

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

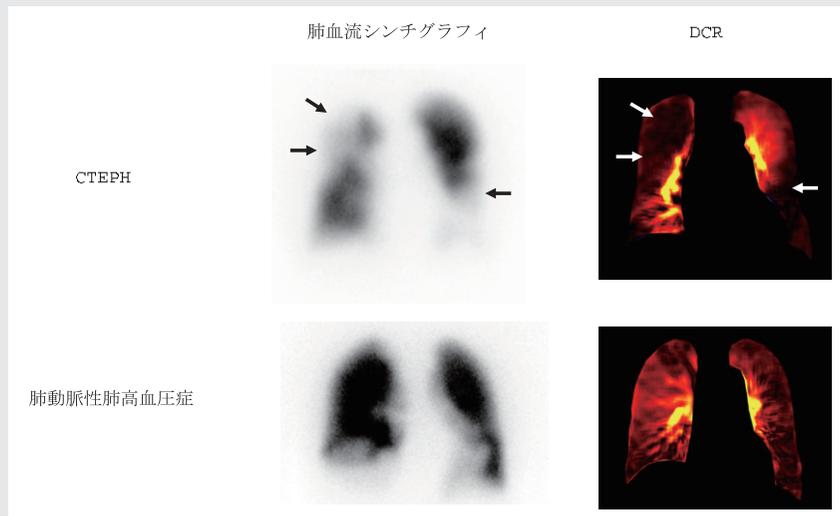
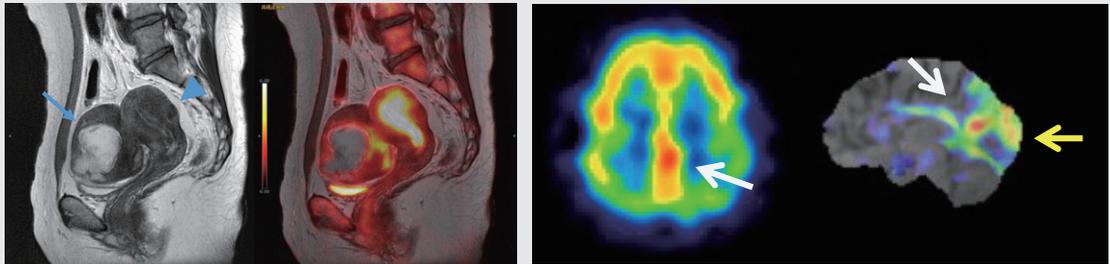
2026

Vol. 59 No. 2

3月号 17~32頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算290号(奇数月刊行)

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

See Page 18, 21, 25

ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com

- [症例報告] 嚢胞性腺筋症に対して¹⁸F-FDG PET/MRIを施行した1例 18
杉山 直生
- [総 説] 肺高血圧症診断における肺換気血流シンチグラフィの役割と
新たなモダリティとしてのDynamic Chest Radiography 21
山崎 誘三
- [リレー講座] 「今日の認知症診療を考える」第2回:
抗Aβ抗体薬時代における脳血流SPECT 25
乾 好貴

症例報告

嚢胞性腺筋症に対して ^{18}F -FDG PET/MRIを施行した1例A Case of cystic adenomyosis evaluated by ^{18}F -FDG PET/MRI

杉山 直生¹⁾ SUGIYAMA Naoki 野上 宗伸^{1) 2)} NOGAMI Munenobu 村上 綾香¹⁾ MURAKAMI Ayaka
 兵頭 俊紀³⁾ HYODO Toshiki 井上 純子¹⁾ INOUE INUKAI Junko 曾 菲比¹⁾ Feibi Zeng
 石井 一成¹⁾ ISHII Kazunari 村上 卓道¹⁾ MURAKAMI Takamichi

Key Words: cystic adenomyosis, FDG, PET/MRI

《はじめに》

子宮腺筋症は異所性の子宮内膜組織が子宮筋層内に存在する良性病変のことを指す¹⁾。若年～中年女性に好発するが、幅広い年齢層で認めることがある疾患である。子宮腺筋症の稀な形態として嚢胞性子宮腺筋症がある。出血成分を主体とした嚢胞病変を認め、比較的特徴的な画像所見を呈する。一方で嚢胞性腺筋症を含め子宮腺筋症に対して

^{18}F -fluorodeoxyglucose (FDG) positron emission tomography (^{18}F -FDG PET)を施行した症例報告はほとんど存在しない。

今回、嚢胞性腺筋症に対して ^{18}F -FDG PET/MRIを施行した1例を経験したため、若干の文献的考察を含め報告する。

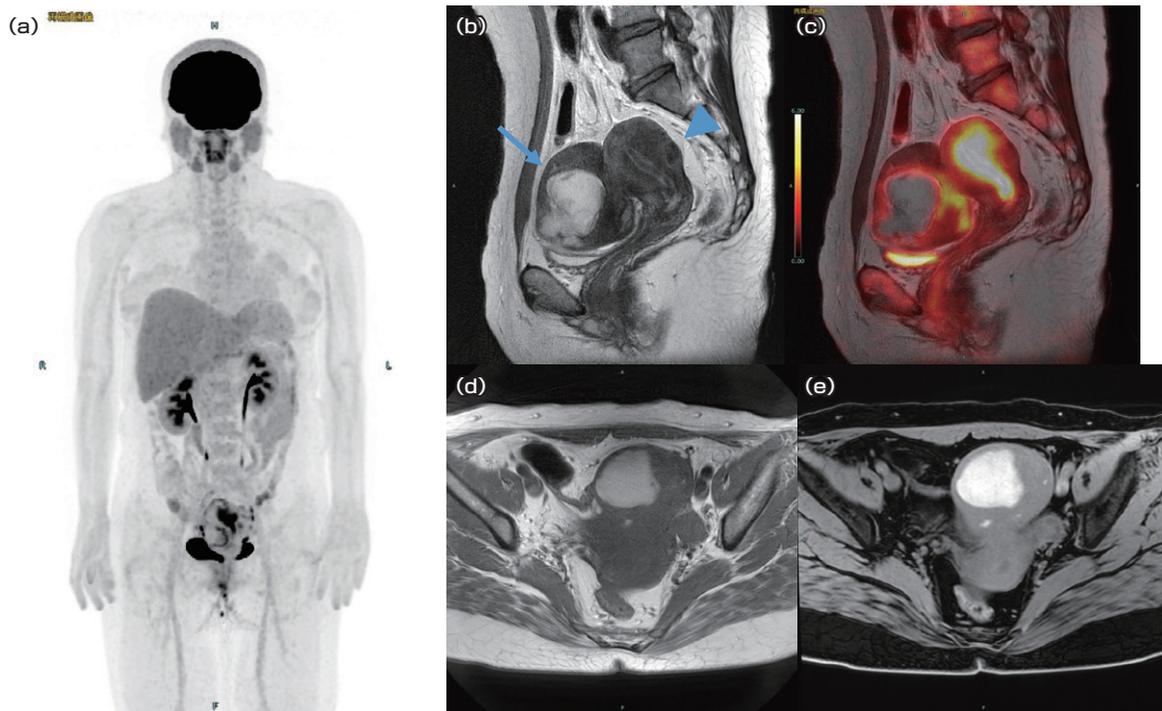


図1 MIPで骨盤内に ^{18}F -FDG集積を伴った病変が疑われた(a)。 ^{18}F -FDG PET/MRIではT2WIで子宮前壁側漿膜下に嚢胞構造を伴った腫瘍性病変を認めた(b, 矢印)。Fusion画像では嚢胞部には有意な集積は認めなかったが、辺縁のT2WI低信号領域に中等度の集積を認めた(c)。SUVmax=6.3であり、子宮内膜への集積(SUVmax=11.7)より低値であった。嚢胞内はT2WI高信号、T1WI高信号、脂肪抑制T1WIで高信号を呈しており、出血成分を反映していると考えられた(b, d, e)。子宮後壁側筋層内には筋腫を疑う結節病変を認めた(b, 矢頭)。

- 1) 神戸大学大学院医学研究科 内科系講座放射線医学分野 〒650-0017 兵庫県神戸市中央区楠町7-5-2
TEL : 078-382-6104 FAX : 078-382-6129 E-mail: nsgym@med.kobe-u.ac.jp
Department of Radiology, Kobe University Graduate School of Medicine, Kobe, Hyogo, Japan
- 2) 福井大学 高エネルギー医学研究センター
- 3) 神戸大学医学部附属病院 病理診断科

《症 例》

【患者】 30歳代, 女性

【主訴】 不正性器出血

【現病歴】 X年4月より不正性器出血を自覚し, 前医を受診した。前医の超音波検査にて6 cm大の卵巣腫瘍が疑われたためX年6月に当院産婦人科紹介受診となった。

【既往歴】 6年前にくも膜下出血に対してカテーテル治療後, 高血圧

【月経歴】 26日周期, 整

【妊娠分娩歴】 妊娠2回, 出産0回, 人工妊娠中絶2回

【身体所見】 腹部軟, 圧痛なし。

【血液検査所見】 WBC 9600 / μ L \uparrow , RBC 3.55 \times 106 / μ L, Hgb 11.6 g/dL, Hct 35.4%, Plt 246 \times 103 / μ L, CRP 0.20 mg/dL \uparrow , AST 17 U/L, ALT 14 U/L, ALP 67 U/L, Na 139 mmol/L, K 3.8 mmol/L, Cl 107 mmol/L, 補正Ca 8.6 mg/dL \downarrow , BUN 13.2 mg/dL, Cre 0.47 mg/dL, Alb 3.6 g/dL, T-Bil 0.6 mg/dL, TG 307 mg/dL \uparrow , Glu 156 mg/dL \uparrow , AFP 2 ng/mL, CEA 0.8 ng/mL, CA19-9 19 U/mL, CA-125 40 U/mL \uparrow , HCG 0.2 mIU/mL未満【 18 F-FDG PET/MRI所見】

X年6月施行。左肘より228MBq投与し, 投与66分後に全身像を撮像, 投与140分後に後期相として骨盤領域を撮像した。全身最大投影法(Maximum Intensity Projection, MIP)では骨盤部にFDG集積を伴った腫瘍性病変を認めた(図1a)。その他の領域に集積亢進部位は指摘できなかった。MRIでは子宮前壁から連続する腫瘍性病変を認めた。T2WIでは辺縁低信号, 内部高信号を呈して

いた(図1b 矢印)。内部高信号領域はT1WI高信号, 脂肪抑制T1WIでも高信号を呈しており出血成分を反映していると考えられた(図1d, e)。MRIと同時に撮像された 18 F-FDG PETおよびFusion画像では嚢胞成分には有意な集積は認めず, 辺縁部にFDG集積を認めた(図1c) Standardized Uptake Value max (SUVmax)は6.3であった。集積の程度は子宮内膜への集積(SUVmax=11.7)より低値であった。子宮後壁筋層内には子宮筋腫を疑う結節を認めた(図1b 矢頭)。

【経過】

18 F-FDG PET/MRIの結果, 嚢胞性腺筋症および子宮筋腫が疑われた。症状緩和目的に手術の方針となった。妊孕性温存の希望があったため, 腹腔鏡下腺筋症摘出術および子宮筋腫核出術が施行された。術後病理組織では検体は筋組織からなり, 筋層内に内膜腺や内膜間質を含む領域を認め, 腺筋症として合う組織像であった。検体の一部には上皮が拡張を示す像や凝固壊死を認めた(図2)。凝固壊死は二次性変化と考えた。画像所見と併せて嚢胞性腺筋症と診断された。現時点で再発なく経過している。

《考 察》

子宮腺筋症は異所性の子宮内膜組織が子宮筋層内に存在する良性病変のことを指す¹⁾。主に30-50歳代の女性に好発し, 頻度は5-70%と幅広く推定されている^{1), 2)}。子宮腺筋症の稀な形態として嚢胞性腺筋症が挙げられている。嚢胞性腺筋症は単房または少数の, 出血を伴った嚢胞性病変が厚く, 不整な壁に囲まれた病変と定義されている。嚢胞は漿膜下, 筋層内, 粘膜下のいずれにも生じうるが,

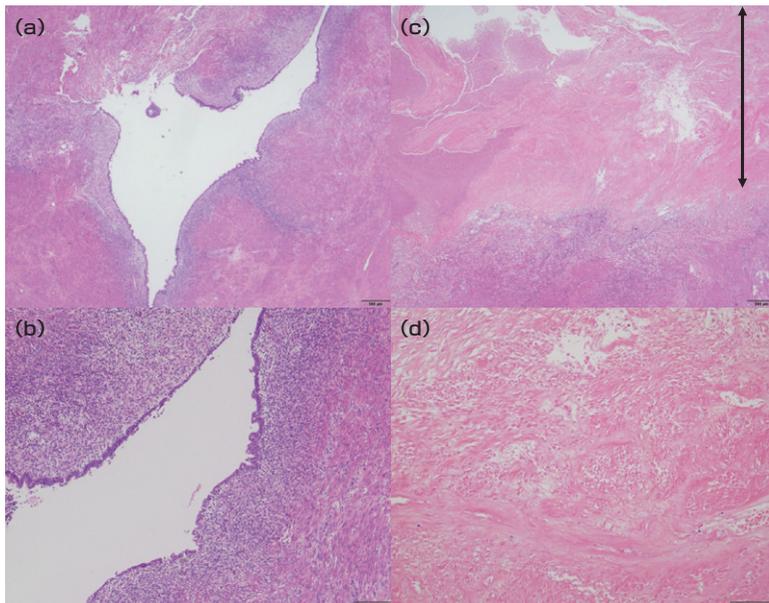


図2 術後病理組織では通常の子宮腺筋症に加えて, 対物1.25倍では筋層内に拡張を示す領域を認めた(a)。対物4倍では内膜腺と確認された(b)。検体の一部には凝固壊死に陥った領域を認めた(c, 両矢印範囲内, d)。

junctional zoneに近接している症例が大半である¹⁾。症状は非特異的であり、無症状の他、月経異常、慢性骨盤痛、不正性器出血などがあげられる³⁾。嚢胞性腺筋症は発症年齢に応じて、若年発症群 (juvenile-onset group) と晩期発症群 (late-onset group) の2群に分けられる^{3,4)}。若年発症群は主に初潮時または18歳以前に発症し、子宮筋層内のミューラー管遺残物がエストロゲン作用下で出血を引き起こし、嚢胞病変を形成すると考えられている。一方で、晩期発症型は30歳に発症し、junctional zoneの損傷を引き起こすような子宮手術歴や出産歴が高リスク因子として挙げられている⁴⁾。Junctional zoneの損傷の結果として、子宮内膜基底層が子宮筋層に浸潤し、嚢胞性腺筋症をきたす可能性が考えられている⁵⁾。今回の症例は年齢や人工妊娠中絶の既往を考慮すると晩期発症型と考えられ、症状も典型的な症状に矛盾しない。MRIでは、嚢胞病変は出血を反映して、T1WI高信号、T2WIで中～高信号を呈し、液面形成をきたし、周囲には肥大した筋層を反映し、T2WIで低信号を呈するとされている^{1),4)}。治療法は手術加療の他、ホルモン治療が挙げられる。しかし、ホルモン治療の場合、治療終了後に症状が再発する可能性があり、根治的治療には手術が必要とされている⁶⁾。基本的には良性疾患であるが、稀に悪性化することがあり、明細胞癌や類内膜癌、癌肉腫が嚢胞性腺筋症由来に発生した症例報告が散見されるため、悪性化を示唆する所見がないか注意を要する^{3),7)}。

嚢胞性腺筋症に対して¹⁸F-FDG PETを施行した症例報告は見つけることができなかった。子宮腺筋症に対する¹⁸F-FDG集積に関しては、Kitajimaらが報告しており、閉経前では中等度の集積を有し、月経期や排卵期では高集積を呈することがあるとされている⁸⁾。また、Jeongらは子宮腺筋症を有する子宮頸癌患者に対して化学放射線同時療法を施行した際に子宮腺筋症病変に対して¹⁸F-FDGが集積し、治療終了後には集積が低下した症例を報告している⁹⁾。この原因として放射線治療に伴う炎症が集積に影響を与えたと考察している。この様に子宮腺筋症は一般的に中等度の集積を呈するが、炎症所見や月経周期に応じて集積の程度が変動する可能性があり、PET画像単独では悪性病変との鑑別が困難な場合があると考えられる。¹⁸F-FDG PETと同時に撮像されたMRI画像およびFusion画像を確認することで正確な診断に結び付く可能性がある。本症例では¹⁸F-FDG PET/MRIにて嚢胞辺縁部の集積が目立つものの、嚢胞内部に¹⁸F-FDG集積を伴った充実構造は指摘できず、また、出血成分を主体とした特徴的な画像所見から嚢胞性腺筋症との診断が可能であった。嚢胞性腺筋症を含め、子宮腺筋症に対する集積の程度に関しては報告数が少ないが、中等度以上の集積を伴うことを認識することで正しい診断を下すことができると考えられる。

《結 語》

今回、嚢胞性腺筋症に対して¹⁸F-FDG PET/MRIを施行した1例を経験した。子宮腺筋症は一般的に中等度のFDG集積にとどまるが、炎症や月経周期に応じて集積の程度が変動することに注意が必要である。今回の症例では嚢胞性腺筋症病変への集積は中等度にとどまっていたが、嚢胞性腺筋症由来の悪性病変があることに注意し、悪性を示唆する所見の有無を確認する必要がある。

《参考文献》

- 1) Alice Brandão, Brunna C. Oliveira, Ingrid A. G. Ferreira, et al. Imaging Spectrum of Typical and Atypical Adenomyosis. *Radiographics* 2025; 45: e240152.
- 2) Xin Liu, Jingxi Wang, Yanglu Liu, et al. High Intensity Focused Ultrasound Ablation for Juvenile Cystic Adenomyosis: Two Case Reports and Literature Review. *Diagnostics* 2023; 13: 1608.
- 3) Kaoru Hashizume, Masafumi Toyoshima, Tatsunori Shiraiishi, et al. Carcinosarcoma of the Uterus, Derived from Subserous Cystic Adenomyosis, Presenting as an Acute Abdomen: A Case Report and Review of the Literature. *Gynecologic Oncology Reports* 2023; 45: 101139.
- 4) Sang Guo, Chaobin Liu, Yan Lin, et al. Submucosal Cystic Adenomyosis: A Report of Five Cases and Review of the Literature. 2024; *BMC Women's Health* 24: 493.
- 5) Jian-Hua Wang, Rui-Jin Wu, Kai-Hong Xu, et al. Single Large Cystic Adenomyoma of the Uterus after Cornual Pregnancy and Curettage. 2007; *Fertility and Sterility* 88: 965-67.
- 6) Cheng-Zhi Zhao, Bin Wang, Chun-Yan Zhong, et al. Management of Uterine Cystic Adenomyosis by Laparoscopic Surgery: Case Report. *BMC Women's Health* 2021; 21: 263.
- 7) Akira Baba, Shinji Yamazoe, Murat Dogru, et al. Clear Cell Adenocarcinoma Arising from Adenomyotic Cyst: A Case Report and Literature Review: Rare Malignancy from Adenomyotic Cyst. *The Journal of Obstetrics and Gynaecology Research* 2016; 42: 217-23.
- 8) Kazuhiro Kitajima, Koji Murakami, Yasushi Kaji, et al. Spectrum of FDG PET/CT Findings of Uterine Tumors. *AJR. American Journal of Roentgenology* 2010; 195: 737-43.
- 9) Jeong Il Yu, Seung Jae Huh, Young Il Kim, et al. Variable Uterine Uptake of FDG in Adenomyosis during Concurrent Chemoradiation Therapy for Cervical Cancer. *Radiation Oncology Journal* 2010; 29: 214-17.

総 説

肺高血圧症診断における肺換気血流シンチグラフィの役割と 新たなモダリティとしてのDynamic Chest Radiography

The Role of Ventilation-Perfusion Scintigraphy in the Diagnosis of Pulmonary Hypertension and Dynamic Chest Radiography as an Emerging Modality

山崎 誘三 YAMASAKI Yuzo

Key Words: pulmonary hypertension, Lung ventilation perfusion scintigraphy, Dynamic Chest Radiography

《1. CTEPH早期診断の意義》

慢性血栓塞栓性肺高血圧症 (chronic thromboembolic pulmonary hypertension: CTEPH)は、肺動脈内に多発する器質化血栓により肺血管抵抗が増大し、肺高血圧症 (pulmonary hypertension: PH)を呈する疾患である。20年ほど前までは外科的治療である肺動脈内膜摘除術 (pulmonary endarterectomy: PEA)のみが有効な治療法であり、手術不適群では極めて予後の悪い疾患であったが、近年のバルーン肺動脈形成術 (balloon pulmonary angioplasty: BPA)の再興や薬物療法的大幅な進歩により、ほぼ全ての症例で治療可能かつ治療によって大きく予後の改善が期待できるPHとなり、早期診断・早期治療介入の重要性が高い疾患となった。

急性肺塞栓症後の約2.7%がCTEPHに移行すると報告されているため¹⁾、診断・加療後もfollow upが大事である。しかし、急性肺塞栓症の既往がないままにCTEPHを発症する例も約25%存在するため²⁾、急性肺塞栓症の既往にかかわらず、PHが疑われる全ての患者でCTEPHを念頭に置く必要がある。労作時息切れ等の非特異的な症状で受診するため、CTEPHを想起すること自体が難しい場合もあるが、肺塞栓症の既往がある患者、原因不明の右心負荷所見を認める患者などでは、積極的に検査を考慮すべきである。

《2. CTEPH診断におけるV/Q scanの位置付け》

最新の欧州心臓病学会/欧州呼吸器学会 (ESC/ERS)ガイドラインにおいても³⁾、日本循環器学会のガイドラインにおいても、CTEPHは全てのPH患者において疑うべき疾患であり、診断のためには肺換気血流シンチグラフィ (ventilation/perfusion scintigraphy: V/Q scan)の施行が必須とされている。V/Q scanはCTEPH診断において最も重要なスクリーニング検査であり、感度・

特異度ともに90-100%と極めて高い診断能を有することが知られている⁴⁾。CTEPHにおける血栓は、急性肺塞栓症とは異なり器質化した血栓であり、肺動脈壁に付着したり、線状・網目状の形態、突然の狭小化・途絶等を呈するため、造影CTでの検出はかなり習熟した読影医でないと難しい。一方、V/Q scanでは血流の分布異常を直接的に評価できるため、より簡便に精度高く検出可能である。区域性・亜区域性の換気血流ミスマッチがある際に塞栓を示唆する所見とされているが、何領域以上の欠損でCTEPHを疑うかという明確な基準はなく、2.5区域以上のミスマッチがある際にCTEPHを疑うのが精度が良いという報告がある⁵⁾。肺の血管床は予備力が高く、多少の塞栓ではPHを呈さない。肺動脈性PHでは40-50%以上の微小循環が障害されて初めて肺動脈圧が上昇し始めるという報告もある。したがって、CTEPHにおいても、ある程度広い範囲に複数の血流欠損が見られることで診断すべきという考えは理にかなっている。

しかしながら、CTEPHはまだ未診断症例が多くいると考えられており、診断例でも症状発現から診断まで3年弱を要しているという報告もある⁶⁾。より積極的なV/Q scanの施行が推奨されるが、核医学装置がない、専門医がいない、紹介すべき状況なのかの判断が難しい等の理由で、未施行もしくは検査までに相当の時間が経っていることも多い。この診断の遅れが治療介入の遅れにつながり、患者予後に影響を与えている可能性がある。

したがって、V/Q scanの代替となりうる、もしくはV/Q scanへの紹介を促進しうる、簡便に施行可能な新たな検査法の検討が多くなされている。

九州大学大学院 医学研究院 臨床放射線科学分野 〒812-8582 福岡県福岡市東区馬出3-1-1

TEL : 092-642-5695; FAX : 092-642-5706 E-mail: yamasaki.yuzo.776@m.kyushu-u.ac.jp

Department of Clinical Radiology, Graduate School of Medical Sciences, Kyushu University

《3. CTEPH診断の新たなモダリティ》

3.1 造影CTとDual Energy CT

まず肺動脈造影CT(CT pulmonary angiography: CTPA)が挙げられるが、先述した通り、CTEPHにおける肺血栓は通常の急性肺塞栓症と異なる所見を呈するため、診断精度は決して高くない。

Dual energy CTを用いたIodine imagingは、造影剤の分布から肺血流分布を視覚化することが可能であり、CTEPH診断に有用であると報告されている。しかしながら、限られた施設でのみ施行が可能であり、また被曝線量の増加という問題

もある。

3.2 MRI

ヨーロッパではMRIをV/Q scanの代替として用いる臨床試験がongoingである。MRIは非侵襲的かつ無被曝で肺血流評価が可能であるという利点があるが、特殊なシーケンスを使用しており、撮像時間も長く、簡便に施行できるとは言い難い。

3.3 Dynamic Chest Radiography (DCR)

Dynamic chest radiography (DCR)は、Flat

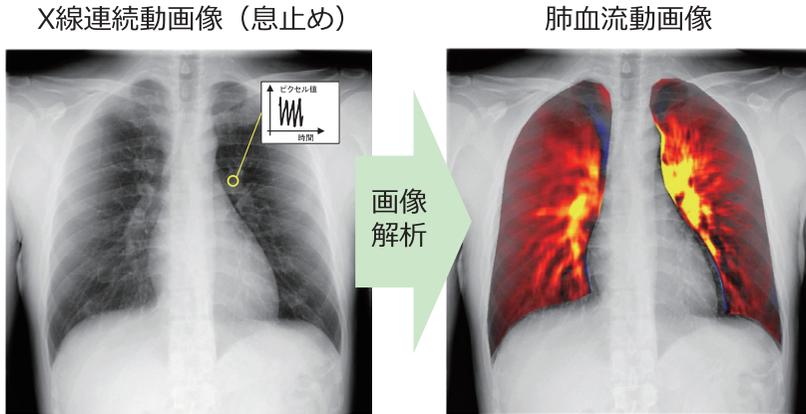


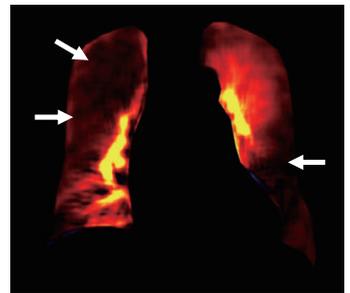
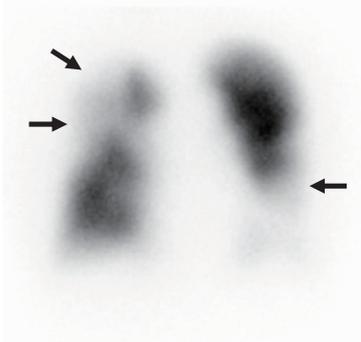
図1 胸部X線動態撮影による肺血流評価の原理

息止め状態で撮影されたX線動画像では、動かない肺野、肺動脈、心臓にも、心拍動に伴う肺血流の増減があるため、経時的なピクセル値の変化が観察される。その変化を画像解析で抽出することによって、肺血流画像が作成される。

肺血流シンチグラフィ

DCR

CTEPH



肺動脈性肺高血圧症

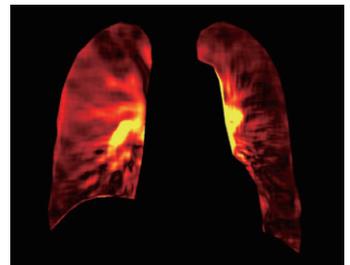
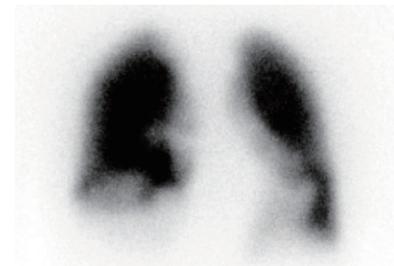


図2 CTEPHおよび肺動脈性肺高血圧症症例での肺血流シンチグラフィとDCRの対比

肺血流シンチグラフィにおいて、CTEPHは両肺に多発する血流低下を呈し(黒矢印)、両肺は均一に分布する肺動脈性肺高血圧症と明瞭に区別できる。一方で、DCRにおいてもCTEPHは両肺に多発する血流低下を呈し(白矢印)、肺動脈性肺高血圧症と区別可能である。

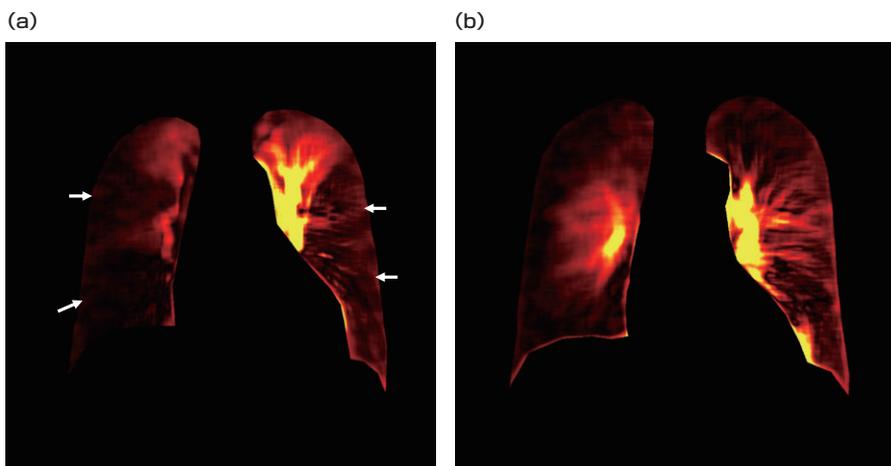


図3 CTEPHに対する肺動脈血栓内膜摘除術前後のDCR
術前に両側中下肺を主体に見られた広範な血流低下(a：矢印)が術後には大きく改善していることがわかる(b)。

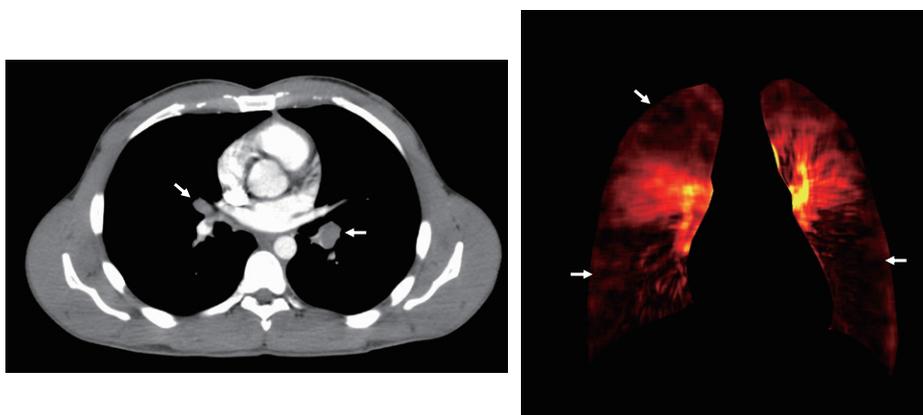


図4 急性肺塞栓症
(a)造影CTでは両側肺動脈に多数の増強不良域(血栓)を認め、肺塞栓症が示唆される。
(b)同症例のDCRでは両肺に明瞭な区域性血流欠損が散在し、肺塞栓症による肺血流異常が示唆される。

panel detectorを用いて毎秒15フレームの連続X線画像を撮影し、肺の動態情報を取得する新しい画像診断法である。撮影時間は約7秒程度であり、被曝線量は0.1-0.2 mSv程度と極めて低い。

従来は呼吸を行いながら、臓器の動きや呼吸機能との対比に主眼を置かれた検査であったが、逆に呼吸を止めて撮影することで肺血流情報を得ることができることに近年では注目が集まっており、臨床応用が進んでいる。

息とめ状態で撮影されたDCR画像を画像処理することで、肺血管内の血液量の変化が心拍動に伴うX線透過性の周期的変化として検出され、pixel-wiseに肺血流を評価できる(図1)。CTEPHでは区域性・亜区域性の血流欠損領域が多発し、肺血流シンチグラフィと同様のパターンを呈する。一方でCTEPH以外のPH(non-CTEPH)では、明らかな区域性欠損は呈さないため、CTEPHとnon-CTEPHを鑑別することが可能である(図2)。注意点としては、肺換気の評価はできないため、

artifactや偽病変を判断するために、胸部単純X線画像との対比が必要となる。

DCRの最大の利点は、その簡便性とアクセシビリティにある。一般的な胸部X線撮影装置に準じた機器で施行可能であり、CT・MRI・核医学機器などの大型装置を必要としない。撮影時間・解析時間も短く、迅速に結果が得られる。非侵襲的で、被曝も少ないため、治療前後の繰り返し評価にも適している(図3)。

PH50例を対象とした放射線科専門医による読影実験では、DCRはCTEPH診断において高い診断能を示した(感度97%、特異度86%)⁷⁾。現在、日本国内で多施設共同医師主導治験が施行中であり、PHが疑われた患者におけるDCRの有用性が検証されている。注意点として、DCRはCTEPH診断に高い精度を持つが、V/Q scanのほぼ100%の感度・特異度には及ばない。したがって、DCRの役割は、V/Q scanを代替するものではなく、むしろV/Q scanへの紹介を促進するスクリーニ

ングとしての位置付けが適切と考えられる。

なお、DCRは急性肺塞栓症の診断にも応用可能である。DCRを加えることで、読影者の専門性、経験年数に関係なく、診断能が向上する⁸⁾。ただし、急性肺塞栓症の診療においては迅速性が求められるため、CTPAやV/Q scanが施行可能な状況においてはそれらが第一選択であることに変わりはない。

《4. まとめ》

CTEPHは近年の治療の進歩により治療可能なPHとなり、早期診断・早期治療介入が患者予後を大きく改善する。V/Q scanは現在もCTEPHスクリーニングのゴールドスタンダードであり、今後もその重要性は変わらない。しかしながら、V/Q scanの施行数が十分ではない現状を鑑みると、より簡便なスクリーニングツールの臨床導入は、CTEPH診断の促進に大きく貢献する可能性がある。DCRの普及により、これまで見逃されていたCTEPH患者が早期に発見され、V/Q scanへと適切に紹介されることで、結果的に核医学検査の需要が増加することが予想される。これは核医学の重要性を再認識させる機会となり、PH診療全体の質の向上につながると考えられる。今後、治験を経てDCRの臨床的有用性がさらに検証され、CTEPH診断のアルゴリズムにおける最適な位置付けが確立されることが期待される。

《参考文献》

- 1) Luijten D, Talerico R, Barco S, et al. Incidence of chronic thromboembolic pulmonary hypertension after acute pulmonary embolism: an updated systematic review and meta-analysis. *Eur Respir J*. 2023;62(1).
- 2) Pepke-Zaba J, Delcroix M, Lang I, et al. Chronic thromboembolic pulmonary

hypertension (CTEPH): results from an international prospective registry. *Circulation*. 2011;124(18):1973-81.

- 3) Humbert M, Kovacs G, Hoeper MM, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension. *Eur Heart J*. 2022;43(38):3618-731.
- 4) Bajc M, Schumichen C, Gruning T, et al. EANM guideline for ventilation/perfusion single-photon emission computed tomography (SPECT) for diagnosis of pulmonary embolism and beyond. *European journal of nuclear medicine and molecular imaging*. 2019;46(12):2429-51.
- 5) Le Pennec R, Tromeur C, Orione C, et al. Lung Ventilation/Perfusion Scintigraphy for the Screening of Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension (CTEPH): Which Criteria to Use? *Front Med (Lausanne)*. 2022;9:851935.
- 6) Kinoshita H, Aoki T, Motoki H, et al. Patient Journey and Disease-Related Burden in Japanese Patients With Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension: A Mixed Methods Study. *Value Health Reg Issues*. 2021;24:17-23.
- 7) Yamasaki Y, Abe K, Kamitani T, et al. Efficacy of Dynamic Chest Radiography for Chronic Thromboembolic Pulmonary Hypertension. *Radiology*. 2023;306(3):e220908.
- 8) Yamasaki Y, Hosokawa K, Kamitani T, et al. Diagnostic accuracy and added value of dynamic chest radiography in detecting pulmonary embolism: A retrospective study. *European Journal of Radiology Open*. 2024;13:100602.

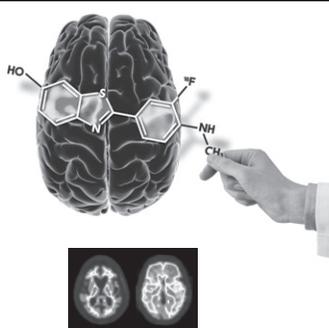
**nihon
medi+physics**

放射性医薬品・脳疾患診断薬 薬価基準収載

処方箋医薬品^注 **ビザミル[®] 静注**

放射性医薬品基準フルテタモル (¹⁸F) 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については電子化された添付文書を参照ください。 ®:登録商標

 **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
文献請求先及び問い合わせ先 ☎ **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PET検査について紹介しています。
<https://www.nmp.co.jp>

2025年6月作成

リレー講座

「今日の認知症診療を考える」第2回:

抗A β 抗体薬時代における脳血流SPECTCerebral Blood Flow SPECT in the Era of Anti-Amyloid- β Antibody Therapy

乾 好貴 INUI Yoshitaka

Key words : Alzheimer's disease, brain perfusion SPECT, amyloid PET, biomarker

アルツハイマー病 (Alzheimer's disease; AD) の治療として、近年、抗A β 抗体薬2剤が立て続けに本邦で保険適用となり、ADの進行を遅らせる治療法の新たな選択肢が提供されたことで、認知症診療は現在大きな転換期を迎えている。抗A β 抗体薬の適応はADによる軽度認知障害 (mild cognitive impairment; MCI) あるいは軽度認知症 (MCI due to AD) であるが、その治療可否を判断するため、脳内A β プラークの蓄積をアミロイドPETないし脳脊髄液検査で確認することが必須条件となっている。しかし、アミロイドPETの陽性率は健常者においても加齢とともに増加し、さらに他の神経変性疾患でも陽性となりうる事が知られており¹⁾、ADと他の認知症疾患との鑑別をアミロイド検査のみで行うことはできない。このため、アミロイドPETが臨床実装された今日においても、MRIによる形態評価や脳血流SPECTを含めた機能画像は、これまで通り認知症診断の過程において重要な役割を担っている。本項では、機能画像の主力である脳血流SPECTに焦点をあて、改めてその意義や観察する上での注意点などについて解説したい。

《1. ATNIVS分類と機能画像》

抗A β 抗体薬の臨床実装やPET診断技術の開発、発展などに伴い、AD診断におけるバイオマーカーの役割が重要視されており、国際的に提唱されているATN分類がその中核をなす。ATN分類とは、アミロイド蓄積 (Amyloid; A)、タウ蛋白蓄積 (Tau; T)、神経変性 (Neurodegeneration; N) の3要素を指し、近年ではこれらの因子に炎症 (inflammation; I)、血管障害 (vascular brain injury; V)、シヌクレイン (α -synuclein; S) を加えたATNIVS分類が提唱されている²⁾。

ADの病理学的特徴は、A β で構成される老人斑およびタウ蛋白から構成される神経原線維変化であるため、ADのバイオマーカー診断においては、特にA、Tの評価が重要となる。しかし、T

の評価は一般臨床で行うことができないため、形態画像や機能画像を利用したNの評価が重要となる。核医学的手法によるNの評価は国際的にFDG-PETが利用されているが、本邦では認知症に対してFDG-PETは保険適応外であり、一般的に脳血流SPECTが使用されている。ADの経過とバイオマーカーとの関係をみた場合、アミロイドはMCIの時点でほぼ脳に溜まりきっている状態と推定されているが³⁾、神経変性は症状発症からも進行するため、バイオマーカーの変化を捉えることで、神経変性の程度や病態の進行を客観的に観察することができる。

《2. 各変性疾患における脳血流低下分布》

脳血流SPECTを観察する場合、まず、臨床医が症状や神経心理検査などから想定している疾患/病型に合致するような血流低下分布があるか否かの判断が重要となり、合致している場合は臨床診断の確信度を上げる効果がある。しかし、症状が非典型的である場合やMCIの時期は、臨床徴候から病型を確定することが困難な場合も多く、脳血流SPECTが鑑別診断のためのツールとして重要な役割をもつ。変性疾患ではその病理学的変化や機能異常をきたす領域に対応した血流低下分布が認められるため、鑑別の手立てとなる。代表的な変性疾患における典型的な血流低下分布 (統計解析画像) を図1に示す。

ADにおける典型的な所見は、後部帯状回から楔前部、頭頂側頭連合野の血流低下であり、進行すると前頭連合野の血流も低下することが多い。レビー小体型認知症 (Dementia with Lewy bodies; DLB) における脳血流低下分布はADに類似しているが、上記に加えて、一次視覚野を含めた後頭葉での血流低下が認められることがよく知られている。ただし、高度の視力障害が存在する場合も同領域の血流低下を認めることがあり、臨床医とのカンファレンスやカルテなどで確認する必要がある。またDLBの特徴として、後部～中

藤田医科大学放射線医学 〒470-1192 愛知県豊明市香掛町田楽ヶ窪1-98

TEL : 0562-93-9259 FAX : 0562-95-2253 E-mail : yositaka@fujita-hu.ac.jp

Department of Radiology, Fujita Health University

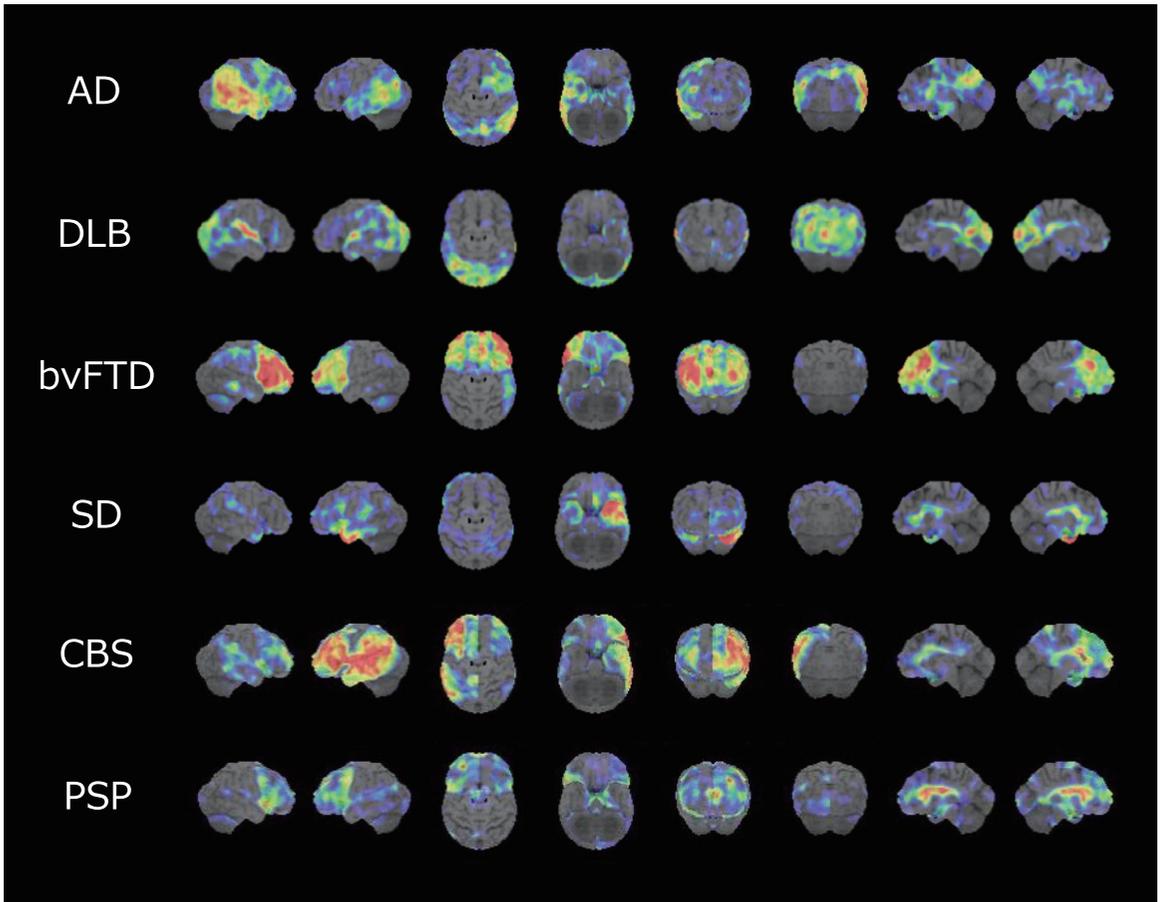


図1 各変性疾患における典型的な脳血流SPECTの統計解析画像(3D-SSP)

AD ; Alzheimer's disease , DLB ; Dementia with Lewy bodies , bvFTD ; behavioral variant frontotemporal dementia, SD ; Semantic dementia, CBS ; Corticobasal syndrome, PSP ; Progressive supranuclear palsy

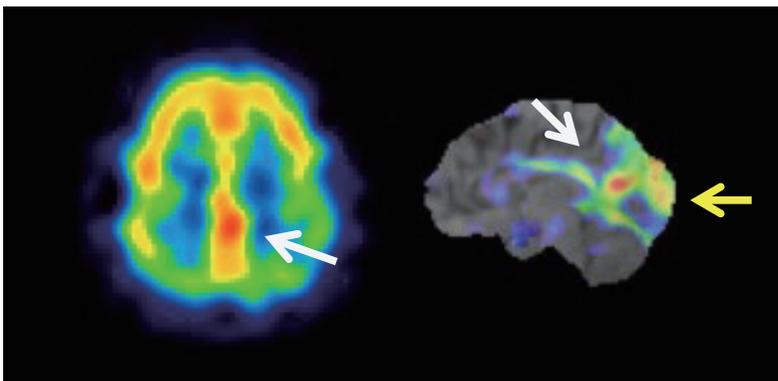


図2 レビー小体型認知症におけるcingulate island sign(CIS)

^{123}I -IMP脳血流SPECT断層像および統計解析画像(3D-SSP)。レビー小体型認知症では、後頭葉の血流低下とともに(黄色矢印)、後部～中部帯状回の血流が比較的保持される、いわゆるCISが認められる(白矢印)。

部帯状回の代謝が比較的保持される、いわゆるcingulate island sign (CIS)が知られており、神経原線維変化の合併病理が少ないDLBほど、その特異度が高いことが知られている⁴⁾。CISはDLBの臨床診断基準において、FDG-PETの所見として記載されているが⁵⁾、脳血流SPECTにお

いても認められる所見である(図2)。

前頭側頭葉変性症の臨床病型として知られる行動障害型前頭側頭型認知症や意味性認知症では、その名称通り、前頭葉、側頭葉優位の萎縮や血流低下が認められる。背景病理はタウ蛋白やTDP-43等であり、合併病理がなければアミロイド

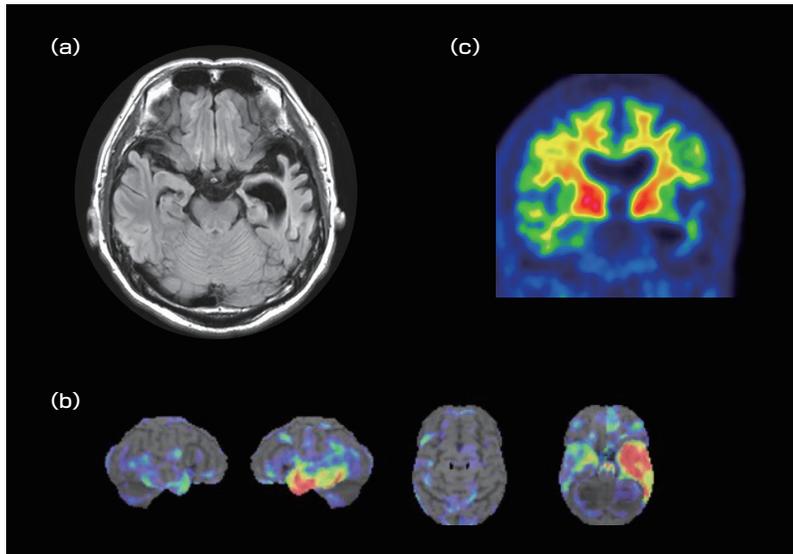


図3 50歳代男性SD

記憶障害、単語や人の名前がでないという症状で発症したSD症例。(a) MRI (FLAIR像), (b) ^{123}I -IMP脳血流SPECTの統計解析画像(3D-SSP), (c) ^{18}F -flutemetamolによるアミロイドPET冠状断。MRIでは左内側側頭葉から側頭極に高度の萎縮があり、脳血流SPECTでは、それに対応した血流低下を認める。アミロイドPETは陰性である。

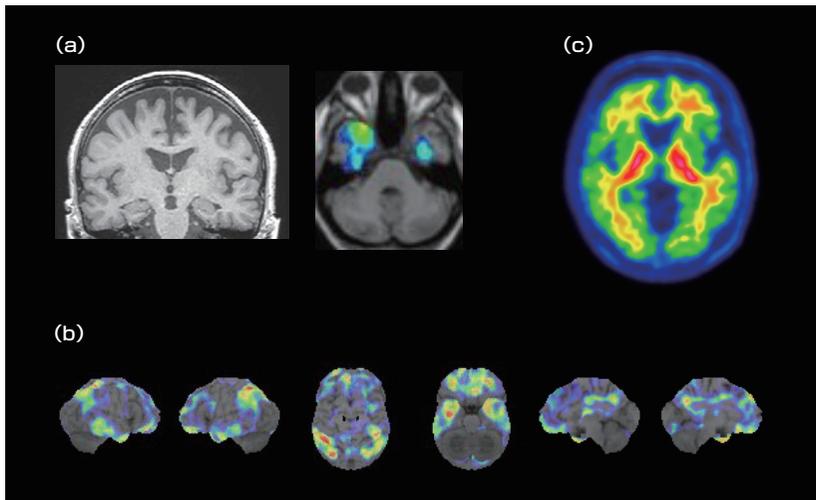


図4 80歳代女性 軽度認知障害

(a)MRI (T1強調画像冠状断)およびVSRAD解析(灰白質マップ), (b) ^{123}I -IMP脳血流SPECTの統計解析画像(3D-SSP), (c) ^{18}F -flutemetamolによるアミロイドPET

MRIでは視覚的に海馬領域の萎縮は目立たないが、VSRAD解析からは左右内側側頭葉の萎縮が示唆される。脳血流SPECTの統計解析画像では、左右側頭葉下部から頭頂側頭連合野、前頭葉、後部帯状回・楔前部に血流低下が認められ、ADの特徴を有する。しかし、アミロイドPETは陰性であり、A-N+の症例である。

PETは陰性となる(図3)。大脳皮質基底核症候群(Corticobasal syndrome; CBS)の診断基準を満たす疾患は、大脳皮質基底核変性症(Corticobasal degeneration; CBD)の他、ADや進行性核上性麻痺(Progressive supranuclear palsy; PSP)など様々であり、脳血流低下の分布はその背景病理に依存する。CBDを背景とするCBSでは、一次感覚運動野を含む、一側大脳半球優位の血流低下が認められることが多い。PSPでは、前頭葉優位の血流低下が認められることが多いが、特異的所見とは

いえない。CBDやPSPなどのパーキンソン症候群では、脳血流SPECTよりも、ドパミントランスポートイメージングがより特異度の高い画像バイオマーカーとなる。

《3.ピットフォールいろいろ》

①統計機能解析画像における留意点

脳血流SPECTの視覚的評価は断層像が基本であるが、現在は3D-SSPやeZISなどの統計機能解析画像を併用した診断法が一般的である。統計解

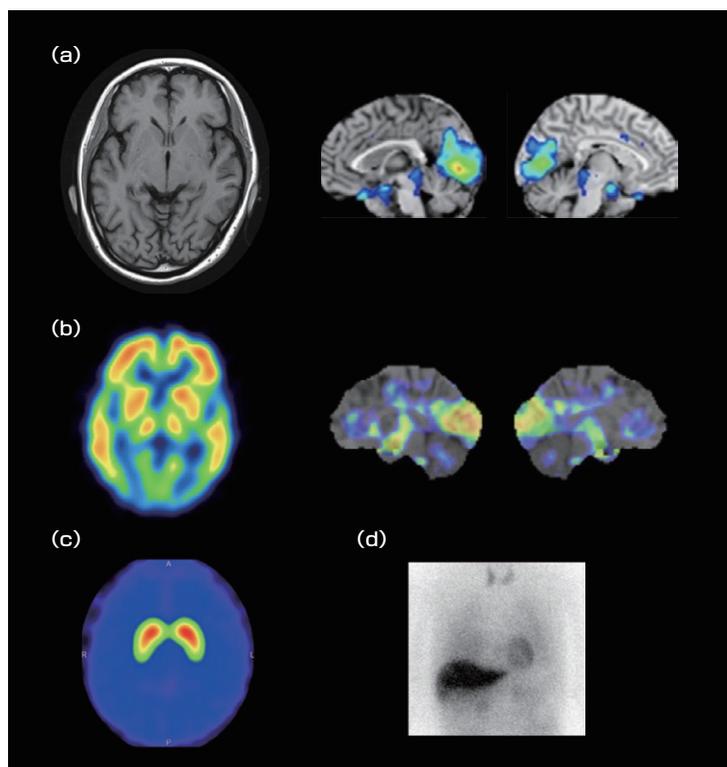


図5 60歳代女性 認知症

(a) MRI (T1強調画像)およびVSRAD解析, (b) ^{123}I -IMP脳血流SPECTおよび統計解析画像(3D-SSP), (c) ^{123}I -FP-CITによるDAT SPECT, (d) ^{123}I -MIBG心筋シンチグラフィ

MRIでは内側後頭葉の萎縮が示唆される。脳血流SPECTおよび統計解析画像では左右内側後頭葉に血流低下を認める。DAT SPECTおよびMIBG心筋シンチグラフィでは集積低下が認められない。髄液バイオマーカーから、アルツハイマー病を背景病理とした後部大脳皮質萎縮症と診断された。

析では、患者データを年齢階層のマッチした正常データベースと比較するため、特に高齢者では加齢に伴う生理的な血流低下の影響を抑えることができる。また、ADで重要となる後部帯状回、楔前部はdefault mode networkを構成する一領域であり、安静時の血流・代謝がもともと高いため、軽微な低下を捉えるためには統計解析の併用が有用となる。その一方で、統計解析画像は脳萎縮の影響を受けやすく、解剖学的正規化の解析エラーによる見かけ上の血流低下所見を呈することがあるため、注意を要する。頭頂葉内側の脳溝開大や頭頂葉外側のクモ膜下腔の拡大により、あたかもADパターンのように見ることがあるため、萎縮による偽所見を有意所見としないよう留意する必要がある。これを回避するためには、統計解析画像のみで判断するのではなく、形態画像および脳血流断層像とよく対比させる必要がある。

②血管障害の影響を考慮する

認知症は多くの場合、高齢者が対象となるため、血管障害が併存する割合も必然的に高くなる。陳旧性脳梗塞を含む器質的異常がある場合は、まず、脳血流低下の分布がその器質的疾患で説明できるか否か、遠隔効果も含め検討する必要がある。ま

た一側大脳半球優位の血流低下を認めた場合は、脳主幹動脈病変の有無をMRAなどで確認すると良い。

③Mimicsの存在

海馬の萎縮やADパターンの脳血流低下分布を呈しながらも、アミロイドPET陰性(A-N+)となる症例が存在する(図4)。その背景には、嗜銀顆粒病を含む高齢者タウオパチーや、TDP-43 proteinopathy、海馬硬化などの病態が含まれていると考えられているが⁶⁾、これらの疾患は、アミロイド検査を施行する前の段階で、臨床的にADと診断されていることが少なくない。前述のように、後部帯状回の所見はADの診断にとって重要であるが、非AD疾患においても後部帯状回の所見が認められることがあり、必ずしもADに特異的とはいえない⁷⁾。また、臨床的に最初DLBと診断された症例の中に、ADを背景病理とした後部大脳皮質萎縮症 (posterior cortical atrophy; PCA)と確定診断された症例やCreutzfeldt-Jakob病であった症例もあり、典型的なパターンに見えても、他疾患である可能性は常に念頭に置く必要がある(図5、図6)。

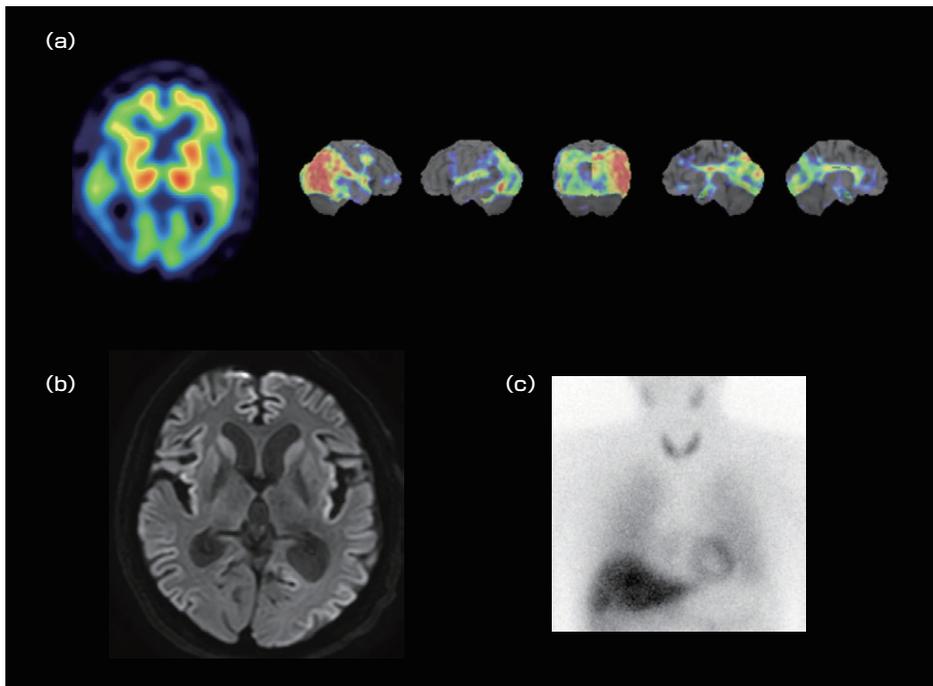


図6 60歳代男性 認知症

(a) ^{123}I -IMP脳血流SPECTおよび統計解析画像, (b) MRI(拡散強調画像軸位断), (c) ^{123}I -MIBG心筋シンチグラフィ
 脳血流SPECTおよび統計解析画像では後頭葉および頭頂連合野に血流低下が認められる。拡散強調画像では大脳皮質や尾状核頭部に高信号域が認められる。MIBG心筋シンチグラフィの所見は正常である。髄液検査, 脳波検査も施行され, Creutzfeldt-Jakob病(CJD)と確定診断された。

《おわりに》

認知症疾患の診断において不可欠な脳血流SPECTについて解説した。ADの診断では, A β 沈着の証明(A+であること)が必要条件となるが, 全ての認知症患者にアミロイド検査をスクリーニング的に行うのは非現実的である。また症状の主因が非AD病理であっても, アミロイド病理を合併する可能性があること, A-であった場合には, 幅広い病型の中から鑑別診断を行う必要があり, アミロイドPETが保険収載された今だからこそ, 機能画像の重要性はむしろ増していると思われる。各変性疾患における機能画像の特徴を知っておくことはもちろんだが, 解析エラーやアーチファクトの適切な判断をすること, さらに典型的なパターンに飛びつかず, 常に他疾患あるいはその併発の可能性を考える柔軟な考察が, 正確な診断, 早期治療につながると思っている。

《参考文献》

- 1) Ossenkoppele R, Jansen WJ, Rabinovici GD, et al. Prevalence of Amyloid PET Positivity in Dementia Syndromes: A Meta-analysis. *JAMA* 313: 1939-1949, 2015.
- 2) Jack CR, Andrews JS, Beach TG, et al. : Revised criteria for diagnosis and staging of Alzheimer's disease: Alzheimer's Association Workgroup. *Alzheimers Dement.* 20:5143-5169, 2024.
- 3) Jack CR Jr, Bennett DA, Blennow K, et al. NIA-AA Research Framework: Toward a biological definition of Alzheimer's disease. *Alzheimers Dement* 14: 535-562, 2018.
- 4) Graff-Radford J, Murray ME, Lowe VJ, et al. Dementia with Lewy bodies: basis of cingulate island sign. *Neurology* 83: 801-809, 2014.
- 5) McKeith IG, Boeve BF, Dickson DW et al. Diagnosis and management of dementia with Lewy bodies: Fourth consensus report of the DLB Consortium. *Neurology* 89: 88-100, 2017.
- 6) Jack CR Jr, Knopman DS, Chételat G, et al. Suspected non-Alzheimer disease pathophysiology--concept and controversy. *Nat Rev Neurol* 12: 117-124, 2016.
- 7) Chiaravalloti A, Barbagallo G, Martorana A, et al. Brain metabolic patterns in patients with suspected non-Alzheimer's pathophysiology (SNAP) and Alzheimer's disease (AD): is [(18)F] FDG a specific biomarker in these patients? *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 46: 1796-1805, 2019.

編集後記

2026年1月7日に第104回 日本核医学会関東甲信越地方会が開催されました。慶應義塾大学医学部の岩瀬 雄先生が大会長を務められました。初めての渋谷での開催で駅に近く、好評でした。講演内容も、認知症関連、心アミロイドーシス、前立腺内用療法等の最近の話題が盛り沢山でした。次回は7月に東京科学大の土屋先生が大会長で開催予定です。写真は、運営メンバー、優秀演題表彰、受付の様子です。

編集委員長 須山 淳平



核医学装置QC用線源

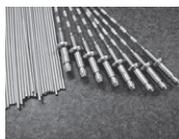
装置のデータ精度に心配ありませんか？

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 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 千代田テクノロ **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

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

販売名称/医療機器認証番号:
D-SPECT カードiacク スキャナーシステム/225AD8ZX00049000
D-SPECT VISTA カードiacク スキャナー システム/303AD9ZX00054000
フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT/230AD8ZX00111000
フルデジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT/301AD8ZX00036000

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
infojp@spectrum-dynamics.com
www.spectrum-dynamics.com



放射性医薬品／アミロイドイメージング剤 処方箋医薬品^注 薬価基準収載

アミヴィッド[®] 静注

AMYVID[®] Injection

放射性医薬品基準フルルベタピル (¹⁸F) 注射液

[※]注意—医師等の処方箋により使用すること。

※効能又は効果、用法及び用量、警告・禁忌を含む使用上の注意等の詳細については、電子添文をご参照ください。


AMYVID[®]
Florbetapir F18 Injection

アミヴィッド、AMYVIDはAvid Radiopharmaceuticals, Inc. の登録商標です。



製造販売元

PDRファーマ株式会社

文献請求先及び問い合わせ先

TEL 03-3538-3624

〒104-0031 東京都中央区京橋2-14-1 兼松ビルディング

2024年6月改訂

Canon

さらに使いやすく、より高精細に。

未来の医療を見据えた、デジタルTOF PET-CTを今ここに。



Cartesion Prime

Luminous Edition

【一般的名称】X線CT組合せ型ポジトロンCT装置

【販売名】PET-CTスキャナ Cartesion Prime PCD-1000A 【認証番号】301ACBZX00003000

G000110

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 須山淳平(発行者) 事務局長：中西章仁 担当：坂倉智紀, 安達優子
編集事務局 〒181-8611 杏林大学医学部放射線医学教室
TEL. 0422-47-5511 FAX. 0422-76-0861 E-mail: nmkyorin@hotmail.com
臨床核医学編集委員 井上優介, 内山眞幸, 汲田伸一郎, 高橋美和子, 橋本 順, 丸野廣大, 百瀬敏光,
鳥井原彰, 岩淵 雄, 稲木杏史, 伊藤公輝, 山崎香奈 2026年3月20日発行