

- Biol Phys, 2005, 63(2): 340-345.
- 22 Vrieze O, Haustermans K, De Wever W, et al. Is there a role for FDG-PET in radiotherapy planning in esophageal carcinoma?. Radiother Oncol, 2004, 73(3): 269-275.
- 23 Leong T, Everitt C, Yuen K, et al. A prospective study to evaluate the impact of FDG-PET on CT-based radiotherapy treatment planning for oesophageal cancer. Radiother Oncol, 2006, 78(3): 254-261.
- 24 Howard A, Mehta MP, Ritter MA, et al. The value of PET/CT in gross tumor volume delineation in lung and esophagus cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2004, 60(Suppl): S536-S537.
- 25 Ciernik IF, Huser M, Burger C, et al. Automated functional image-guided radiation treatment planning for rectal cancer. Int J Radiat Oncol Biol Phys, 2005, 62(3): 893-900.

(收稿日期: 2007-09-10)

## 胸、腹部肿瘤 PET-CT 扫描方案的设置与选择

宋建华 赵晋华 邢岩

**【摘要】** PET 与 CT 的有机结合实现了解剖显像与功能显像的统一, 使得影像诊断能力得到巨大提升, 为临床肿瘤的诊断与分期、疗效评价、放疗定位等提供了更为准确的信息。但是要充分发挥 PET-CT 的诊断优势, 并尽可能避免患者受到过多的放射性照射, 需制订规范的扫描方案, 并严格按照临床指征进行检查。文中讨论了胸、腹部肿瘤的 PET-CT 扫描方案的设置与选择, 如全身或局部扫描、扫描体位、对比剂的应用、呼吸控制、照射剂量的考虑、双时相采集等问题。

**【关键词】** 胸部肿瘤; 腹部肿瘤; 氟脱氧葡萄糖 F18; 体层摄影术, 发射型计算机; 体层摄影术, X 线计算机

**【中图分类号】** R817.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1673-4114(2007)06-0349-05

### Installation and selection of PET-CT protocols on chest and abdomen tumors

SONG Jian-hua, ZHAO Jin-hua, XING Yan

(Department of Nuclear Medicine, Shanghai First People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200080, China)

**【Abstract】** Integral PET-CT implemented the unity of anatomy and function. It brings great improvement to the capability of imaging diagnosis and more accuracy information of diagnose and staging, assessment of therapy response and focal localization of radiotherapy on tumors. But it needs to standard the protocols of examination and exam patients according to clinical situation strictly when we have to educe the most diagnostic utility from this imaging modality and avoid the redundant radiant exposure on patients as possible as we can. Discussed some alternative problems about protocols of PET-CT on chest and abdomen tumors such as whole-body or toposcopy, body-position, if contrast agent is need, breathing control, thinking about radiation exposure, dual phase imaging and so on.

**【Key words】** Thoracic neoplasms; Abdominal neoplasms; FluorodeoxyglucoseF18; Tomography, emission-computed; Tomography, X-ray computed

PET-CT 的出现, 实现了 PET 图像与 CT 图像的同机融合, 不仅弥补了 PET 解剖定位上的不足, 更由于 CT 的诊断作用, 使得 PET-CT 的诊断更加可靠。选择和设置合理的扫描方案将有利于充分获取 PET-CT 的诊断信息, 同时减少患者辐射剂量、缩短检查时间。本文就胸、腹部肿瘤 PET-CT 扫描

方案中的一些问题进行讨论。

### 1 PET-CT 扫描方案的合理应用

<sup>18</sup>F-氟代脱氧葡萄糖(<sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose, <sup>18</sup>F-FDG)PET-CT 对于胸、腹部肿瘤的敏感性、特异性及其在分期和评估治疗反应方面的优势已得到广泛的认可<sup>[1-3]</sup>。为了提高诊断质量, 并减少患者所受辐射剂量、合理控制检查时间, 在 PET-CT 的检查操作中, 可以根据临床需要选择合理的设置。

作者单位: 200080, 上海交通大学附属第一人民医院核医学科  
通讯作者: 赵晋华(E-mail: zjh1963@gmail.com)

### 1.1 全身或局部检查

为了对肿瘤准确分期,临床一般进行“全身”扫描。全身 PET-CT 并非真正的“全身”,在实际应用中考虑到肿瘤的好发转移部位、患者受照剂量及扫描时间,“全身”扫描仅包括头、颈、胸、腹、盆和大腿 upper 段。小腿只有在怀疑转移的情况下才扫描。但对于恶性黑色素瘤或者周围性肉瘤的患者,由于其四肢可能存在着原发灶或转移灶,此时上、下肢及趾端也要被包括进来<sup>[6]</sup>。

在现有全身 PET-CT 中,有些扫描方案包括了脑部扫描<sup>[9]</sup>,而另一些方案则从颅底开始扫描<sup>[6]</sup>。<sup>18</sup>F-FDG 是用于肿瘤分期中最常用的 PET 示踪剂,但其在脑内的生理性摄取很高,因此小的脑转移灶可能难以通过 <sup>18</sup>F-FDG PET 检测到,需要借助 CT 增强扫描才能检测出来。但由于部分肿瘤好发脑内转移,还是推荐依据临床背景有选择性地把脑部包括到全身 PET-CT 中<sup>[7]</sup>。对高度怀疑颅内转移而平扫 PET-CT 未能发现脑部病灶者,可以考虑在全身扫描之后增加一个额外的颅脑的 CT 增强扫描,以增加 PET-CT 的敏感性。

临床上对近期进行过全身 PET-CT 检查、且前次 PET-CT 显像显示病灶比较局限或仅需对进行过治疗的局部病灶进行评价,则可以选择性地进行局部扫描,而全身评估可以安排在半年或更长时间之后<sup>[6]</sup>。在放疗定位中,由于照射范围比较局限,可以根据拟行放疗的部位选择局部扫描。

### 1.2 扫描体位

大部分扫描可选择仰卧、头先进的体位。但有时需要特殊体位。

乳腺肿瘤患者可采用类似于磁共振乳腺线圈的摆位辅助设备,让患者俯卧进行 PET-CT 扫描,该体位使乳腺不受压迫,可以更好地显示邻近胸壁的小病灶,对乳腺病灶的评估更准确;采用与磁共振乳腺成像相同的体位还有利于对 PET-CT 与磁共振乳腺成像的潜在相关性进行对比研究<sup>[9]</sup>。

PET-CT 结肠成像有利于更精确地观察结直肠癌的原发灶并改善肿瘤分期效果<sup>[9]</sup>。该扫描方案将全身扫描分为 2 个部分:头颅到横膈为第 1 部分,仰卧、头先进,由足向头侧方向扫描;第 2 部分从横膈到大腿 upper 段,俯卧、头先进,并在扫描之前肌注肌松药,然后经直肠水灌肠 2~3 L。该扫描方案

要求患者在检查前一日晚上进行肠道清洁,使用水灌肠来维持肠管的扩张,而不是常规 CT 结肠造影中的空气灌肠,以利于减少肠道蠕动。

对放疗定位的患者摆位需要在放疗科医生指导下进行,并应用放疗检查床及相关固定设施<sup>[10]</sup>。一般情况下胳膊和手不包括在扫描范围内,在胸腹部扫描时使双臂上举过头,使用体位辅助设施比如泡沫模具或固定捆绑带来固定并减轻体位不适,避免运动<sup>[11]</sup>。如果将全身扫描分成颅脑、颈胸腹 2 个部分,则颅脑扫描时双臂放下,颈胸腹扫描时双臂上举,以利于避免双臂高密度骨质引起的截断伪影。但根据我们的扫描经验,双臂平放于身体两侧所造成的 CT 伪影并非不可忍受,反而增加了患者的舒适度,而对于两肩病灶及锁骨上下区的淋巴结更易于观察和定位,此时我们可以从头顶到大腿中段一次性完成采集,减少了中间再次摆位的时间。部分患者需要进行包括下肢的检查,这需要在完成常规的全身扫描之后,重新摆位于仰卧、足先入的体位进行扫描。

### 1.3 对比剂的应用

CT 检测病灶是基于病灶和其周边结构的衰减值的不同,在平扫 CT 图像上病灶和其所在器官可能由于相似的衰减而被遗漏。为了增加病灶与正常组织的对比,许多情况下需要应用静脉内或口服对比剂<sup>[6,12]</sup>。静脉内或口服对比剂在 PET-CT 检查中的应用,有利于发现没有或仅有轻微示踪剂摄取的额外的病灶,有利于观察局部病灶的强化特征而进行鉴别诊断,有利于血管、小肠或实质性结构邻近的小病灶更精确定位<sup>[13]</sup>。

使用对比剂的 CT 数据大部分采集于增强扫描的门静脉期,该期适用于全身 PET-CT 增强检查。对于肝脏本身的恶性肿瘤如肝细胞癌、胰腺癌、胃肠道神经内分泌肿瘤,则一般在全身非增强的 PET-CT 扫描之前增加一组多期肝脏 CT 增强扫描,以利于更好地评价肝脏内病灶。但是对于胃肠间质瘤,由于其肝脏转移灶和肝脏实质的增强特性相似,因而病灶可能被掩盖,而平扫 CT 能够比增强 CT 发现更多的病灶<sup>[2]</sup>。

对比剂行走于锁骨下静脉和上腔静脉时由于浓度较高,会引起锁骨下及纵隔内的放射状伪影,为了减少这类伪影,可以把 CT 扫描从头足方向调整

为足头方向,并调整对比剂注射的期相和时间<sup>[14]</sup>。也可在注射对比剂之后立即用生理盐水灌洗以加速清除上腔静脉内的高浓度对比剂,从而减少伪影。由于 PET-CT 扫描中的 CT 扫描数据需要用来作为 PET 数据的衰减校正之用,而一些研究显示,用增强 CT 数据衰减校正后的 PET 数据会使标准化摄取值(standardized uptake value, SUV)被高估,并且高估程度取决于对比剂的浓度<sup>[15,16]</sup>,因此在是否应该使用对比剂的问题上存在一定的争议。但是对比于平扫和增强 CT 数据,其 SUV 只有很小的差别<sup>[9]</sup>,在临床实践中,静脉内对比剂对衰减校正的影响趋向于忽略不计。

日常工作中,大部分患者并不是首先选择 PET-CT 检查,如果患者先前的影像资料能够用于图像对比的话,则不需要进行对比增强 PET-CT。如果存在碘剂过敏体质,则不适于进行碘对比剂增强 CT 扫描。化疗后的患者由于可能使用了肾毒性化疗药物(例如顺铂和丝裂霉素等)而要考虑肾脏保护时,也不宜使用对比剂。

口服对比剂能够改善腹部病灶的检测和定位,阴性的水样对比剂适用于大部分患者,而对于部分肿瘤治疗后的患者,比如胃肠间质瘤患者的转移灶治疗后发生的囊性变,可能使这些病灶难以同肠袢相鉴别,在这些病例中,阳性对比剂可能会更好<sup>[2]</sup>。

#### 1.4 呼吸控制

由于 PET 采集时间比较长,而 CT 扫描时间短,由于呼吸运动的影响使得位于膈肌附近的病灶容易在 PET-CT 融合图像上形成融合误差。有研究认为,如果 CT 扫描是在正常呼气过程中采集时,图像融合最为精确<sup>[7]</sup>。一个最佳方案是在正常呼气时采集全身 CT 数据,这要求扫描时间少于 20 s,这个目标在排数较低的 CT 扫描仪中难以达到。也可以要求患者在正常呼气过程中屏气一段时间来完成上腹部和下肺的扫描,而在远离横膈的区域时患者可以浅呼吸。

采用呼吸控制有利于改善 PET-CT 融合图像质量<sup>[18]</sup>,但是部分患者无法合作,而且部分机型扫描时间过长,实际操作中大多采用持续的浅呼吸状态下完成全身 CT 扫描,因此在读片时需要考虑肺、膈的上下运动导致的融合误差,以便准确评价各个病灶。

#### 1.5 扫描剂量的考虑

辐射剂量的产生来自 CT 扫描和放射性药物,不同的扫描范围、不同的 CT 扫描条件、不同的给药标准导致受检者受到不同的辐射剂量。辐射暴露会导致癌症危险性的增加,即使是低剂量扫描<sup>[19]</sup>,因此在任何时候都应考虑尽可能减少不必要的照射。当 PET-CT 中应用全剂量 CT 扫描时,一次从头到大腿上段的扫描中,来自 CT 的辐射剂量总量可达 15~20 mSv。因此, PET-CT 中的大部分辐射暴露可归因于 CT 扫描部分<sup>[20]</sup>。如果 CT 使用低剂量方式扫描,则患者的辐射负荷可以明显减少,但是所能得到的诊断信息也在减少<sup>[21]</sup>。现实的矛盾是:一方面,低信噪比和条纹伪影可能限制了低剂量 CT 的诊断价值,另一方面,并不是所有 PET-CT 检查中都需要诊断性 CT。

在临床应用中,以下情况需要考虑低剂量 CT 扫描:对于有潜在治愈性的恶性病变的年轻患者,必须考虑到辐射暴露的问题;评估肿瘤治疗反应时,功能性数据比形态学变化更为敏感、准确<sup>[22]</sup>,这时低剂量平扫 CT 就足够了;对于鉴别诊断中常用的双时相显像,其第二次采集时的 CT 扫描仅需用于 PET 数据的衰减校正和解剖定位,其毫安数可以降低到很低;对于某些患者既往影像资料足够详细、并可用于目前参照的情况下,即使是在第一次采集时,其毫安数也允许大幅度减低。

如果 CT 扫描是在浅呼吸中进行,则呼吸运动可能导致肺部小病灶的遗漏。因此, PET-CT 扫描后增加额外的最大吸气后屏气的低剂量胸部 CT 扫描有利于检测到更多的肺部病灶<sup>[23]</sup>。胸部扫描中球管电流可以减少到 60 mA 甚至 40 mA 仍可得到满意的胸部 CT 图像并减少总的辐射剂量<sup>[24]</sup>,而低剂量与常规剂量 CT 图像相比,不会降低肺实变、弥漫性病变的图像质量,两者有相似的诊断准确率<sup>[25]</sup>。对于部分难以定性的小病灶,比如 <sup>18</sup>F-FDG PET 阴性、CT 阳性的小病灶,单独的低剂量肺部 CT 扫描还可以作为一个随访工具使用。

#### 1.6 双时相采集

任何代谢增高的组织均可引起 <sup>18</sup>F-FDG 摄取的增加,这将导致检查中的假阳性。但是由于恶性肿瘤细胞中己糖激酶高表达而葡萄糖-6-磷酸化酶低表达,使肿瘤细胞摄取 <sup>18</sup>F-FDG 随时间延长而积累,

一般需要4 h才会达到峰值,而炎症的单核细胞和大多数正常细胞的葡萄糖-6-磷酸化酶表达较高,一般30 min左右即达到摄取峰值,然后开始逐渐排出<sup>[26,27]</sup>。

常规的<sup>18</sup>F-FDG PET或PET-CT全身显像多在注射<sup>18</sup>F-FDG后50~60 min时采集,此时大多数恶性病灶对<sup>18</sup>F-FDG的摄取尚未达到高峰,而良性或正常组织的<sup>18</sup>F-FDG摄取已经下降,从而恶性病变显现出来。如果此时良、恶性病变对<sup>18</sup>F-FDG摄取程度出现重叠,则通过适当延时后再次显像,比较病灶前后两次SUV的变化,对病变的良恶性鉴别具有一定的帮助,特别适合鉴别肿瘤和以单核细胞为主的炎症<sup>[27]</sup>。延迟显像多选在第一次显像后30~90 min进行。

Zhuang等<sup>[27]</sup>对76例患者进行双时相<sup>18</sup>F-FDG PET,结果提示恶性病变延迟显像与早期显像比较<sup>18</sup>F-FDG摄取增加(19.18±9.58)%,而良性病变SUV则随时间而轻度下降。Hickeson等<sup>[28]</sup>的研究结果显示,双时相与单时间点诊断的灵敏度分别为95.7%和88.3%,阳性预测值分别为92.8%和91.2%,准确率分别为92.7%和86.5%。当然,仍有一些良性肉芽肿病变可摄取FDG且随时间延长摄取增加,这是造成假阳性的主要原因<sup>[29]</sup>。

## 2 针对不同的临床目的选择不同的扫描方案

胸腹部PET-CT检查主要用于胸腹部恶性肿瘤的诊断与分期、肿瘤放疗定位、疗效评价与随访,应根据不同的显像目的选择不同的CT设置。

为肿瘤患者进行诊断和分期的PET-CT扫描,临床希望尽可能明确良恶性诊断及恶性肿瘤的准确分期,这需要充分利用PET与CT的诊断作用,比如进行全身扫描、使用对比剂、适当的管电流、额外的CT扫描、特殊的体位、延迟显像采集等,以进一步增加功能性诊断信息的可靠程度。而使用PET-CT评估治疗反应时,大部分病例采用低剂量、平扫CT作为衰减校正即已能满足临床需要,因为对于评价治疗反应来说,葡萄糖代谢的功能性参数变化远比形态学参数变化敏感<sup>[23]</sup>。并且,可以根据病灶范围及治疗情况在早期疗效评估中只进行局部扫描,而将全身评估放在治疗相对较长时间之后进行。但在肿瘤侵犯邻近结构或包绕血管时,随访

PET-CT时仍然建议使用对比增强CT采集数据。对于术后可疑复发或怀疑肿瘤进展时,宜采用诊断和分期扫描所需要的方案进行扫描。

在PET-CT用于制订放疗治疗计划时,患者需要摆成放疗体位,使用专用于放疗定位的检查床板,安放体外标记及体位辅助设备复位固定。如果需要,甚至要放置小的示踪剂探针。如果放疗前已进行过全身的评估,则可以根据放疗范围而选择局部扫描。放疗计划需要对原发病灶或感兴趣区显示清楚,因此CT增强扫描是必要的。相对于放疗剂量来说,诊断性CT的剂量微不足道,可以不考虑低剂量扫描的问题。呼吸控制要保持和放疗过程中的呼吸一致,因此需要按照放疗科医生的要求训练患者正确呼吸。

## 3 小结

不同的临床情况要求有相应的PET-CT扫描方案,不同的机器性能也需要有不同的条件设置。各医院现有扫描方案可能存在值得改进的地方,而性能先进的机型也可调整和开发出更合理的扫描方案。比如,采用呼吸门控PET采集可以提高PET-CT图像融合的精确度,改善对肺部恶性肿瘤的评估,为放疗计划提供四维信息,促进调强放疗对肺部肿瘤的应用<sup>[30]</sup>。根据低剂量CT筛查的设想,在PET-CT扫描中也可以尝试全身低剂量扫描进行衰减校正及定位,得到PET图像后根据<sup>18</sup>F-FDG浓聚情况而选择性地对某部位的诊断性常规剂量CT增强扫描,这在降低辐射剂量方面也将是一个不错的尝试。

通过选择合理的扫描方案,有利于更好地观察病灶并评价全身状况。全面的诊断信息有利于减少临床上过多的漫无目的的检查,甚至避免某些有创性检查,并可以减少由此而造成的费用与时间的浪费,以及过多检查给患者造成的精神焦虑等。

## 参 考 文 献

- Hoekstra CJ, Stroobants SG, Smit EF, et al. Prognostic relevance of response evaluation using [<sup>18</sup>F]-2-fluoro-2-deoxy-D-glucose positron emission tomography in patients with locally advanced non-small-cell lung cancer. *J Clin Oncol*, 2005, 23(33):8362-8370.
- Rosenbaum SJ, Stergar H, Antoch G, et al. Staging and follow-up of gastrointestinal tumors with PET/CT. *Abdom Imaging*, 2006, 31(1):

- 25-35.
- 3 Scheidhauer K, Walter C, Seemann MD. FDG PET and other imaging modalities in the primary diagnosis of suspicious breast lesions. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2004, 31(Suppl 1): S70-S79.
  - 4 Niederkohr RD, Rosenberg J, Shabo G, et al. Clinical value of including the head and lower extremities in  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT imaging for patients with malignant melanoma. *Nucl Med Commun*, 2007, 28(9): 688-695.
  - 5 Hany TF, Steinert HC, Goerres GW, et al. PET diagnostic accuracy: improvement with in-line PET/CT system: initial results. *Radiology*, 2002, 225(2): 575-581.
  - 6 Beyer T, Antoch G, Bockisch A, et al. Optimized intravenous contrast administration for diagnostic whole-body  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT. *J Nucl Med*, 2005, 46(3): 429-435.
  - 7 Belhocine T, Weiner SM, Brink I, et al. A plea for the elective inclusion of the brain in routine whole-body FDG PET. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2005, 32(3): 251-256.
  - 8 Antoch G, Vogt FM, Veit P, et al. Assessment of liver tissue after radiofrequency ablation: findings with different imaging procedures. *J Nucl Med*, 2005, 46(3): 520-525.
  - 9 Veit P, Kthle C, Beyer T, et al. Whole body positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) tumour staging with integrated PET/CT colonography: technical feasibility and first experiences in patients with colorectal cancer. *Gut*, 2006, 55(1): 68-73.
  - 10 Ceresoli GL, Cattaneo GM, Castellone P, et al. Role of computed tomography and [ $^{18}\text{F}$ ] fluorodeoxyglucose positron emission tomography image fusion in conformal radiotherapy of non-small cell lung cancer: a comparison with standard techniques with and without elective nodal irradiation. *Tumori*, 2007, 93(1): 88-96.
  - 11 Beyer T, Tellmann L, Nickel I, et al. On the use of positioning aids to reduce misregistration in the head and neck in whole-body PET/CT studies. *J Nucl Med*, 2005, 46(4): 596-602.
  - 12 Antoch G, Kuehl H, Kanja J, et al. Dual-modality PET/CT scanning with negative oral contrast agent to avoid artifacts: introduction and evaluation. *Radiology*, 2004, 230(3): 879-885.
  - 13 Antoch G, Freudenberg LS, Beyer T, et al. To enhance or not to enhance?  $^{18}\text{F}$ -FDG and CT contrast agents in dual-modality  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT. *J Nucl Med*, 2004, 45(Suppl 1): 56S-65S.
  - 14 Antoch G, Freudenberg LS, Egelhof T, et al. Focal tracer uptake: a potential artifact in contrast-enhanced dual-modality PET/CT scans. *J Nucl Med*, 2002, 43(10): 1339-1342.
  - 15 Nakamoto Y, Chin BB, Kraitchman DL, et al. Effects of nonionic intravenous contrast agents at PET/CT imaging: phantom and canine studies. *Radiology*, 2003, 227(3): 817-824.
  - 16 Yau YY, Chan WS, Tam YM, et al. Application of intravenous contrast in PET/CT: does it really introduce significant attenuation correction error?. *J Nucl Med*, 2005, 46(2): 283-291.
  - 17 Goerres GW, Kamel E, Heidelberg TN, et al. PET/CT image co-registration in the thorax: influence of respiration. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2002, 29(3): 351-360.
  - 18 Beyer T, Antoch G, Blodgett T, et al. Dual-modality PET/CT imaging: the effect of respiratory motion on combined image quality in clinical oncology. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2003, 30(4): 588-596.
  - 19 Brenner DJ. Radiation risks potentially associated with low-dose CT screening of adult smokers for lung cancer. *Radiology*, 2004, 231(2): 440-445.
  - 20 Brix G, Lechel U, Glatting G, et al. Radiation exposure of patients undergoing whole-body dual-modality  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT examinations. *J Nucl Med*, 2005, 46(4): 608-613.
  - 21 Kamel E, Hany TF, Burger C, et al. CT vs  $^{68}\text{Ge}$  attenuation correction in a combined PET-CT system: evaluation of the effect of lowering the CT tube current. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2002, 29(3): 346-350.
  - 22 Pottgen C, Levegrun S, Theegarten D, et al. Value of  $^{18}\text{F}$ -fluoro-2-deoxy-D-glucose-positron emission tomography/computed tomography in non-small-cell lung cancer for prediction of pathologic response and times to relapse after neoadjuvant chemoradiotherapy. *Clin Cancer Res*, 2006, 12(1): 97-106.
  - 23 Czernin J, Auerbach MA. Clinical PET/CT imaging: promises and misconceptions. *Nuklearmedizin*, 2005, 44(Suppl 1): S18-S23.
  - 24 Zhu X, Yu J, Huang Z. Low-dose chest CT: optimizing radiation protection for patients. *AJR Am J Roentgenol*, 2004, 183(3): 809-816.
  - 25 Lee KS, Primack SL, Staples CA, et al. Chronic infiltrative lung disease: comparison of diagnostic accuracies of radiography and low- and conventional dose thin-section CT. *Radiology*, 1994, 191(3): 669.
  - 26 Lodge MA, Lucas JD, Marsden PK, et al. A PET study of FDG uptake in soft tissue masses. *Eur J Nucl Med*, 1999, 26(1): 22-30.
  - 27 Zhuang H, Pourdehnad M, Lambright ES, et al. Dual time point  $^{18}\text{F}$ -FDG PET imaging for differentiating malignant from inflammatory process. *J Nucl Med*, 2001, 42(9): 1412-1417.
  - 28 Hickeyson M, Zhuang HM, Chacko T, et al. Superiority of dual versus single time point FDG PET imaging in the assessment of pulmonary nodules. *J Nucl Med*, 2002, 43(Suppl): 155.
  - 29 Dobert N, Hamscho N, Menzel C, et al. Limitations of dual time point FDG-PET imaging in the evaluation of focal abdominal lesions. *Nuklearmedizin*, 2004, 43(5): 143-149.
  - 30 Nehmeh SA, Erdi YE, Pan T, et al. Four-dimensional (4D) PET/CT imaging of the thorax. *Med Phys*, 2004, 31(12): 3179-3186.

(收稿日期: 2007-09-10)