

## レビュー

腹部・骨盤部領域におけるF-18 FDG PET/CT検査の意義  
— パート 3 —

菅 一能

セントヒル病院 セムイPET検診・放射線治療サイト 宇部市今村北3丁目7-18 (〒755-0155)

Key words : F-18-FDG, PET/CT, 腫瘍診断, 婦人科領域, 泌尿器科領域

## 和文抄録

メタアナリシスで各種悪性腫瘍患者の画像検査にF-18-2-Fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG) PETまたはPET/CTを併用すると、1/3以上の患者で治療方針の変更されることが示されており、本検査は腫瘍診断と治療戦略に重要な役割を担っている。婦人科領域でも、National Comprehensive Cancer Networkの卵巣癌・子宮癌ガイドラインでは、初回治療後に腫瘍マーカー上昇などで再発を疑う場合やCT/MRで再発を疑う病変の診断や再発巣が不明の場合には、FDG PETの使用が推奨されている。泌尿器科領域でも、初回ステージングや術後の再ステージングにおけるFDG PETの有用性を示唆するエビデンスが蓄積しつつある。本稿は、腹部・骨盤部領域のFDG PET/CT検査の意義のレビューの最終章となるが、婦人科/泌尿器科領域の腫瘍を中心に本検査の有用性と限界点の最新知見を総括する。

## はじめに

最近のメタアナリシスで各領域・各種悪性腫瘍患者の画像検査F-18-2-Fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG) PETまたはPET/CTを加えると、平均1/3以上の患者の治療方針が変更されることが示されている<sup>1)</sup>。婦人科領域の悪性腫瘍でも、National Comprehensive Cancer Networkの卵巣癌・子宮癌

ガイドラインでは、初回治療後に腫瘍マーカー上昇などから再発を疑う場合やcomputed tomography (CT)/magnetic resonance (MR) で再発巣不明または再発を疑う病変の確定診断に難渋する場合にFDG PET検査が推奨されている<sup>2)</sup>。泌尿器科領域の悪性腫瘍でも、初回ステージングや術後の再ステージングにおけるFDG PETの有用性を示すエビデンスが示されている。ただし、FDGの排泄経路にある尿道・膀胱腫瘍や、前立腺癌の原発巣や造骨性骨転移巣が検出し難い面があるなどの限界点もある。本稿は、腹部・骨盤部領域のFDG PET/CT検査の意義のレビューで最終章となるが、婦人科・泌尿器科領域を中心に有用性と限界点の最新知見を述べる。

## 1. 婦人科領域のFDG PET

婦人科領域のF-18-Fluorodeoxyglucose (FDG) PETまたはPET/CTは、卵巣や子宮内膜のホルモンサイクルによる生理的FDG集積を念頭に置く必要がある<sup>3)</sup>。55歳以下の閉経前に認めることが多いが、閉経後や子宮摘出後患者でも0.3%程度に認められ、集積機序は排卵期の卵巣出血に伴う炎症、黄体形成期の血管新生や代謝亢進、卵胞形成に伴う炎症が考えられている。集積程度は、閉経前の卵巣でstandardized uptake value (SUV)  $3.9 \pm 0.7$ 、子宮内腔でSUV  $3.3 \pm 0.3$ であるが<sup>3)</sup>、月経周期で変動があり子宮内腔では月経開始3日以内の集積は高い<sup>1-5)</sup>。遅延像でも生理的集積は増強し病変との鑑別は困難である。この他、腸管の生理的集積や尿管、尿道、

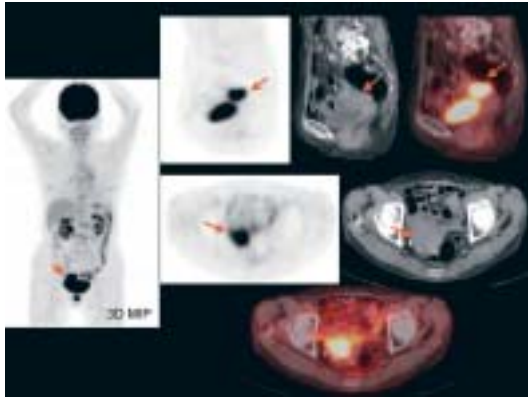


図1 子宮体癌

PET-CT融合像で子宮体部内腔へのFDG異常集積(SUVmax=10.5)が確認される(矢印)。2時間後の遅延像ではSUV値は11.5と上昇した。PET-CT融合像のみで腫瘍浸潤や広がりには正確には判定し難く、超音波やMRIが必要である。

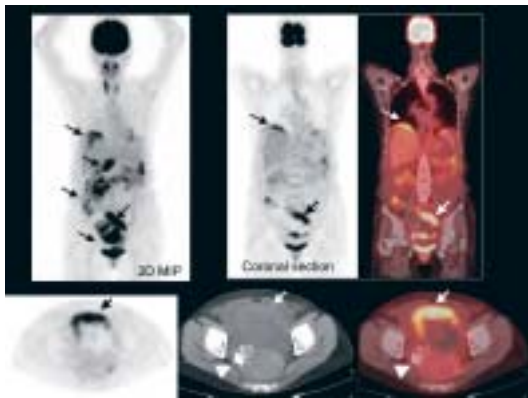


図2 嚢胞性卵巣癌

腹部膨満感と腹水を認め原発不明癌で行われたFDG PET/CTの3D MIP像で多発性のFDG異常集積が認められる(上段左, 矢印)。PET-CT融合像では、嚢胞性腫瘍の壁へのFDG異常集積(早期SUVmax=6.9, 遅延像SUVmax=7.6)が確認される(下段, 矢印)。右横隔膜下などにFDG異常集積を呈する腹膜転移巣も認める(上段右, 矢印)。なお、石灰化を伴う子宮筋腫にはFDG集積は認めない(矢印頭)。

膀胱憩室の尿放射能との区別も必要で、持続膀胱洗浄は病変のFDG異常集積との区別に有効である。

婦人科領域でFDGが集積する病変は、悪性病変(子宮頸癌, 子宮体部癌, 卵巣癌, 絨毛癌, 子宮肉腫, 子宮内膜間質肉腫, 癌肉腫など)のみならず(図1-5), 子宮筋腫, 子宮腺筋症, デルモイド, フィブロイド, ルテイン嚢胞, 卵管水腫, 子宮内膜症, チョコレート嚢胞, 肉芽腫性病変, 膿瘍, 術後早期の炎症性変化, 異物に対する反応性変化や炎症, 放射線治療後の粘膜や筋肉組織, 術後の脂肪壊死巣, 出血に対する腹膜反応, 血腫周囲などの良性病変にも集積する<sup>3, 5-7)</sup>。子宮筋腫はグルコーストランスポート

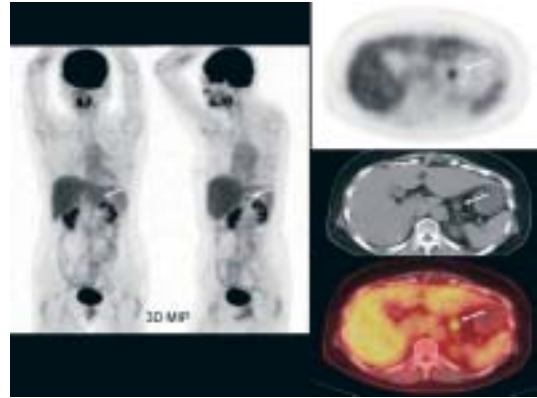


図3 卵巣癌再発

卵巣癌術後に腫瘍マーカー上昇したが、CTでは再発巣は検出されなかった。FDG PET/CTの3D MIP像とPET-CT融合像では、腹腔動脈近傍の孤立性の転移リンパ節(LN)(大きさ; 1.3×1.2cm)が検出され(矢印), SUVmax値は早期像で3.7, 2時間後の遅延像で4.6であった。

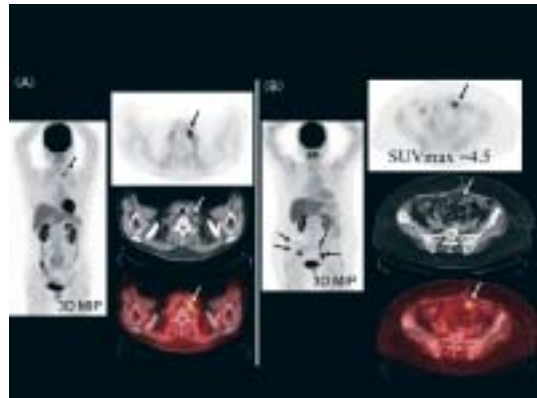


図4 子宮頸癌再発(A)と子宮体癌再発(B)

(A) 子宮頸部の腺扁平上皮癌術後に骨盤部内再発あり放射線治療が行われたが、腫瘍マーカー上昇を認めた。FDG PET/CTの3D MIP像とPET-CT融合像で、左鎖骨上下窩に予期せぬ転移LNが検出された(矢印)。(B) 子宮体癌術後、陰断端に再発をきたした。FDG PET/CTの3D MIP像で多発性FDG異常集積が認められる(矢印)。PET-CT融合像では、CTで腸管と区別がし難い腸管膜の転移LNへのFDG異常集積が確認された。

ータ1を欠くが、閉経前で約10%程度、閉経後でも約1.2%に集積があり、集積程度はSUV $2.34 \pm 0.75$ であるが、10前後に達する例もあり、悪性病変との鑑別に注意を要する<sup>6)</sup>。子宮筋腫への集積機序としては細胞密度や平滑筋増殖能, basic fibro- blast growth factor, transforming growth factor beta, granulocyte/macrophage colony-stimulating factor, ホルモン作用などが関与する<sup>6)</sup>。

FDGの集積するリンパ節(LN)は、転移LNや悪性リンパ腫など悪性LNの他、サルコイドーシスやWegener肉芽腫, サルコイド反応, Sjögren syndrome, アミロイド沈着を来したLN, 結核性リ

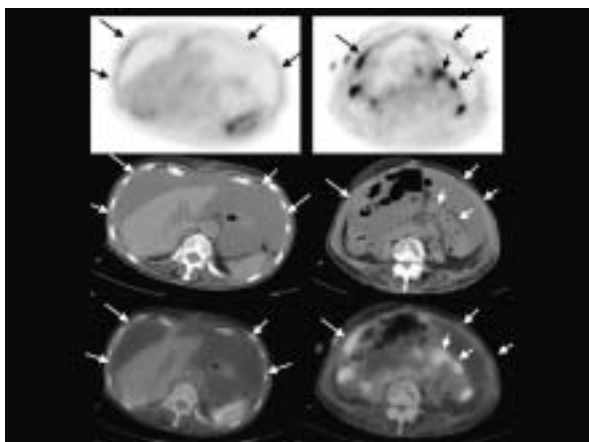


図5 子宮体癌再発

子宮体癌術後、腹水貯留とCA125上昇を認めたが、MR検査で明らかな再発は確信されなかった。FDG PET/CT融合像では、腹膜や腸管に沿ったFDG異常集積を示す再発巣を認めた（矢印）。CTで腹膜肥厚所見が明らかでない部でもFDGの線状の集積亢進を認める。

ンパ節炎、肝硬変症・膵炎や大腸・直腸炎症・腫瘍性疾患などに伴う炎症性LN、Epithelioid granuloma, IgG4関連自己免疫性疾患に伴うLNにも集積し注意を要する<sup>7)</sup>。FDG集積を示す骨病変は、転移巣のみならず、退行性・変形性変化、骨折、不全骨折、Paget病、内軟骨腫、巨細胞腫、線維性骨過形成などがあり注意を要する。骨粗鬆症を有する高齢者や放射線治療後には骨折や不全骨折が起こり易く、骨折3ヵ月後まで集積陽性となり注意を要する<sup>9)</sup>。仙骨不全骨折では、骨シンチグラフィと同様に“H”型または不完全“H”型のFDG集積亢進所見が特徴的で、CTとの対比が診断に有用である<sup>10,11)</sup>。

FDG異常集積部の解剖学的位置の確認が可能なPET/CTは、婦人科領域の悪性腫瘍原発巣の検出でもPET単独より優れ、全体で感度71.4%、特異度81.3%とされる<sup>3, 11, 13)</sup>。但し、原発巣の質的診断では、良性腫瘍の偽陽性や境界悪性腫瘍や嚢胞性悪性腫瘍の偽陰性例があり鑑別困難例も多く、腫瘍浸潤や広がりも空間分解能が低く正確な判定は困難で超音波やMRIが必要不可欠である<sup>14)</sup>（図1, 2）。

一方、FDG PET・PET/CTは初回ステージングには有用性が高く、LN転移を含む遠隔転移巣の検出ではCT/MRを凌ぐ好成績が得られている<sup>16-31)</sup>。特に、原発巣の状態から転移巣が疑われる群では、感度96%、特異度81%と良好で、感度、特異度が50%前後のCT単独検査より優れる<sup>14, 19, 20, 32)</sup>。FDG

PET・PET/CTのLN転移のメタアナリシスでは、傍大動脈LN転移で検出感度84%、特異度95%、骨盤部LN転移で感度79%、特異度99%とされ、骨盤内LNの検出精度はやや劣る<sup>19)</sup>。転移巣の検出能の向上に遅延像PETスキャンが有用で、特に下部の傍大動脈領域/骨盤内LN転移の検出能が改善され、進行癌患者の12.6%の転移LNが遅延像のみで検出されたとの報告がある<sup>21)</sup>。初回ステージングに、FDG PETを他画像検査に併用すると、患者マネジメントに及ぼす影響（クリニカルインパクト）は、Centers for Medicare & Medicaid Servicesのメタアナリシスでは、卵巣癌43.1%、子宮癌41.6%、その他の悪性腫瘍37.8%と報告されている<sup>1)</sup>。これはFDG PETがCT/MRに比し特異度が高く、正診率が向上するためである。

FDG PET・PET/CTは、婦人科領域の悪性病変の術後再ステージングに最も有用性が高いとされ<sup>22-38)</sup>、メタアナリシスでは他画像検査に追加することで卵巣癌、子宮癌術後患者の30-50%にマネジメントの変更があった<sup>1, 2, 22)</sup>（図3-5）。とりわけ、腫瘍マーカー上昇や他臨床所見から再発が疑われる例のクリニカルインパクトは高く、卵巣癌で44.5%、子宮癌38.8%、その他の悪性腫瘍で39.8%とされる<sup>2, 22)</sup>（図3-5）。National Comprehensive Cancer Networkの卵巣癌・子宮癌ガイドラインでも、MR/CTで腫瘍マーカー上昇があるにもかかわらず転移巣が検出されない場合や再発を疑う病変の確定診断ができない場合に行うべき検査と位置づけられている<sup>22)</sup>。本邦の報告でも、FDG PETの再発診断能は、卵巣癌で感度92.7%、特異度90.0%、正診率91.6%、子宮体癌で感度80.0%、特異度100%、正診率81.8%、子宮頸癌で感度75%、特異度100%、正診率80.0%と良好で、腫瘍マーカーと比べても優れるとされる<sup>23)</sup>。

FDG PET・PET/CTは、婦人科領域の進行癌の化学療法や化学療法併用放射線治療の効果判定にも有用と考えられ、治療後のSUV値が治療前の65%以下に低下した群をresponderとすると、病理組織所見の判定で、感度90%、特異度81.8%、正診率85.7%が得られている<sup>24)</sup>。今後、広く使用できる統一した治療効果判定の時期や方法を整えていく必要がある。

次に、婦人科領域の各種悪性腫瘍別にPET/CTの有用性と限界点をまとめる。



### (A) 子宮頸癌

子宮頸癌のFDG PET・PET/CTの原発巣の腫瘍浸潤や広がり診断には、上述したように限界がある。付随した子宮粘膜の炎症性変化へのFDG集積も一因となるが、造影MR検査でも正確な鑑別は困難とされる。初回ステージングのメタアナリシスでは、FDG PET・PET/CTの検出感度84%、特異度95%程度とされ、骨盤内に限定しても感度79%、特異度99%で、MRIの感度72%、特異度96%やCTの感度47%に比べ同等以上とされる<sup>19)</sup>。進行癌では傍大動脈領域のLN転移の予後への影響は大きい、FDG PET/CTの感度84%、特異度95%程度で、MRIで検出されない群でも感度83.3%、特異度96.7%、正診率92.9%程度とされ、MRI/CTと併用すべき検査と考えられる<sup>25)</sup>。ただし、骨盤内LN転移の検出感度79%、特異度99%と報告され、一般に遠隔LN、傍大動脈領域LN転移の検出感度に比し劣る<sup>17, 19)</sup>。精度の改善に遅延像が有用との報告がある<sup>21)</sup>。しかし、FDG集積を示す良性LNとは、集積程度のみからは鑑別困難例があり、腫瘍マーカーや経過観察によるサイズの変化の評価、生検が必要である。

術後再発巣の検出では、FDG PET・PET/CTの感度96%、特異度81%<sup>19)</sup>、早期の再発巣に限っても感度90%、特異度76%で有用性は高い<sup>26)</sup> (図4)。

### (B) 子宮体癌

子宮体癌のFDG異常集積は、生理的集積に比し集積の程度は高く辺縁不整な特徴を示すが、鑑別には月経周期を参考にすべきである<sup>3, 39, 40)</sup> (図1)。LN転移評価では、特異度が78-98%なのに対し感度は60-90%と劣り集積がない場合でも転移を否定できず<sup>17, 19)</sup>、臨床的に転移が疑われる例では、組織診断や嚴重な経過観察が必要である<sup>41)</sup>。一方、FDG PETは、術後再発の検出には優れ、感度96-100%、特異度78-88%とされる<sup>22, 25, 26, 40, 41)</sup> (図5)。PET癌検診では、細胞診による検診で検出されなかった子宮体癌が発見されることがある。

### (C) 子宮筋肉腫

子宮筋肉腫の集積はSUV $4.5 \pm 1.3$ で、筋腫とオーバーラップがあり、集積程度のみからは鑑別は困難なことも多いが、MR検査で疑われる場合には参考所見となる<sup>42-45)</sup>。一方、子宮肉腫の術後再発巣の検

出には有用である<sup>46)</sup>。

### (D) 卵巣癌

FDG PET・PET/CTは、卵巣癌の原発巣の検出では、感度80-100%、特異度85-88%の比較的高い診断能を有するが、超音波やMRIに比し優れた正診率を示すものではない<sup>11, 27-31)</sup>。嚢胞性卵巣癌では壁の一部へのFDG集積所見は診断の参考所見となる (図2)。

これに対し局所再発診断や胸膜や鎖骨上窩LNなどへの遠隔転移の検出には優れ、感度87%、特異度42-100%で、他画像検査を凌ぐ成績が得られる<sup>7, 32)</sup> (図3)。特に、腫瘍マーカーの上昇があるが他画像で再発巣を検出できない場合に有用性が高い<sup>9, 28, 30, 32)</sup> (図3)。なお、再発巣が検出される頻度は、血清CA125値が20U/mLを超える群では、正常範囲群に比し高い<sup>26, 30)</sup>。LN転移の検出では、FDG PETの感度は93.0%と良好であるが、特異度は55.6%とやや低く腹腔鏡などによる病理診断が必要な例があるが、生検すべきLNを同定するのにFDG PETは有用である<sup>34)</sup>。卵巣癌の腹膜播種巣の検出では、好初部位(大網、横隔膜腸管膜、結腸傍溝)のFDG異常集積に重点を置き読影すると良い<sup>35, 36)</sup>。FDG PET/CTでは腹膜播種巣は腸管外の異常集積として確認できるが、腸管への集積と判断されたものが播種巣の場合があり注意を要する<sup>36)</sup>。FDGの集積し難い5-10mm以下の小転移巣や嚢胞性転移巣の診断能は57-66%に留まる<sup>33, 34)</sup>、CT/MRと比較すると高い<sup>25, 28, 29, 32, 37)</sup>。FDG集積を伴う胸水は転移のことが多い<sup>38)</sup>。

### (E) 絨毛性腫瘍

FDG PET・PET/CTは、絨毛癌の術後再発巣や転移巣の検出に有用で、感度94%、特異度100%とされ、CTの感度82%、特異度43%に比べ優れる<sup>46)</sup>。従来は、術後再発の検出はヒト絨毛性ゴナドトロピンや胸部X線写真で行われてきたが、FDG PETも手段の1つとなる<sup>47-49)</sup>。良性の胞状奇胎や侵入奇胎にもFDGは集積するが、子宮傍結合織へのFDG集積した軟部組織の有無は、絨毛癌との鑑別の参考所見になる。腫瘍の産生するヒト絨毛性ゴナドトロピンにより卵巣のFDG集積は亢進するため読影に注意を要する。

## (F) 外陰部癌および膣癌

まだ報告は少ないが、FDG PETは、外陰部癌の単径部LN転移の検出に有用で、感度80%、特異度90%とされる<sup>50)</sup>。膣癌では原発巣診断において、感度100%でCTの43%に比し優れ、LN転移の検出にも有用とされる<sup>51)</sup>。

## 2. 泌尿器科領域

泌尿器科領域では、腎癌や前立腺癌にFDG集積が乏しい例があり、また腎盂癌、尿管癌、膀胱癌、陰茎癌が尿中放射能のため検出し難い例があり、FDG PET・PET/CTの原発巣評価の有用性は乏しいとされる<sup>52, 53)</sup>。しかし、転移LNや遠隔転移巣、術後局所再発の検出には優れ、初回ステージングや手術後の再ステージングには他画像検査に追加する価値がある<sup>52, 53)</sup> (図6)。副腎では、悪性腫瘍からの副腎転移の検出や副腎原発腫瘍の良悪性鑑別に有用である (図7)。FDG PETでは、尿路閉塞を来たす病変がFDG異常集積や排泄障害所見として検出される例も多い。以下に各種悪性病変のFDG PET・PET/CTの有用性と限界点を述べる。

### (A) 腎癌・尿管・膀胱癌

腎癌は脱磷酸化酵素活性が高く、30-80%程度のFDG集積陽性率に留まる<sup>52)</sup>。重複腎盂や腎盂憩室は異常集積と誤られ易く、腎盂癌、尿管、膀胱腫瘍は尿放射能と区別し難い例も多く注意を要する<sup>53)</sup>。PET/CTでFDG低集積腎癌や腎盂癌を見逃さないためには、CT形態像との丹念な対比が重要である。腎嚢胞性病変の一部にFDG集積がある場合は、悪性病変の可能性があり精査を要する<sup>54)</sup>。腎不全 (透析) 患者では、腎排泄が乏しく腫瘍集積が判断し易い<sup>55)</sup>。尿管腫瘍では、遅延像で尿放射能と区別できる例があり、膀胱癌ではフロセミド静注と水負荷が原初巣の検出に有効で<sup>56)</sup>、歪曲した形態 (Settlementサイン) が診断の契機となる例がある<sup>57)</sup>。悪性病変以外にもoncocytomaや多発性嚢胞腎の感染嚢胞、pericytoma、腎血管筋脂肪腫などの良性病変でも集積陽性となる例があり注意を要する<sup>58)</sup>。

腎/腎盂/尿管癌のFDG PET・PET/CTの原発巣評価には限界があるが、転移LNや遠隔転移巣の検出には有用で、初回ステージングや手術後の再ステー

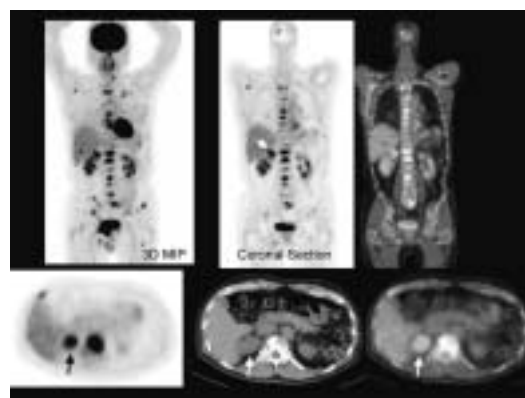


図6 腎癌

多発性骨転移巣があり原発巣検索の目的で行われたFDG PET/CTで、骨溶解像と硬化像の混在した多発性骨転移へのFDG異常集積とともに、右腎上極の38×30mmの腎癌への異常集積を認める (矢印)。

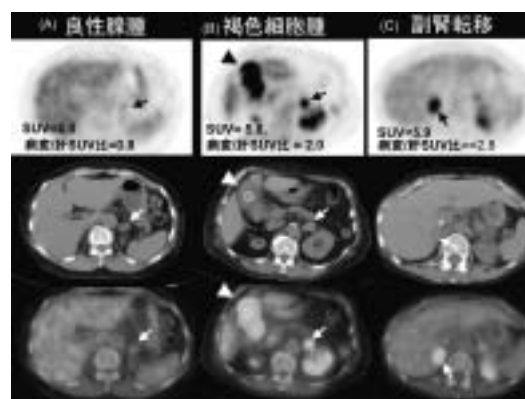


図7

左副腎の良性腺腫 (A)、良性褐色細胞腫 (B) および右副腎の食道癌転移巣 (C)。各病変にFDG集積を認めるが (矢印)、SUVと病変/肝SUV比は、良性腺腫で2.0と0.8、褐色細胞腫で5.8と2.0、食道癌転移巣で5.9と2.8であった。一般に副腎の良性腺腫では淡い集積にとどまるのに対し、褐色細胞腫では比較的高集積を示す。悪性病変は良性病変に比し高集積を示す。

ジングで他画像検査で病変の存在は確認されても転移かどうか確定できない場合に有効である<sup>50)</sup> (図6)。腎癌の骨転移では、骨シンチグラフィより検出能は優れる<sup>60)</sup>。しかし、他領域腫瘍と同様に、5mm-1cm前後の小転移巣には集積陰性例があり注意を要する<sup>61)</sup>。FDG PET・PET/CTを他画像検査に併用したクリニカルインパクトは、腎癌で34.4%-41.1%、膀胱癌で36.4%-39.9%と報告されている<sup>20, 62, 63)</sup>。腎癌では静脈内や心腔内に腫瘍塞栓をきたす例があるが、FDG PETは血栓と腫瘍塞栓の鑑別に有用である<sup>64)</sup>。

腎癌術後の再ステージングでは、FDG PETは、術後局所の腫瘍再発や後腹膜腔LN転移および肝転

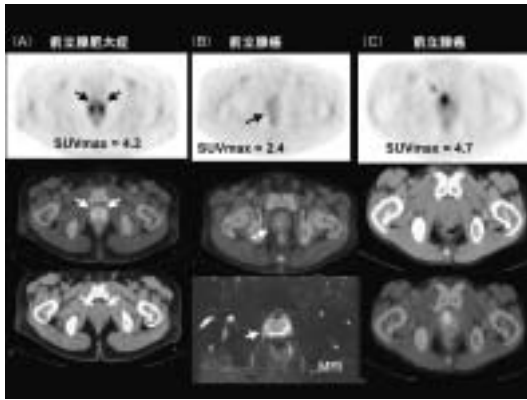


図8

前立腺肥大症 (A) と前立腺癌 (B, C). 前立腺肥大症 (A) では左右前立腺葉でFDG集積亢進 (SUVmax=4.2) が認められる (矢印). (B) の前立腺癌では, 腫瘍部のSUVmaxは2.4で, 対側葉のSUVmax 2.1に比し軽度増加しているが, 視覚的には異常集積を指摘するのは困難である (矢印). これに対し (C) の前立腺癌例では, 腫瘍部に一致して高集積 (SUVmax=4.7) を認める (矢印).

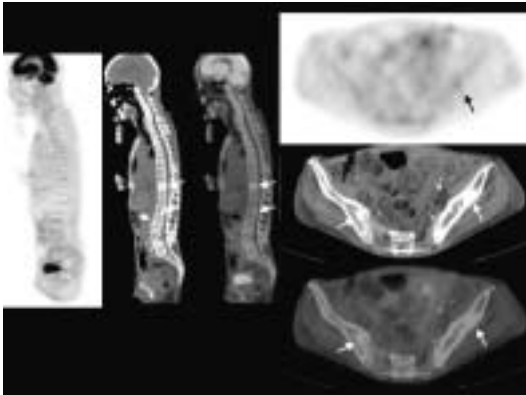


図9 前立腺癌の多発性骨転移

多発性骨転移巣が疑われ原発巣検索の目的で行われたFDG PET/CTのCTでは, 脊椎や骨盤骨に造骨性骨転移巣を認めるが, PETでは, 脊椎の不均等なFDG集積分布や骨硬化巣の周囲部の濃い集積亢進 (左腸骨: 矢印) が認められるのみで, FDG集積は乏しい. PET単独検査のみでは検出できない可能性がある.

転移の検出に有用性が高く, 遠隔転移巣検出では, 正診率は94%でCTの89%に比し優れる<sup>65)</sup>. なお, 膀胱癌の術前ステージングにおけるLN転移では, 膀胱の尿放射能の影響で, 特異度は88%程度で比較的高いが, 感度は60%前後と劣る<sup>66)</sup>.

FDG PET・PET/CTでは, 尿管閉塞を来す後腹膜線維症や腹部動脈炎, 炎症性動脈瘤が, FDG排泄障害を伴うFDG集積病変として検出される<sup>67)</sup>. 予期せぬ腎異常 (水腎症, 馬蹄腎, 重複尿管, 片腎欠損, 萎縮, 腎嚢胞など) が見つかる場合もあり, FDG排泄障害を示唆する所見にも注意を払うべきである. なお, ダイナミックFDG PETにより

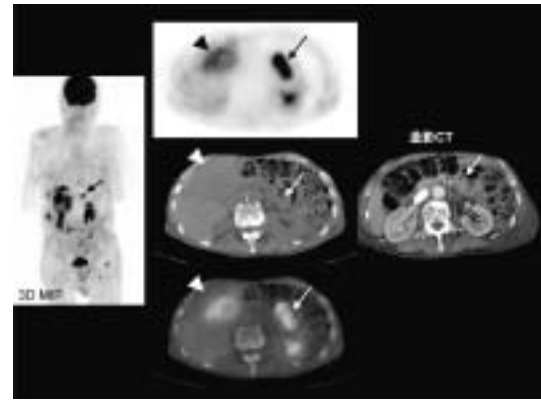


図10 前立腺癌と胃癌の重複癌

前立腺癌ホルモン療法でprostate specific antigenは減少したが, CTで肝転移巣は増大した. FDG PET/CTで, 肝転移巣へのFDG異常集積 (矢頭) とともに胃腫瘍への異常集積 (SUVmax=11.3) が認められた (矢印). 造影CTでも胃腫瘍が確認され (右: 矢印), 内視鏡検査で胃癌の存在が判明し肝転移巣も本病変由来と診断された. 全身を一度に検索できるFDG PET/CTは, 重複癌の検出にも有用である.

分腎機能評価が可能で, 必要に応じ試みる価値がある<sup>69)</sup>.

### (B) 前立腺癌

前立腺は加齢とともに体積が増大する傾向があるが, SUV値で評価した生理的FDG集積には影響がない<sup>70)</sup>. 前立腺炎や過形成結節にもFDGは集積する<sup>71)</sup> (図8). 前立腺癌では糖代謝が比較的乏しく, FDG集積が乏しい場合があり, FDG PETで原発巣は4%程度しか検出できなかったとしたとの報告もある<sup>72)</sup>. ただし, 神経内分泌細胞へ分化した例ではブドウ糖利用が高まり高集積を示す<sup>73)</sup>. 前立腺癌の低い検出能は膀胱の尿放射能の影響も一因であり, 持続的排尿法により検出能の向上を図る試みがある<sup>74)</sup>.

一方, FDG PET・PET/CTは前立腺癌の転移リンパ節や遠隔転移巣の検出には有用で, 初回ステージングや手術後の再ステージングで他画像検査との併用によるクリニカルインパクトは, 32.0-35.1%とされる<sup>20, 63, 75)</sup>. なお, 前立腺癌術後に前立腺特異抗原 (PSA) 上昇例で, FDG PETで再発巣を検出できる割合は30%前後である<sup>76-78)</sup>. 原発巣不明患者のFDG PET/CTで, FDG集積陽性の多発性骨転移とともに前立腺へのFDG異常集積を認め前立腺癌が発見される例があり, 前立腺にも注目すべきである. 前立腺癌の骨転移は造骨性が多く, 骨シンチグラフィで高集積を呈してもFDG集積の乏しい例が



あり注意を要する(図9)。前立腺癌の原発巣と転移巣の検出向上を図るため、FDGに代わり、新製剤のC-11-Choline/Acetate/MethionineやF-18-Fluorocholineなどが開発されている<sup>79, 80)</sup>。

(C) 睪丸腫瘍, 陰茎癌

正常精巣には生理的にFDGが集積するが、50歳以降では集積は減少する<sup>81)</sup>。睪丸炎、副睪丸炎、牽引睪丸などの良性病変にもFDGは集積する<sup>82)</sup>。FDG PETのセミノーマを含む睪丸腫瘍の初回ステージングの診断能は、CTとほぼ同等であるが、後腹膜LN転移では感度87%、特異度は100%とされ特異度には優れる<sup>83)</sup>。セミノーマでは、化学療法後の残存腫瘍の検出や再発巣の検出にFDG PETは感度100%、特異度80%を有しCTより優れるとされる<sup>84-86)</sup>。なお、睪丸には悪性リンパ腫やメラノーマなどが転移を来しFDG異常集積を認める例もある<sup>86, 87)</sup>。

陰茎癌におけるFDG PETの有用性の検討は少ないが、原発巣の描出とLN転移の描出に有用で、原発巣検出の感度75%、特異度75%、LN転移巣の検出で感度80%、特異度100%との報告がある<sup>87, 88)</sup>。化学療法の効果判定にも有用との報告もある<sup>88)</sup>。

(D) 副腎腫瘍

副腎の生理的FDG集積は70%程度に認められ、集積の程度はSUVmaxで0.95-2.46の範囲とされる<sup>89)</sup>。寒冷時に見られる副腎周囲褐色脂肪織への生理的集積は、副腎病変と区別する必要があるが、解剖学的対比が可能なPET/CTでは容易で、他部位の褐色脂肪織へのFDG集積の並存所見も参考になる<sup>90)</sup>。

副腎のFDG集積を示す悪性腫瘍には、副腎皮質癌、悪性リンパ腫などの副腎原発腫瘍や副腎転移(肺癌、乳癌、皮膚癌、腎癌、甲状腺癌などの転移)がある<sup>89, 91, 92)</sup>(図7)。また、悪性リンパ腫の副腎へ進展は1-4%と稀であるが、FDG高集積を呈する<sup>88, 89)</sup>(図7)。ただし、副腎の良性の褐色細胞種、腺腫、過形成、腎血管筋脂肪腫、副腎結核、ヒストプラズモシス、副腎出血もFDG集積を示し、鑑別上、注意を要する<sup>93, 94)</sup>。副腎の悪・良性病変の鑑別は、FDG集積程度の差異から可能とされ、SUVmax>2.68または3.1を悪性病変とする基準や、肝臓の放射能との対比で副腎/肝SUVmax比>1.5を悪性病変とする基準が提唱されており、感度88-

表1 健常例の各臓器のSUV値のまとめ

臓器・部位	SUV (検回数)	文献(番号)・備考
脳皮質	SUVmean 5.3 ± 0.9 (N=20)	Minamimoto R(108)
脳白質	SUVmean 2.7 ± 0.4 (N=20)	Minamimoto R(108)
軟口蓋	SUVmean 3.13 ± 0.78 (N=87)	Branstetter BF(109) 軟口蓋は男性の方が女性より有意に高い
口蓋扁桃	SUVmean 3.48 ± 1.30 (N=87) SUVmax 3.9 ± 1.2 (N=29)	Branstetter BF(109) 当施設
舌扁桃	SUVmean 3.11 ± 1.06 (N=87)	Branstetter BF(109)
舌下腺	SUVmean 2.93 ± 1.39 (N=87) SUVmax 3.1 ± 1.1 (N=62)	Branstetter BF(109) 当施設
耳下腺	SUVmean 1.90 ± 0.68 (N=87) SUVmax 1.6 ± 0.4 (N=96)	Branstetter BF(109) 当施設
顎下腺	SUVmean 2.11 ± 0.57 (N=87) SUVmax 2.1 ± 0.5 (N=85)	Branstetter BF(109) 当施設
舌	SUVmean 1.39 ± 0.35 (N=87)	Branstetter BF(109)
頸部リンパ節 (健診者で認められた集積)	SUVmax 2.3 ± 0.6 (N=52)	当施設
甲状腺	通常描出されず	
肺野全体	SUVmean 0.54 ± 0.15 (N=70) SUVmax 0.98 ± 0.33 (N=70)	Flaquet N(110) Flaquet N(110)
	SUVmax 0.6 ± 0.2 (N=68)	当施設
肺野右上葉	SUVmean 0.3 ± 0.1 (N=20)	Minamimoto R(108)
肺野左上葉	SUVmean 0.4 ± 0.1 (N=20)	Minamimoto R(108)
肺野右中葉	SUVmean 0. ± 0.1 (N=20)	Minamimoto R(108)
肺野左中葉	SUVmean 0.5 ± 0.1 (N=20)	Minamimoto R(108)
肺野右下葉	SUVmean 0.9 ± 0.1 (N=20)	Minamimoto R(108)
肺野左下葉	SUVmean 0.5 ± 0.1 (N=20)	Minamimoto R(108)
縦隔	SUVmean 1.80 ± 0.33 (N=70) SUVmax 2.40 ± 0.49 (N=70)	Flaquet N(110) Flaquet N(110)
肺門リンパ節	SUVmax 2.5 ± 3.9 (N=56)	当施設 約5%に描出 両側肺門部に対照性集積
筋肉	SUVmean 0.77 ± 0.15 (N=70) SUVmax 1.19 ± 0.29 (N=70)	Flaquet N(110) Flaquet N(110)
胸壁軟部(筋肉)組織	SUVmax 0.93 ± 0.32 (N=92)	当施設 筋肉組織は遅延像で増加傾向
胃		
胃上部	SUVmean 2.41 ± 0.75	Koga H(111)
胃中部	SUVmean 2.28 ± 0.73	Koga H(111)
胃下部	SUVmean 1.61 ± 0.89	Koga H(111)
肝臓	SUVmean 2.02 ± 0.39 (N=70) SUVmax 3.00 ± 0.67 (N=70) SUVmax 2.7 ± 0.5 (N=53)	Plaque N(110) Plaque N(110) 当施設 遅延像で低下傾向
成人肝臓	SUVmean 1.9 ± 0.3 (N=68)	Yeung HW(112)
小児肝臓	SUVmean 1.1 ± 0.3 (N=68)	Yeung HW(112)
脾臓	SUVmean 1.7 ± 0.3 (N=20) SUVmax 2.7 ± 0.5 (N=129)	Minamimoto(108) 当施設 通常、脾集積は肝臓に比し低い 加齢でSUVmax上昇傾向 遅延像で増加傾向
副腎	SUVmax 1.5 ± 0.4 (N=26)	当施設 生理的集積は約70%程度に認める
腎臓	SUVmean 2.5 ± 1.1 (N=20)	Minamimoto R(108)
前立腺	SUVmax 1.3 ± 0.4 (range:0.1-2.7)	Jadvar H(70) 体積が増大しても集積に変化なし
閉経前の卵巣	SUVmean 3.9 ± 0.7 (N=26)	Nishizawa S(5)
閉経前の子宮内腔	SUVmean 3.3 ± 0.3 (N=18)	Nishizawa S(5)
月経開始3日以内の子宮内腔	SUVmean 4.6 ± 1.0 (N=18)	Nishizawa S(5)
骨髄		
30代	SUVmax 2.1 ± 0.5 (N=34)	当施設
40代	SUVmax 2.1 ± 0.4 (N=52)	30代は50-70代より有意に高値
50代	SUVmax 2.0 ± 0.3 (N=95)	
60代	SUVmax 2.0 ± 0.3 (N=103)	
70代	SUVmax 1.9 ± 0.3 (N=41)	
80代	SUVmax 1.9 ± 0.8 (N=12)	
脊髄		
頸髄レベル	SUVmax 2.1 ± 0.6 (N=53)	当施設
胸部レベル	SUVmax 1.5 ± 0.7 (N=53)	当施設
脊髄下部レベル	SUVmax 1.6 ± 0.4 (N=53)	当施設
馬尾レベル	SUVmax 1.0 ± 0.2 (N=53)	当施設
褐色脂肪	SUVmax 4.8 ± 3.0 (N=13)	当施設 遅延像ではSUVmax低下傾向

Standardized uptake value (SUV) = 組織F-18濃度(Bq/ml)/F-18投与量(Bq)/体重(g)

100%, 特異度78.1-93.8%, 正診率82.9-95.1%と報告されている<sup>95-97)</sup>。悪性病変と同程度に高集積を示す良性病変が時に存在することに注意が必要である<sup>98)</sup>。副腎腫瘍では, CT値(腺腫では10HU以下, myelolipomaでは-10から100HUの脂肪濃度の部分を有する)や, 造影CTによる造影剤洗い出し評価が質的診断の参考となるが, FDG PET/CTでは, これらのCT情報も合わせて得られる<sup>99, 100)</sup>。褐色細胞腫と良性腺腫はCT単独では鑑別困難なことも多いが, FDG PETでは, 良性腺腫はFDG集積陰性または淡い集積にとどまるのに対し, 褐色細胞腫は比較的高い集積を示し鑑別の一助となる<sup>101)</sup>(図7)。褐色細胞腫では, I-123MIBG集積陰性でも, FDG集積陽性となる例が90%程度あり, I-123MIBGシンチグラフィで診断に迷う例では試みる価値がある。FDG PETは, 悪性褐色細胞腫の転移巣検出にもMIBGより優れ相補的に使用すべきである<sup>96, 102-105)</sup>。FDG PETは, 偶発の褐色細胞腫や, Cushing症候群を来す副腎腺腫の検出にも役立つ<sup>99, 106)</sup>。

小児の腹部・骨盤領域のFDG PET・PET/CTの有用性の報告はまだ少ないが, FDG異常集積を示すパーキットリンパ腫, 神経芽細胞腫, 横紋筋肉腫, 卵巣癌, ウィルムス腫瘍, 肝癌・肝芽細胞腫, 傍神経節腫, 胚芽細胞腫, 肉腫, renal primitive neuroectodermal tumor, 副腎皮質癌, 炎症性偽腫瘍, gastrointestinal stromal tumor, 副腎腺腫などの各種悪性・良性病変における有用性が報告されている<sup>107)</sup>。

最後に文献に記載された健常例の各臓器のSUV値を当施設での測定値と合わせて表に示す。生理的分布の把握や異常集積の判定に利用される。以上, 腹部・骨盤部領域におけるFDG PET/CT検査の意義について, 基礎から臨床的事項にわたり文献レビューを自験例を基に行った。FDG PET・PET/CTの利点と限界点を念頭に置いた上で, 今後の臨床的活用が望まれる。

## 謝 辞

本稿のレビューは, FDG PET/CT検査を各領域の腫瘍診断と診療に活用いただいた山口大学医学部附属病院をはじめ, 国立病院機構山口宇部医療センター, 宇部興産中央病院, 山口労災病院, J A山口

厚生連小郡第一総合病院, 国立病院機構関門医療センター, 山口赤十字病院, 山口県立総合医療センター, 済生会山口総合病院, JA山口厚生連長門総合病院, 山陽小野田市民病院, 宇部協立病院, 阿知須共立病院, 社会保険下関厚生病院, 下関市民病院, 阿知須同仁病院, 萩市民病院, 美祿市立病院, 小野田赤十字病院, 都志見病院, 他の各病院の医師および関係各位皆様の御厚意と連携, 情報の御提供をいただいたことで成し得たものであることにお礼と感謝申し上げます。

## 文 献

- 1) Centers for Medicare & Medicaid Services. CMS Manual System. Pub 100-03 Medicare National Coverage Determinations. Department of Health & Human Services. <http://www.cms.hhs.gov/Transmittals/downloads/R31NCD.pdf> (accessed Jan5, 2009).
- 2) Greer BE, Koh WJ, Abu-Rustum N, Bookman MA, Bristow RE, Campos S, Cho KR, Copeland L, Eifel P, Huh WK, Jaggernauth W, Kapp DS, Kavanagh J, Lipscomb GH, Lurain JR 3rd, Morgan M, Morgan RJ Jr, Powell CB, Remmenga SW, Reynolds RK, Secord AA, Small W Jr, Teng N. National Comprehensive Cancer Network. Cervical cancer. *J Natl Compr Canc Netw* 2008 ; 6 : 14-36.
- 3) Singh A, Setty BN, Slattery J, Kalra M, Maher MM, Sahani DV, Fischman AJ, Mueller PR. Pearls and pitfalls in interpretation of abdominal and pelvic PET-CT. *Radio Graphics* 2006 ; 26 : 1335-1353.
- 4) Nishizawa S, Inubushi M, Ozawa F, Kido A, Okada H. Physiological FDG uptake in the ovaries after hysterectomy. *Ann Nucl Med* 2007 ; 21 : 345-348.
- 5) Nishizawa S, Inubushi M, Okada H. Physiological <sup>18</sup>F-FDG uptake in the ovaries and uterus of healthy female volunteers. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005 ; 32 : 549-556.
- 6) Lin CY, Ding HJ, Chen YK, Liu CS, Lin CC, Kao CH. F-18 FDG PET in detecting uterine



- leiomyoma. *Clin Imaging* 2008 ; **32** : 38-41.
- 7) Takanami K, Kaneta T, Niikura H, Kinomura S, Yamada S, Fukuda H, Takahashi S. Intense FDG uptake in the ovary with painless torsion. *Clin Nucl Med* 2007 ; **32** : 805-806.
  - 8) Ak I, Ozalp S, Yalcin OT, Zor E, Vardareli E. Uptake of 2-<sup>18</sup>F-fluoro-2-deoxy-D-glucose in uterine leiomyoma : imaging of four patients by coincidence positron emission tomography. *Nucl Med Commun* 2004 ; **25** : 941-945.
  - 9) Hamada K, Ueda T, Higuchi I, Inoue A, Tamai N, Myoi A, Tomita Y, Aozasa K, Yoshikawa H, Hatazawa J. FDG-PET imaging for chronic expanding hematoma in pelvis with massive bone destruction. *J Skeletal Radiol* 2005 ; **34** : 807-811.
  - 10) Halac M, Mut SS, Sönmezoglu K, Ylmaz MH, Ozer H, Uslu I. Avoidance of misinterpretation of an FDG positive sacral insufficiency fracture using PET/CT scans in a patient with endometrial cancer : a case report. *Clin Nucl Med* 2007 ; **32** : 779-781.
  - 11) Tsuchida T, Kosaka N, Sugimoto K, Itoh H. Sacral insufficiency fracture detected by FDG-PET/CT : report of 2 cases. *Ann Nucl Med* 2006 ; **20** : 445-448.
  - 12) Hauth EA, Antoch G, Stattaus J, Kuehl H, Veit P, Bockisch A, Kimmig R, Forsting M. Evaluation of integrated whole-body PET/CT in the detection of recurrent ovarian cancer. *Eur J Radiol* 2005 ; **56** : 263-268.
  - 13) Yamamoto Y, Oguri H, Yamada R, Maeda N, Kohsaki S, Fukaya T. Preoperative evaluation of pelvic masses with combined <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography and computed tomography. *Int J Gynaecol Obstet* 2008 ; **102** : 124-127.
  - 14) Jung DC, Choi HJ, Ju W, Kim SC, Choi KG. Discordant MRI/FDG-PET imaging for the diagnosis of borderline ovarian tumors. *Int J Gynecol Cancer* 2008 ; **18** : 637-641.
  - 15) Grisar D, Almog B, Levine C, Metser U, Fishman A, Lerman H, Lessing JB, Even-Sapir E. The diagnostic accuracy of <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose PET/CT in patients with gynecological malignancies. *Gynecol Oncol* 2004 ; **94** : 680-684.
  - 16) Nanni C, Rubello D, Farsad M, De Iaco P, Sansovini M, Erba P, Rampin L, Mariani G, Fanti S. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in the evaluation of recurrent ovarian cancer : a prospective study on forty-one patients. *Eur J Surg Oncol* 2005 ; **31** : 792-797.
  - 17) Sironi S, Messa C, Mangili G, Zangheri B, Aletti G, Garavaglia E, Vigano R, Picchio M, Taccagni G, Maschio AD, Fazio F. Integrated FDG PET/CT in patients with persistent ovarian cancer : correlation with histologic findings. *Radiology* 2004 ; **233** : 433-440.
  - 18) Kitajima K, Murakami K, Yamasaki E, Domeki Y, Kaji Y, Morita S, Suganuma N, Sugimura K. Performance of integrated FDG-PET/contrast-enhanced CT in the diagnosis of recurrent uterine cancer : comparison with PET and enhanced CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008 Oct 18 (Epub ahead of print).
  - 19) Havrilesky LJ, Kulasingam SL, Matchar DB, Myers ER. FDG-PET for management of cervical and ovarian cancer. *Gynecol Oncol* 2005 ; **97** : 183-191.
  - 20) Schaffler GJ, Groell R, Schoellnast H, Kriegl D, Ruppert-Kohlmaier A, Schwarz T, Aigner RM. Digital image fusion of CT and PET data sets : clinical value in abdominal/pelvic malignancies. *J Comput Assist Tomogr* 2000 ; **24** : 644-647.
  - 21) Lai CH, Huang KG, See LC, Yen TC, Tsai CS, Chang TC, Chou HH, Ng KK, Hsueh S, Hong JH. Restaging of recurrent cervical carcinoma with dual-phase <sup>18</sup>F-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography. *Cancer* 2004 ; **100** : 544-552.
  - 22) van der Veldt AA, Buist MR, van Baal MW, Comans EF, Hoekstra OS, Molthoff CF. Clarifying the diagnosis of clinically suspected recurrence of cervical cancer : impact of <sup>18</sup>F-

- FDG PET. *J Nucl Med* 2008 ; **49** : 1936-1943.
- 23) 小田泰也, 蝦名康彦, 原 洋子, 保坂昌芳, 藤堂幸治, 荒木直人, 武田真人, 渡利英道, 櫻木範明. 婦人科癌再発診断におけるFDG-PETの有用性と限界に関する検討. *日本婦人科腫瘍学会雑誌* 2006 ; **24** : 53-58.
- 24) Nishiyama Y, Yamamoto Y, Kanenishi K, Ohno M, Hata T, Kushida Y, Haba R, Ohkawa M. Monitoring the neoadjuvant therapy response in gynecological cancer patients using FDG PET. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008 ; **35** : 287-295.
- 25) Yeh LS, Hung YC, Shen YY, Kao CH, Lin CC, Lee CC. Detecting para-aortic lymph nodal metastasis by positron emission tomography of <sup>18</sup>F-fluorodeoxy-glucose in advanced cervical cancer with negative magnetic resonance imaging findings. *Oncol Rep* 2002 ; **9** : 1289-1292.
- 26) Ryu SY, Kim MH, Choi SC, Choi CW, Lee KH. Detection of early recurrence with <sup>18</sup>F-FDG PET in patients with cervical cancer. *J Nucl Med* 2003 ; **44** : 347-352.
- 27) Iagaru AH, Mittra ES, McDougall IR, Quon A, Gambhir SS. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT evaluation of patients with ovarian carcinoma. *Nucl Med Commun* 2008 ; **29** : 1046-1051.
- 28) Zimny M, Siggelkow W, Schröder W, Nowak B, Biemann S, Rath W, Buell U. 2-<sup>18</sup>F-fluoro-2-deoxy-d-glucose positron emission tomography in the diagnosis of recurrent ovarian cancer. *Gynecol Oncol* 2001 ; **83** : 310-315.
- 29) Jung DC, Choi HJ, Ju W, Kim SC, Choi KG. Discordant MRI/FDG-PET imaging for the diagnosis of borderline ovarian tumors. *Int J Gynecol Cancer* 2008 ; **18** : 637-641.
- 30) Cho SM, Ha HK, Byun JY, Lee JM, Kim CJ, Nam-Koong SE, Lee JM. Usefulness of FDG PET for assessment of early recurrent epithelial ovarian cancer. *Am J Roentgenol* 2002 ; **179** : 391-395.
- 31) Castellucci P, Perrone AM, Picchio M, Ghi T, Farsad M, Nanni C, Messa C, Meriggiola MC, Pelusi G, Al-Nahhas A, Rubello D, Fazio F, Fanti S. Diagnostic accuracy of <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in characterizing ovarian lesions and staging ovarian cancer : correlation with transvaginal ultrasonography, computed tomography, and histology. *Nucl Med Commun* 2007 ; **28** : 589-595.
- 32) Hauth EA, Antoch G, Stattaus J, Kuehl H, Veit P, Bockisch A, Kimmig R, Forsting M. Evaluation of integrated whole-body PET/CT in the detection of recurrent ovarian cancer. *Eur J Radiol* 2005 ; **56** : 263-268.
- 33) Makhija S, Howden N, Edwards R, Kelley J, Townsend DW, Meltzer CC. Positron emission tomography/computed tomography imaging for the detection of recurrent ovarian and fallopian tube carcinoma : a retrospective review. *Gynecol Oncol* 2002 ; **85** : 53-58.
- 34) Fagotti A, Fanfani F, Rossitto C, Lorusso D, De Gaetano AM, Giordano A, Vizzielli G, Scambia G. A treatment selection protocol for recurrent ovarian cancer patients : the role of FDG-PET/CT and staging laparoscopy. *Oncology* 2008 ; **75** : 152-158.
- 35) Pannu HK, Bristow RE, Cohade C, Elliot K, Fishman EK. PET-CT in Recurrent Ovarian Cancer : Initial Observations. *Radio Graphics* 2004 ; **24** : 209-223.
- 36) Drieskens O, Stroobants S, Gysen M, Vandenbosch G, Mortelmans L, Vergote I. Positron emission tomography with FDG in the detection of peritoneal and retroperitoneal metastases of ovarian cancer. *Gynecol Obstet Invest* 2003 ; **55** : 130-134.
- 37) Turlakow A, Yeung HW, Salmon AS, Macapinlac HA, Larson SM. Peritoneal carcinomatosis : role of <sup>18</sup>F-FDG PET. *J Nucl Med* 2003 ; **44** : 1407-1412.
- 38) Khan N, Oriuchi N, Yoshizaki A, Kanuma T, Higuchi T, Endo K. Diagnostic accuracy of FDG PET imaging for the detection of recurrent or metastatic gynecologic cancer.

- Ann Nucl Med* 2005 ; **19** : 137-145.
- 39) Belhocine T, De Barse C, Hustinx R, Willems-Foidart J. Usefulness of <sup>18</sup>F-FDG PET in the post-therapy surveillance of endometrial carcinoma. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002 ; **29** : 1132-1139.
- 40) Saga T, Higashi T, Ishimori T, Mamede M, Nakamoto Y, Mukai T, Fujita T, Togashi K, Yura S, Higuchi T, Kita M, Fujii S, Konishi J. Clinical value of FDG-PET in the follow up of post-operative patients with endometrial cancer. *Ann Nucl Med* 2003 ; **17** : 197-203.
- 41) Horowitz NS, Dehdashti F, Herzog TJ, Rader JS, Powell MA, Gibb RK, Grigsby PW, Siegel BA, Mutch DG. Prospective evaluation of FDG-PET for detecting pelvic and para-aortic lymph node metastasis in uterine corpus cancer. *Gynecol Oncol* 2004 ; **95** : 546-551.
- 42) Nishizawa S, Inubushi M, Kido A, Miyagawa M, Inoue T, Shinohara K, Kajihara M. Standardized uptake values of uterine leiomyoma with <sup>18</sup>F-FDG PET/CT : variation with age, size, degeneration, and contrast enhancement on MRI. *Ann Nucl Med* 2008 ; **22** : 803-810.
- 43) Umesaki N, Tanaka T, Miyama M, Kawamura N, Ogita S, Kawabe J, Okamura T, Koyama K, Ochi H. Positron emission tomography with <sup>18</sup>F-fluorodeoxy-glucose of uterine sarcoma : a comparison with magnetic resonance imaging and power Doppler imaging. *Gynecol Oncol* 2001 ; **80** : 372-377.
- 44) Murakami M, Tsukada H, Shida M, Watanabe M, Maeda H, Koido S, Hirasawa T, Muramatsu T, Miyamoto T, Nasu S, Yasuda S, Kajiwara H, Yasuda M, Ide M. Whole-body positron emission tomography with F-18 fluorodeoxyglucose for the detection of recurrence in uterine sarcomas. *Int J Gynecol Cancer* 2006 ; **16** : 854-860.
- 45) Shida M, Murakami M, Tsukada H, Ishiguro Y, Kikuchi K, Yamashita E, Kajiwara H, Yasuda M, Ide M. F-18fluorodeoxyglucose uptake in leiomyomatous uterus. *Int J Gynecol Cancer* 2007 ; **17** : 285-290.
- 46) Jadvar H, Henderson RW, Conti PS. <sup>18</sup>F fluorodeoxyglucose positron emission tomography and positron emission tomography : computed tomography in recurrent and metastatic cholangiocarcinoma. *J Comput Assist Tomogr* 2007 ; **31** : 223-228
- 47) Cortes-Charry R, Figueira LM, Nieves L, Colmener L. Metastasis detection with <sup>18</sup>F-FDG-positron emission tomography/computed tomography in gestational trophoblastic neoplasia : a report of 2 cases. *J Reprod Med* 2006 ; **51** : 897-901.
- 48) Chang TC, Yen TC, Li YT, Wu YC, Chang YC, Ng KK, Jung SM, Wu T, Lai CH. The role of F-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in gestational trophoblastic tumours : a pilot study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2006 ; **33** : 156-163.
- 49) Dose J, Bohuslavizki K, Huneke B, Lindner C, Janicke F. Detection of intramural choriocarcinoma of the uterus with <sup>18</sup>F-FDG-PET. A case report. *Clin Positron Imaging* 2000 ; **3** : 37-40.
- 50) Cohn DE, Dehdashti F, Gibb RK, Mutch DG, Rader JS, Siegel BA, Herzog TJ. Prospective evaluation of positron emission tomography for the detection of groin node metastases from vulvar cancer. *Gynecol Oncol* 2002 ; **85** : 179-184.
- 51) Lamoereaux WT, Grigsby PW, Dehdashti F, Zoberi I, Powell MA, Gibb RK, Rader JS, Mutch DG, Siegel BA. FDG-PET evaluation of vaginal carcinoma. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 2005 ; **62** : 733-737.
- 52) Kumar R, Chauhan A, Lakhani P, Xiu Y, Zhuang H, Alavi A. 2-Deoxy-2-<sup>18</sup>F fluoro-D-glucose-positron emission tomography in characterization of solid renal masses. *Mol Imaging Biol* 2005 ; **7** : 431-439.
- 53) Aide N, Cappele O, Bottet P, Bensadoun H, Regeasse A, Comoz F, Sobrio F, Bouvard G,



- Agostini D. Efficiency of  $^{18}\text{F}$  FDG PET in characterising renal cancer and detecting distant metastases : a comparison with CT. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2003 ; **30** : 1236-1245.
- 54) Soussan M, Sberro R, Wartski M, Fakhouri F, Pecking AP, Alberini JL. Diagnosis and localization of renal cyst infection by  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose PET/CT in polycystic kidney disease. *Ann Nucl Med* 2008 ; **22** : 529-531.
- 55) Ozawa N, Okamura T, Koyama K, Hamazawa Y, Senzaki H, Tanabe S, Ikemoto S, Inoue Y. Usefulness of F-18FDG-PET in a long-term hemodialysis patient with renal cell carcinoma and pheochromocytoma. *Ann Nucl Med* 2007 ; **21** : 239-243.
- 56) Anjos DA, Etchebehere EC, Ramos CD, Santos AO, Albertotti C, Camargo EE.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT delayed images after diuretic for restaging invasive bladder cancer. *J Nucl Med* 2007 ; **48** : 764-770.
- 57) Kumar K. Settlement of  $^{18}\text{F}$ -FDG in the urinary bladder-a new sign. *Nucl Med Commun* 2008 ; Nov 17 (Epub ahead of print).
- 58) Blake MA, McKernan M, Setty B, Fischman AJ, Mueller PR. Renal oncocytoma displaying intense activity on  $^{18}\text{F}$ -FDG PET. *Am J Roentgenol* 2006 ; **186** : 269-270.
- 59) Schöder H, Larson SM. Positron emission tomography for prostate, bladder, and renal cancer. *Semin Nucl Med* 2004 ; **34** : 274-292.
- 60) Wu HC, Yen RF, Shen YY, Kao CH, Lin CC, Lee CC. Comparing whole body  $^{18}\text{F}$ -2-deoxyglucose positron emission tomography and technetium-99m methylene diphosphate bone scan to detect bone metastases in patients with renal cell carcinomas-a preliminary report. *J Cancer Res Clin Oncol* 2002 ; **128** : 503-506.
- 61) Majhail NS, Urbain JL, Albani JM, Kanvinde MH, Rice TW, Novick AC, Mekhail TM, Olencki TE, Elson P, Bukowski RM. F-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the evaluation of distant metastases from renal cell carcinoma. *J Clin Oncol* 2003 ; **21** : 3995-4000.
- 62) Hillner BE, Siegel BA, Shields AF, Liu D, Hunt E, Coleman RE. Relationship between cancer type and impact of PET and PET/CT on intended management : Findings of the National Oncologic PET Registry. *J Nucl Med* 2008 ; **49** : 1928-1935.
- 63) Ramdave S, Thomas GW, Berlangieri SU, Bolton DM, Davis I, Danguy HT, Macgregor D, Scott AM. Clinical role of F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for detection and management of renal cell carcinoma. *J Urol* 2001 ; **166** : 825-830.
- 64) Lai P, Bomanji JB, Mahmood S, Nagabhushan N, Syed R, Gacinovic S, Lee SM, Ell PJ. Detection of tumour thrombus by  $^{18}\text{F}$ -FDG-PET/CT imaging. *Eur J Cancer Prev* 2007 ; **16** : 90-94.
- 65) Park JW, Jo MK, Lee HM. Significance of F-fluorodeoxyglucose positron-emission tomography/computed tomography for the postoperative surveillance of advanced renal cell carcinoma. *BJU Int* 2008 Oct 24 (Epub ahead of print).
- 66) Drieskens O, Oyen R, Van Poppel H, Vankan Y, Flamen P, Mortelmans L. FDG-PET for preoperative staging of bladder cancer. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005 ; **32** : 1412-1417.
- 67) Pistolese GR, Ippoliti A, Mauriello A, Pistolese C, Pocek M, Simonetti G. Postoperative regression of retroperitoneal fibrosis in patients with inflammatory abdominal aortic aneurysms : evaluation with spiral computed tomography. *Ann Vasc Surg* 2002 ; **16** : 201-209.
- 68) Sakamoto A, Okamoto K, Ishizaka N, Tejima K, Hirata Y, Nagai R.  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose positron emission tomography in a case of

- retroperitoneal fibrosis. *Int Heart J* 2006 ; 47 : 645-650.
- 69) Qiao H, Bai J, Chen Y, Tian J. Modeling the excretion of FDG in human kidneys using dynamic PET. *Comput Biol Med* 2008 ; 38 : 1171-1176.
- 70) Jadvar H, Ye W, Groshen S, Conti PS. <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose PET-CT of the normal prostate gland. *Ann Nucl Med* 2008 ; 22 : 787-793.
- 71) Kao PF, Chou YH, Lai CW. Diffuse FDG uptake in acute prostatitis. *Clin Nucl Med* 2008 ; 33 : 308-310.
- 72) Liu IJ, Zafar MB, Lai YH. Fluorodeoxyglucose positron emission tomography studies in diagnosis and staging of clinically organ-confined prostate cancer. *Urology* 2001 ; 57 : 108-115.
- 73) Liu Y. FDG PET-CT demonstration of metastatic neuroendocrine tumor of prostate. *World J Surg Oncol* 2008 ; 6 : 64.
- 74) Oyama N, Akino H, Suzuki Y. FDG PET for evaluating the change of glucose metabolism in prostate cancer after androgen ablation. *Nucl Med Commun* 2001 ; 22 : 963-968.
- 75) Ramdave S, Thomas GW, Berlangieri SU, Bolton DM, Davis I, Danguy HT, Macgregor D, Scott AM. Clinical role of F-18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography for detection and management of renal cell carcinoma. *J Urol* 2001 ; 166 : 825-830.
- 76) Schöder H, Herrmann K, Gönen M, Hricak H, Eberhard S, Scardino P, Scher HI, Larson SM. 2-<sup>18</sup>F-fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography for the detection of disease in patients with prostate-specific antigen relapse after radical prostatectomy. *Clin Cancer Res* 2005 ; 11 : 4761-4769.
- 77) Hofer C, Laubenbacher C, Block T, Breul J, Hartung R, Schwaiger M. Fluorine-18-fluorodeoxyglucose positron emission tomography is useless for the detection of local recurrence after radical prostatectomy. *Eur Urol* 1999 ; 36 : 31-35.
- 78) Morris MJ, Akhurst T, Larson SM, Ditullio M, Chu E, Siedlecki K, Verbel D, Heller G, Kelly WK, Slovin S, Schwartz L, Scher HI. Fluorodeoxy-glucose positron emission tomography as an outcome measure for castrate metastatic prostate cancer treated with antimicrotubule chemotherapy. *Clin Cancer Res* 2005 ; 11 : 3210-3216.
- 79) Apolo AB, Pandit-Taskar N, Morris MJ. Novel Tracers and Their Development for the Imaging of Metastatic Prostate Cancer. *J Nucl Med* 2008 ; 49 : 2031-2041.
- 80) Beheshti M, Vali R, Waldenberger P, Fitz F, Nader M, Loidl W, Broinger G, Stoiber F, Foglman I, Langsteger W. Detection of bone metastases in patients with prostate cancer by <sup>18</sup>F-fluorocholine and <sup>18</sup>F-fluoride PET-CT : a comparative study. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2008 ; 35 : 1766-1774.
- 81) Kitajima K, Nakamoto Y, Senda M, Onishi Y, Okizuka H, Sugimura K. Normal uptake of <sup>18</sup>F-FDG in the testis : an assessment by PET/CT. *Ann Nucl Med* 2007 ; 21 : 405-410.
- 82) Fujii H, Yasuda S, Ide M, Takahashi W, Shohtsu A, Kubo A. Fluorine-18 fluorodeoxyglucose uptake in the retractile testis. *Clin Nucl Med* 1999 ; 24 : 323-325.
- 83) Spermon JR, De Geus-Oei LF, Kiemeny LA, Witjes JA, Oyen WJ. The role of <sup>18</sup>Fluoro-2-deoxyglucose positron emission tomography in initial staging and re-staging after chemotherapy for testicular germ cell tumours. *BJU Int* 2002 ; 89 : 549-556.
- 84) De Santis M, Bokemeyer C, Becherer A, Stoiber F, Oechsle K, Kletter K, Dohmen BM, Dittrich C, Pont J. Predictive impact of 2-<sup>18</sup>Fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography for residual postchemotherapy masses in patients with bulky seminoma. *J Clin Oncol* 2001 ; 19 : 3740-3744.
- 85) Basu S, Rubello D. PET imaging in the

- management of tumors of testis and ovary : current thinking and future directions. *Minerva Endocrinol* 2008 ; **33** : 229-256.
- 86) Weng LJ, Schöder H. Melanoma metastasis to the testis demonstrated with FDG PET/CT. *Clin Nucl Med* 2004 ; **29** : 811-812.
- 87) Scher B, Seitz M, Reiser M, Hungerhuber E, Hahn K, Tiling R, Herzog P, Reiser M, Schneede P, Dresel S. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT for staging of penile cancer. *J Nucl Med* 2005 ; **46** : 1460-1465.
- 88) Hughes B, Leijte J, Shabbir M, Watkin N, Horenblas S. Non-invasive and minimally invasive staging of regional lymph nodes in penile cancer. *World J Urol* 2008 Jul 2 (Epub ahead of print).
- 89) Bagheri B, Maurer AH, Cone L, Doss M, Adler L. Characterization of the normal adrenal gland with <sup>18</sup>F-FDG PET/CT. *J Nucl Med* 2004 ; **45** : 1340-1343.
- 90) Reddy MP, Ramaswamy MR. FDG uptake in brown adipose tissue mimicking an adrenal metastasis : source of false-positive interpretation. *Clin Nucl Med* 2005 ; **30** : 257-258.
- 91) Kumar R, Xiu Y, Mavi A, El-Haddad G, Zhuang H, Alavi A. FDG-PET imaging in primary bilateral adrenal lymphoma : a case report and review of the literature. *Clin Nucl Med* 2005 ; **30** : 222-230.
- 92) Becherer A, Vierhapper H, Pötzi C, Karanikas G, Kurtaran A, Schmaljohann J, Staudenherz A, Dudczak R, Kletter K. FDG PET in adrenocortical carcinoma. *Cancer Biother Radiopharm* 2001 ; **16** : 289-295.
- 93) Li YJ, Cai L, Sun HR, Gao S, Bai RJ. Increased FDG uptake in bilateral adrenal tuberculosis appearing like malignancy. *Clin Nucl Med* 2008 ; **33** : 191-192.
- 94) Umeoka S, Koyama T, Saga T, Higashi T, Ito N, Kamoto T, Kotani H, Ogawa O, Togashi K. High <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose uptake in adrenal histoplasmosis ; a case report. *Eur Radiol* 2005 ; **15** : 2483-2486.
- 95) Blake MA, Slattery JM, Kalra MK, Halpern EF, Fischman AJ, Mueller PR, Boland GW. Adrenal lesions : characterization with fused PET/CT image in patients with proved or suspected malignancy-initial experience. *Radiology* 2006 ; **238** : 970-977.
- 96) Timmers HJ, Carrasquillo JA, Whatley M, Eisenhofer G, Chen CC, Ling A, Linehan WM, Pinto PA, Adams KT, Pacak K. Usefulness of standardized uptake values for distinguishing adrenal glands with pheochromocytoma from normal adrenal glands by use of 6-<sup>18</sup>F-fluorodopamine PET. *J Nucl Med* 2007 ; **48** : 1940-1944.
- 97) Metser U, Miller E, Lerman H, Lievshitz G, Shmuel Avital S, Even-Sapir E. <sup>18</sup>F-FDG PET/CT in the evaluation of adrenal masses. *J Nucl Med* 2006 ; **47** : 32-37.
- 98) Rao SK, Caride VJ, Ponn R, Giakovis E, Lee SH. F-18Fluorodeoxyglucose positron emission tomography-positive benign adrenal cortical adenoma : imaging features and pathologic correlation. *Clin Nucl Med* 2004 ; **29** : 300-302.
- 99) Elaini AB, Shetty SK, Chapman VM, Sahani DV, Boland GW, Sweeney AT, Maher MM, Slattery JT, Mueller PR, Blake MA. Improved Detection and Characterization of Adrenal Disease with PET-CT. *Radiographics* 2007 ; **27** : 755-767.
- 100) Pacak K, Eisenhofer G, Carrasquillo JA, Chen CC, Whatley M, Goldstein DS. Diagnostic localization of pheochromocytoma : the coming of age of positron emission tomography. *Ann N Y Acad Sci* 2002 ; **970** : 170-176.
- 101) Mann GN, Link JM, Pham P, Pickett CA, Byrd DR, Kinahan PE, Krohn KA, Mankoff DA. <sup>11</sup>C-metahydroxyephedrine and <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose positron emission tomography improve clinical decision making in suspected pheochromocytoma. *Ann Surg Oncol* 2006 ; **13** : 187-197.



- 102) Takano A, Oriuchi N, Tsushima Y, Taketomi-Takahashi A, Nakajima T, Arisaka Y, Higuchi T, Manama M, Endo K. Detection of metastatic lesions from malignant pheochromocytoma and paraganglioma with diffusion-weighted magnetic resonance imaging : comparison with  $^{18}\text{F}$ -FDG positron emission tomography and  $^{123}\text{I}$ -MIBG scintigraphy. *Ann Nucl Med* 2008 ; **22** : 395-401.
- 103) Blake MA, Slattery JMA, Kalra MK, Halpern EF, Fischman AJ, Mueller PR, Boland GW. Adrenal Lesions : Characterization with Fused PET/CT Image in Patients with Proved or Suspected Malignancy-Initial Experience. *Radiology* 2006 ; **238** : 970-977.
- 104) Mamede M, Carrasquillo JA, Chen CC, Del Corral P, Whatley M, Ilias I, Ayala A, Pacak K. Discordant localization of 2- $^{18}\text{F}$ -fluoro-2-deoxy-D-glucose in 6- $^{18}\text{F}$ -fluorodopamine- and  $^{123}\text{I}$ -metaiodobenzyl-guanidine-negative metastatic pheochromocytoma sites. *Nucl Med Commun* 2006 ; **27** : 31-36.
- 105) Sood R, Story A, Rossleigh MA, Haindl W, Guille J, Pillai D. Superiority of F-18FDG PET imaging for detection of a pheochromocytoma. *Clin Nucl Med* 2006 ; **31** : 13-15.
- 106) Basu S, Nair N.  $^{18}\text{F}$ -FDG uptake in bilateral adrenal hyperplasia causing Cushing's syndrome. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2005 ; **32** : 384.
- 107) Murphy JJ, Tawfeeq M, Chang B, Nadel H. Early experience with PET/CT scan in the evaluation of pediatric abdominal neoplasms. *J Pediatr Surg* 2008 ; **43** : 2186-2192.
- 108) Minamimoto R, Takahashi N, Inoue T. FDG-PET of patients with suspected renal failure: standardized uptake values in normal tissues. *Ann Nucl Med* 2007 ; **21** : 217-222.
- 109) Branstetter BF 4th, Blodgett TM, Zimmer LA, Snyderman CH, Johnson JT, Raman S, Meltzer CC. Head and neck malignancy : is PET/CT more accurate than PET or CT alone? *Radiology* 2005 ; **235** : 580-586.
- 110) Plaquet N, Albert A, Foidart J, Hustinx R. Within-patient variability of  $^{18}\text{F}$ -FDG : standardized uptake values in normal tissues. *J Nucl Med* 2004 ; **45** : 784-788.
- 111) Koga H, Sasaki M, Kuwabara Y, Hiraka K, Nakagawa M, Abe K, Kaneko K, Hayashi K, Honda H. An analysis of the physiological FDG uptake pattern in the stomach. *Ann Nucl Med* 2003 ; **17** : 733-738.
- 112) Yeung HW, Sanches A, Squire OD, Macapinlac HA, Larson SM, Erdi YE. Standardized uptake value in pediatric patient : an investigation to determine the optimum measurement parameter. *Eur J Nucl Med Mol Imaging* 2002 ; **29** : 61-66.

## Feasibility of F-18 FDG PET/CT Scan for Abdomino-Pelvic Regions – The 3<sup>rd</sup> Chapter –

Kazuyoshi SUGA

*Site of Semui PET Cancer Screening and Radiation Therapy, St. Hill Hospital, 3-7-18 Imamura-kita, Ube,  
Yamaguchi 755-0155, Japan*

### SUMMARY

Positron emission tomography (PET) or PET/CT with 2-[fluorine 18] fluoro-2-deoxy-d-glucose (FDG) plays an important role for diagnosis and management in patients with various malignancies, as the recent meta-analysis has shown significant changes of management in approximately one-third patients with various malignancies with additional use of FDG PET scan. In gynecological region, the National Comprehensive Cancer Network Ovarian/Uterine Cancer Guideline recommends the use of FDG PET in detecting recurrent lesions with negative CT/MR imaging findings and rising tumor marker levels and in obtaining confirmative diagnosis of CT/MR-indeterminate lesions. In urogenital region, the evidences indicating of the utility of FDG PET for initial staging and re-staging after surgery are now being accumulated, regardless of some inherent limitations in evaluation primary lesions. At this final chapter for the review of the feasibility of FDG PET/CT in abdomino-pelvic regions, the content is focused on the utility and limitations of this technique in gynecological/urogenital oncology.