

NUCLEAR MEDICINE IN CLINIC

臨床核医学

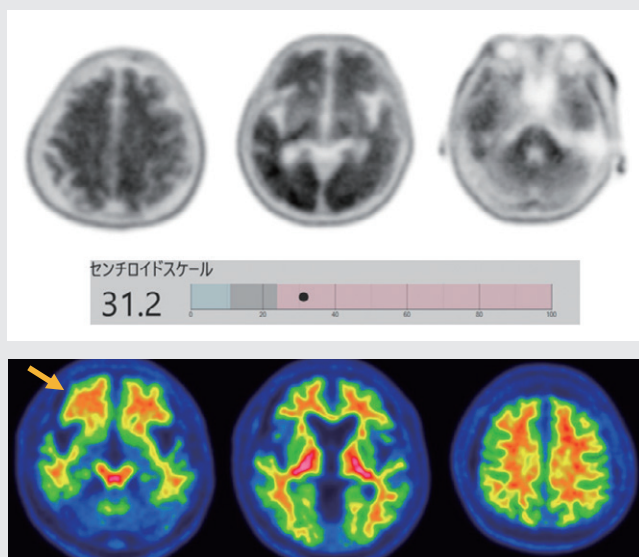
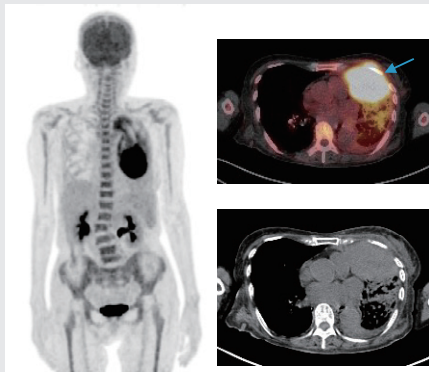
2026

Vol.59 No.4

7月号 49~64頁

放射線診療研究会

1968年創刊通算292号(奇数月刊行)

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

See Page 50,58

ホームページ・Online版 www.rinshokaku.com[症例報告(査読済み)] ^{18}F -FDG PET/CTを施行しG-CSF産生腫瘍が示唆された2例…… 50

福本 鴻一

[症例クイズ] 出題編(第928回 放射線診療研究会 報告) …………… 54

須山 淳平

[リレー講座]「今日の認知症診療を考える」第4回:

アミロイドPET診断のコツ 実践編…………… 58

岩渕 雄

症例報告(査読済み)

¹⁸F-FDG PET/CTを施行しG-CSF産生腫瘍が示唆された2例Two Cases of Suspected G-CSF-Producing Tumors Evaluated with ¹⁸F-FDG PET/CT

福本 鴻一 FUKUMOTO Koichi キタロウ イルワン Kitaro IRWAN 趙 才翼 CHO Jaeik
 金沢 克哉 KANAZAWA Katsuya 鈴木 和能 SUZUKI Kazuyoshi 中村 駿佑 NAKAMURA Shunsuke
 橋本 順 HASHIMOTO Jun

Key Words: G-CSF-Producing Tumor, ¹⁸F-FDG PET/CT, Squamous Cell Carcinoma

《はじめに》

G-CSF産生腫瘍は、腫瘍細胞が顆粒球コロニー刺激因子: Granulocyte-colony stimulating factor (G-CSF)を過剰に産生する稀な悪性腫瘍である。原発臓器にかかわらず低分化癌、未分化癌が多く、一般的に予後不良とされている。今回、¹⁸F-FDG PET/CTを施行し、G-CSF産生腫瘍1例および同腫瘍が臨床的に疑われた1例を経験したため、文献的考察を加えて報告する。

《症例1》

【患者】 60歳代男性

【主訴】 左上顎の疼痛

【現病歴】

X年末に左上顎の疼痛を自覚し、前医を受診した。前医での診察にて悪性腫瘍疑いとして、X+1年2月に当院口腔外科へ紹介受診となった。

【既往歴】 右鼠径ヘルニア手術、虫垂炎手術

【バイタル】

体温36.8度、血圧116/73mmHg、脈拍77回/分、呼吸数18回/分

【血液検査】

WBC 18,800/μL (Seg 83.0%, Stab 0.5%, Lympho 11.5%, Blast 0.0%), RBC 3.66×10⁶/μL, Hb 12.4g/dL, Ht 39.0%, Plt 30.1×10⁴/μL, CRP 2.11mg/dL, AST 17U/L, ALT 18U/L, LDH 133U/L, Na 142mmol/L, K 4.7mmol/L, Cl 107mmol/L, 補正Ca 9.4mg/dL, BUN 14mg/dL, Cre 0.89mg/dL, Alb 3.2g/dL, T-Bil 0.4mg/dL, Glu 77mg/dL,

【¹⁸F-FDG PET所見】

X+1年3月に施行。¹⁸F-FDGを310 MBq静脈投与し、60分後に撮影した。血糖値80mg/dLであった。左上顎洞、上顎骨から尾側に進展する上顎洞壁や上顎歯槽骨の破壊を伴う腫瘍性病変を認め、SUV max 19.6の強い集積を示した。FDG集積を伴う左上内深頸部リンパ節腫大を3か所に認め、リンパ節転移が疑われた。遠隔転移を示唆する明

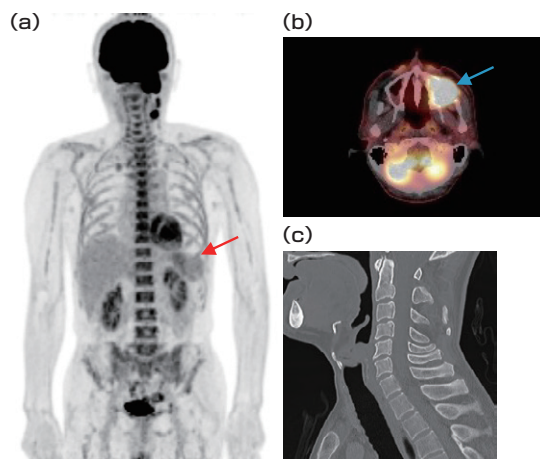


図1 症例1

(a) ¹⁸F-FDG PET MIP像 (b) 原発巣Fusion像 水平断 (c) 頸部CT骨条件 矢状断

MIPで体幹部の骨髄にびまん性の集積を認める。また脾臓にもびまん性の集積を認める(a, 赤矢印)。Fusion像では左上顎洞、上顎骨の腫瘍にSUV max 19.6の高度なFDG集積亢進を認めた(b, 青矢印)。骨条件のCTで骨転移を示唆する骨破壊や溶骨性変化は認めなかった。

らかな異常集積は認めなかった。体幹部の骨髄や脾臓にびまん性の集積を呈し、検査時は貧血や炎症などに伴う二次性の骨髄変化が疑われた。

【経過】

白血球増多よりG-CSF産生腫瘍が疑われ、手術前日に血中G-CSFが測定され318pg/mL(基準値:<39pg/mL)であった。X+1年3月に左上顎部分切除、左頸部郭清、遊離皮弁再建が行われた。病理所見は中分化扁平上皮癌であり、G-CSF免疫組織化学染色では部分的に弱陽性であった。術後1日目に再び血中G-CSFが測定され、89pg/mLまで低下した。手術前日に31,400/μL(好中球84%)まで上昇していた白血球数は翌日に18,600/μL(好中球87%)、術後1か月で5,400/μL(好中球54%)まで減少した。同年8月に頸部再発を認め、化学放射線

療法が施行され腫瘍は著明に縮小していた。12月に再び頸部病変の増大を認め、X + 2年1月より化学療法が開始された。同年4月、口腔および鼻腔からの大量の出血により死亡した。

《症例2》

【患者】 70歳代女性

【主訴】 肺炎

【現病歴】

X年7月に他院を肺炎にて受診した。抗生剤投与で改善しないため、CTを施行したところ左上葉肺癌が疑われ、当院呼吸器内科を紹介受診となった。

【既往歴】 白内障、帯状疱疹

【バイタル】

体温37.2度、血圧106/63mmHg、脈拍91回/分、呼吸数16回/分

【血液検査】

WBC 22,400/ μ L (Seg 90.0%, Stab 0.5%, Lympho 4.5%, Blast 0.0%), RBC 3.21×10^6 / μ L, Hb 8.6g/dL, Ht 28.2%, Plt 49.3×10^4 / μ L, CRP 10.49mg/dL, AST 24U/L, ALT 20U/L, LDH 190U/L, Na 140mmol/L, K 2.9mmol/L, Cl 103mmol/L, 補正Ca 12.2mg/dL, BUN 8mg/dL, Cre 0.70mg/dL, Alb 2.3g/dL, T-Bil 0.5mg/dL, Glu 114mg/dL,

【 18 F-FDG PET所見】

X年8月に施行。 18 F-FDGを149 MBq静脈投与し、60分後に撮影した。血糖値149mg/dLであった。左肺上葉に腫瘤を認め、SUV max 11.8の強い集積を示した。頭尾方向の最大径は8 cm強であった。

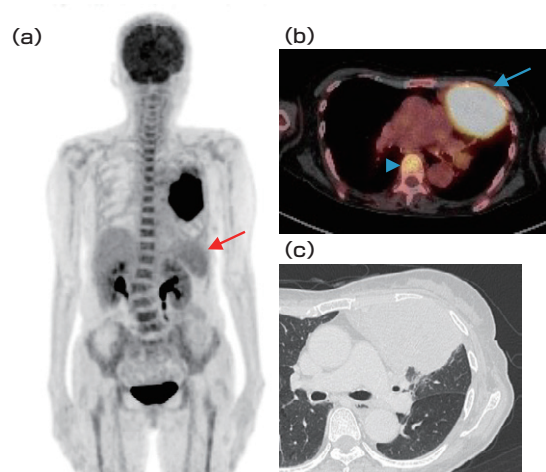


図2 症例2 術前

(a) 18 F-FDG PET MIP像 (b) 原発巣Fusion像 水平断 (c) 胸部HRCT 水平断

MIPで体幹部の骨髄にびまん性の集積を認める。また脾臓にもびまん性の集積を認める (a, 赤矢印)。Fusion像では左肺上葉の巨大な腫瘤にSUV max 11.8の高度なFDG集積亢進を認めた (b, 青矢印)。椎体への集積亢進も伴っていた (b, 矢頭)。胸部HRCTでは左肺上葉に無気肺を伴っており、閉塞性肺炎が示唆される。また骨転移を示唆する骨破壊や溶骨性変化は認めなかった。

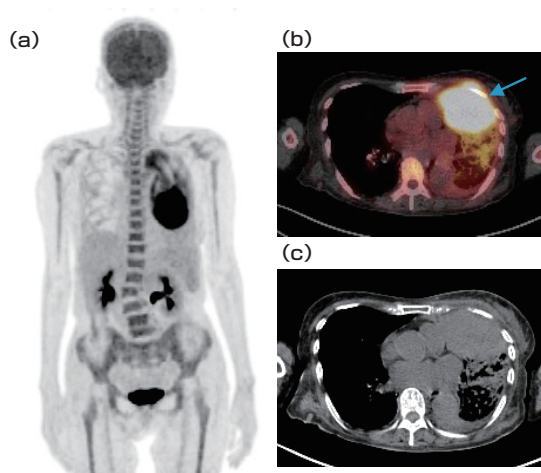


図3 症例2 術後

(a) 18 F-FDG PET MIP像 (b) 術部Fusion像 水平断 (c) 胸部CT 水平断

X年11月に施行。 18 F-FDGを169 MBq静脈投与し、60分後に撮影した。血糖値120mg/dLであった。MIPで術前と同様に体幹部の骨髄にびまん性の集積を認める。また脾臓にも軽度の集積を認める。Fusion像では原発巣切除後の部位に2か月前に切除したにもかかわらず術前とほぼ同じ大きさのSUV max 8.9の腫瘍を認めた (b, 矢印)。急速な増大でありG-CSF産生腫瘍が示唆される所見の一つである。

腫瘍の周囲に淡いFDG集積を呈するすりガラス陰影を認め、随伴する炎症性変化もしくは同一肺葉内の癌性リンパ管症が疑われた。リンパ節転移や遠隔転移を示唆するようなFDGの異常集積を認めなかった。骨髄と脾臓にびまん性の均一な集積を示した。肺癌の転移としては典型的ではなく、検査時は血液系腫瘍の除外も必要と考えられた。高血糖の影響で脳の生理的集積が全体的に低かった。

【経過】

X年8月に呼吸器外科を受診し、同年9月に開胸左肺上葉切除術が行われた。病理所見は非角化扁平上皮癌であった。手術前日に33,200/ μ Lまで上昇していた白血球数は翌日に26,200/ μ L (分画未測定)、術後2日目で白血球数は16,900/ μ L (分画未測定)、術後1か月で14,100/ μ L (好中球65.7%)まで減少した。10月の外来受診で37度台の発熱あり肺炎が疑われ緊急入院し、同日のCTで再発を認めた。炎症の加療を優先し抗菌薬による加療が開始されたものの、白血球数2万/ μ L台、CRP10~20 mg/dL台と高値で遷延したため、この段階で主治医からG-CSF産生腫瘍が疑われた。血中G-CSF測定や手術標本の免疫組織化学染色は施行されず、11月に 18 F-FDG PET/CTが施行され再発病変とともに骨、脾臓にびまん性の集積を認めた。全身状態低下のため、積極的加療を行わないまま何度か入院した後12月に施設退院となった。

《考 察》

G-CSF産生腫瘍はG-CSFを産生し、主に好中球

からなる白血球増多症を引き起こすと考えられている。G-CSF産生腫瘍の発生部位として最も多いのは肺で、次いで肝臓、胃、膀胱と続くが、自験例のような口腔領域での報告も存在する¹⁾。今回の症例はいずれも病理所見が扁平上皮癌であったが、先行報告では原発巣の病理所見は扁平上皮癌や腺癌、多型癌、肉腫など多岐にわたる²⁾。

G-CSF産生腫瘍の診断基準として、①著明な白血球増多、②血中G-CSF値の上昇、③腫瘍切除・治療における白血球数および血中G-CSF値の減少、④腫瘍内のG-CSF産生の証明、の4項目が提唱されている³⁾。今回の自験例において症例1は、初診時18,800/ μ Lの著明な白血球増多を認め、手術前日に測定した血中G-CSFは318 pg/mLと高値であった。術後1日目には血中G-CSFが89 pg/mLへと低下し、手術前日に31,400/ μ Lまで上昇していた白血球数も術後1か月で5,400/ μ Lまで低下した。さらに、腫瘍のG-CSF免疫組織化学染色において陽性が確認された。以上より、診断基準の4項目を満たしており、症例1はG-CSF産生腫瘍と診断することは妥当と考えられる。症例2では、著明な白血球増多および術後の白血球数の減少傾向が認められたが、初診以前や術後も腫瘍による閉塞性肺炎を繰り返していたと考えられ、感染による白血球増多のオーバーラップも否定できず、血中G-CSF測定や病理染色によるG-CSF産生の直接証明も得られていないため、確定診断には至らなかったが、画像所見および臨床経過からG-CSF産生腫瘍が臨床的に疑われる症例と位置付けた。

G-CSF産生腫瘍は原発臓器によらず、一般的に予後不良であるとされている。予後不良の原因として腫瘍の多くが低～未分化癌であることや、進行期に発見されること⁴⁾、G-CSFが腫瘍細胞の自己分泌増殖因子として腫瘍の急速な増大に関与している可能性が示唆されている⁵⁾。生存期間中央値は14か月という報告もあり⁴⁾、早期に診断し、治療を開始するためにも画像診断の持つ役割は大きい。

PET/CTにおいてG-CSF産生腫瘍患者では骨髄へのびまん性のFDG集積が特徴的な所見である。しかし、特異的な所見ではなく、同じように骨髄へのびまん性のFDG集積が出現する病態として長期にわたる重度貧血や感染などの炎症、化学療法後、びまん性骨転移、悪性リンパ腫、白血病などの骨髄増殖性疾患が鑑別に挙げられる。したがって、骨髄のびまん性のFDG集積の原因を鑑別するためには、原発巣の存在と患者の病歴および検査所見を確認する必要がある²⁾。特に癌患者の骨髄における著明なFDG集積には、骨転移との鑑別が重要になる。骨転移の場合は通常、多巣性で不均一なFDG集積の分布を示し、G-CSFによって引き起こされる集積は脊椎・骨盤に優位に現れ、対称性の分布を示す⁶⁾。自験例においても、症例1においては高度の貧血や白血病・悪性リンパ腫は認められず、CTでも骨転移を示唆する骨

破壊や溶骨性変化は確認されなかった。FDGの集積パターンは脊椎・骨盤に優位に対称性の分布を示しており、G-CSF産生腫瘍によるパターンと矛盾しない所見であった。一方、症例2ではHb 8.6 g/dLの貧血と閉塞性肺炎が示唆される炎症反応を認めており、骨髄への集積には貧血や炎症の影響が一部関与していた可能性を否定できない。しかし、集積は脊椎・骨盤優位かつびまん性・対称性であり、臨床経過と合わせてG-CSF産生腫瘍も重要な鑑別として考えられる。実臨床において¹⁸F-FDG PET/CT所見のみからG-CSF産生腫瘍による骨髄FDG集積亢進に絞り込むことは難しいが、著明な白血球増加と炎症反応を示す癌患者では、読影者がG-CSF産生腫瘍の存在を念頭に置くことで、治療介入前のより正確な診断につなげられることが期待できる。

自験例ではいずれも脾臓へのFDG集積が亢進していた。通常、¹⁸F-FDG PET/CTでは脾臓の集積は肝臓より目立たないが、G-CSF産生腫瘍における脾臓FDG集積の亢進はG-CSFによる脾臓への顆粒球増生の亢進を反映すると考えられており、白血球増多との関連が示唆される⁷⁾。脾臓への集積亢進は多くの炎症性疾患や白血病、悪性リンパ腫でも認められる可能性があるため、G-CSF産生腫瘍の可能性については臨床所見やその他の画像所見と併せて総合的に判断すべきである。

G-CSF産生腫瘍における骨髄へのFDG集積は白血球数、特に好中球数と強い相関関係を示すことが知られており、G-CSFは骨髄の代謝と細胞充実性を高め、結果として骨髄のFDG集積が増加すると考えられる⁸⁾。治療が奏功した場合には骨髄へのFDG集積が消失し、再発時には再出現することも示唆されている⁹⁾。このため、¹⁸F-FDG PET/CTは骨髄びまん性FDG集積や脾臓FDG集積亢進といった特徴的なパターンからG-CSF産生腫瘍を想起するきっかけとなるのみならず、治療効果判定や再発評価においても有用な検査法と考えられる。

《結 語》

¹⁸F-FDG PET/CTを施行し、G-CSF産生腫瘍1例および同腫瘍が臨床的に疑われた1例を経験した。G-CSF産生腫瘍は発見された段階で既に進行していることが多く、予後不良な疾患であり、できるだけ早期に診断し治療を開始する必要がある。¹⁸F-FDG PET/CTは骨髄のびまん性FDG集積、脾臓のFDG集積増加といった特徴的なパターンからG-CSF産生腫瘍の早期診断や治療効果判定の一助になると考えられる。

《参考文献》

- 1) Kuroshima T, Wada M, Sato T, et al. G-CSF producing oral carcinoma with diffuse uptake of FDG in the bone marrow: A case report. *Oncol Lett.* 2018;15(1):1241-1245.

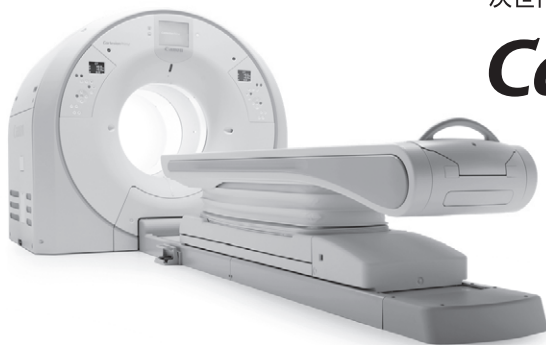
- 2) Kohno S, Furuta A, Arizono S, et al. Imaging findings of granulocyte colony-stimulating factor-producing tumors: a case series and review of the literature. Jpn J Radiol. 2021;39(9):857-867.
- 3) Asano S, Urabe A, Okabe T, et al. Demonstration of granulopoietic factor(s) in the plasma of nude mice transplanted with a human lung cancer and in the tumor tissue. Blood. 1977;49(5):845-852.
- 4) Kawaguchi M, Asada Y, Terada T, et al. Aggressive recurrence of gastric cancer as a granulocyte-colony-stimulating factor-producing tumor. Int J Clin Oncol. 2010;15(2):191-195.
- 5) Obermueller E, Vosseler S, Fusenig NE, et al. Cooperative autocrine and paracrine functions of granulocyte colony-stimulating factor and granulocyte-macrophage colony-stimulating factor in the progression of skin carcinoma cells. Cancer Res. 2004;64(21):7801-7812.
- 6) Nakamoto Y, Suga T, Hara T, et al. Inhomogeneous bone marrow uptake caused by G-CSF mimics multiple bone metastases on FDG-PET. Clin Nucl Med. 2010 Feb;35(2):74-6.
- 7) Sugawara Y, Zasadny KR, Kison PV, et al. Splenic fluorodeoxyglucose uptake increased by granulocyte colony-stimulating factor therapy: PET imaging results. J Nucl Med. 1999 Sep;40(9):1456-62.
- 8) Murata Y, Kubota K, Yukihiro M, et al. Correlations between ^{18}F -FDG uptake by bone marrow and hematological parameters: measurements by PET/CT. Nucl Med Biol. 2006;33(8):999-1004.
- 9) Hashimoto S, Sumida Y, Araki M, et al. Usefulness of ^{18}F -fluorodeoxyglucose positron emission tomography for assessment of tumor viability after resection of granulocyte-colony-stimulating-factor -Producing cholangiocarcinoma-a case report. Int J Surg Case Rep. 2021;80:105623.

Canon

次世代デジタル PET-CT

Cartesion Prime

Luminous Edition



【一般的名称】X線CT組合せ型ボジトロンCT装置
 【販売名】PET-CTスキャナ Cartesion Prime PCD-1000A
 【認証番号】301ACBZX00003000

G000101

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

nihon
medi+physics

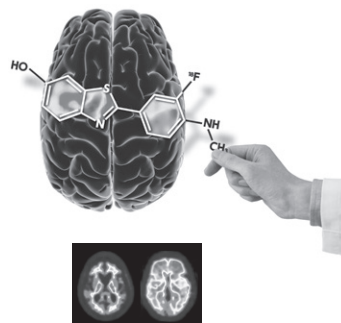
放射性医薬品・脳疾患診断薬 薬価基準収載

処方箋医薬品^(注)

ビザミル® 静注

放射性医薬品基準フルメタモル(^{18}F)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



製造販売元

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>

2026年4月改定

症例クイズ

出題編(第928回 放射線診療研究会 報告)

須山 淳平¹⁾ SUYAMA Jumpei 鳥井原 彰²⁾ TORIIHARA Akira 重本 蓉子³⁾ SHIGEMOTO Yoko

第928回放射線診療研究会(2026年3月9日)にて、症例検討会がWEB形式で行われました。放射線診療研究会の症例検討会では、出題者がクイズ形式で症例ごとに設問を出題し、参加者の先生方に選択枝を選んでいただく形式です。WEB形式のためチャット機能を利用して、参加いただいた先生方に選択枝を入力していただきました。今回は通常回とはことなり、橋本 順 先生のご発案より

アミロイドPETについて、2製剤にフォーカスし、製剤毎にご出題をいただきました。

出題は、鳥井原 彰 先生(国保旭中央病院 PET 画像診断センター)と、重本蓉子先生(国立精神神経医療研究センター病院 放射線診断療部)にご担当いただきました。

興味深い発表と活発な議論が行われました。本号では出題編、次号以降で解答編を掲載します。

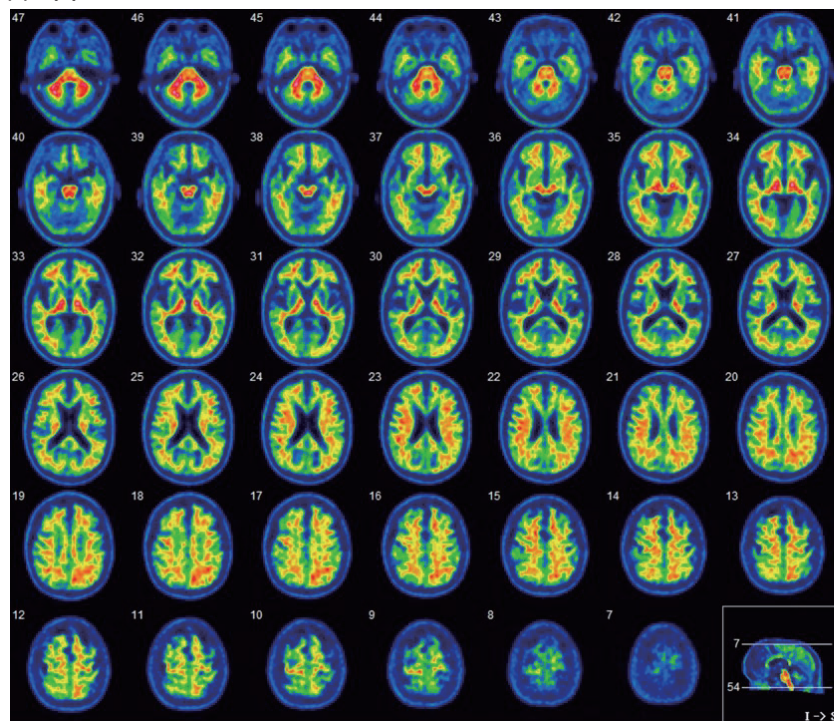
《①鳥井原 彰 先生 出題》

80歳代男性

早期アルツハイマー病と診断された患者である

(MMSE 28, CDR 1)。抗アミロイド β 抗体薬の適応判断のために施行された ^{18}F -Flutemetamol によるアミロイドPETを図1に示す。

図1(a)



1) 杏林大学医学部放射線医学教室 〒181-8611 東京都三鷹市新川 6-20-2

TEL : 042-247-5511 FAX : 042-276-0361 E-mail : suyama@ks.kyorin-u.ac.jp

Kyorin University School of Medicine.

2) 国保旭中央病院 PET 画像診断センター

3) 国立精神神経医療研究センター病院 放射線診療部

図 1 (b)

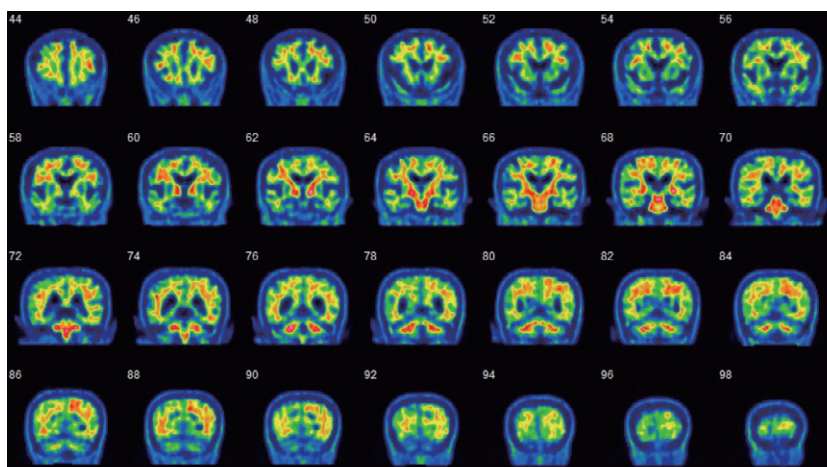


図 1 (c)

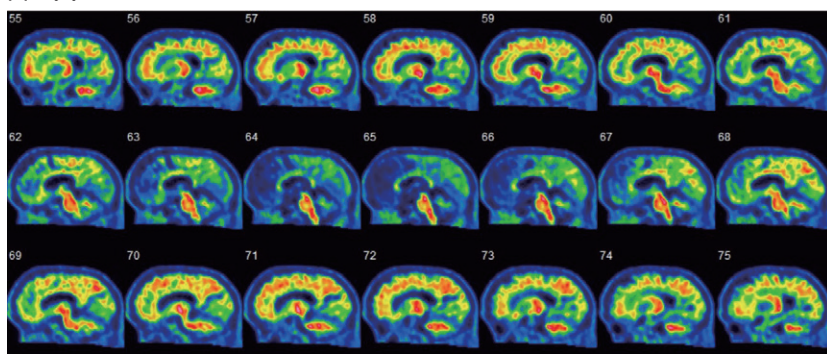


図 1 アミロイドPET (a) axial像 (b) coronal像 (c) sagittal像

問題 1. アミロイドPETの判定はどのようになるか？なお、センチロイドスケールは9.9であった。

1. 陽性
2. 陰性
3. どちらともいえない
4. わからない

問題 2. ドナネマブ治療開始後12か月で実施する再検アミロイドPETについて、正しいものはどれか。

1. 治療前と同じ製剤を用いて実施することが必須である。
2. アミロイド除去の有無は治療前PETとの比較で判断する。
3. アミロイドPETが実施できない場合は髄液検査で代用できる。
4. 再検アミロイドPETの結果が集積陰性であったら治療は終了する。

5. 再検アミロイドPETの結果が集積陽性であったらさらに12か月治療を行って再々検する。

《②重本 蓉子 先生 出題》

70歳代女性

【現病歴】 2年前より物忘れが出現し、徐々に進行している。他院でADと診断されアリセプト内服中である。抗アミロイド抗体薬を希望され来院した。

【家族歴】 なし

【既往歴】 2型糖尿病、脂質異常症、橋本病

【嗜好歴】 なし

【神経心理学的検査】 MMSE 23点、CDR 1点

MRI T2強調 axial 像およびT1強調 coronal 像を図2に示す。同時に施行されたVSRADではZ score 2.45であった。

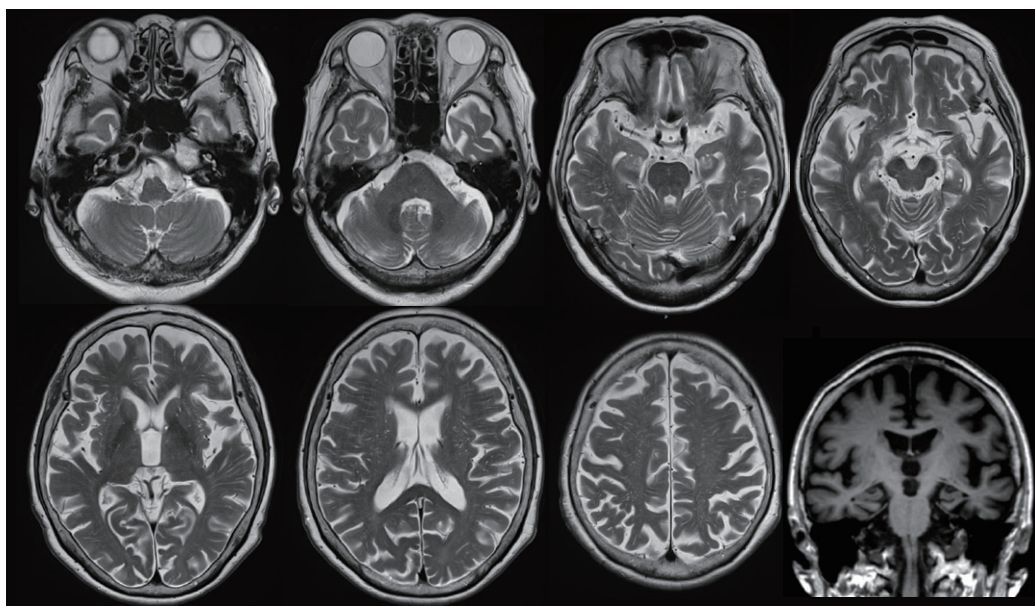


図2 MRI T2強調axial像およびT1強調coronal像

問題3. この時点で考えられる病型はどれか？

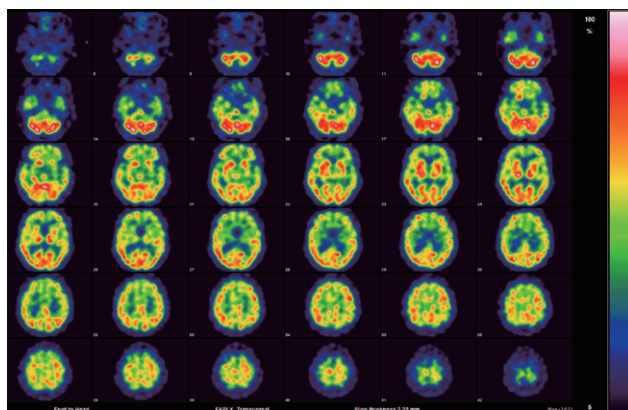
1. 嗜銀顆粒性認知症(AGD)
2. アルツハイマー病(AD)
3. レビー小体型認知症(DLB)
4. 前頭側頭型認知症(FTD)
5. 神経原線維変化型老年期認知症(SD-NFT)

問題4. アミロイドPETの判定はどのようなになるか？

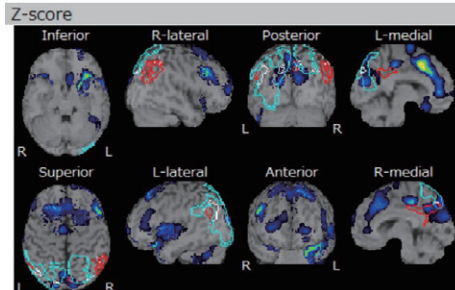
1. 陽性
2. 陰性
3. どちらともいえない
4. わからない

続いて ^{99m}Tc -ECDによる脳血流シンチグラフィ(図3), ^{18}F -florbetapirによるアミロイドPET(図4)を施行した。

(a)



(b)



(c)

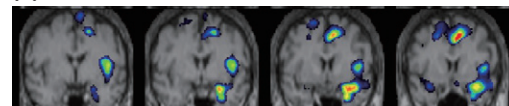
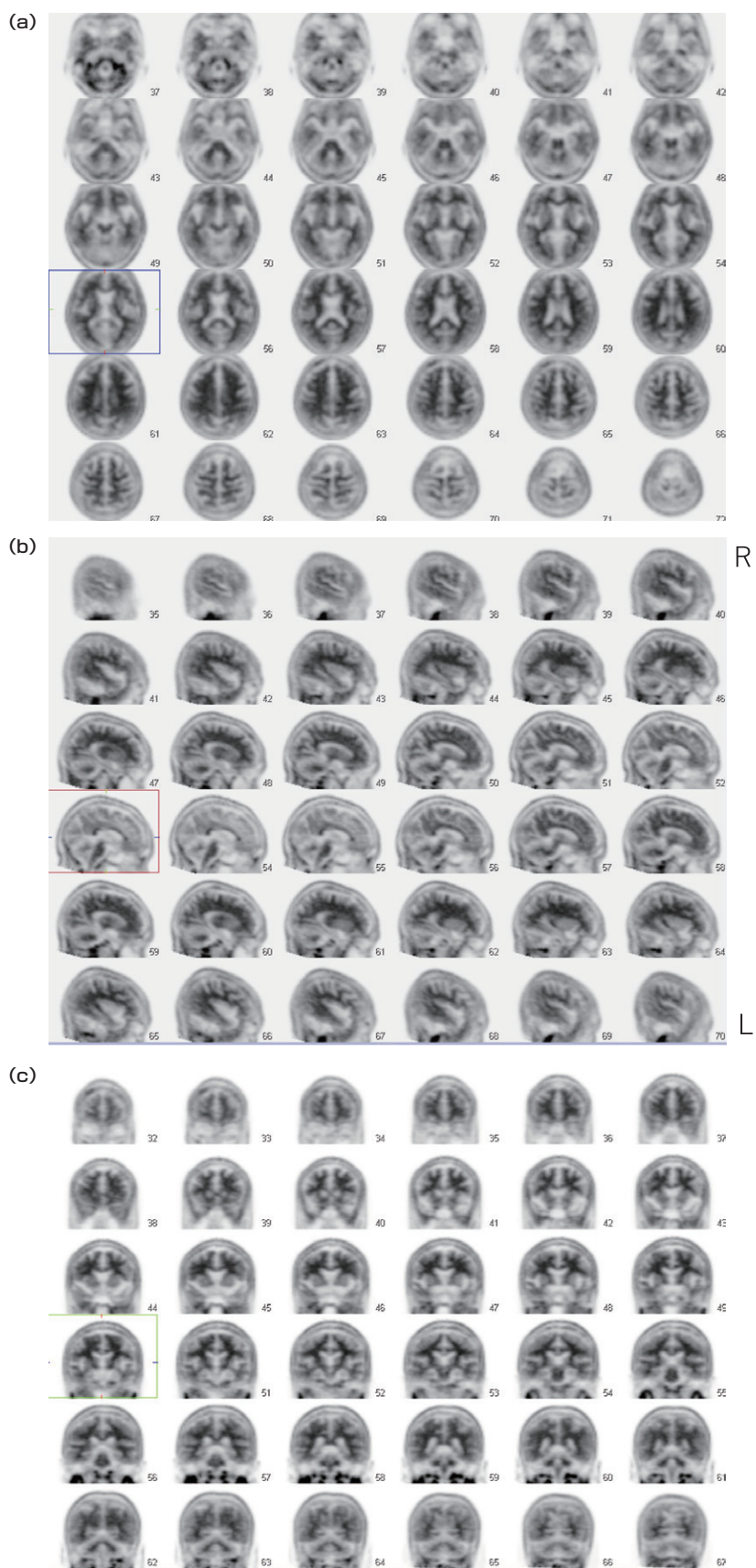


図3 脳血流シンチグラフィ (a) T2強調axial像 (b) (c) eZIS解析



リレー講座

「今日の認知症診療を考える」第4回： アミロイドPET診断のコツ 実践編 Tips for Amyloid PET Diagnostics: Practical Guide

岩淵 雄 IWABUCHI Yu

Key words : amyloid PET, Alzheimer's disease, F18-Florbetapir, F18-Flutemetamol, F18-Florbetaben

《1.はじめに》

アミロイドPETは生体の脳内におけるアミロイド β プラーク(老人斑)の密度を非侵襲的に推定する核医学検査である。本検査の臨床的意義は、アルツハイマー病の病理学的中核をなすアミロイド β プラークの存在をアミロイド染色に相当する形でPETで画像化することにある。

これまでの病理組織との対比研究により、アミロイドPETの陽性・陰性判定は、CERAD分類における「none/sparse」(陰性相当)と「moderate/frequent」(陽性相当)との鑑別において病理結果と高い整合性をもつことが実証されている^{1, 2, 3)}。すなわち、本検査の判定は定性的な二値判定(陽性/陰性)を原則とし、抗アミロイド β 抗体薬の適格性判定においてはこの定性判定が主たる指標となる。

本稿ではアミロイドPET診断のコツ(実践編)

と題して、実際のアミロイドPETの読影手法を概説し、読影に際して注意を要するようなピットフォールについても触れていきたいと思う。

《2.本邦で承認されているアミロイドPET3製剤》

本邦では、薬機法に基づき医療機器(合成装置)または医薬品(デリバリー製剤)として承認された、以下の3種の¹⁸F標識アミロイドPET製剤が利用可能である(表1)。

3製剤とも病理対比研究において高い感度、特異度が保証されており、診断能に関しては3製剤ともほぼ同等の性能が担保されているが、白質への非特異的集積の程度やプロトコル(投与量、撮像開始時間、画像表示条件、読影評価領域、陽性判定基準等)に製剤間の差異があるため、製剤

表1

製剤名	18F-florbetapir (アミヴィッド®)	18F-flutemetamol (ビザミル®)	18F-florbetaben (ニューラセック®)
表示条件	Inversed gray scale (背景が白) 	Color scale (Sokoloff又はrainbow) 	Gray scale (背景が黒) 
コントラスト設定	脳の全ピクセルの最大カウントを100%に設定	橋のカウントを最大輝度の90%に設定	各スライスの最大カウントを100%に設定
脳内の評価領域	側頭葉、後頭葉、前頭葉、頭頂葉(楔前部含め)	前頭葉、外側側頭葉、線条体、後部帯状回・楔前部、頭頂葉	外側側頭葉、前頭葉、後部帯状回・楔前部、頭頂葉
陽性判定基準	どちらかがひとつ以上の所見が認められる場合 ①灰白質と白質のコントラストが低下または消失した脳領域が2か所以上あること。この2か所以上の脳領域はそれぞれが1脳回よりも広いサイズである必要がある。 ②灰白質の集積が高く、隣接する白質の集積を超える領域が1か所以上ある。 ※いずれの所見も連続する少なくとも2つ以上のスライスで認められること。	陽性所見が1領域以上ある。	陽性所見が1領域以上ある。
診断能	感度92%、特異度100% (n=59) Lancet Neurol 2012;11:699-78	感度88%、特異度88% (n=68) JAMA Neurol 2015;72(3):287-294	感度97.9%、特異度88.9% (n=74) Alzheimer's Dement 2015;11(8):964-974

ビザミル®静注読影ポイントハンドブック、アミヴィッド®静注読影のポイント、ニューラセック読影講習会資料より
画像は自験例

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 : 03-3353-1211 E-mail : iwabuchi@rad.med.keio.ac.jp

Department of Radiology, Keio University School of Medicine

ごとに固有の読影基準とトレーニングプログラムが設定されている。

・¹⁸F-Florbetapir (Amyvid[®])

Florbetapir はスチルベン誘導体系の化合物であり、¹⁸Fにより標識されたデリバリー製剤である。Florbetapir の読影においては背景を白とした Inverted gray scale で表示された画像を作成し、前頭葉、側頭葉、後頭葉、頭頂葉(楔前部含め)と主要皮質領域を系統的に評価する。Florbetapir の評価対象領域には後頭葉が含まれており、一般的に後頭葉は脳アミロイド血管症の発生頻度の高い領域とされており、偽陽性に注意が必要となる。また陽性判定基準が他の2製剤と異なっている点にも注意が必要である。Florbetapir では次の所見のうちどちらかが認められる場合を陽性とするとなっている。

- ① 灰白質と白質のコントラストが低下または消失した脳領域が2か所以上あること。この2か所以上の脳領域はそれぞれが1脳回よりも広いサイズである必要がある。
 - ② 灰白質の集積が高く、隣接する白質の集積を超える領域が1か所以上ある。
- ※いずれの所見も連続する少なくとも2つ以上のスライスで認められること。

・¹⁸F-Flutemetamol (Vizamyl[®])

Flutemetamol は ¹¹C-Pittsburgh Compound B (PiB) の構造的類似体であり、¹⁸Fで標識されたデリバリー製剤である。読影においてはカラースケール(rainbow color scale 推奨)で画像を表示し、橋のカウントが最大輝度の90%になるようなコントラスト設定を行う。読影対象とする領域は前頭葉、外側側頭葉、線条体、後部帯状回・楔前部、頭頂葉であり、線条体が読影対象領域に含まれている点が他の2製剤との相違点である。線条体の集積に関しては一部の遺伝性アルツハイマー病において早い段階から高集積を呈することが報告されており⁴⁾、ピットフォールとして押さえておく必要がある。陽性判定基準はいずれの領域においても1領域でも陽性所見が認められれば陽性判定することとなっている。

・¹⁸F-Florbetaben (Neuraceq[®])

Florbetaben も Florbetapir 同様にスチルベン誘導体であり、¹⁸Fで標識されている。デリバリー製剤がないため3製剤のなかで唯一の院内製造のアミロイド PET 製剤となっている。読影においては背景を黒とした Gray scale を用いて皮質と白質のコントラストを評価する。読影対象領域は外側側頭葉、前頭葉、後部帯状回・楔前部、頭頂葉の4領域で、1領域でも陽性所見があれば陽性判定となる。Florbetaben においては RCTU・BAPL スコアリングシステムという半定量的スコアリングも提案されている。各領域ごとに、

RTCU スコア (1 = 集積なし, 2 = 軽度集積, 3 = 顕著な集積) を付与し、全領域の評価を統合して BAPL スコア (1 = β -アミロイド陰性, 2 = β -アミロイド軽度陽性, 3 = β -アミロイド有意陽性) を算出する。BAPL スコア 1 が「陰性」、スコア 2 および 3 が「陽性」と判定される。

3 製剤すべてに共通する判定原則は、皮質灰白質集積の増加に伴う灰白質・白質コントラストの消失を陽性所見とすることである。アミロイド β プラークが皮質灰白質に蓄積することで、本来は白質よりも低集積であるはずの灰白質の集積が上昇し、灰白質・白質の区別が困難になる現象がアミロイド PET 陽性像の本態といえる。

《3. 読影報告書の記載時の注意点》

アミロイド PET 読影報告書には以下の事項を含めることが望ましい。

1. 使用製剤名・投与量・撮像開始時刻・撮像時間
2. 画像品質の評価(アーチファクトの有無、萎縮など判定困難な要因の記載)
3. 各評価領域における所見(製剤ごとの評価領域を系統的に記載)
4. 総合判定: 陽性 (Amyloid-positive) または陰性 (Amyloid-negative) の二値判定
5. 判定の解釈に関する注意事項(必要に応じて)

いずれの製剤においても高度な脳萎縮(灰白質量の減少により偽陰性化しやすい)や撮像時の動きのアーチファクト(灰白質・白質境界の不明瞭化)が生じると正確な読影が困難となるため、読影に際してはまず正確な読影に耐えうる画質が担保されているかどうかを事前に評価する。

前述のように製剤ごとに異なる撮像プロトコル、読影手順が設定されているため、これを順守した読影を心がけることが重要である。それぞれの製剤の保証する診断能(感度・特異度)はこの最適化されたプロトコルを順守することで得られるものであり、勝手に表示条件を変えたり、読影手法を変えたりしてしまうと診断能にも影響が出てしまう可能性がある。

またアミロイド PET 所見の臨床的解釈にあたっては陰性の場合には認知機能障害の原因疾患がアルツハイマー病である可能性は低いと判断され、他疾患(前頭側頭葉変性症、レビー小体型認知症等)の検索を強化すべき状況となるが、一方で陽性の場合にはアルツハイマー病の診断に相当する老人斑の存在を示唆する結果となるものの、そのみでアルツハイマー病の確定診断が下されるわけではないことにも留意する必要がある。65歳未満の若年発症例では鑑別診断における臨床的有用性が特に高くなる一方で、高齢者では認知機能正常者においても陽性率が上昇することもあわせて念頭に置く必要がある。

なおアミロイドPETの読影に際してはまずは臨床症状を参考とせず独立して画像所見のみから陽性、陰性判断を客観的に評価することとし、最終的に臨床症状、神経心理学的検査、MRI等の形態画像、および他のバイオマーカーと統合的に判断することが推奨される。

読影に際してのピットフォールはいくつかあるが、偽陽性の要因として脳アミロイド血管症でもブランク沈着と同様の陽性像を示しうるので注意する必要がある。脳アミロイド血管症がアルツハイマー病に合併することもありうるが、その場合は後頭葉のトレーサー集積が上昇する傾向があり、こうした症例においては抗アミロイド β 抗体薬によるARIA (amyloid-related imaging abnormalities)の発生リスクも上昇することも報告されているので注意を要する⁵⁾。偽陰性となる要因としては萎縮があり、MRIとのfusion画像を作成することが誤診の防止に有用である。

・定量評価に関して

読影に際してはSUV_rやセンチロイドなどの定量値を参考とすることが可能であるが、定量値に関しては撮像装置やプロトコル、画像再構成法、計測に使用するソフトウェアなどによって影響を受けることが報告されており、その使用にあたっては十分な注意が必要となる。

リファレンス領域の集積も定量値に影響を与えてしまう場合があるが、図1に示す症例は典型的な陽性所見を示しているにもかかわらず、センチロイドスケールが31と過小評価された症例である。小脳の集積を確認すると通常より小脳集積が高いことがわかり、これがセンチロイドの値を過小評価させた原因と考えられた。

このように視覚的評価と定量評価の結果が乖離する症例も存在するが、定量値はあくまで補助的な情報として参照するとどめ、最終判定においては視覚的評価を優先することが推奨されている。

・Equivocal症例に関して

視覚読影をしていると10%程度で陽性・陰性の判断に迷う症例、いわゆるEquivocal(境界域)症例に遭遇する⁶⁾(図2)。アミロイド β は脳内に経時的かつ連続的に蓄積していくものであるため、集積が境界域にある症例において陽性・陰性の判定が困難になることは、ある意味で避けがたいといえる。その一方で読影報告書では陽性・陰性の二値判定をしなければならず、経験を積んだ読影医においても判断に迷う症例は多い⁷⁾。視覚的評価でEquivocalと判定された症例を経時的に追っていくと、陽性症例と同様にセンチロイド値が経時的に上昇する傾向がみられたことを示した報告もある⁸⁾。Equivocal症例を最終的に陰性と判定した場合には念のため髄液検査の追加や慎重な経過観察を考慮すべきである。

《4. アミロイドPETの新たな役割》

2024年11月のドナネマブの承認に伴い、適正使用ガイドライン改訂第4版において、アミロイドPETの新たな役割として治療効果モニタリングPETに関する記載が追加された。具体的には、抗アミロイド β 抗体薬によるアミロイド β ブランク除去の確認が、アミロイドPETの適切な使用方法として新たに位置づけられた。ドナネマブの添付文書においても、投与後一定期間を経てアミロイドPETを施行し、アミロイド β ブランクの除去を確認したうえで治療継続の要否を判断するという使用方法が規定されている。モニタリングPETにおいても視覚的評価による二値判定が求められるが、治療後症例ではEquivocal症例が多く含まれることが予測される。このような症例においては、視覚的評価に加えて治療前後の定量値の変化を参考とすることが有用と考えられる。

《さいごに》

アミロイドPETの読影においては、標準化された視覚的評価を基本としつつ、脳アミロイド血

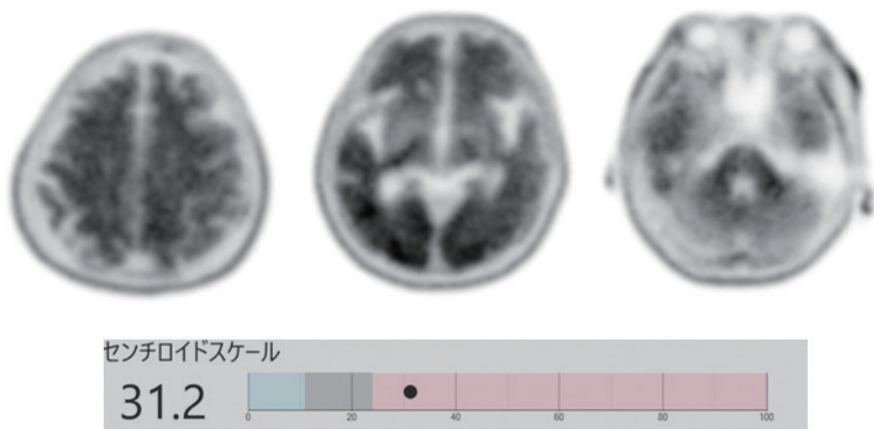


図1

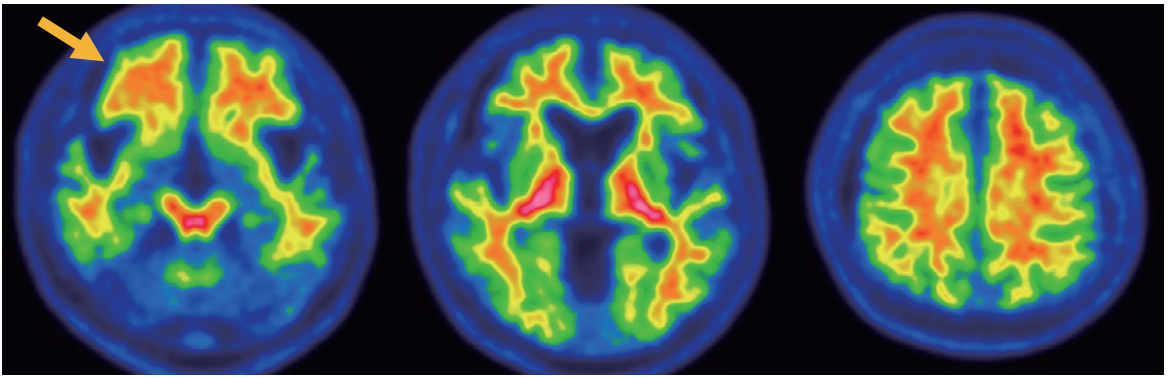


図2

管症による偽陽性や脳萎縮による偽陰性などのピットフォールを理解することが重要である。判定に迷う Equivocal 症例に対しては、定量値の参照や臨床医への適切な情報提供が有用となる。また、抗アミロイドβ抗体薬の普及に伴い、アミロイドPETは診断のみならず治療効果モニタリングへとその役割が拡大しており、読影医には、最新のエビデンスと適正使用指針を踏まえたうえで、個々の症例に応じた柔軟な判断が求められる。

- 1) Clark CM, Pontecorvo MJ, Beach TG, Bedell BJ, Coleman RE, Doraiswamy PM, Fleisher AS, Reiman EM, Sabbagh MN, Sadowsky CH, Schneider JA, Arora A, Carpenter AP, Flitter ML, Joshi AD, Krautkramer MJ, Lu M, Mintun MA, Skovronsky DM; AV-45-A16 Study Group. Cerebral PET with florbetapir compared with neuropathology at autopsy for detection of neuritic amyloid-β plaques: a prospective cohort study. *Lancet Neurol.* 2012 Aug;11(8):669-78. doi: 10.1016/S1474-4422(12)70142-4.
- 2) Curtis C, Gamez JE, Singh U, Sadowsky CH, Villena T, Sabbagh MN, et al. Phase 3 trial of flutemetamol labeled with radioactive fluorine 18 imaging and neuritic plaque density. *JAMA Neurol.* 2015 Mar;72(3):287-94. doi: 10.1001/jamaneurol.2014.4144.
- 3) Sabri O, Sabbagh MN, Seibyl J, Barthel H, Akatsu H, Ouchi Y, et al; Florbetaben Phase 3 Study Group. Florbetaben PET imaging to detect amyloid beta plaques in Alzheimer's disease: phase 3 study. *Alzheimers Dement.* 2015 Aug;11(8):964-74. doi: 10.1016/j.jalz.2015.02.004.
- 4) Klunk WE, Price JC, Mathis CA, Tsopelas ND, Lopresti BJ, Ziolkowski SK, et al. Amyloid deposition begins in the striatum of presenilin-1 mutation carriers from two unrelated pedigrees. *J Neurosci.* 2007 Jun 6;27(23):6174-84. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0730-07.2007.
- 5) Kennedy IA, Kim MJ, Lu M, Sims JR, Mintun MA, Collins EC, Shcherbinin S. Association of Occipital Amyloid PET Burden with ARIA-E: Exploratory Analyses in Three Clinical Trials of Donanemab. *Alzheimers Dement.* 2026 Jan 7;21(Suppl 2):e106489. doi: 10.1002/alz70856_106489.
- 6) Payoux P, Delrieu J, Gallini A, Adel D, Salabert AS, Hitzel A, et al. Cognitive and functional patterns of nondemented subjects with equivocal visual amyloid PET findings. *Eur J Nucl Med Mol Imaging.* 2015 Aug;42(9):1459-68. doi: 10.1007/s00259-015-3067-9.
- 7) Collij LE, Bischof GN, Altomare D, Bader I, Battle M, Vázquez García D, et al; AMYPAD Consortium. Quantification Supports Amyloid PET Visual Assessment of Challenging Cases: Results from the AMYPAD Diagnostic and Patient Management Study. *J Nucl Med.* 2025 Jan 3;66(1):110-116. doi: 10.2967/jnumed.124.268119.
- 8) Oh M, Seo M, Oh SY, Kim H, Choi BW, Oh JS, Kim JS; Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. A 4-Year Follow-Up of Subjects with Visually Equivocal Amyloid Positron Emission Tomography Findings from the Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative Cohort. *Nucl Med Mol Imaging.* 2021 Apr;55(2):71-78. doi: 10.1007/s13139-021-00690-x.

編集
後記

先月末、日本核医学会の専門医試験が開催されました。本試験は毎年1回実施されており、近年は6月末に行われています。本年も約50名が新たに核医学専門医として認定されました。受験資格をAIで要約すると、以下のとおりです。

- ・教育病院で5年以上の核医学研修・臨床経験を有すること
- ・医師免許取得後5年以上(初期臨床研修必修化後は6年以上)
- ・臨床経験5年以上(初期臨床研修必修化後は6年以上)
- ・教育病院における核医学研修5年以上
- ※初期臨床研修の2年間は、核医学研修の基礎1年分として算入されます。
- ・日本核医学会の正会員であること
- ・学会年会費を完納していること

正式には試験範囲や過去問題については、いずれも日本核医学会のホームページでご確認ください。

専門医試験の出願には期限がありますので、受験を予定されている先生方は、余裕を持って準備を進めていただければと思います。

最後に、専門医更新に関するお知らせです。以前は学会から更新書類が郵送されていたが、現在をご自身で必要書類をダウンロードして手続きを行う方式に変更されています。認識不足による提出遅延がないよう、ご注意ください。

編集委員長 須山 淳平

核医学装置QC用線源

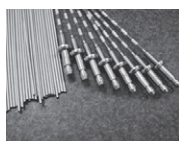
装置のデータ精度に心配ありませんか？

ガンマカメラ検出器
精度管理用線源



^{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 Radioisotope 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 C-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

販売名称/医療機器認証番号:
D-SPECT カードディック スキャナースystem/225AD8ZX00049000
D-SPECT VISTA カードディック スキャナースystem/203AD8ZX00054000
フルディジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON/230AD8ZX00110000
フルディジタル半導体全身用ガンマカメラ VERITON-CT/301AD8ZX00036000

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

Spectrum Dynamics Medical Japan 株式会社

〒101-0047 東京都千代田区神田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



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ロルベタピル (¹⁸F) 注射液

^注注意—医師等の処方箋により使用すること。


AMYViD[®]
Florbetapir F 18 Injection

※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。

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



製造販売元

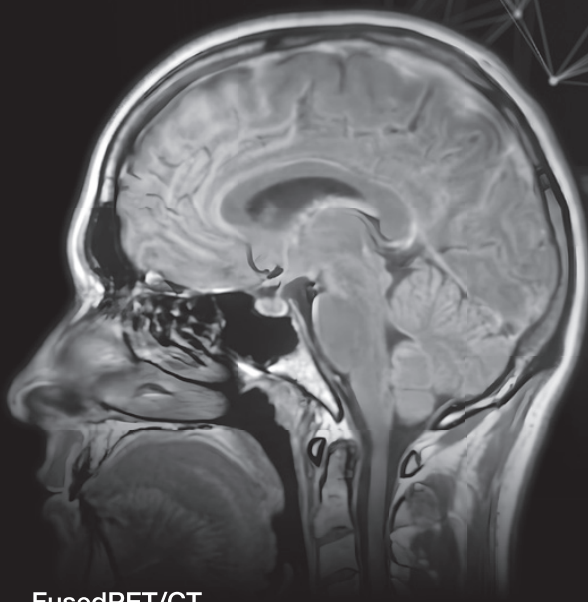
PDRファーマ株式会社

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



FusedPET/CT



CardiacFusion

臨床核医学の『今』と『未来』を、臨床の現場へ。

視る、診る、治す。 核医学の最前線がここに。



基礎研究から
最新臨床応用



PET/CT・SPECT
画像診断のコツ



最新のRI内用療法
(セラノスティクス)

<https://www.rinshokaku.com/>

臨床核医学



で検索



放射線診療研究会

放射線診療研究会会長

橋本 順

臨床核医学編集委員長

〒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

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，岩渕 雄，稲木杏史，伊藤公輝，山崎香奈

2026年7月20日発行