
総 説

FDG-PET/CT 検査

—そのピットフォールと問題点—

奥 山 智 緒

京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学*

The Utility and the Pitfalls of Clinical FDG-PET/CT

Chio Okuyama

*Department of Radiology, Graduate School of Medical Science,
Kyoto Prefectural University of Medicine*

抄 録

FDG-PETが腫瘍の診断に対して保険承認されてからまもなく10年となる。PET装置から主体はPET/CT装置となり、適応疾患も拡大され、各種悪性腫瘍の診療において、FDG-PETは重要な位置づけを担っていることは疑う余地もない。

我国においては欧米に比べて約4分の1の値段で検査ができる上、病期診断、再発診断、治療効果判定において、明確に腫瘍の活動性をサイズと程度で色づけして形態画像の上に描出してくれるPET/CTは視覚的にも理解しやすい点^が、爆発的に検査件数が増加した理由といえよう。

一方で、ブドウ糖の代謝を描出しているFDG-PETにおいては、様々な要因による偽陰性や偽陽性所見がある。その点を理解していなければ、临床上、大きな誤った診療方針に導く危険がある。本稿では、日常特にピットフォールとして留意すべき解釈上の注意点、さらには運用上の留意事項について、概説する。

キーワード：FDG-PET、腫瘍診療、PET/CT、ピットフォール。

Abstract

¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) PET has become an indispensable examination for the clinical routine way. It is useful for staging of malignant tumors, estimation of response and detecting recurrent disease. Knowledge of the normal distribution of FDG and its physiological variation is essential before interpreting PET scans as well as an awareness of the potential false positive and negative cases that can occur. In addition, the advent of combined PET/CT scanners has brought its own specific pitfalls and artifacts. This paper describes some of the common pitfalls and artifacts. In addition, important specific notifications in management of this examination by using a positron-emission radionuclide which decays in short time, was explained.

Key Words: FDG-PET, PET/CT, Artifact.

はじめに

腫瘍診療における画像診断は、FDG-PETにより近年大きく変化した。PET検査により、各種悪性腫瘍の病期診断が従来の診断と比べ20～30%程度変更されるようになり、化学療法や放射線療法などの治療効果も形態画像より正確に代謝の変化としてとらえることが可能になった。

2010年春から早期胃癌を除くすべての悪性腫瘍の病期診断や再発診断に適応が拡大され、癌診療においてその位置づけが欠かせないものとなりつつある。

X線CT画像の上にPET検査の画像を融合できるPET/CTが普及し、異常所見を直感的にとらえやすく、臨床医のみならず患者にもわかりやすい画像を提供できるようになったことにより、今後も一層需要が高まると思われる。一方で、その直感的なわかりやすさの故に“PET陽性だから悪性”とか“PETで集積がないので悪性は否定”などの、安易な評価が下されやすく重大な誤りにつながる危険も高い。

本稿では、“病変を色つきで描出するPET”ではなく機能画像としての側面からPET検査をとらえ、留意すべきピットフォールや問題点について概説する。

FDG-PET検査とは？

PETとは陽電子(Positron)放出(Emission)断層撮像法(Tomography)の略であり、陽電子を放出する放射性同位元素を用いて、投薬された薬剤の体内での分布を断層像に画像化する検査方法である。

用いる薬剤は陽電子放出核種で標識された放射性医薬品である。陽電子放出核種は原子核において不均一に多い陽子が中性子に壊変しその際に陽電子を放出する。そこで出てきた陽電子が陰電子と結合して消滅する際に放出する消滅放射線を検出器で検出する撮像法は1960年代

初めに端を発するものである。

現在臨床で行われているPET検査の大半はF-18で標識されたFDG (fluorodeoxyglucose)を用いたものである。FDGはglucoseの第2位の水酸基がF-18に置換されたものであり、体内では、細胞膜表面のGlucose transporter (GLUT)を介してglucoseと同様に細胞内に取り込まれ、hexokinaseによりリン酸化される。FDGの代謝はそこまでで停止するため、FDGは細胞のブドウ糖の取り込み能に従って細胞内に集積する。このmetabolic trappingのメカニズムを利用し、体内の糖代謝を画像化したのがFDG-PETである(図1)。

FDG-PETは、当初脳や心筋の糖代謝を調べる目的で用いられ始めたが、1980年代ごろより癌の診断への応用が注目され始めた。悪性腫瘍ではGLUTやhexokinaseの活性が高く糖代謝が活発であることを利用して、病変の悪性度の診断への有用性が広まり、その後機器の進歩により全身像の撮像が可能となった2000年代に入り、全身検索としてのPETの重要性が爆発的に広がった。

我が国では、2002年にFDG-PETが10疾患(脳腫瘍、頭頸部癌、肺癌、乳癌、大腸癌、転移性肝癌、膵癌、悪性リンパ腫、悪性黒色腫、原発不明癌)に対して保険適応となり、2006年には食道癌、子宮癌、卵巣癌への適応が追加され、PET/CT装置に対してPET検査とは異なる適応が定められた。さらに2010年の改正においては、早期胃癌を除くすべての悪性腫瘍に対して、その病期診断や再発、転移の診断に適応が拡大された。保険改正のたびに適応が拡大されている状況をもその重要性は推して知るべし事実ある。

FDG-PET/CTの有用性(図2)

FDG-PETは、腫瘍の病変の良悪性の鑑別や悪性度の診断、病期診断、治療効果判定、再発病変の検索など多くの場面で用いられる。

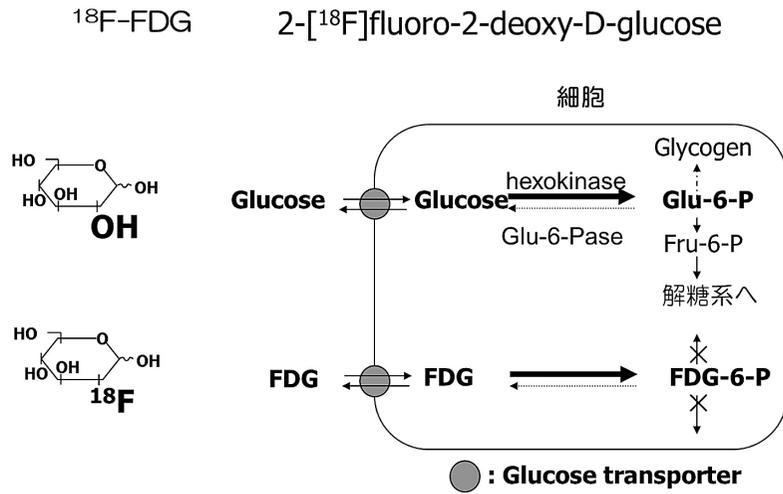


図1 FDG が細胞内に取り込まれるメカニズム

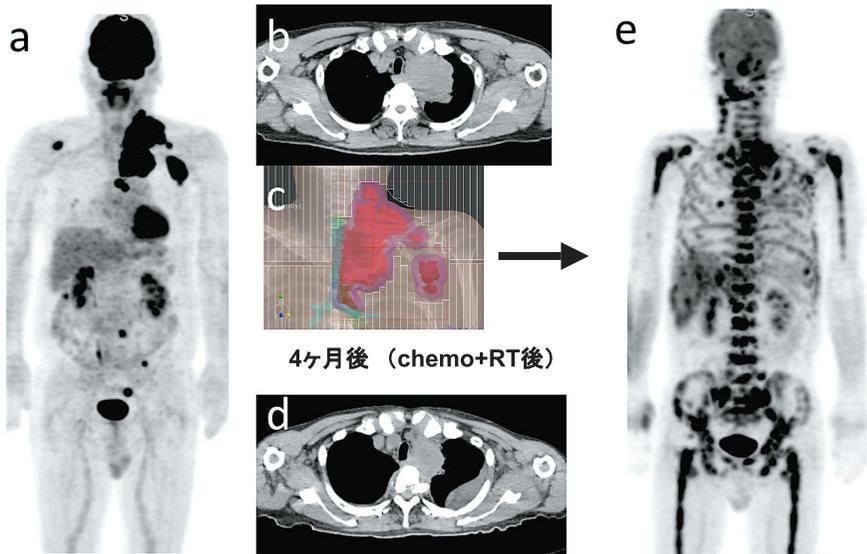


図2 肺癌症例

a: 治療前 FDG-PET, b: 治療前胸部 CT, c: 放射線治療計画, d: CRT 後胸部 CT, e: CRT 後 FDG-PET

治療前には左肺尖部から鎖骨上にかけて巨大腫瘍が存在している。左腋窩や縦隔、右肩甲骨、腰椎などにも転移病巣を疑う FDG の集積が確認される。胸部から腋窩にかけての腫瘍に対し照射野を設定し放射線治療を施行したところ、照射野内の腫瘍は著明に縮小し、集積も改善しているが、全身の骨髄に瀰漫性の浸潤を示す集積を認めるほか、右頸部リンパ節や、肝臓内にも多数の転移を疑う所見が出現している。FDG-PET は全身の腫瘍病巣の描出に有用である。

現在の保険適応基準には悪性腫瘍の診断が未確定な段階での良悪性の鑑別にPET検査を用いることはできないが、癌の悪性度の推定に有用である。非小細胞肺癌ではFDG高集積症例で低集積例よりも有意に無病生存期間が短く¹⁾、乳癌症例においてもFDG集積の程度が、その後の予後を反映しやすい²⁾とされる。

病期診断や再発病巣の検索においては、特にリンパ節転移や遠隔転移の検出に有用である。リンパ節転移についてはサイズクライテリアを用いて診断する形態画像よりも検出能に優れる。遠隔転移については、小さな肺転移や肝転移はPETよりも分解能の優れる形態画像のほうが高い検出能を有するが、骨転移や、播種性結節、軟部組織転移などは機能画像であるPET検査が検出に優れる。骨髄中を広がり骨皮質や骨梁に変化をきたさない骨梁間型転移は、しばしば、急速に広がり血管内播種性症候群(DIC)の原因にもなりうるが、CT上異常を認めない骨にPETで明らかな異常が描出され、はっとさせられることがある。こうした転移巣の検出におけるPETの果たす役割は大きく、各種悪性腫瘍においてFDG-PET検査を行う事により20～50%程度の症例で治療方針が変更になるとされ³⁾、方針決定に欠かせない検査となっている。また、化学療法後の治療効果判定においては、形態上のサイズ縮小に先立って生じる代謝の変化をとらえることができ、より正確に反応性を評価できる⁴⁾。

これら全身検索において、PETとCTが一つの寝台上にあるPET/CT装置を用いることの有用性は言うまでもなく、空間分解能の高いCT上に、機能分解能の高いFDG画像を融合することにより、病変の同定とその検出能の向上に大きく貢献している。

FDG-PET/CTのピットフォール

上述のようにFDG-PETは腫瘍の検出に優れているが、糖代謝の程度を忠実に描出したものに過ぎず、腫瘍に対して特異的な製剤ではない。“FDG集積＝悪性”と考えると多くの偽陰性、偽陽性が生じうることを理解しておく必要

がある⁵⁾。

偽陰性所見

悪性腫瘍であってもFDGが陰性となる原因は、①病変にFDGが集積しにくい場合、②腫瘍の体積が小さい場合、③見えにくい場所に存在する場合、の3種類に分類される。

①病変にFDGが集積しにくい場合：ブドウ糖代謝活性を左右するヘキソキナーゼ活性や細胞膜のグルコーストランスポータの活性は、悪性腫瘍においても様々で、これらの酵素活性が低く増殖が穏やかな腫瘍であれば、たとえ“癌”といえどもFDG集積は目立たない。放射性ヨードの良好な集積を示す分化型甲状腺癌の転移病巣や、すりガラス影を示す高分化型肺腺癌の場合などが代表例である。また、通常多くの種類の癌細胞内では活性の高くないGlucose-6-phosphatase (G6Pase)を豊富に有する腫瘍の場合、FDGが細胞内にとどまらないため集積を認めにくく、肝癌や腎癌では本メカニズムによる偽陰性例がしばしば存在する⁶⁾。

②腫瘍の体積が小さい場合：PET装置の画像分解能は、核医学検査の特性上せいぜい5mm程度である。図3は同一の¹⁸F-FDG溶液を入れたファントムを撮像した像とそのSUV値を示している。計算上は同一のSUVを有するが、2cm以下のサイズになると極端に集積程度が低下する。体内の病変においても同様の現象が起こり、小さな肺転移や大腸癌のI群リンパ節などは、形態画像で描出されていてもFDG集積は指摘困難となりやすい。また、既知の各種悪性腫瘍の早期の小さな原発病巣がPETで描出されていないことは珍しくない。

一方で、全身検索でCTやMRIで認識されていない小病変をPETで検出することができる。そのため小病変の描出能が他検査よりも優れると誤解されやすいが、PET検査が優れているのは、その描出能ではなく代謝分解能の違いによる検出能である。したがって、腫瘍細胞が塊としてある程度の大きさを持たない細胞密度の低い癌性胸水や腹水、白血病や、嚢胞性病変、粘液貯留性病変、壊死病変、線維成分の中に散在

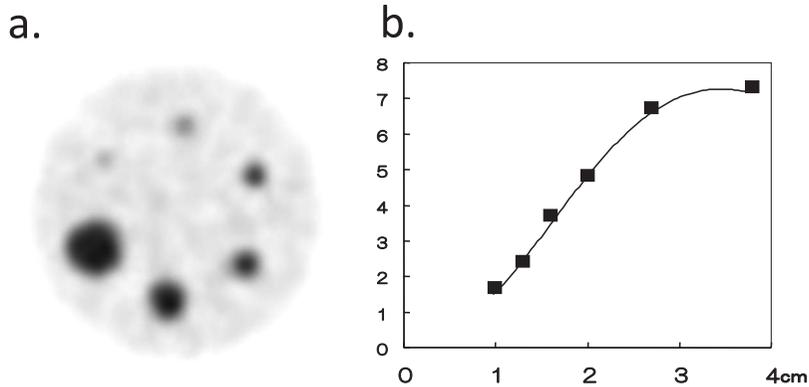


図3 ファントムの集積

a: FDG 溶液を満たした球形ファントム PET 画像, b: 各球の半径と集積の強さの関係

同一濃度の FDG 溶液を入れたファントムを撮像すると, 半径 3 cm 以下になると, 集積程度が著明に淡くなっている. 体内においても小病変の集積程度は, 大きな病変よりも小さくなる.

性に癌細胞が存在するスキルス癌などの場合も, 陽性率は高くない.

③見えにくい場所に存在する場合: FDG は尿路系に排泄され, 膀胱や尿管, 腎盂には多くの FDG が分布し, その中に存在する腫瘍病巣を検出することは多くの場合困難である. また, 生理的集積の強い脳内に存在する腫瘍も, しばしば指摘困難である. 集積程度からグリオーマの悪性度を推定することが可能とされるが, 脳内の病変の存在診断には FDG-PET は適さず, 脳転移の除外のためには MRI 検査を行う事を推奨する. また, PET 撮像の際, 呼吸による横隔膜の移動があるため, 肺底部の小病変は肺尖部のような動きの少ない部位の小病変よりも集積が弱くなる.

偽陽性所見

糖代謝の高い良性病変として最も多いのは, 活動性の炎症病変である. 炎症巣では, ブドウ糖代謝が腫瘍と同様に亢進しており, 血管炎の活動性の評価⁷⁾ や, 不明熱の原因検索に対する FDG-PET の有用性が報告されている⁸⁾. 我が国では, 現在, 非悪性腫瘍患者に対しては保険適応外であり炎症病変の評価のために検査を行

う事はないが, 悪性腫瘍患者の PET 検査を見る際に活動性の炎症病変との鑑別は常に念頭に置いておく必要がある.

術後や放射線治療後の炎症への集積は, 残存病変や局所再発との鑑別が重要であるし, 悪性腫瘍が疑われているものの, 実は確定診断がついていない病変がサルコイドーシスや, 結核などの肉芽腫性疾患であることも時折経験する. PET のみで良性の病態を除外することはできず, 画像の評価においては, ほかの検査所見や臨床情報を合わせて総合的に判断する必要がある. 検査の時点で判明している臨床情報をもらさず確認してから評価を下さねばならない.

また, 良性腫瘍の中にも, 悪性腫瘍と同様に FDG の高集積を呈するものがある. しばしば経験するのとして, 甲状腺腺腫や, 大腸腺腫, 耳下腺のワルチン腫瘍や多形腺腫, 背部弾性線維腫などがある. 髄膜腫や下垂体腺腫も, 正常脳集積より目立つ場合もある⁹⁾. 甲状腺や大腸の場合には, 悪性病変との鑑別や腺腫内癌の除外をすることは画像上困難なため精査が必要であるし, 脳病変の場合にも, MRI での精査が必要である.

正常組織への集積が検査をするタイミングに

よってしばしば異なることもある。女性の月経期には子宮内に、排卵期には卵巣（排卵側）に中等度以上の集積、子宮内膜には軽度の集積が認められる¹⁰。妊娠可能年齢の女性の検査においては、検査施行時の月経周期を確認する必要がある。また、授乳期の女性には乳腺に強い集積がみられるが、男性の女性化乳房も PET しばしば描出される。

骨髄は化学療法前後においてはダイナミックに機能が変化する臓器である。骨髄機能が亢進している際には FDG の骨髄集積も亢進する。化学療法後の反応性の骨髄機能亢進時や、G-CSF 製剤の投与時にはびまん性の骨髄集積が認められる¹¹。また、著明な白血球増多を伴う G-CSF 産生腫瘍を有する場合にも、著明な骨髄集積亢進がみられる¹²。びまん性骨（髄）転移と誤診しないよう、治療内容や血液データを確認する必要がある。骨髄の生理的集積は通常均一であることが多いが、骨髄機能に異常のある再生不良性貧血などの場合には生理的集積そのものが不均一に見える。この場合、追加した MRI 検査でも機能性骨髄が、周りの脂肪髄に比べ相対的に T1WI 低信号、T2WI 高信号となるなど骨転移と判断されやすいため、特に注意せねばならない¹³。

大腸には高頻度に生理的集積を認める。腫瘍の場合は丸い形態を呈することが多く、生理的分布は腸管の走行に沿って長い形態でみられることが多い。また、後期像を追加することにより生理的分布は形態が変化しやすいので、異常集積との鑑別のためには追加撮像が有用である。腸管の走行に沿って長く続く集積は、腸炎、下剤の常習者、下痢、便秘などによることが多い。

機能画像特有のピットフォール

FDG-PET 検査に際しては、検査前後に 2 つの注意事項をお願いしている。

一つ目は検査前の絶食である。glucose と類似した骨格を有する FDG は細胞内には glucose と同様に細胞膜の Glucose-transporter (GLUT) を介して取り込まれる。高血糖下では、glucose

との競合により腫瘍への取り込みがやや低下する¹⁴ 傾向があるため、検査時には正常血糖であることが望ましい。しかしながら、血糖コントロールの不良な患者に対して、インスリンにより血糖を降下させて検査を行うようなことは、逆効果である。インスリンは、筋肉や肝臓の GLUT 活性を上昇させて血糖値を降下させるため、血清インスリン値の高い状態で FDG を投薬すると、全身の筋への集積が亢進し腫瘍集積が低下する。食後に検査を行った場合も、反応性に上昇した血清インスリンにより筋の GLUT 活性が亢進しているために、腫瘍の FDG 集積を正確に評価するためには最低 4 時間以上は食事、点滴内容含め、糖分フリーののちに検査を行う必要がある（図 4）。経口糖尿病薬の中には血糖降下させるために大腸の GLUT 活性を上昇させるものがあり、このような薬剤服用中の患者では大腸壁の集積が亢進する¹⁵。

二つ目は、検査前の運動の禁止である。筋肉

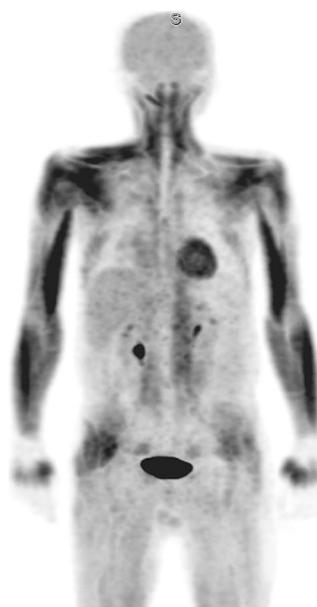


図 4 食後に検査された症例

食後 2 時間以内に FDG を投薬された場合には、反応性のインスリン分泌により、筋肉や肝臓の GLUT 活性が高まり、全身の骨格筋や心筋への FDG 集積が亢進する。相対的にも絶対的にも腫瘍への FDG 集積が低下するため、病変の検出や集積程度の評価が困難となる。

はその活動に際してグルコースをエネルギー源として用いる（心筋は脂肪酸が主体）ため、検査直前に運動した筋肉には、FDG が多く集積する。健常人を対象とする PET 検診では、テニスやゴルフなどの運動時に用いる骨格筋への集積が非対称にみられることもある。悪性腫瘍を対象とする臨床の検査では激しい運動後に検査をする被験者は多くないが、通院時に吊革を持った腕の筋肉集積や、FDG 投薬後の止血のために押さえた手の拇指球や、小円筋への集積がしばしばみられる。また、頭頸部の放射線治療後の患者では口腔内乾燥感のため唾液分泌を促すために口を動かすことが多く咀嚼筋への集積が増加することが多い。

そのため、検査前日からの激しい運動を避けるのみならず、FDG の投薬後から撮像までの安静時間においても、会話による声帯の運動や、

読書やテレビ視聴などによる外眼筋の運動を避けるべく、静かな待機室での安静をお願いしている。

反回神経麻痺のある症例では正常側の声帯の動きが過剰になり片側性に生理的集積が強くなる。また、咳嗽の続く患者の場合には肋間筋や、横隔膜などの胸郭の筋群の集積が亢進する。このように受診者自身が随意に安静を保たせない筋肉の集積については、患者の状態の観察により、総合的な評価が可能となることが多い。

やせ型の若年者に冬の検査で左右対称性に肩甲骨上部から頸部、鎖骨上部、縦隔や胸椎の椎体横、後腹膜腎周囲の脂肪組織に FDG 集積が認められることがある¹⁶⁾。これは褐色脂肪組織への集積である。齧歯類や冬眠動物においては非ふるえ熱産生を行う重要な臓器であるが、ヒトにおいても主として母体内から外界に誕生する

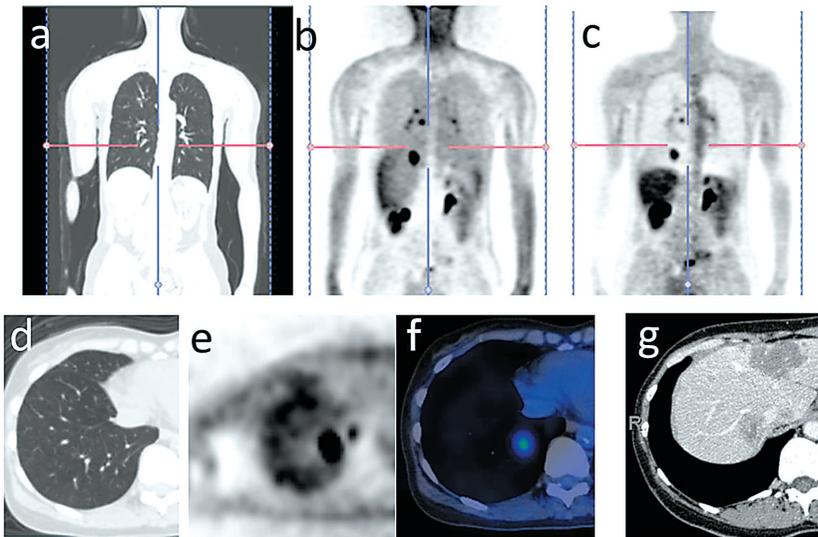


図5 PET/CT 特有のアーチファクト

a: PET/CT の CT 冠状断, b: 減弱非補正の PET 冠状断, c: 減弱補正後の PET 冠状断, d: CT 水平断, e: 減弱非補正の PET 水平断, f: 減弱補正後の PET 水平断と CT の融合画像, g: d よりやや下方レベルの造影 CT

PET 撮像時（安静呼吸位）(b)よりも、吸気位で CT が撮像された(a)場合の、再構成された減弱補正後の画像(c)では、CT の際の横隔膜の位置に見かけ上の肺と肝臓の境界が形成される。右下肺野に存在するように見える FDG の異常集積(f)に相当する病変は CT では右下肺野には認められない(d)。減弱非補正の PET 画像(e)では肝臓内に hot spot が疑われ、肝臓内の腫瘍(g)への集積が、再構成上のアーチファクトにより肺内にあるように見えているものと判断できる。

際の急激な気温の変化に対応する際に特に重要となる組織である。小児期から成人になっても、寒冷に対する熱産生に加え過剰なエネルギーを燃焼し肥満を抑制する役割を果たしており、急に冷え込んだ秋口や特に寒い日に、時折活性化した褐色脂肪へのFDG集積がみられる。

PET/CT 特有のピットフォール

PET/CTでは、FDGの集積が空間分解能の優れたCT画像の上に融合されることにより、PET単独や造影CT単独での診断能をしのぐ病変検出力を発揮するが、FDGは造影剤ではなく、異なる原理で撮像された別々の画像を融合しているものであり、特有のアーチファクトが生じうる。

CTでは一度の息止めにより全範囲の撮像を行うが、PETは10数cmの撮像に数分間の収集が必要であるため安静呼吸下で行われる。PET画像に融合するCTの撮像の際に、PETと同様に安静呼吸位で撮像すればCT画質が低下する。したがってある程度画質の担保されたCT画像を得るために、軽い呼気での呼吸停止で撮像されることが多い。この方法によりPET画像とほぼ位置ずれのない画像を得られるが、CT撮像の際に深吸気となり横隔膜の位置のずれた画像となることがある。

PET画像の再構成においては、体内での放射線の減弱に対し補正が行われるが、PET装置では、外部線源を用いて減弱の程度を測定しているのに対し、通常のPET/CT装置では用いたCT画像により補正がなされる。横隔膜の頭側は吸収の少ない肺野があるのに対し、横隔膜の尾側には放射線吸収の程度が比較的大きな肝臓が存在する。肝臓のレベルではPETのemissionで得られた値に対して比較的大きな減弱補正がなされるが、X線吸収値の低い肺のレベルでの補正が小さい。このため、CTとPETのemission収集での呼吸位が異なると（CTで深吸気となると）、CT撮像時に肺野、PET収集時に横隔膜下となったレベルに、上に凸の三日月状の相対的低集積領域が出現し、その形態から“banana artifact”と呼ばれる¹⁷⁾。病変が横隔膜下の肝臓

に存在するときに、肝臓の吸収補正が不十分な状態で、補正後の画像においては肺内に集積があるかのようなアーチファクトが生まれる場合もある（図5）。

運用上の問題点

FDG-PET検査には時間、費用、手間がかかり、施設において施行可能な件数には制限がある。放射性同位元素の使用においては、管理区域の構造や、排気、排水設備などを合わせ、各同位元素の使用限量が定められており、一日量、1か月量、3ヶ月量と届け出により許可された線量を超えての薬剤使用が許可されない。

また、PET検査には投与から撮像まで2時間程度の時間を要するが、放出される放射能が強いため、薬剤の投与から一定時間は管理区域内の個室での待機が必要であるため、運用上も件数が制限される。

薬剤は放射線の物理的半減期が110分と短い同位元素を用いるため、1日数回にわけて薬剤は配達される“超生もの”である。検査予定の患者が遅刻したり、前処置の絶食を守っていない場合、検査を行える時間まで待つと薬剤は減衰しすぎるため使用に耐えない。サイクロトロンと薬剤の合成装置を備えているPET施設では、一度に多くの薬剤を製造できるため問題になりにくい。デリバリーのFDGを購入して行う施設においては、一人分4万6千円の薬が無駄に砂糖水になってしまうのを見ているしかない。検査待ちの患者が大勢いるにも関わらず、突然発生したキャンセルに対しては、その枠をその時点で4時間以上絶食状態にしている別の患者にうまく使える好機はめったにない。

臨床上の有用性、必要度の高さに対し、費用と手間、労の多くかかる検査である割に諸外国に比べて我が国における検査料は3分の1程度でしかないPET検査が、現在の我が国においては病院や現場泣かせの検査である感は否めない。

最 後 に

FDG-PETは腫瘍の描出に優れているが、糖代謝の程度を忠実に描出したものであり、腫瘍

に対して特異的な製剤ではない。“FDG 集積＝腫瘍”と考えた時点で多くの偽陽性、偽陰性が生まれ、Pitfallにはまってしまう。真のアーチファクトは、画像再構成時に生じるもののみであり、悪性病変の偽陰性も、良性病変の偽陽性も、生理的分布も、その時点での、被験者の“糖

代謝”としては真の像なのである。糖代謝を変化させるさまざまな状態を考慮して総合的に理解しながら FDG-PET/CT 画像を評価することにより、得られる情報はさらに奥深いものとなる。

文 献

- 1) Higashi K, et al. ^{18}F -FDG uptake as a biologic prognostic factor for recurrence in patients with surgically resected non-small cell lung cancer. *J Nucl Med* 2002; 43: 39-45.
- 2) Groheux D, et al. Correlation of high (18) F-FDG uptake to clinical, pathological and biological prognostic factors in breast cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2011; 38: 426-435.
- 3) Townsend DW. Positron emission tomography/computed tomography. *Semin Nucl Med* 2008; 38: 152-66.
- 4) Cheson BD et al. Revised response criteria for malignant lymphoma. *J Clin Oncol* 2007; 25: 579-586.
- 5) 奥山智緒, 他. PET/CT 特集 陥りやすい画像診断のピットフォール. *臨床放射線* 2011; 56: 490-500.
- 6) Lee JW, et al. Prediction of tumor recurrence by ^{18}F -FDG PET in liver transplantation for hepatocellular carcinoma. *J Nucl Med* 2009; 50: 682-687.
- 7) Walter MARA, et al. The value of [^{18}F] FDG-PET in the diagnosis of large-vessel vasculitis and the assessment of activity and extent of disease. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005; 32: 674-81.
- 8) Keidar ZA, et al. Fever of unknown origin: the role of ^{18}F -FDG PET/CT. *J Nucl Med* 2008; 49: 1980-1985.
- 9) Matser U, et al. Increased (18) F-fluorodeoxyglucose uptake in benign, non physiologic lesions found on whole-body positron emission tomography/computed tomography (PET/CT): accumulated data from four years of experience with PET/CT. *Semin Nucl Med* 2007; 37: 206-222.
- 10) Lerman H, et al. Normal and abnormal ^{18}F -FDG endometrial and ovarian uptake in pre-and postmenopausal patients: assessment by PET/CT. *J Nucl Med* 2004; 45: 266-271.
- 11) Goethals I, et al. Time-dependent changes in ^{18}F -FDG activity in the thymus and bone marrow following combination chemotherapy in paediatric patients with lymphoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010; 37: 462-467.
- 12) Morooka M, et al. (18) F-FDG-PET/CT findings of granulocyte colony stimulating factor (G-CSF)-producing lung tumors. *Ann Nucl Med* 2008; 22: 635-639.
- 13) Okuyama C, et al. FDG avid pathy bone marrow misinterpreted as melanoma metastases to bone in a case of aplastic anemia. *Clin Nucl Med* 2009; 34: 927-930.
- 14) Rabkin Z, et al. Do hyperglycemia and diabetes affect the incidence of false negative ^{18}F -FDG PET/CT studies in patients evaluated for infection or inflammation and cancer? A comparative analysis. *J Nucl Med* 2010; 51: 1015-1020.
- 15) Oezulker T, et al. Clearance of the high intestinal ^{18}F -FDG uptake associated with metformin after stopping the drug. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2010; 37: 1011-1017.
- 16) Yeung HW, et al. Patterns of (18) F-FDG uptake in adipose tissue and muscle: a potential source of false-positives for PET. *J Nucl Med* 2003; 44: 1789-1796.
- 17) Nehmeh SA, et al. Respiratory motion in positron emission tomography/computed tomography: a review. *Semin Nucl Med* 2008; 38: 167-76.

著者プロフィール



奥山 智緒 Chio Okuyama

所属・職：京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学・講師

略 歴：1994年3月 京都府立医科大学医学部 卒業

1994年4月 京都府立医科大学 放射線医学教室

1996年5月 大阪市立大学医学部附属病院 放射線科

1997年4月 京都府立医科大学附属病院 放射線医学教室

1999年4月 京都府立医科大学大学院医学研究科生体情報学

2002年4月 京都府立医科大学 放射線医学教室 助手

2003年9月 医療法人坂崎診療所 PET 画像診断センター センター長

京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学 客員講師

2005年4月 京都府立医科大学大学院医学研究科放射線診断治療学 助手
(学内講師), 京都府立医科大学附属病院放射線部副部长 (兼任)

2007年4月～現職

専門分野：核医学, 画像診断

- 主な業績：1. Okuyama C, Sakane N, Yoshida T, Shima K, Kurosawa H, Kumamoto K, Ushijima Y, Nishimura T. ^{123}I -or ^{125}I -Meta- Iodobenzylguanidine visualization of Brown adipose tissue. *J Nucl Med* 43; 1234-1240, 2002.
2. Okuyama C, Ushijima Y, Kubota T, Yoshida T, Nakai T, Kobayashi K, Nishimura T. ^{123}I -Metaiodobenzylguanidine uptake in the nape of the neck of children: likely visualization of brown adipose tissue. *J Nucl Med* 44; 1421-1425, 2003.
3. Nakai T, Okuyama C, Kubota T, Yamada K, Ushijima Y, Taniike K, Suzuki T, Nishimura T. Pitfalls of FDG-PET for the diagnosis of osteoblastic bone metastasis in patients with breast cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 32(11): 1253-1258, 2005.
4. Okuyama C, Kubota T, Matsushima S, Ushijima Y, Nishimura T. Intense FDG accumulation in idiopathic tumoral calcinosis *Clin Nucl Med*. 34(4): 230-232, 2009.
5. 奥山智緒. 癌治療における放射線診療の展開. —放射線治療・IVR・RI 内用療法— 西村恒彦編 アイソトープ治療, pp122-137. 金芳堂, 京都, 2008.