

# $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖 PET-CT 与 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -亚甲基二膦酸盐骨显像诊断转移性骨肿瘤的对比研究

叶慧 莫逸 谢爱民 彭翔

**【摘要】目的** 探讨  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖 ( $^{18}\text{F}$ -FDG) PET-CT 与  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -亚甲基二膦酸盐 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP) 全身骨显像对转移性骨肿瘤的诊断价值。**方法** 93 例经病理证实为恶性肿瘤的患者同时接受  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像(时间间隔在 1 周之内), 对比分析两种显像结果, 骨转移的诊断通过随访 2 年, 由病理、X 射线片、CT 或 MRI 检查结果综合决定。**结果** 93 例恶性肿瘤患者中, 经过 2 年随访或病理证实骨转移 44 例, 其中  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 灵敏度、特异度和准确率分别为 95.4%、91.8% 和 93.5%,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像分别为 90.9%、63.3% 和 76.3%。 $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 对转移性骨肿瘤诊断的灵敏度与  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像相近, 但特异度 ( $t=2.53, P<0.05$ ) 和准确率 ( $t=2.47, P<0.05$ ) 均明显高于  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像。**结论** PET-CT 对转移性骨肿瘤有较高的诊断价值。

**【关键词】** 骨肿瘤; 肿瘤转移; 氟脱氧葡萄糖 F18;  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -美罗酸盐; 体层摄影术, X 线计算机; 体层摄影术, 发射型计算机; 对比研究

## Comparison study of $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose PET-CT and $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -methylene phosphonate bone scan in detecting bone metastases

YE Hui, MO Yi, XIE Ai-min, PENG Xiang

(PET-CT Center, Hunan Tumor Hospital, Changsha 410013, China)

**【Abstract】Objective** To investigate the diagnostic value of  $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose PET-CT and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -methylene phosphonate whole body imaging in detection bone metastases. **Methods**  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP whole body bone scan were both performed in 93 patients with malignant tumors testified by pathology. Bone metastases were confirmed by pathology, X ray or CT or MRI and follow-up for not less than 2 years. **Results** Of the 93 patients 44 were confirmed to have bone metastases by 2 years follow-up or pathology. The sensitivity, specificity and accuracy of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT were 95.4%, 91.8%, 93.5%, and  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP bone imaging were 90.9%, 63.3%, 76.3%, respectively.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT has a better specificity ( $t=2.53, P<0.05$ ) and accuracy ( $t=2.47, P<0.05$ ) in detecting bone metastases than that of  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP bone imaging. **Conclusion** PET-CT is a more valuable method in the diagnosis of bone metastases.

**【Key words】** Bone neoplasms; Neoplasms metastasis; Fludeoxyglucose F18;  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -medronate; Tomography, X-ray computed; Tomography, emission-computed; Comparative study

转移性骨肿瘤的  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -亚甲基二膦酸盐 ( $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -methylene phosphonate,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP) 全身骨显像是临床检测的常规方法, 对转移性骨肿瘤有很高的敏感性, 但是由于缺乏特异性, 人们一直在寻找转移性骨肿瘤的早期特异性的诊断方法。 $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖 ( $^{18}\text{F}$ -fluorodeoxyglucose,  $^{18}\text{F}$ -FDG) PET-CT 由于可直接显示转移到骨骼中的肿瘤组织, 目前在转移性骨肿瘤诊断中的应用也越来越广泛。本研

究对 93 例恶性肿瘤患者分别进行  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像, 以比较两种显像方法诊断转移性骨肿瘤的临床价值。

### 1 材料和方法

#### 1.1 主要仪器

$^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像所用仪器为美国 GE 公司的 MPR 型 SPECT, 配以低能高分辨准直器, 采集矩阵为  $128\times 128$ , 扫描速度为 7~8 min/床位;  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 使用美国 GE 公司生产的 Discovery ST8 PET-CT 扫描仪, 其中 CT 为 8 排螺旋 CT,

Xeleris 工作站进行图像后处理。

## 1.2 患者资料

本组病例资料为我院 2005 年 10 月~12 月住院确诊的 93 例恶性肿瘤患者, 男性 59 例、女性 34 例, 年龄 38~69 岁, 平均  $(52.0 \pm 11.2)$  岁。其中, 肝癌 15 例, 肺癌 32 例, 鼻咽癌 8 例, 直肠癌 7 例, 乳腺癌 21 例, 前列腺癌 10 例。所有患者均经病理证实, 骨转移的诊断通过随访 2 年, 由病理、X 射线片、CT 或 MRI 检查结果综合决定。

## 1.3 检查方法

$^{99m}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像: 患者静脉注射  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 740~925 MBq (20~25 mCi) 后 2 h 内饮水 1500 ml, 检查前排尽尿液, 注射  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 后 3 h 行全身前位和后位显像, 必要时采集局部影像。

$^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT: 检查前患者禁食 4~6 h, 并确保血糖控制在 6.5 mmol/L 内, 静息、平卧 15 min 后静脉注射示踪剂  $^{18}\text{F}$ -FDG 3.70~5.55 MBq/kg (0.10~0.15 mCi/kg), 静卧 50 min 后行全身 PET-CT, 扫描范围从颅底至股骨上段。先行 CT, 层厚 3.75 mm, 然后进行 PET 影像采集, 使用三维扫描, 每个床位采集 3 min, 共采集 6~7 个床位。采集结束后融合图像, 重建后分别得到全身或局部的冠状位、矢状位、横断位的 CT、PET 以及 PET-CT 融合图像。

## 1.4 图像分析和结果判断

由 2 位以上有经验的核医学科和放射科医师共同阅片,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 以 PET 影像中骨髓放射性高于肝脏为异常, 同时参考标准化摄取值及 CT 影像表现;  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像以骨骼出现多发的非对称的局部放射性浓聚和(或)缺损为异常, 同时参考患者病史及其他检查资料。

## 1.5 统计学处理

本研究采用配对资料  $t$  检验或成组资料方差分析进行差异显著性检验, 用统计软件 SPSS11.5 完成。以  $P < 0.05$  作为显著性检验的标准。

## 2 结果

93 例恶性肿瘤患者均经 2 年随访或病理证实, 其中骨转移 44 例,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 和  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像的结果见表 1。 $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 对转移性骨肿瘤诊断的灵敏度与  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像相近, 但特异度 ( $t=2.53$ ,  $P < 0.05$ ) 和准确率 ( $t=2.47$ ,  $P < 0.05$ ) 均

明显高于  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像。

表 1  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 和  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像结果

显像剂	阳性 (例)	阴性 (例)	假阳性 (例)	假阴性 (例)	灵敏度 (%)	特异度 (%)	准确率 (%)
$^{18}\text{F}$ -FDG	46	47	4	2	95.4	91.8	93.5
$^{99m}\text{Tc}$ -MDP	58	35	18	4	90.9	63.3	76.3

表中,  $^{18}\text{F}$ -FDG 为  $^{18}\text{F}$ -氟脱氧葡萄糖;  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 为  $^{99m}\text{Tc}$ -亚甲基二膦酸盐

$^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像假阳性 18 例, 其中 16 例在  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 中显示为阴性(图 1)。在 PET-CT 和  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像都显示骨转移瘤的病例中, PET-CT 显示骨转移的部位明显多于  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像, 并经过 2 年随访证实(图 2)。此外  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 阴性的骨转移瘤, 同机 CT 影像上可出现典型成骨转移征象, PET-CT 不易漏诊(图 3)。

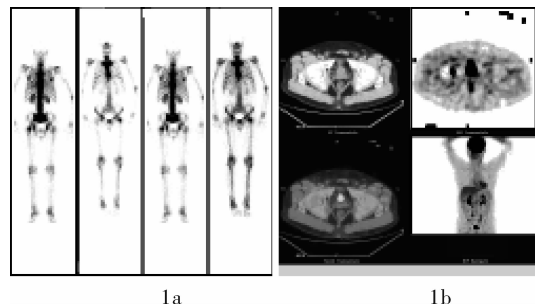


图 1  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像假阳性 1 例。男性, 61 岁, 因鼻咽癌经放疗治疗后右髋痛 2 月余。图 1a 为  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 骨显像示右侧髋关节构成骨呈放射性异常浓聚, 提示骨转移的可能性大。图 1b 为同一患者, 1 周内行  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT, 显示右髋关节间隙内见小结节状异常放射性浓聚影, 标准化摄取值为 3.7, CT 于相应部位骨质未见明显异常, 考虑为右髋关节内良性病变, 肉芽肿可能性大。经 2 年随访, 证实为右髋关节内炎性肉芽肿。

## 3 讨论

恶性肿瘤如前列腺癌、肝癌、肺癌和乳腺癌等在疾病发展过程中常伴发骨转移, 阳性率可达 40%~80%, 目前在临床上  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像仍作为恶性肿瘤骨转移的首选诊断方法, 其敏感性高, 但特异性低<sup>[1]</sup>。 $^{18}\text{F}$ -FDG PET 与  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像探测到的骨转移灶大部分是一致的, 但这两者的原理不同,  $^{99m}\text{Tc}$ -MDP 沉积于骨骼中非细胞成分, 是通过肿瘤成骨变化间接提示转移性骨肿瘤; 而  $^{18}\text{F}$ -FDG 则浓聚于骨肿瘤的细胞内, 骨肿瘤中异常  $^{18}\text{F}$ -FDG 浓聚是肿瘤细胞代谢的直接证据。 $^{18}\text{F}$ -

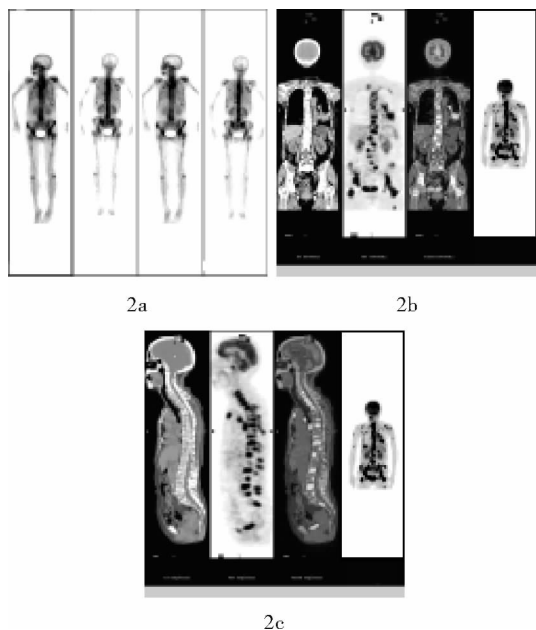


图2  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 与  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像发现骨转移的部位对比。肺癌患者, 女性, 71 岁, 5 d 内行  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像(图 2a) 及  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT(图 2b、2c), PET-CT 显示骨转移的部位明显多于  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP, 并经过 2 年随访证实。

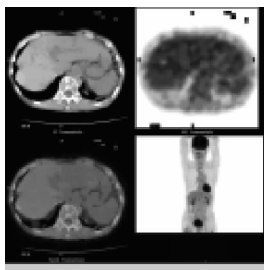


图3  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 显示成骨转移瘤 1 例。前列腺癌患者, 男性, 68 岁,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 显示阴性的椎体骨转移瘤, 同机 CT 可见典型成骨转移征象。经 2 年随访, 证实为椎体成骨转移瘤。

FDG 显像是对转移性骨肿瘤直接探测, 在骨转移早期, 一旦骨髓受累, 即能探及; 而  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像则要在骨肿瘤损害导致成骨异常时才能探及, 发生于骨髓受累后。因此从理论上讲,  $^{18}\text{F}$ -FDG 显像应该比  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像在显示转移性骨肿瘤方面更为敏感<sup>[2]</sup>。然而, 根据目前的临床实践和资料研究, 发现事实并非如此。研究发现, 不同类型的原发性肿瘤可能对  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 全身骨显像探测转移性骨肿瘤的效能有一定影响。Gallowitsch 等<sup>[3]</sup> 回顾性分析 38 例乳腺癌患者的  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像发现,  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP

骨显像灵敏度较  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 更高, 分别为 89.8% 和 56.5%; 特异度则要差一些, 分别为 74.1% 和 88.9%。其可能的原因为成骨性骨转移瘤的葡萄糖代谢率低于溶骨性骨转移瘤; 成骨性骨转移瘤内存活肿瘤细胞量小, 进入肿瘤细胞的  $^{18}\text{F}$ -FDG 总量少; 溶骨性骨转移瘤缺氧显著, 细胞葡萄糖无氧酵解增加, 从而摄取更多  $^{18}\text{F}$ -FDG。此外, 成骨为主的骨转移病灶在  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像上显示的阳性时间比溶骨性的长, 使得  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像要有更长时间显示骨转移<sup>[4]</sup>。

随着 PET-CT 的临床应用, 由于增加了 CT 的信息, PET-CT 在转移性骨肿瘤的应用价值也愈加引起人们的注意。与常规 PET 相比, PET-CT 中的 X-CT 有两个作用: 衰减校正和定位诊断。由于有很高的信息量, 源于 X-CT 扫描的衰减校正图的质量明显优于源于核素扫描的衰减校正图, 且 X-CT 扫描的采集时间非常短, 因而缩短了患者检查时间, 避免了患者移动导致的伪影, 这些都有利于获得更高质量的 PET 影像。CT 表现出的溶骨性、成骨性或混合性病变、骨髓内病变, 或骨病变伴随相邻软组织恶性病变等都提示转移性骨肿瘤<sup>[5]</sup>。

本研究显示,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 对转移性骨肿瘤诊断的敏感性与  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像相近, 但特异性和准确率均明显高于  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP, 与文献报道的一致<sup>[6]</sup>。 $^{18}\text{F}$ -FDG PET 阴性的骨转移瘤, 同机 CT 影像上可出现典型骨转移征象, PET-CT 不易漏诊(图 3), 尤其对于  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 敏感性较低的成骨性骨转移瘤, 可通过 CT 影像加以弥补, 提高诊断的准确性。此外, CT 对于许多骨良性病变的诊断也能弥补  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 的不足(图 1)。

综上所述,  $^{18}\text{F}$ -FDG PET-CT 相对于  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像对转移性骨肿瘤的探测有更高的敏感性和准确率, 并能有效鉴别良、恶性病变, 弥补了  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨显像特异性低的不足, 具有良好的应用前景。

#### 参 考 文 献

- [1] 孙达. 放射性核素骨显像[M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2000. 32.
- [2] 丁勇, 田嘉禾, 候亚彬, 等.  $^{18}\text{F}$ -FDG PET 和  $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -MDP 骨扫描检测骨转移瘤价值的比较[J]. 中国医学影像学杂志, 2004, 12(3): 174-176.
- [3] Gallowitsch HJ, Kresnik E, Gasser J, et al. F-18 fluorodeoxy glucose positron-emission tomography in the diagnosis of tumor

recurrence and metastases in the follow-up of patients with breast carcinoma: A comparison to conventional imaging [J]. Invest Radiol, 2003, 38(5): 250-256.

- [4] Yang SN, Liang JA, Lin FJ, et al. Comparison whole body <sup>18</sup>F-2-deoxyglucose positron emission tomography and technetium-99m methylene diphosphonate bone scan to detect bone metastases in patients with breast cancer[J]. J Cancer Res Clin Oncol, 2002, 128

(6): 325-328.

- [5] Metser U, Lerman H, Blank A, et al. Malignant involvement of the spine: assessment by <sup>18</sup>F-FDG PET-CT [J]. J Nucl Med, 2004, 45(2): 279-284.
- [6] 姚稚明. <sup>18</sup>F-FDG PET-CT 鉴别诊断椎骨良恶性病变的临床价值[J]. 诊断理论与实践, 2005, 4(2): 164-167.

(收稿日期: 2007-12-27)

## PET-CT 在冠状动脉疾病的临床应用

孙晓昕 田月琴

**【摘要】** PET-CT 可无创性检测心肌血流灌注、定量测定冠状动脉血流储备, 并提供冠状动脉解剖影像、冠状动脉钙化积分, 观察粥样斑块性质, 对心肌存活性、心脏功能测定都有重要临床价值。将以上各种信息综合应用于临床, 则对冠心病的诊断、治疗方案的选择及预后判断等具有重要意义。

**【关键词】** 冠状动脉疾病; 体层摄影术, 发射型计算机; 体层摄影术, X 线计算机

### Clinical application of PET-CT in coronary artery disease

SUN Xiao-xin, TIAN Yue-qin

(Department of Nuclear Medicine, Cardiovascular Institute and Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences and Peking Union Medical College, Beijing 100037, China)

**【Abstract】** PET-CT can evaluate myocardial perfusion and viability, coronary artery angiography, coronary calcification score and ventricular function. Thus, it can be used for the diagnosis, risk stratification and management decision making of coronary artery disease.

**【Key words】** Coronary artery disease; Tomography, emission-computed; Tomography, X-ray computed

随着近年来 PET 在肿瘤应用中的进展, 目前我国很多医学影像中心配备了 PET, 这就为其在心血管领域的应用提供了新机会。以往 PET 用外放射源进行衰减校正时, 除正常的 20 min 左右的检查时间外还需要 20 min 衰减校正时间, 导致整个检查时间过长, 患者不易耐受。为了缩短衰减校正时间, Townsend 等<sup>[1]</sup> 于 2001 年首次将 PET 与 CT 相结合进行衰减校正, 大大缩短了检查时间。将 PET 与 CT 进行融合, CT 能为 PET 提供衰减校正, 同时还能进行无创性 CT 冠状动脉造影, 提供心脏的解剖结构, 为 PET-CT 在心血管领域的发展提供了巨大的空间。

### 1 PET-CT 仪的进展

#### 1.1 PET

PET 能表达细胞分子水平的生物学过程, 能提供解剖形态学以外的功能信息, 使它区别于 CT、MRI、超声等检查。由于 PET 使用符合线路探测光子, 不需要铅准直器, 避免了准直器对射线的大量吸收, 因而比 SPECT 有更好的敏感性和空间分辨率。以往 PET 都采用锗酸铋晶体, 以二维模式采集信号, 必须使用隔栅消除散射, 计数率低、采集时间长。为了增加敏感性及计数率, 缩短采集时间, 在全身成像中无隔栅的三维采集模式取代了二维模式; 为了减少随机符合和散射造成的伪影, 晶体也由原来的锗酸铋晶体改为硅酸镓或硅酸钆晶体。新晶体光通量高, 闪烁光衰变快, 有效地减少了随机符合和散射, 提高了真符合的计数率, 更适

作者单位: 100037 北京, 中国医学科学院阜外心血管病医院核医学科

通讯作者: 田月琴 (E-mail: tianyueqin@yahoo.com.cn)