

## 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.9 内分泌核医学(診断)

Basic knowledge and recent topics of nuclear medicine learned from the certification examination.  
Vol.9 Nuclear medicine in endocrine.

岩淵 雄 IWABUCHI Yu

Key words : Thyroid, parathyroid, adrenal cortex, adrenal medulla, endocrinology

## 《はじめに》

本稿では内分泌核医学に関する専門医試験問題を取り扱う。核医学治療や神経内分泌腫瘍の診断に用いるソマトスタチン受容体シンチグラフィに関しては適宜、他稿をご参照されたい。

内分泌核医学の歴史は古く、甲状腺シンチグラフィ、副甲状腺シンチグラフィ、副腎皮質・髄質シンチグラフィなど様々な種類の検査がある。

日本核医学会専門医試験の過去10年分(第10回から第19回)の中から内分泌・ホルモンに関連する設問の中から一部を抜粋して解説を加えた。これから核医学専門医試験を受験される先生方に少しでも役立てば幸いである。

## 《甲状腺》

甲状腺シンチグラフィの出題では $^{123}\text{I}$ ないし $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ を使用したシンチグラフィの画像が示され、実際の症例に沿った基本的な事項を問う問題がこれまで多く出題されている。基本を押さえておけばそれほど難しい内容ではないと思われる。甲状腺シンチグラフィに関する基本事項に関しても問題の解説中に説明を加えたのでご確認頂ければと思う。

**問題1** 甲状腺左葉に超音波検査で異常所見を指摘された。 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ シンチグラフィを示す(下図)。疑われる疾患はどれか。1つ選べ。(第19回, 問60, 一部改変)



- プランマー病
- 甲状腺髄様癌
- 慢性甲状腺炎
- 亜急性甲状腺炎
- 急性化膿性甲状腺炎

正解はa. 甲状腺シンチグラフィの基本的な問題である。甲状腺シンチグラフィで用いられる放射性薬剤として $^{123}\text{I}$ ないし $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ が用いられるが本検査では後者が使用されている。検査の適応としては甲状腺機能亢進症・低下症の鑑別診断、異所性甲状腺腫や形成不全の診断、機能性結節の評価、甲状腺重量の推計などが挙げられる。本症例では甲状腺左葉に強いR I集積を呈する腫瘍が描出されており、対側の正常甲状腺組織の集積は抑制され低下している。典型的なプランマー病の所見である。同様の設問が第10回, 問55でも出題されている。

**問題2** 臨床的に甲状腺機能が亢進しているにもかかわらず、 $^{123}\text{I}$ 甲状腺シンチグラフィにおいて、甲状腺に $^{123}\text{I}$ の集積が乏しい病態はどれか。1つ選べ。(第12回, 問39)

- バセドウ病
- プランマー病
- TSH産生下垂体腫瘍
- 妊娠甲状腺中毒症
- 亜急性甲状腺炎

正解はe. こちらも甲状腺シンチグラフィに関する典型的な問題といえる。無痛性甲状腺炎や亜急性甲状腺炎では炎症の増悪に伴い濾胞の破壊とそれに続く甲状腺ホルモンの血中への漏出が起こり、一過性の甲状腺中毒症を生じる。このような病態では甲状腺シンチグラフィにて甲状腺のR I集積が全体に低下する所見を呈するが、病状の改善とともに甲状腺の集積も漸次正常に戻る。

**問題3** 甲状腺ホルモン過剰症状を起こす疾患や

状態のうち、甲状腺の放射性ヨウ素摂取率が上昇するものはどれか。2つ選べ。(第11回、問39)

- バセドウ病
- やせ葉中毒(外因性甲状腺ホルモン摂取)
- 無痛性甲状腺炎
- 過機能性腺腫(プランマー病)
- 亜急性甲状腺炎

正解はa, d. バセドウ病では両葉が腫大し、放射性ヨウ素の集積がびまん性に増加した像を示す。摂取率も増加する。過機能性腺腫(プランマー病)では結節に一致した強いRI集積亢進を認め、摂取率も増加する。一方、前述した通り無痛性甲状腺炎や亜急性甲状腺炎では甲状腺の集積は逆にびまん性に低下する像を呈することとなり、両者の鑑別に甲状腺シンチグラフィは有用となる。摂取率は $^{123}\text{I}$ と $^{99\text{m}}\text{Tc}$ で異なる基準を用いるが $^{123}\text{I}$ では5-15%(3時間)、10-40%(24時間)、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ では0.5-4%(20分)とする。

**問題4** 甲状腺機能亢進症を疑う臨床症状と甲状腺ホルモン高値の精査のために行われた検査画像(下図)である。正しいのはどれか。1つ選べ。(第12回、問58、一部改変)

- 甲状腺への著明な集積低下を認める。
- バセドウ病が疑われる。
- 亜急性甲状腺炎が疑われる。
- 耳下腺、顎下腺と思われる集積は異常所見と考える。
- 舌根部の異所性甲状腺が疑われる。



正解はa. 実際のシンチグラフィの所見から診断を求める実践的な設問である。本症例では通常みられる甲状腺へのRI集積はびまん性に低下しており、バセドウ病やプランマー病は否定される。舌根部や縦郭に異所性病変を疑わせる集積は認めない。唾液腺には甲状腺同様に一価の陰イオンを濃縮するイオンチャネルが存在するため、 $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$ は耳下腺、顎下腺などの唾液腺組織に取り込まれ、唾液と共に口腔内に排泄される。この性質は唾液腺シンチでも利用されており、唾液腺や口腔内にみられるRI集積は正常な所見である。

cの選択肢も間違いとはいき切れないが、この画像所見のみでは無痛性甲状腺炎と亜急性甲状腺炎との鑑別はできない。

### 《副甲状腺》

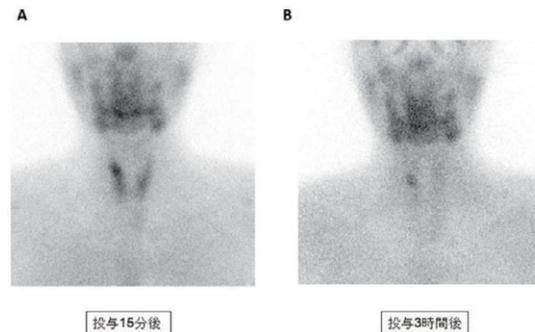
副甲状腺シンチグラフィに關しての問題はこの数年間でそれほど多く出題されていないが、出題されているものを見てみると基本的な内容が問われている。副甲状腺シンチグラフィでは以前は $^{201}\text{TlCl}$ も使用されていたが、最近では検出率の優れた $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ を使用することが多くなっている。Planar像に加えてSPECTやSPECT/CTを追加することでさらに検出率を向上させることもできるようになっている。

**問題5** 以下の核医学検査のうち、SPECT検査の実施割合が最も高いものはどれか。1つ選べ。(第18回、問41)

- $^{123}\text{I}$  甲状腺シンチグラフィ
- $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$  副甲状腺シンチグラフィ
- $^{131}\text{I}$ -adosterol 副腎皮質シンチグラフィ
- $^{111}\text{InCl}_3$  骨髄シンチグラフィ
- $^{99\text{m}}\text{TcO}_4^-$  唾液腺シンチグラフィ

正解はb.  $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$  副甲状腺シンチグラフィは副甲状腺腺腫の検出に用いられる。ただし、病変サイズが小さい場合に偽陰性となることがあり、また甲状腺結節やリンパ節病変の存在により偽陽性が生じることにも注意が必要である。異所性副甲状腺腺腫の検出という意味でも通常のPlanar像に加えてSPECTを追加することで検出率をさらに向上させることができる。他の選択肢の検査でSPECTを撮像することは少ない。

**問題6** 副甲状腺機能亢進症が疑われる患者に対して $^{99\text{m}}\text{Tc-MIBI}$ シンチグラフィを施行した。下図に、投与15分後(A)および3時間後(B)の頸部のシンチグラフィ正面像を示す。この検査に關して説明した文章のうち、正しいのはどれか。1つ選べ。(第15回、問58、一部改変)



- 悪性を疑う所見である。
- 甲状腺両葉に異常集積がみられる。
- 本検査薬は交感神経終末に集積する。
- 検査前にヨードブロックが必要である。

e. 本検査薬は心筋シンチグラフィにも用いられる。

正解はe。提示された画像では後期像で甲状腺右葉上極付近に結節状のRI集積を認め、副甲状腺腺腫が示唆される所見である。早期像で甲状腺にも集積するが甲状腺組織の集積は洗い出しされるため、副甲状腺腺腫のみ後期像で明瞭化される。<sup>99m</sup>Tc-MIBI シンチグラフィは2010年に保険適用となってから副甲状腺機能亢進症における副甲状腺腺腫の局在診断に用いられるようになったが、それ以前から心疾患における心筋血流シンチグラフィの製剤としても用いられてきた。機序としてMIBIは受動拡散により陽イオンとして心筋細胞内に取り込まれ、負の電荷を帯びたミトコンドリア内にトラップされる。薬剤投与時に口腔内に苦みや金属臭がすることが多いので予め注意喚起しておくとうい。

### 《副腎皮質》

副腎皮質シンチグラフィに関しては過去に多くの問題が出題されており、頻出テーマとなっている。使用薬剤の基本的な事項や注射時の注意点、撮像時間等の基本的な部分に関してこれまで多く出題されており、受験者は本検査の原理や検査方法などの基本事項をきちんと押さえておいてほしい。

**問題7** 次の各腫瘍と陽性描画に用いられる放射性医薬品で不適切なものはどれか。1つ選べ。(第14回、問32)

- 褐色細胞腫 — <sup>123</sup>I-MIBG
- 副腎皮質腺腫 — <sup>123</sup>I-アドステロール
- 神経内分泌腫瘍 — <sup>111</sup>In-ペンテトレオチド
- 副甲状腺腺腫 — <sup>99m</sup>Tc-MIBI
- Hodgkin リンパ腫 — <sup>18</sup>F-FDG

正解はb。副腎皮質腺腫は<sup>123</sup>I-アドステロールではなく、<sup>131</sup>I-アドステロールの誤り。問題文をよく読まないと気付きにくいかもしれない。

**問題8** 次にあげる放射性医薬品と体重 50kgの成人に対する標準的な投与量との組合せのうち、不適切なものはどれか。1つ選べ。(第18回、問37)

- <sup>201</sup>TlCl 74 MBq
- <sup>111</sup>In-Pentetreotide 111 MBq
- <sup>18</sup>F-FDG 185 MBq
- <sup>131</sup>I-アドステロール 370 MBq
- <sup>99m</sup>Tc-(H)MDP 555 MBq

正解はd。アドステロールは生理食塩液または注射用水を加えて2倍以上希釈ののち、約18.5MBqを30秒以上かけてゆっくり静注することとなっている。エタノールが含まれており、顔面潮紅、血圧降下、悪心などのアルコール反応を起こすことがあり、投与時に注意を要する。また性腺、ことに卵巣への被曝が多いとされ、若年者への投与は

原則しないこととなっている。

**問題9** 放射性医薬品投与から撮像開始までの時間が最も長い検査はどれか。1つ選べ。(第19回、問33)

- <sup>18</sup>F-FDG-PET
- 骨シンチグラフィ
- ガリウムシンチグラフィ
- 副腎皮質シンチグラフィ
- ソマトスタチン受容体シンチグラフィ

正解はd。アドステロールは静注後7日以降に撮像する。他の検査と比べると放射性医薬品投与から撮像開始までの時間が最も長い。ちなみにFDG PETは60～120分後、骨シンチは2～4時間後、ガリウムシンチは48～72時間後、ソマトスタチン受容体シンチグラフィは4時間後および24時間後(必要に応じて48時間後)に撮像することとなっている。

**問題10** 副腎皮質シンチグラフィについて誤っているのはどれか。1つ選べ。(第10回、問36)

- 甲状腺ブロックが必要である。
- <sup>131</sup>I-adosterol を静注する。
- 撮像は通常放射性医薬品静注2日目に行う。
- 結腸が描出されることがある。
- 副腎偶然腫の鑑別に有用である。

正解はc。前述の通り、撮像はRI静注後7日以降に行う。その他の選択肢はすべて正しい。甲状腺ブロックは遊離する<sup>131</sup>Iが甲状腺に集積するのを予防するために行う。ルゴール等のヨウ素製剤を検査3日前～検査終了まで100～200mg/日程度投与する。アドステロール静注後数日間は肝臓、胆嚢、腸管などが描出されるが7日以降の撮像ではこれらの集積が低下し、副腎の評価が容易となる。

**問題11** <sup>131</sup>I-アドステロールによる副腎皮質シンチグラフィについて、正しいのはどれか。1つ選べ。(第13回、問40)

- 肝臓や腸管に生理的集積ないし排泄が見られる。
- デキサメサゾン投与しない場合、正常の副腎は描出されない。
- 画質向上のため、静脈注射は急速に行うことが望ましい。
- 撮像は投与6時間後と24時間後に行うのが一般的である。
- 放射性医薬品投与前日からヨウ素制限を行う。

正解はa。日常診療でアドステロールシンチの検査に慣れていれば答えられる基本的な内容である。アドステロールシンチでは通常、肝臓や腸管の生理的集積が描出される。デキサメサゾンの投与下でなければ副腎の生理的集積が描出される。薬剤にエタノールが含まれるため2倍以上希釈の上、

緩徐に静注することが大切となる。何度も出てきているが撮像は7日以降。前処置が必要となるのはヨウ素制限ではなく甲状腺ブロックである。

- 問題12  $^{131}\text{I}$ -adosterol 副腎皮質シンチグラフィにおいて、片側の副腎のみが強く描画され、対側が描画されなかった場合、可能性が高い疾患はどれか。1つ選べ。(第11回、問40)
- 脳下垂体腺腫による Cushing 病
  - 副腎皮質腺腫による Cushing 症候群
  - 副腎皮質腺腫による原発性アルドステロン症
  - 先天性副腎皮質過形成による副腎性器症候群
  - 異所性 ACTH 産生腫瘍

正解はb。副腎皮質腺腫による Cushing 症候群では病変側の副腎に一致したRIの集積亢進が認められ、対側の副腎への生理的集積はACTHを介したフィードバックにより抑制される。一方、アルドステロンはACTHを抑制しないため、副腎皮質腺腫による原発性アルドステロン症では健側にも軽度の集積が認められる。Cushing病や異所性ACTH産生腫瘍では両側副腎のRI集積が増加する。副腎性器症候群の多くを占める21水酸化酵素欠損症の中で単純男性化型では両側副腎のRIの増加が認められるが、塩類喪失型では集積が増加するものから低下するものまであり、様々な所見を呈するとされる。

- 問題13 70歳代、女性。健康診断で高血圧を指摘され来院した。腹部CT(下図)を施行したところ肝臓右葉近傍に腫瘍が認められたため、ある放射性医薬品(RI)を用いたシンチグラフィ(下図：中央、右)が行われた。次のうち誤っているのはどれか。1つ選べ。(第13回、問60、一部改変)



- RIを18.5 MBq 静脈投与して7日後に撮像されたものである。
- 散在する淡い集積は腸管であり、RIが糞便中に排泄されたためである。
- 集積機序は、腫瘍がRIをコレステロールの生理的アナログとして取り込むことにある。
- エタノール添加のため大酒家に投与すると、血管迷走神経反射系の副作用が現れやすい。
- シンチグラムとCTの所見から判断すると、クッシング症候群(副腎腺腫)が疑われる。

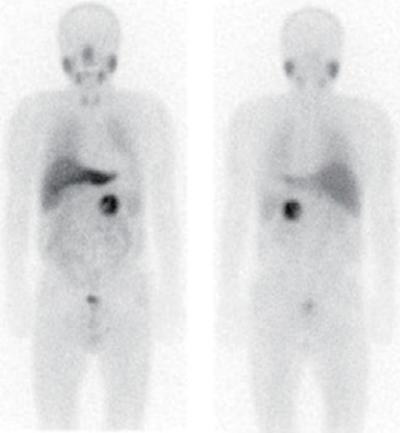
正解はd。アドステロールはエタノールが含まれているため、大酒家ではなくお酒の弱い人に投与すると顔面紅潮、気分不良などのアルコール反応を起こす。その他の選択肢はすべて正しい。健側の副腎の集積が低下して見えることから、

Cushing adenomaが示唆される。

### 《副腎髓質》

副腎髓質シンチグラフィでは基本事項を問う問題に加えて、アドステロールシンチやFDG PETの知識も合わせて問われるような複合問題が出題されている。他の核医学検査に関する基本的な知識も要求される設問となっている。

- 問題14 60歳代、男性。シンチグラム前面像および後面像を下図に示す。正しいのはどれか。1つ選べ。(第16回、問59、一部改変)



前面像

後面像

- $^{123}\text{I}$ -MIBG が用いられた。
- 副腎皮質機能の評価に用いられる。
- 副腎由来の adenoma が最も疑われる。
- 褐色脂肪への生理的な高集積が見られる。
- 腹部の集積は左腎への生理的集積である。

正解はa。  $^{123}\text{I}$ -MIBGシンチグラフィの画像である。副腎髓質の評価に用いられる。生理的集積部位としては唾液腺、甲状腺、心筋、肝臓がある。冬季では褐色脂肪に集積を認めることもあるが、本症例では褐色脂肪への集積は認めない。腹部の異常集積は左副腎由来の褐色細胞腫への集積と考える。提示されている画像では心臓の生理的集積が低下しているが、これは血中のカテコールアミン高値を示す所見であり、これも褐色細胞腫を示唆する副次的所見となる。

- 問題15 副腎病変の診断のために用いられる核医学検査に関する以下の記載のうち、正しいものを1つ選べ。(第16回、問41)

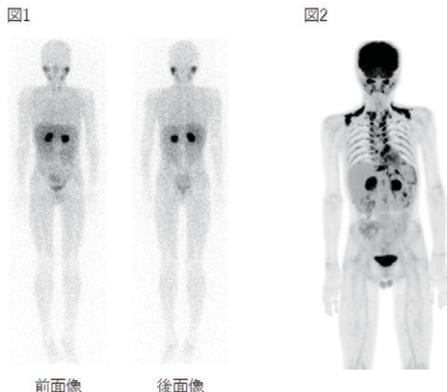
- 副腎皮質シンチグラム(背面像)で、左右の副腎が同程度の強さで描出された場合、右副腎に病変が認められる場合が多い。
- 副腎皮質シンチグラム(背面像)で、両側の副腎に強い集積が認められた場合、Cushing病が考えられる。
- 副腎皮質シンチグラフィでは、患者の被ばく線量の低減やシンチグラムの画質の改善のため

めに、 $^{123}\text{I}$  標識アドステロールが使用されるようになった。

- d. 副腎髓質シンチグラムでは、正常副腎が描画されることは少ない。  
e. 副腎髓質シンチグラフィでは、 $^{131}\text{I}$  標識 MIBG を投与して、投与 1 週間後に撮像することが一般的である。

正解は b. 副腎皮質・髓質シンチグラフィ両方に関する知識を問う設問となっている。解剖学的には左副腎の方が右副腎より若干大きい。副腎皮質シンチグラフィ上は右側が左側よりやや集積が高く描出されることが多い(normal adrenal asymmetry)。これは右副腎がより背面に位置しており、一方で左副腎背側には吸収体となる腎臓が存在していることによる。したがってアドステロールシンチで左右副腎に同程度の集積の強さを認めた場合は左側の病変を疑う。c. に関して $^{123}\text{I}$  が使用されるようになったのはアドステロールではなく MIBG である。副腎髓質シンチグラフィでは副腎の生理的集積は約半数程度で認められ、SPECTではより明瞭に描出される。また基本的事項であるが副腎髓質シンチグラフィでは $^{123}\text{I}$ -MIBG を投与後24時間後に撮像する(必要に応じて6時間、48時間後も追加)。1週間後撮像はアドステロールシンチである。

- 問題16** 20歳代、男性。微熱を主訴に来院した。CTにて、両側副腎腫瘍を認めたため、核医学検査(下図 図1： $^{123}\text{I}$ -MIBG, 図2： $^{18}\text{F}$ -FDG PET)が施行された。正しいのはどれか。1つ選べ。(第19回、問57、一部改変)



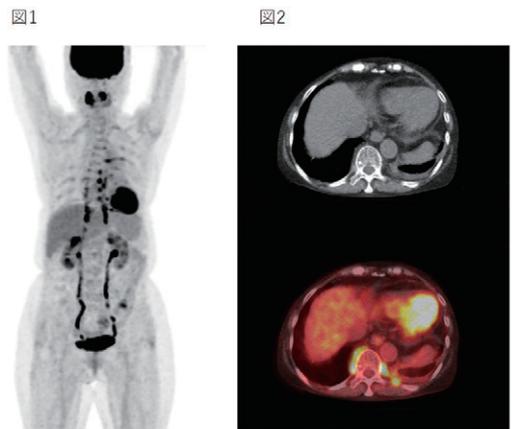
- a.  $^{123}\text{I}$ -MIBG シンチグラフィを行う上で、ヨウ素制限を行う。  
b. 両側副腎の悪性リンパ腫をまず疑う。  
c.  $^{123}\text{I}$ -MIBG の心筋集積消失から、パーキンソン病関連疾患の合併を疑う。  
d.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET では、両側鎖骨上から傍脊椎、肋骨領域の転移を疑う。  
e.  $^{123}\text{I}$ -MIBG 陽性の転移性病変に対する核医学治療には、 $^{131}\text{I}$ -MIBG が用いられる。

正解は e.  $^{123}\text{I}$ -MIBG ではヨウ素制限は行わない。前処置としては甲状腺ブロックを行う。本症例では MIBG シンチグラフィにて両側副腎の腫瘤に RI の集積増加を認め、両側褐色細胞腫を疑う所見である。前述の通り、心臓の生理的集積の低下は血中のカテコールアミン高値を示している。FDG PET でも両側副腎の腫瘤に集積亢進を認めるが、鎖骨上や傍椎体などの褐色脂肪の分布に一致した集積亢進も認められる。褐色脂肪は交感神経支配を受ける臓器であり、 $\beta 3$ 受容体を介した交感神経刺激により活性化され、糖代謝が亢進することが知られている。この機序により本症例のように褐色細胞腫やパラガングリオーマの症例では褐色脂肪の FDG 集積が増加することがあるので知っておくとよい。e の設問に関して、 $^{131}\text{I}$ -MIBG は長らく褐色細胞腫の治療薬としての承認が待たれたが2021年になり商品名ライアットとして $^{123}\text{I}$ -MIBG 集積陽性の治療不能な褐色細胞腫・パラガングリオーマ(PPGL)を対象に日本でもようやく使用できることとなった。

#### 《その他》

最後に内分泌に関連する FDG PET 検査に関する出題があったので提示する。

- 問題17** 80歳代、女性。肺癌術後症例。 $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT の MIP 像(図1)と横断像(図2上段：CT, 下段：融合像)を示す。この画像と関連する内服中の薬剤として適当なものはどれか。1つ選べ。(第19回、問58、一部改変)



- a. 糖尿病に対するスルホニル尿素薬  
b. 糖尿病に対するビグアナイド薬  
c. 過活動膀胱に対する抗コリン薬  
d. 過活動膀胱に対する  $\beta 3$  作動薬  
e. 高血圧に対する  $\beta$  遮断薬

正解は d. 傍椎体の脂肪組織に一致して FDG の集積亢進が認められる。分布から褐色脂肪への集積と考えられる。前述の通り、褐色脂肪は  $\beta 3$  受容体を介した刺激により活性化され FDG 集積が亢進する。よって d. が答えとなる。ちなみにビグ

アナイド系薬剤のメトホルミンを使用すると腸管のFDG集積が亢進することが知られており、読影の妨げとなりうるため可能なら48時間前からの休薬を検討するとよい。

《おわりに》

内分泌核医学は範囲が広く、その内容は核医学治療にも関連するため十分な理解が望まれる。治

療に関する解説は他稿をご参照して頂くとして、本稿が核医学専門医試験を受験する読者の先生方に少しでもお役に立てば幸いである。

《参考文献》

核医学ノート 第6版  
核医学画像診断ハンドブック 〈改訂版〉  
わかりやすい核医学 第2版

**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**

**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  
info.jp@spectrum-dynamics.com  
www.spectrum-dynamics.com

販売名称/医療機器認証番号:  
D-SPECT カーディオ スキャナー システム/225ADBZX00049000  
D-SPECT VISTA カーディオ スキャナー システム/303ADBZX00054000  
フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON/230ADBZX00111000  
フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT/301ADBZX0036000