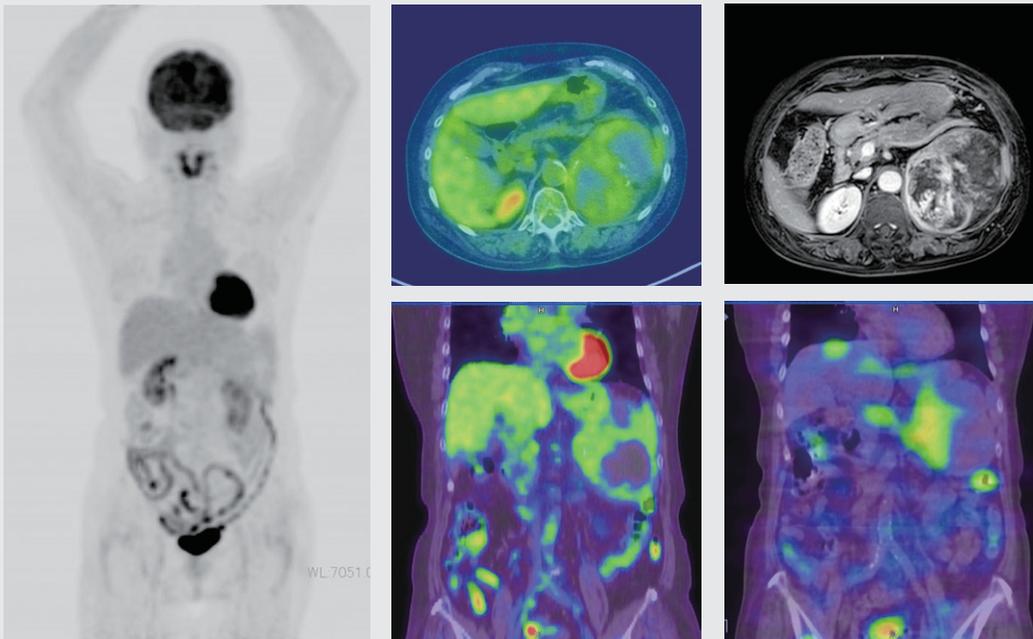
2020

Vol. 53 No. 6

11月号 81~96頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算258号(奇数月刊行)

<http://www.meteo-intergate.com>(本誌論文検索用)*See Page 82*ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

-
- [症例報告] ^{18}F FDG-PET/CTが診断に寄与した巨大副腎皮質腺腫の一例…………… 82
松尾 有香
- [総 説] 神経内分泌腫瘍とソマトスタチン受容体イメージング…………… 85
中本 裕士
- [技術報告] 全身用CZT半導体SPECT (VERITON NM) の使用経験…………… 89
鈴木 康裕
-

症例報告

¹⁸F-FDG-PET/CTが診断に寄与した巨大副腎皮質腺腫の一例A case of giant adrenocortical adenoma in which ¹⁸F-FDG-PET/CT contributed to diagnosis松尾 有香¹⁾ MATSUO Yuka 山本 智子²⁾ YAMAMOTO Tomoko 坂井 修二¹⁾ SAKAI ShujiKey Words : adrenocortical adenoma, ¹⁸F-FDG-PET, I-131 adosterol scan

《はじめに》

無症状で副腎腫瘍が発見されることはしばしば遭遇する。今回、無症状で施行されたスクリーニングの腹部超音波検査にて巨大な左副腎腫瘍を指摘され、術前の核医学検査が腫瘍の性状を評価する一助となり得た症例を経験したので、報告する。

《症 例》

【患者】70歳代，女性

【現病歴】

8年前のスクリーニングの腹部超音波検査で左副腎に5 cm大の腫瘍を指摘されたが、無症状であり経過観察となっていた。その後、増大傾向が見られたため、紹介受診となり精査加療の方針となった。

【既往歴】高血圧，糖尿病，逆流性食道炎

【初診時現症】：血圧131/60，心拍数88bpm，身長149.2cm，体重56.9kg，腹囲95cm

【血液検査所見】

ACTH：5.0pg/mL（基準値7.2-63.3），コルチゾール：13.8 μg/dL（4.0-18.3），アルドステロン：43.3pg/mL（36-240），レニン：1.8ng/mL/hr（0.2-3.9），アドレナリン：29pg/mL（基準値<100），ノルアドレナリン：561pg/mL（100-450），ドーパミン：11pg/mL（基準値<20），sIL-2R：339U/ml（145-519）

【画像検査】

造影CTでは、左後腹膜に94×74mmの分葉状の腫瘍を認めた（図1）。内部には粗大な石灰化を含み、dynamic studyにて辺縁部の早期濃染と遷延性の造影効果を認めた。正常な左副腎は指摘で

きず、腎臓、膵臓、胃、脾臓との境界は明瞭であることより、副腎由来の腫瘍が考えられた。

MRIでは、T2強調像にて高信号域と低信号域の混在する充実性腫瘍として描出された。T1強調像にて、小さな高信号域が散見され、出血を含んでいる可能性が示唆された。DIXON法で部分的に脂質の存在が疑われた。造影CTと同様、dynamic studyにて経時的に緩徐な増強効果が見られた。内部の出血、不均一な性状や大きさからは副腎癌も否定できない所見であった（図2）。

FDG-PETでは、指摘されている腫瘍のFDG集積は軽度（SUV_{max} 2.73）で、部分的にはほぼ無集積な領域もみられた。出血、壊死などを含んでいる可能性が示唆された。リンパ節や他臓器には、

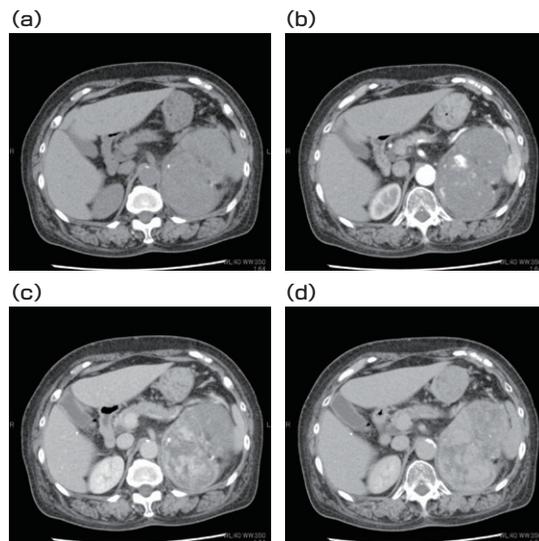


図1 造影CT(ダイナミックCT)検査
左後腹膜に石灰化，脂肪を含む巨大腫瘍を認め(a)，漸増性に不均一な造影効果がみられる(b-d)。

1) 東京女子医科大学 画像診断・核医学科 〒162-0054 東京都新宿区河田町8-1
TEL : 03-3353-8111 FAX : 03-5269-7617 E-mail : matsuo.yuka@twmu.ac.jp

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

2) 東京女子医科大学 病理診断科

Department of Diagnostic Pathology, Tokyo Women's Medical University

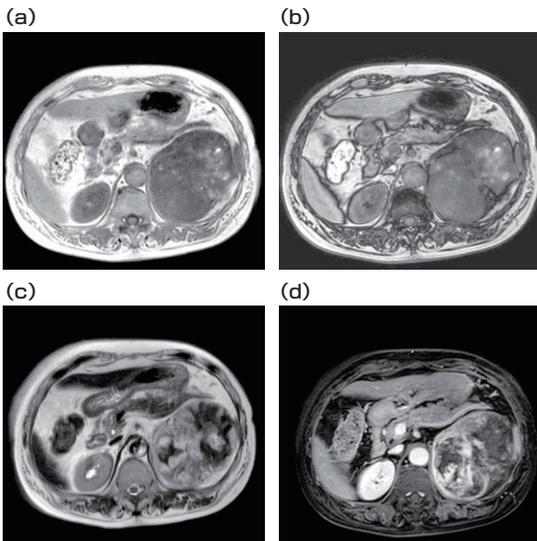


図2 造影MRI検査

T1強調像 in phase(a), opposed phase(b)にて、出血の疑われる高信号域と、脂質の存在を疑わせる opposed phaseでの信号低下が見られる。T2強調像(c)では、内部は高信号域と低信号域が不均一に混在する。造影後は、CTと同様に不均一な増強効果が見られる(d)。

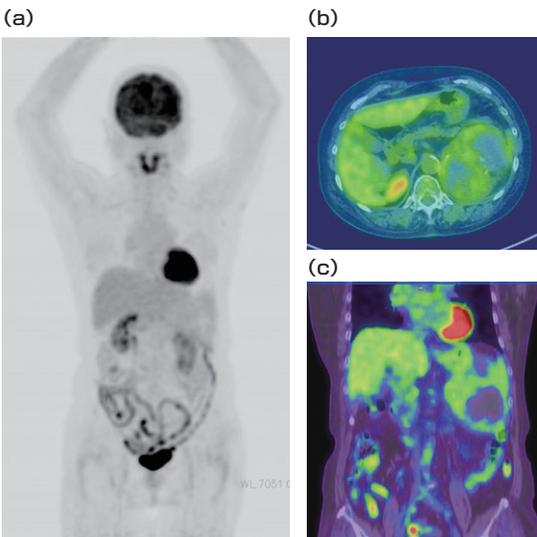


図3 FDG-PET/CT

病変内に不均一な軽度集積を認め、無集積となっている領域も混在する。

転移を疑わせる所見は見られなかった(図3)。

I-131 アドステロールシンチグラフィでは、後面像で淡い腫瘤状の集積がみられた。SPECT/CTにて、腫瘤の大部分では無集積であったが、一部の領域で集積がみられた(図4)。

【臨床経過】

临床上、クッシング兆候は明らかではなかった。ACTH低下、軽度のノルアドレナリン分泌過剰より、subclinical Cushing 症候群と診断された。

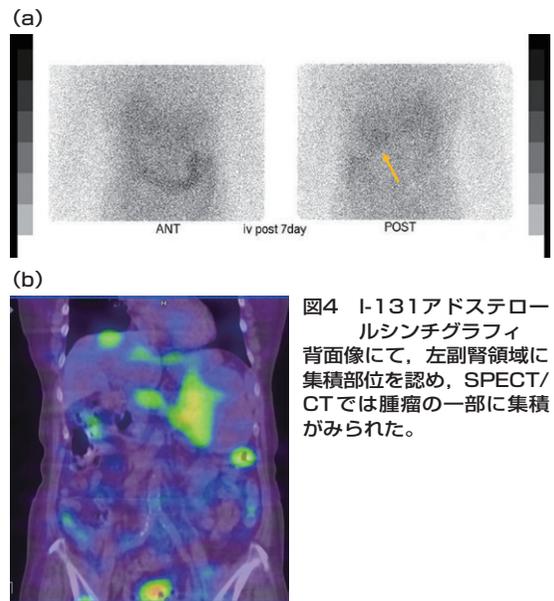


図4 I-131アドステロールシンチグラフィ
後面像にて、左副腎領域に集積部位を認め、SPECT/CTでは腫瘤の一部に集積がみられた。

経過は比較的長い。巨大な左副腎腫瘍、副腎癌や後腹膜由来の肉腫なども否定できないとのこと。左後腹膜腫瘍の摘出術が施行された。

【病理】

125×100mm大の副腎腫瘍を認め、剖面上、黒褐色～褐色の充実性の出血を含む腫瘍がみられた(図5)。組織学的には、腫瘍内には濃縮した小型の核を持ち、好酸性～淡明な胞体を有する腫瘍細胞の充実性増殖が観察された。一部で腫大した核を持つ腫瘍細胞も見られるが、核分裂像は目立たず、腫瘍内に明らかな壊死も見られなかった。脈管侵襲も観察されず、malignancyを積極的に示唆する所見も乏しかった。Weiss criteriaの陽性項目も明らかではなかった。

《考 察》

副腎皮質腺腫は、典型的には5cm未満、比較的均一な低吸収を呈し、早期からの造影効果とwashoutを認める。細胞内脂質により単純CTにて10HU未満、またはMRIのchemical shift imagingにてopposed phaseでの信号低下を認める。サイズの大きい病変では、出血や変性を起こすこともあり、変性腺腫とよばれる。腫瘍内部に液状変性や石灰化、線維化が生じる。副腎の良性病変は、悪性腫瘍よりも有意に小さいといわれている¹⁾。サイズの大きな副腎病変や脂質成分を同定しがたい症例では、CT、MRIのみでの皮質腺腫と副腎癌や転移性腫瘍など他の腫瘍性病変との



図5 肉眼所見

125×100mm大の腫瘍には、剖面上、黒褐色～褐色の充実性の出血を含む領域がみられ、部分的に、出血の乏しい黄色調の部位もあった。

鑑別は困難となる²⁾。本症例に関しても、8年と比較的長い経過ではあったが、9 cmを超える大きなサイズと、内部の不均一な性状から副腎癌との除外が困難な症例であった。摘出された腫瘍は巨大で、内部には出血の著明な黒色、褐色調の部位がみられた。

FDG-PETでは、副腎の悪性腫瘍や褐色細胞腫では副腎腺腫に比してFDGが高集積を呈することが報告されている。脂質の乏しい副腎腺腫の鑑別でcut offをSUV 3.1としたとき、感度98.5%、特異度93%と報告され³⁾、副腎癌の診断では、FDG-PETのnegative predictive valueが高いとの報告もある⁴⁾。また、副腎腺腫の中でもFDG集積が高いものも見られ、機能性腺腫やblack adenomaでFDG集積が高値を呈した症例が報告されている^{5,6)}。

今回の症例では、病変へのFDG集積はSUV_{max} 2.73と軽度であり、このことは、病理で悪性所見を認めなかったこととしても矛盾しないと考えられた。また、機能性腺腫としてはFDG集積が軽度であること、腫瘍の一部にI-131 アドステロール集積がみられたことも、subclinical Cushing症候群をきたした副腎皮質腺腫として矛盾しない所見と考えられた。出血の著明な黒色、褐色調の部位は、FDG-PETにて低集積から無集積であった。また、術前のI-131 アドステロールシンチグラフィにて集積の乏しかった領域もこの黒色、褐色調の領域と考えられ、出血の乏しい黄色調の領域に集積していたと考えられた。

今回、無症状でのスクリーニングにて後腹膜に巨大な腫瘍を認め、手術にて摘出され副腎腺腫と

診断された。術前の評価で、臨床状態、病変の部位、大きさから副腎癌が否定できないと考えられ手術を施行された。病変が巨大であったことで、術後も経過観察をする方針となったが、術前のPET検査が病変の性状評価の一助となり得たと考えられた。

《参考文献》

- 1) Lumachi F, Borsato S, Brandes AA, et al. Fine-Needle Aspiration Cytology of Adrenal Masses in Noncancer Patients. *Cancer Cytopathol.* 2001; 93: 323-329
- 2) Newhous JH, Heffess CS, Wagner BJ, et al. Large Degenerated Adrenal Adenomas: Radiologic-Pathologic Correlation. *Radiology.* 1999; 210: 385-391
- 3) Mester U, Miller E, Lerman H, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT in the Evaluation of Adrenal Masses. *J Nucl Med.* 2006; 47: 32-37
- 4) Nunes ML, Rault A, Teynie J, et al. ¹⁸F-FDG PET for the Identification of Adrenocortical Carcinomas among Indeterminate Adrenal Tumors at Computed Tomography Scanning. *World J Surg.* 2010; 34: 1506-1510
- 5) Shimizu A, Oriuchi N, Tsushima Y, et al. High [¹⁸F] 2-fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG) uptake of adrenocortical adenoma showing subclinical Cushing's syndrome. *Ann of Nucl Med.* 2003; 17: 403-406
- 6) Matsumoto S, Hosoya Y, Lefor AK, et al. A black adrenal adenoma with high FDG uptake on PET/CT scan in a patient with esophageal carcinoma: A case report. *Int J Surg Case Reports.* 2018; 40: 118-121

総説

神経内分泌腫瘍とソマトスタチン受容体イメージング

Somatostatin Receptor Imaging

中本 裕士 NAKAMOTO Yuji

Key Words : neuroendocrine tumor, somatostatin receptor imaging, pentetretotide

神経内分泌腫瘍 (neuroendocrine tumor, 以下 NET と略) は悪性腫瘍のひとつであり, 膵・消化管神経内分泌腫瘍は, 表 1 に示すように分類されている。悪性腫瘍の転移や再発の検索目的では, 検査薬として ^{18}F -fluorodeoxyglucose (FDG) を用いたポジトロン放出断層撮像法 (PET) 検査が広く行われているが, グレードの低い NET G1 や G2 では, CT や MRI で明らかな腫瘍巣をみとめても FDG の異常集積をみとめないことがしばしば経験される。このため NET の治療方針を検討するための画像診断法として, ソマトスタチン受容

体イメージングが利用されている。この検査は, NET の細胞膜に発現したソマトスタチン受容体に親和性を有するオクトレオチドを放射性同位元素で標識して投与し (図 1), 集積分布を画像化することによって, 効率的な病変の検索を可能とするものである。

2020年現在, 国内でソマトスタチン受容体イメージングに用いられる放射性医薬品として承認されているのは, ^{111}In -Pentetretotide (商品名 オクトレオスキャン) である。2015年に承認, 2016

表 1 膵・消化管神経内分泌腫瘍の WHO 分類 (2019)

分類		Ki-67 index	核分裂像数 (/10HPF)
高分化型	NET G1	<3%	<2
	NET G2	3~20%	2~20
	NET G3	>20%	>20
低分化型	NEC (G3)	>20%	>20

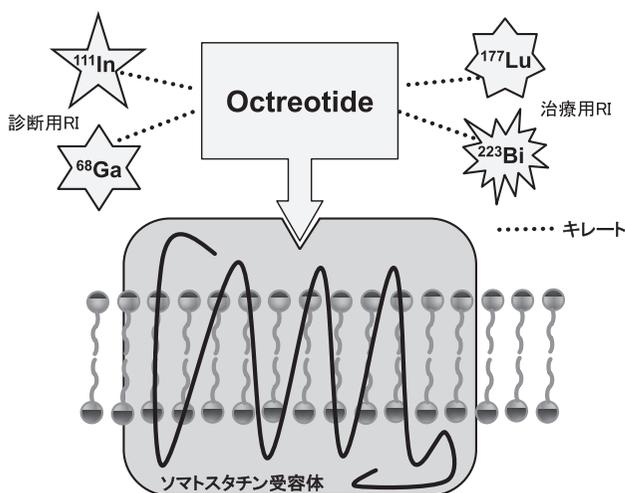


図 1 ソマトスタチン受容体を標的とする画像診断と治療の模式図。

放射性同位元素 (RI) で標識したオクトレオチドを放射性医薬品として体内に投与すると, オクトレオチドがソマトスタチン受容体に高い親和性を有するため, 神経内分泌腫瘍などのソマトスタチン受容体を発現した腫瘍に集積する。 ^{111}In や ^{68}Ga で標識したオクトレオチドを投与すれば画像診断が可能となり, これをソマトスタチン受容体イメージングと呼ぶ。集積性を確認した後に, ベータ線を放出する ^{177}Lu , ^{90}Y , アルファ線を放出する ^{223}Bi や ^{225}Ac で標識したオクトレオチドを投与することにより, 殺細胞効果が期待される。

京都大学医学部附属病院 放射線診断科 〒606-8507 京都市左京区聖護院川原町54

TEL : 075-751-3760 FAX : 075-771-9709 E-mail : ynakamo1@kuhp.kyoto-u.ac.jp

Department of Diagnostic Radiology, Kyoto University Hospital

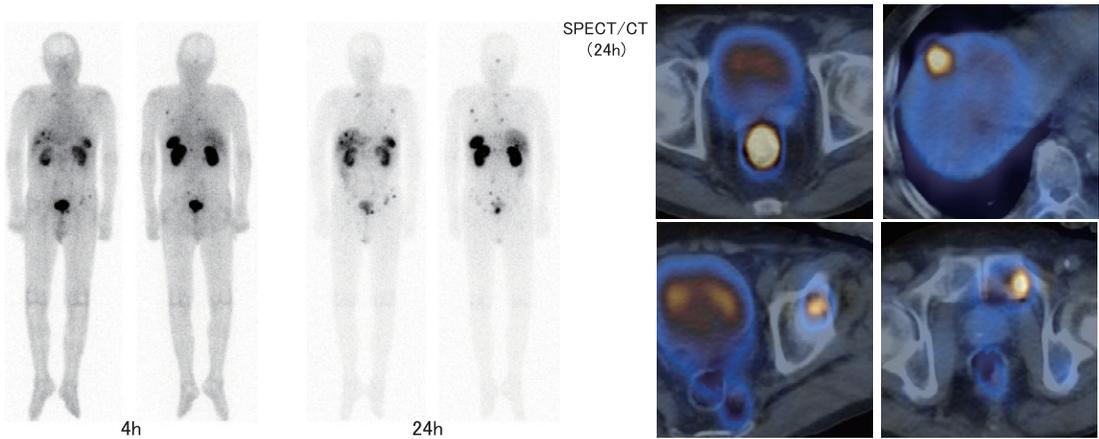


図2 80歳代男性。直腸神経内分泌腫瘍(NET G2)の多発転移。直腸の原発巣、リンパ節転移・肝転移はCTで判明していたが、オクトレオスキャンを用いたソマトスタチン受容体イメージングに予期せぬ多数の骨転移が描出された。

年より臨床現場での使用が開始されている。欧米では¹¹¹In-Pentetreotideは1990年代にすでに承認され、現在は⁶⁸Gaで標識したオクトレオチドを投与し、PET/CTを行うソマトスタチン受容体イメージングが盛んに行われている。

ソマトスタチン受容体を発現する腫瘍はNET以外にも、髄膜腫、下垂体腺腫、甲状腺髄様癌、肺小細胞癌、褐色細胞腫、神経芽腫など様々な腫瘍が知られている。しかしながらNET以外の腫瘍ではFDG-PET/CT検査を含むこれまでの画像診断法にて治療方針を考える上での十分な情報が得られることが多く、病変の検索目的で必ずしもソマトスタチン受容体イメージングまで必要とされない。NETでは、転移・再発巣の検索の際にCTやFDG-PET/CT検査などの従来の画像診断法では描出できないことがあり、ソマトスタチン受容体イメージングによってはじめて病変が明らかになる症例が存在する。さらにFibroblast growth factor (FGF)-23の過剰産生により、低リン血症を引き起こす腫瘍性骨軟化症の責任病巣検索、腎細胞癌の再発診断でも臨床的に有用な情報を提供してくれることがある。

オクトレオスキャンを用いたソマトスタチン受容体イメージング (somatostatin receptor scintigraphy, 以下SRSと略) の実際の検査の流れは次のようなものである。前処置は特に不要である。投与して4時間後および24時間後(+48時間後)に全身の平面像を撮像、続いて腹部などのSPECT(single photon emission CT)撮像を追加

する(図2)。ソマトスタチンをはじめとするソマトスタチンアナログが治療薬として用いられている場合に、腫瘍への検査薬の集積低下を避けるべく、検査前のソマトスタチンアナログは控えることが望ましいとされている^{1,2)}。一方で、ソマトスタチンアナログ投与によってむしろ生理的集積が低下することにより、病変のコントラストが上がる可能性を示唆した報告もある³⁾。検査前にはソマトスタチンアナログを控えておくことが無難であるが、何らかの事情で投与後に施行せざるをえなかったとしても診断に及ぼす明らかな悪影響は少ないかもしれない。

SRSにおける生理的集積として、肝臓、脾臓、副腎、膵鉤部、腸管などが知られている。特に膵鉤部は強い集積をみとめることがあるが、集積のサイズに相当するCT/MRI上の腫瘤をみとめなければ、生理的集積とみなして差し支えないと考えられる。病変への集積程度の目安としてクレニングスコアが知られている(表2)。ただし実際の病変の拾い上げには、集積程度のみならず、集積の部位や形状、対応するCTの形態異常などを加味して行う。

表2 Krenning scoring system.

Score	集積程度
0	無集積
1	非常に低い集積
2	肝臓と同等かそれ以下の集積
3	肝臓を超える集積
4	脾臓を超える集積

Hofman MS, et al. RadioGraphics 2015;35:500
Krenning EP, et al. Ital J Gastroenterol Hepatol 1999;31(suppl 2):S219

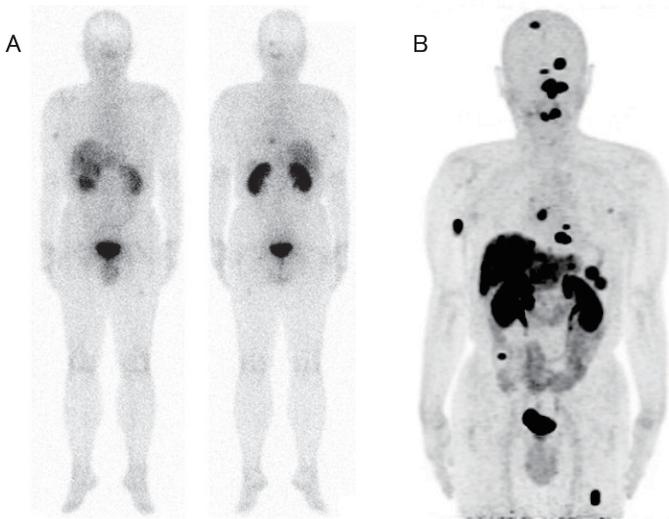


図3 60歳代男性の脳神経内分分泌腫瘍術後症例。オクトレオスキャンの全身像(A), および ^{68}Ga -DOTATOC-PETのMIP(maximum intensity projection)像(B)を示す。いずれの検査においても、多発肝転移、骨転移の診断が可能だが、DOTATOC-PETで得られた画像でより多くの病変が明瞭に描出されている。

表3 各放射性医薬品のソマトスタチン受容体に対する親和性(IC_{50} , nM)

	sst1	sst2	sst3	sst4	sst5
(SPECT 製剤)					
^{111}In -DTPA-OC	>10,000	22	182	>1000	237
(PET 製剤)					
^{68}Ga -DOTA-TATE	>10,000	0.2	>1000	300	377
^{68}Ga -DOTA-TOC	>10,000	2.5	613	>1000	73
^{68}Ga -DOTA-NOC	>10,000	1.9	40	260	7.2

Future Oncol. 2014;10:2259 の Table 1 より改変

日本では ^{111}In 標識のSPECT製剤のみが保険診療として行われているが、諸外国では ^{68}Ga -DOTATATEや ^{68}Ga -DOTATOCを投与したPET検査が頻繁に行われており、診断精度が高まるとともに治療方針への影響もたらされることが知られている⁴⁾。また17文献によるメタ解析によると、DOTATOC-PET/CT検査の感度および特異度はそれぞれ92%、特異度82%で、51%の症例において治療方針に影響を与えたとされている⁵⁾。当施設では2011年より2018年までDOTATOC-PET/CT検査を臨床研究として施行していた。2016年にオクトレオスキャンを利用できるようになった際、同日に両検査を適用した症例がある(図3)。SRSと ^{68}Ga -DOTATOC-PET/CTの両画像を比較すると、すでに報告されているように、当施設においてもSRSで明らかでない病変がDOTATOC-PET/CTを用いることにより描出された症例が6割ほど存在した。これは放射性医薬品自体のソマトスタチン受容体への親和性に加え(表3)、画像化におけるSPECTとPETの相違という物理的な要因が複合した結果と考えられる。しかしながら、症例数が限定的で確定的なことは

言えないものの、治療方針への影響を及ぼしたのは全体の1割程度にすぎなかった。よって、 ^{68}Ga 製剤を用いたソマトスタチン受容体イメージングが利用できない本邦においては、日常診療ではSRSで評価、外科的治療を検討している場合、想定されるべき病変がSRSで検出できていない場合などではDOTATOC-PET/CT検査をオプションとして考慮すると良いのではと考えている。

ソマトスタチン受容体イメージングは単に画像診断として病変の検索目的で臨床的に役立つのみならず、ソマトスタチン受容体を標的とした内照射療法に対しても有用な情報を提供する。図1に示したように放射性同位元素として治療用核種を用いることにより、ベータ線やアルファ線治療が可能となり、ヨーロッパを中心に多数のデータが示されている。ソマトスタチン受容体の発現は当然ながら生検で得られた検体に対して組織学的に行われるが、病変が全身に分布していた場合すべての病変が同程度のソマトスタチン受容体を発現している保証はなく、また全身に散在するすべての病変の検体を得ることは事実上不可能である。

さらに経時的にグレードが変化し、ソマトスタチン受容体の発現程度が変化する可能性もある。全身の状態を非侵襲的に繰り返し評価できる画像診断が期待されることになる。なお、このような類似した構造の医薬品を用いて、診断と治療につながる概念を"Theranostics"と呼ぶことがあり、これは"Therapy"と"Diagnostics"からなる造語である。画像診断で治療効果を予測して、治療を行うもので、個別化医療をもたらすものである。神経内分泌腫瘍に対するこの治療法はPRRT (peptide receptor radionuclide therapy) と名付けられ、すでに第3相の臨床試験のデータが報告されている⁶⁾。本邦では診断、治療ともに遅れてしまっており、一部の患者は海外に渡って治療を受けている現状があるが、前立腺癌のprostate specific membrane antigen (PSMA) を標的とした画像診断と治療とともに、いずれは我が国でも普及していくものと予想している。

神経内分泌腫瘍に対するソマトスタチン受容体イメージングについて解説した。この核医学的画像診断法は、単に病変を見つけることにとどまらず、内照射療法に直結する情報を提供することは大きな長所と考えられる。90年代にはFDG-PET検査が一部の施設にて研究目的で行われていたにすぎないが、現在は日常臨床で不可欠な検査のひとつと認識されている。神経内分泌腫瘍に対するソマトスタチン受容体イメージングも、神経内分泌腫瘍の治療方針決定のために今後ますます重要視されていくものと期待される。

《文 献》

- 1) Bombardieri E, Ambrosini V, Aktolun C, et al. ¹¹¹In-pentetreotide scintigraphy: procedure guidelines for tumour imaging. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2010; 37: 1441-1448.
- 2) Balon HR, Brown TL, Goldsmith SJ, et al. The SNM practice guideline for somatostatin receptor scintigraphy 2.0. J Nucl Med Technol. 2011; 39: 317-324.
- 3) Aalbersberg EA, de Wit-van der Veen BJ, Versleijen MWJ, et al. Influence of lanreotide on uptake of ⁶⁸Ga-DOTATATE in patients with neuroendocrine tumours: a prospective intra-patient evaluation. Eur J Nucl Med Mol Imaging. 2019; 46: 696-703.
- 4) Barrio M, Czernin J, Fanti S, et al. The impact of somatostatin receptor-directed PET/CT on the management of patients with neuroendocrine tumor: a systematic review and meta-analysis. J Nucl Med. 2017; 58 :756-761.
- 5) Graham MM, Gu X, Ginader T, et al. ⁶⁸Ga-DOTATOC imaging of neuroendocrine tumors: a systematic review and metaanalysis. J Nucl Med 2017; 58: 1452-1458.
- 6) Strosberg J, El-Haddad G, Wolin E, et al. Phase 3 trial of ¹⁷⁷Lu-dotatate for midgut neuroendocrine tumors. N Engl J Med 2017; 376: 125-135.

Canon

より鮮やか
TOF
450ps以下の
TOF時間分解能

より広い
Large Bore
ガントリ開口径900mm(CT)
最大FOV700mm

より低被ばく
AIDR 3D
最大50%ノイズ低減、
75%の被ばく低減効果

求められるPET-CTを、ここに。

Large Bore PET-CTシステム
CelesteionTM

東芝メディカルシステムズ株式会社は、2018年1月に
「キヤノンメディカルシステムズ株式会社」へ社名変更いたしました。

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

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

技術報告

全身用CZT半導体SPECT(VERITON NM)の使用経験

Initial experience of Full Body CZT semiconductor SPECT (VERITON NM)

鈴木 康裕 SUZUKI Yasuhiro 栗原 まき子 KURIHARA Makiko 蟹沢 充 KANISAWA Mitsuru
井口 信雄 IGUCHI Nobuo

Key Words : CZT semiconductor, SPECT, Full Body

《はじめに》

現在, X線CTやMRI, PETと比較してSPECTは革新的なハードウェアの進化がない状況が続いていたが, ここ数年の間に半導体化合物テルル化亜鉛カドミウム(CZT)を使用したSPECTが登場している。CZT半導体検出器は, 測定対象のガンマ線エネルギーに合わせた検出器厚とピクセルサイズが決定した上で製造される。また, ピクセル毎に放射線を直接電気信号に変換するため, 従来のヨウ化ナトリウム結晶+光電子増倍管とほぼ同等の検出感度をコンパクトなサイズで実現し, さらに従来のヨウ化ナトリウム結晶+光電子増倍管と比較してエネルギー分解能, 位置分解能に非常に優れている。既に循環器専門である当院は2012年にSpectrum Dynamics Medical社の心臓専用CZT半導体SPECT(D-SPECT)を本邦で第一号機を導入しており, その高い基本性能と革新的なSPECTデータサンプリング技術によって今までは不可能と思われていたDynamic SPECTによる心筋血流予備能評価や ^{99m}Tc と ^{123}I の二核種同時収集をルーチン検査と

して実施するに至っている。さらに2019年10月よりSpectrum Dynamics Medica社が開発した“全身用のD-SPECT”とも呼べる全身用CZT半導体SPECT(VERITON NM)を本邦で第一号機を導入し, 運用開始から約1年が経過した。本稿ではVERITON NMの概要および使用経験を述べる。

《装置の概要》

VERITON NMの外観を(図1)に示す。カラムと呼ばれる12個の放射線検出部を有しており, それぞれのカラム内に40mm×40mm(16×16,ピクセルサイズ2.46mm, 検出器厚6mm)のCZT半導体検出器8枚が直列配置され, その前面にCZT半導体検出器のピクセルに適合させたタングステン製高分解能ピクセルマッチドコリメータ(パラレルホール)が搭載されている。体軸方向の有効視野が320mm(D-SPECTは160mm)を実現し, カラム配置の最大直径は800mm, 最小直径は230mmである。寝台の撮像範囲は2.0mであり, 最大荷重は226kgとなっている。

SPECT撮像の際にはカラムの先端に備えた静



図1 VERITON NMの外観

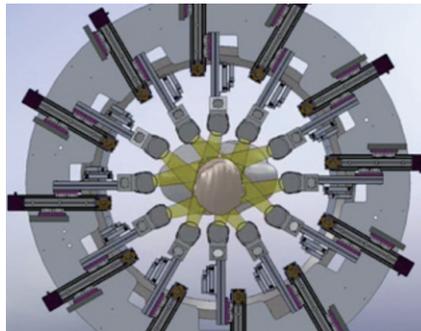


図2 VERITON NMの撮像機構

公益財団法人日本心臓血管研究振興会附属榊原記念病院 放射線科 〒183-0003 東京都府中市朝日町3-16-1
TEL : 042-314-3111内線3016 FAX : 042-314-3150 E-mail : yasuzuki@shi.heart.or.jp

Japan Research Promotion Society for Cardio-Vascular Diseases Sakakibara Heart Institute Department of Radiology

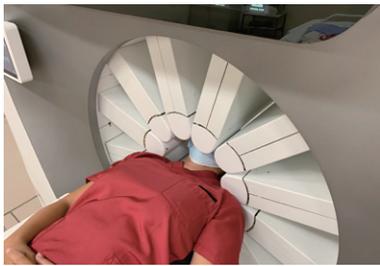


図3 頭部SPECT撮像時



図4 心筋SPECT撮像時



図5 全身SPECT撮像時

電容量センサーによって頭部および体幹部に合わせて自動的にカラムが最近接配置され、12個のカラム内で同時にCZT半導体検出器を回旋動作することで投影データを得る仕組みになっている。(図2)この撮像機構は、カラム配置の大きさによって12個のカラムの軌道を変えて複数回繰り返される。一般的に頭部で3回、体幹部で4～5回である。また、撮像範囲を限定するFocusスキャンモードと限定しないFull FOVスキャンモードを選択することができ、Focusスキャンモード時にはプレスキャンを行って事前に撮像範囲を設定する。これによって12個のカラム配置とCZT半

導体検出器の回旋角度が最適化され、設定範囲内の感度と分解能が飛躍的に向上する。このFocusスキャン方式はD-SPECTと同様であると考えられる。実際の最近接カラム配置を(図3)(頭部SPECT)、(図4)(心筋SPECT)、(図5)(全身SPECT)で示す。

コリメータの交換が出来ない為、撮像可能な対象ガンマ線エネルギー範囲は40～200keV程度であるが、 ^{67}Ga (93keV)、 ^{111}In (171keV)を撮像可能である。また、 ^{131}I (364keV)は対象ガンマ線エネルギー範囲内に使用できるエネルギーピークが無い為、現状は撮像困難であると考えられる。本装

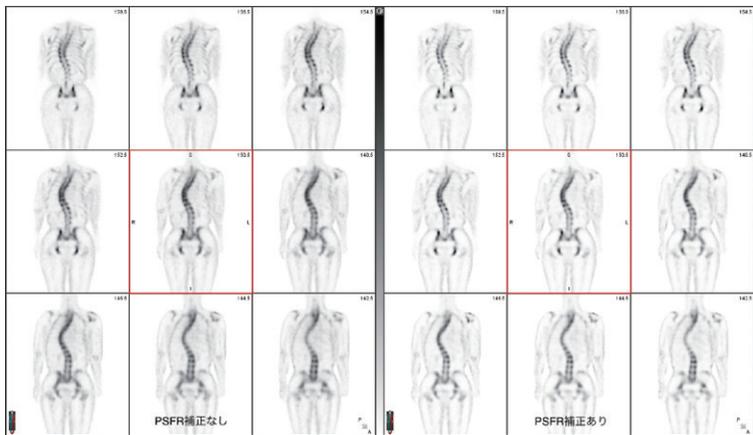


図6 PSFR補正効果の比較(骨SPECT, Coronal画像)

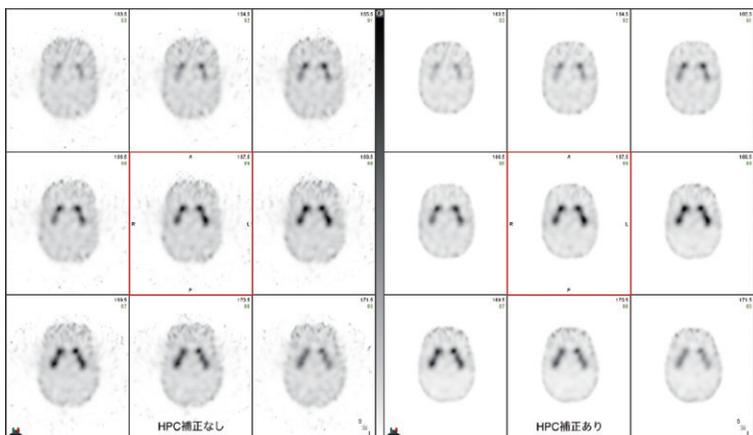


図7 HPC補正効果の比較(^{123}I)

置はSPECT専用機であり、従来の様なプレーン撮像は出来ない。また、本稿を投稿時にはD-SPECTで実施されているDynamic SPECTは開発調整中である。

画像収集／解析用と画像再構成用のPCはそれぞれ独立しており、サーバー型のラックマウントに収納されている。画像再構成には逐次近似法が使用され、そのパラメータをユーザー側で任意に変更可能であり、分解能補正 Point Spread Function Recovery (PSFR)や散乱線補正 High energy Peak Correction (HPC)を使用することが出来る。(図6, 図7)また、Time Reduction ツールによって、撮像されたSPECTデータの撮像時間を編集することで至適スキャン時間のシミュレーションをすることが可能である。画像解析にはMIMソフトウェアが搭載され、目的部位別に用意されたワークフローに沿って解析をすることが出来る。また、心臓解析用のQPS/QGS/QBSも搭載している。本装置にはX線CTが搭載されていないが、MIMソフトウェア上で別に撮影さ

れたX線CTやMRIのデータを取り込んでフュージョン画像を作成することが出来る。

《システム感度》

アクリルロッドによるシステム感度評価はLEHRを装着した従来型SPECTと比較して、Focusモードで約11倍、Full FOVモードで約3倍、次に心筋ファントムによるシステム感度評価ではFocusモードで約4倍、Full FOVモードで約2倍であった。

《システム分解能》

^{57}Co ラインソース(1.57mm)によるシステム分解能評価は頭部を想定した条件でFWHMが3.6mm、体幹部を想定した条件でFWHMが7.5mmであった。

《脳ファントム実験》

当院は循環器専門病院である為、VERITON NMを導入してから実臨床で脳血流SPECTや

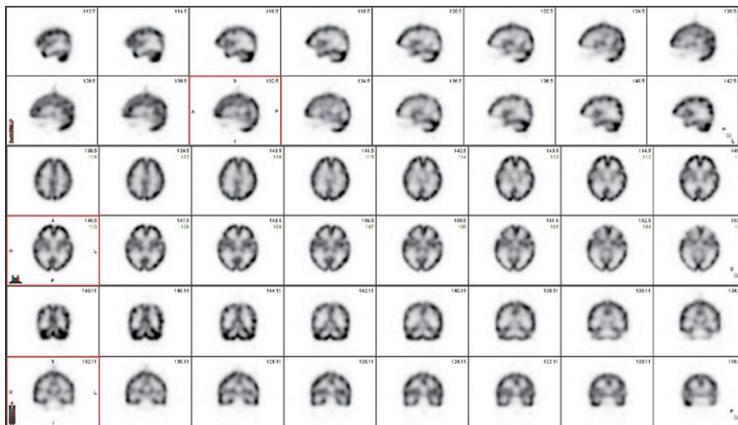


図8 3D Brainファントム画像(^{99m}Tc)

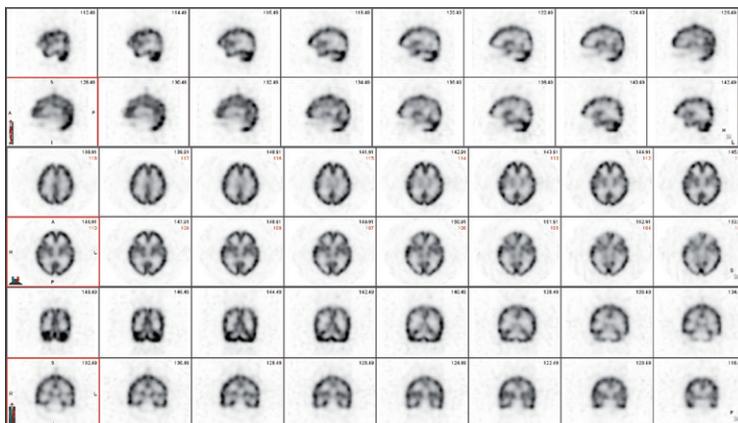


図9 3D Brainファントム画像(^{123}I)

^{123}I -IoflupaneによるドーパミントランスポーターSPECTを実施する機会を得なかった。そこで3D BrainファントムとDatファントムによる実験を行った。(図8)に3D Brainファントム($^{99\text{m}}\text{Tc}$, 57.6kBq/ml, 10min.), (図9)に3D Brainファントム(^{123}I , 52.7kBq/ml, 10min.), (図10)にDatファントム(^{123}I , 線条体: 44.4kBq/ml, BG: 5.5kBq/ml, 30min)の画像を示す。ファントム実験ではあるとはいえ、非常に空間分解能に優れた脳SPECT画像が得られている。特筆すべき点としては、実験で使用したDatファントムは線条体部分が尾状核と被殻が4mmの隔壁で分離されているタイプであり、それを反映してSPECT画像でも分離していた。

《臨床での経験》

骨 Whole Body SPECT

80代男性, 腰痛精査目的, $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDP 623MBqを投与してから3時間後にWhole Body SPECT

を撮像した。結果は心臓への集積が偶然判明した為、ATTR型心アミロイドーシスが強く疑われ、その後の心筋生検によってATTR型心アミロイドーシスが確定診断となった症例。実際には6min/bedで6bedスキャンされたが、Time Reductionツールによって至適スキャン時間をシミュレーションしたMIP画像を(図11)に示す。 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -HMDPの効能外使用ではあるがATTR型心アミロイドーシスに対しては1min/bed × 6bed(6分間)でも判定可能であると考えられた。

^{67}Ga 炎症Whole Body SPECT

70代女性, 不明熱精査目的, ^{67}Ga -citrate 112MBqを投与してから48時間後にWhole Body SPECTを5min/bedで6bed(30分間)撮像した。結果は、胸椎に強い集積があった為、事前に撮影された胸部CTによってFusion画像を作成し、それによってL5, L6椎体炎および椎間板炎が疑われた症例。(図12)にMIP画像およびFusion画像

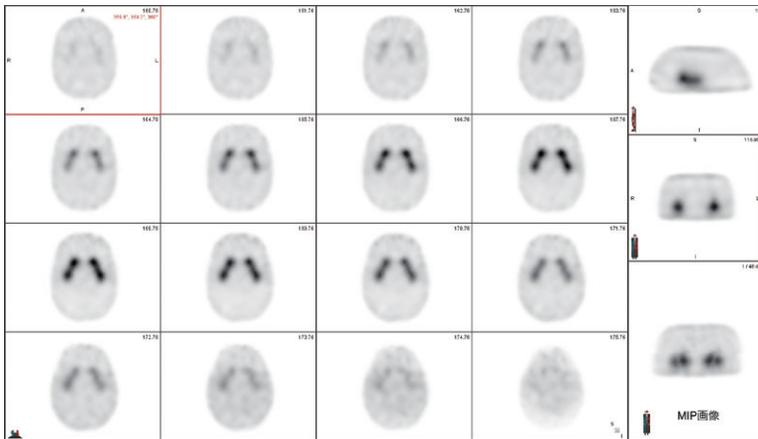


図10 Datファントム画像(^{123}I)

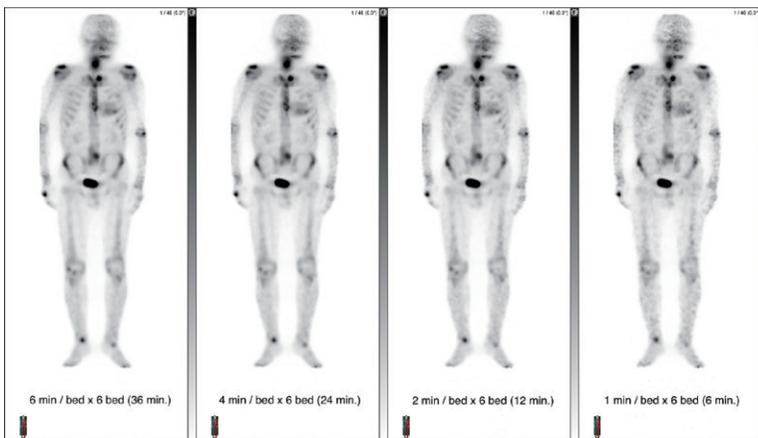


図11 骨 Whole Body SPECT(MIP画像)

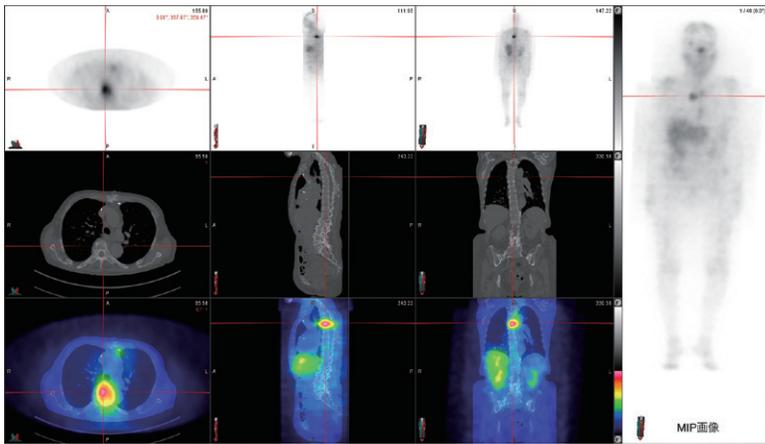
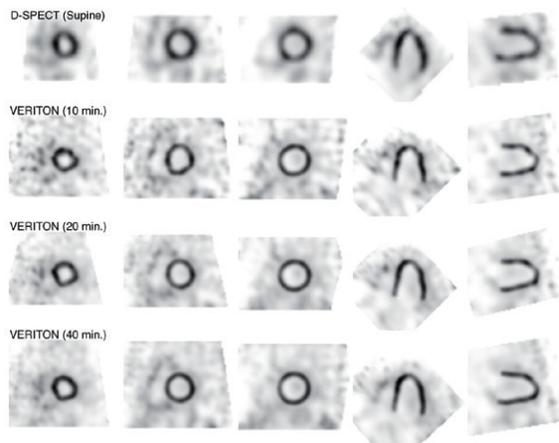
図12 ^{67}Ga 炎症 Whole Body SPECT

図13 心筋血流SPECT画像の比較

を示す。従来は中エネルギーコリメータによる3ピーク収集が一般的だが、VERITON NMのエネルギー設定は93keVの1ピーク収集であったが、十分に良好な画像が得られた。

心筋血流SPECT

当院では既に心臓専用CZT半導体SPECT(D-SPECT)が導入されており、VERITON NMとの比較を行った。40代男性、心筋虚血否定目的、被ばく量低減を強く希望された為、運動負荷中に $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -tetrofosmin 80MBq(被ばく線量:0.555mSv)を投与して10分後にD-SPECTによってプレスキャンを行い、推定心筋カウントが1.2Mカウントになる撮像時間(20分間)でSPECT撮像し、次にVERITON NMによって40分間SPECT撮像した。D-SPECTとの比較に撮像時間を減らしたSPECT画像(10分間、20分間)をTime Reductionツールで作成した。負荷時の比較画像を(図13)に

示す。VERITON NMの方がD-SPECTよりも空間分解能の高いSPECT画像を同じ撮像時間で得られた。

《まとめ》

全身用CZT半導体SPECT(VERITON NM)は、従来型SPECTと比較して優れたシステム感度とシステム分解能を有していた。実臨床においてもWhole Body SPECTを短時間で撮像することが可能であり、脳や心臓といった領域でも高分解能なSPECT画像を得ることが出来る。近年主流であるX線CTによる補正に頼らずともSPECTのみで優れた性能を持つ本装置が低迷しているSPECT検査の需要を高める可能性があると考えられる。本装置の様な革新的なSPECTの普及とそれによって様々な検討が行われることを切に願う次第である。

編集
後記

今年も残すところ1か月と少し。1年を振り返ってみると、コロナ一色の年であった。まさか1年前に現在の世の中を想像した人はいなかったであろう。新型コロナウイルスの世界中への蔓延は人の健康被害を及ぼしただけで無く、経済を混乱させ、生活様式を一変させた。国際化を当てにしてインバウンドに力を入れていた航空・観光業界は最も経済的にダメージを受けている。現在も欧米の感染状況はひどく、しばらくの間日本からの海外旅行や国際学会出席も難しいだろう。

国際化と言えば、人は文明の進歩により世界中を駆け回れるようになり、国際化を推進してきた。しかし、その移動がウィルス運び感染が蔓延したのは事実である。我々の身近な世界で、外来種と呼ばれる本来生息しない生物が入ってくると生態系の秩序が保てなくなり、本来の生物が根絶することがある。欧州や米国、アジア圏はそれぞれ異なった習慣や生活様式を持つ。行き過ぎた国際化は時として本来のその国の姿を一変させてしまう可能性がある。今回のコロナ騒動により、それぞれの国は自国に目を向けるようになった。コロナ後の世界では自国の文化を保ちつつ、ほどほどの国際交流を行う姿勢が重要ではないか。今回のコロナ騒動からこれまでの国際社会のあり方を反省し、今後に生かしてもらいたい。

(編集委員長)

SIEMENS
Healthineers

Biograph Horizon

More within reach.

www.siemens.co.jp/healthineers

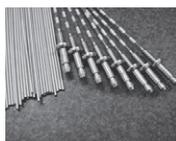
X線CT組合わせ型ボルトンCT装置 バイオグラフ ホライズン 認証番号:227ADBZX00164000

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
医薬品・アイソトープ部 放射線源課

〒113-8941
東京都文京区本駒込2-28-45
TEL: 03-5395-8031 FAX: 03-5395-8054

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: <http://www.c-technol.co.jp>
e-mail: ctc-master@c-technol.co.jp



放射性医薬品／神経内分泌腫瘍診断薬

処方箋医薬品[※]

薬価基準収載

オクトレオスキャン[®] 静注用セット

Octreoscan[®] Injection

インジウムペンテトレオチド (¹¹¹In) 注射液 調製用

[※]注意－医師等の処方箋により使用すること。

【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】

神経内分泌腫瘍の診断におけるソマトスタチン受容体シンチグラフィ
（効能又は効果に関連する使用上の注意）

神経内分泌腫瘍（NET）であってもソマトスタチン受容体（SSTR）を発現していない場合は検出できないことに留意すること。また、インスリンノーマについてはSSTRの発現が他のNETに比べて少ないため、本剤により検出できない場合があることに留意すること。

【用法及び用量】

1. インジウムペンテトレオチド (¹¹¹In) 注射液の調製

バイアルAの全量をバイアルBに加えて振り混ぜた後、常温で30分間放置する。

2. ソマトスタチン受容体シンチグラフィ

通常、成人には本品111MBqを静脈内投与し、4時間後及び24時間後にガンマカメラを用いてシンチグラムを得る。必要に応じて、48時間後にもシンチグラムを得る。投与量は、患者の状態により適宜増減する。

必要に応じて、断層像を追加する。

【使用上の注意】

1. 慎重投与（次の患者には慎重に投与すること）

腎機能障害を有する患者（本剤は主に尿中に排泄されるため、被曝線量が増加する可能性がある。）

2. 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。
- オクトレオチド酢酸塩等のソマトスタチンアナログによる治療が行われている患者においては、本剤の腫瘍への集積が抑制され、診断能に影響を及ぼす可能性が考えられるため、オクトレオチド酢酸塩等の休薬を検討することが望ましい。なお、休薬することにより離脱症状が発現する可能性があるため、休薬の要否及び休薬期間は、患者の状態及び使用製剤を考慮して決めること。休薬する場合は、患者の症状の変化に十分注意すること。

3. 副作用

承認前の臨床試験における安全性評価対象症例（国内第Ⅲ相試験＋国内追加第Ⅲ相試験）63例中、副作用は7例（11.1%）8件に認められ、主な副作用は、潮紅2件（3.2%）、ほてり2件（3.2%）であった。また、海外で行われた臨床試験における安全性評価対象症例365例中、副作用は1例（0.3%）に潮紅、頭痛、各1件が認められた。

その他の副作用

以下のような副作用があらわれた場合には、症状に応じて適切な処置を行うこと。

		0.1～5%
精神・神経系	頭痛	
血管障害	潮紅、ほてり	
その他	熱感、ALT増加、AST増加	

【承認条件】

医薬品リスク管理計画を策定の上、適切に実施すること。

※その他の使用上の注意等は添付文書をご参照ください。

製造販売元

富士フイルム 富山化学株式会社

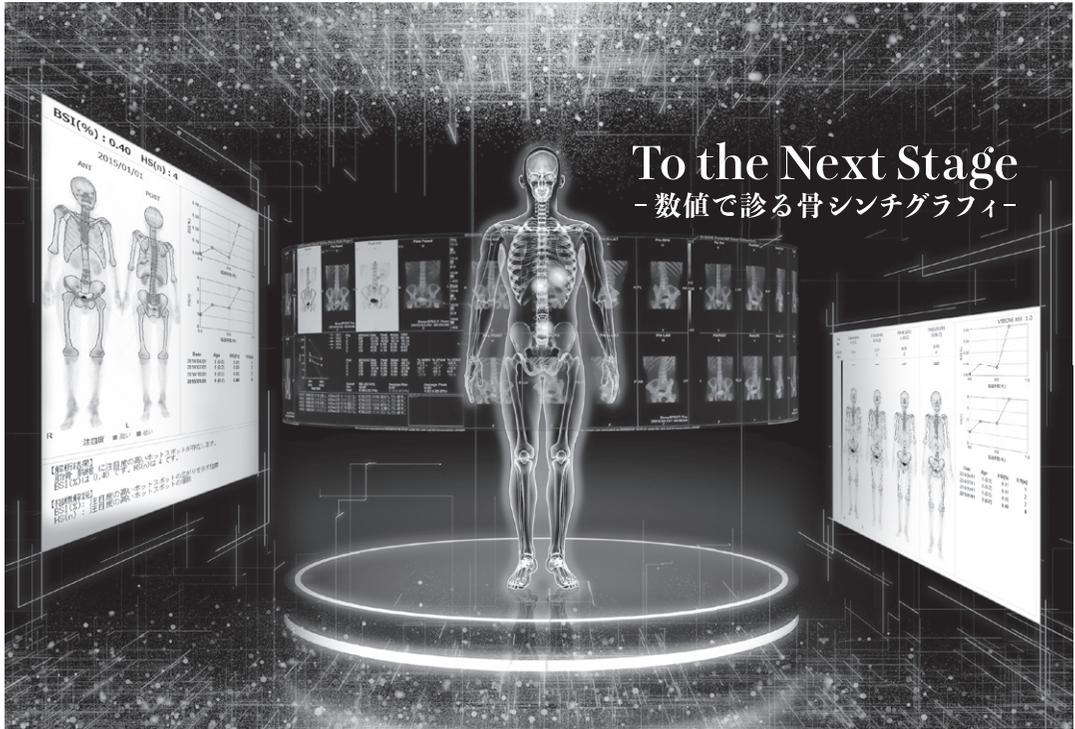
資料請求先：〒104-0031 東京都中央区京橋 2-14-1 兼松ビル

TEL03(5250)2620

ホームページ：http://fftc.fujifilm.co.jp

輸入先：Mallinckrodt Medical B.V.(オランダ)

2018年10月作成



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

【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

骨シンテ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テグラムをとる。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、食思不振
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ため、患者の状態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。

*2015年6月改訂(第9版)添付文書に基づく

包装

555MBq、740MBq

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

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

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

2020年11月20日発行