

FDG - PET显像技术在恶性淋巴瘤诊断与治疗中的应用

王学文

Applications of FDG - PET in diagnosis and treatment of malignant lymphoma

WANG Xue - wen

Department of Hematology, Nanjing General Hospital of Nanjing Military Command, PLA, Nanjing 210002, China

【Abstract】¹⁸F - FDG PET possessed high sensitivity and specificity in most tumors including lymphoma. In lymphoma, PET/CT was better than CT and other imaging modalities in the detected rate of both nodal and extranodal lymphoma, the staging (pretreatment) and restaging (to determine the extent of known or suspected recurrence or to assess response after completion of therapy), the prediction and evaluation of therapeutic efficacy, the determine of minimal residual disease, monitoring relapse and the judgment of outcome. Often upstaging (approximately 40%) due to PET and detected efficacy of PET was variant along with pathological histology pattern of lymphoma, the reliability (>90% positive on PET) particularly was in DLBCL and Hodgkin's disease. For detecting bone marrow involvement, ¹⁸F - FDG PET may complement bone marrow biopsy (BMB), but cannot replace BMB. FDG - PET had a superior ability to detect occult splenic disease that having isolated FDG - avid nodules in the spleen not detected with gallium imaging. Early interim FDG - PET was independent predictor of survival.

【Key words】¹⁸F - FDG PET; malignant lymphoma; diagnosis; treatment

Modem Oncology 2008, 16 (01): 0134 ~ 0137

【指示性摘要】对大多数肿瘤而言,¹⁸F - FDG PET具有敏感性高、特异性强的优点。在淋巴结和结外淋巴瘤的诊断检出率、淋巴瘤分期和再分期、疗效预测和评估、检测微小残留病灶、监测复发和预后判断均优于CT或⁶⁷Ga。PET常上调淋巴瘤分期(约40%),PET的检出效能随淋巴瘤的组织类型而变动,尤其对弥漫性大B细胞淋巴瘤(DLBCL)和霍奇金病诊断率高。对骨髓累及的检出PET/CT可补充骨髓活检(BMB),但不能取代BMB。PET较⁶⁷Ga对脾淋巴瘤有更高的检出率。治疗早中期PET/CT是无进展生存期和总生存期独立的预后指标。FDG并非肿瘤特异性物质,FDG - PET存在假阳性和假阴性,需注意鉴别,可能时进行组织活检。

【关键词】正电子发射计算机断层显像;恶性淋巴瘤;诊断;治疗

【中图分类号】R733.4

【文献标识码】A

【文章编号】1672 - 4992 - (2008)01 - 0134 - 04

1975年 TerPogossian最初采用解剖形态方式进行功能和代谢显像技术,开发正电子发射计算机断层显像(positron emission tomography, PET)装置,并应用于脑代谢的研究。1982年证实脑肿瘤细胞¹⁸F标记的2 - 氟化脱氧葡萄糖[2 - (fluorine - 18) fluoro - 2 - deoxy - D - glucose, FDG]摄入增加,糖代谢旺盛,并与预后有关。本文就¹⁸F - FDG PET对淋巴瘤诊断的敏感性和特异性、部位、组织类型、残留病变和预后及指导治疗等作如下综述。

1 FDG - PET与淋巴瘤检出的敏感性、特异性和诊断分期

在恶性淋巴瘤诊疗中采用各种类型的影像诊断,PET的机能分辨率高(<5mm),较多报道FDG - PET对淋巴瘤的检出和分期比CT更为敏感,而优于CT^[3-5],并可导致淋巴瘤分期的修正(通常是上调)15%~20%,影响患者的治疗5%~15%^[5]。PET评估治疗反应比CT更准确,在2/3无任何其他疾病的临床和生化证据的霍奇金病(HD)患者,它能区

分治疗后残留肿块是属于肿瘤、坏死还是纤维化^[5]。Schaefer等^[6]报道HD 42例,非霍奇金淋巴瘤(NHL)18例,对淋巴结性病变CT与PET/CT诊断敏感性、特异性分别为88%、86%与94%、100%,对结外病变分别为50%、90%与88%、100%。Raananian等^[7]报道CT与PET/CT分期在NHL有显著差异($P=0.0001$),103例(HD 35例,NHL 68例),NHL患者通过PET/CT上调CT分期31%(大多为和期),下调仅1%,经PET/CT检查25%的患者需改变治疗措施,HD患者经PET/CT检查上调CT分期32%,下调15%,无显著差异。von Schulthess等^[8]报道PET/CT用作最初分期诊断,提高了包括淋巴瘤在内的恶性肿瘤诊断的敏感性和特异性,并比单独PET和MR加快25%~30%。Buchmann等^[9]进行NHL和HD患者FDG - PET、CT、骨髓活检(BMB)分期评估的比较研究显示除横膈下区域FDG - PET优于CT,PET与BM活检两者骨髓浸润检出率相等,7.7%分期上调和导致治疗改变。Huelten Schmidt等^[10]报道81例淋巴瘤患者PET与常规影像方法相比的回顾性研究,两者的分期正确性分别为96%和56%,PET调低和调高分期率分别为28%和12%。

FDG - PET在恶性淋巴瘤分期中的作用^[1]为: 霍奇金

【收稿日期】2007 - 01 - 29

【作者单位】南京军区南京总医院血液病科,江苏 南京 210002

【作者简介】王学文(1940 -)男,江苏无锡人,主任医师,教授,主要从事临床血液病研究。

病 FDG - PET基本上有 100%的检出率,全部 HD患者应作为检查的对象; NHL侵袭型、弥漫性大 B 细胞淋巴瘤 (DLBCL)基本上 100%检出的敏感度,FDG - PET+CT对治疗前病变的评价是重要的,但是外周 T 细胞淋巴瘤检出率仅 40%; NHL (惰性淋巴瘤)检出率分别为滤泡型淋巴瘤约 90%,边缘带淋巴瘤约 70%,小淋巴细胞淋巴瘤 <60%。

对 HD 与 NHL 诊断分期和随访 PET 比 ^{67}Ga 更为优越^[3]。Wirth 等^[11]报道 50 例淋巴瘤 (其中 HD 19 例)回顾性研究在 19 例患者 PET 比 ^{67}Ga 检出更多病变部位。同样,Shen 等^[12]报道 30 例淋巴瘤 (其中 HD 14 例)PET 上调 6 例 ^{67}Ga 闪烁成像的分期。Kostakoglu 等^[13]报道 51 例淋巴瘤 (NHL 中度恶性 35 例,高度恶性 3 例,HD 13 例)进行 FDG - PET 和 ^{67}Ga 闪烁成像相应显像部位的比较研究, ^{67}Ga 显像部位仅占 PET 的 65%,PET 上调病变分期 25.5% (13 例)。

2 FDG - PET 与淋巴瘤的部位

诊断病变的部位 PET 优于 CT 和 Ga 扫描^[1-5]。有关淋巴瘤病变与结外病变 PET 检出率的不同还未进行详细的研究^[1]。若仅以肝脾大小作为 CT 检查器官受累的唯一诊断标准时,其敏感度分别为肝 15% ~ 37%,脾 19% ~ 33%^[1]。Rini 等报道 32 例霍奇金病患者 FDG - PET 的研究中 12 例 (38%)脾有病变,若以脾的 SUV 超过肝的 SUV 定为脾浸润的标准,其敏感度、特异度和正确诊断率分别为 92%、100% 和 97%。Moog 等^[14]报道 81 例恶性淋巴瘤 (HD 和 NHL)采用 CT 与 FDG - PET 检出 42 处结外病变,其检出率顺序为肺、骨骼肌和肝。FDG - PET 检出而 CT 阴性的为 24 处病变,检出率依次为骨髓、脾、肺,14 处病变判定为可能恶性淋巴瘤,其中 13 处病变诊断正确,1 处为假阳性。FDG - PET 对消化道黏膜相关淋巴组织 (MALT) 的检出率低,很可能与其组织类型有关。Hoffmann 等报道 10 例结外 MALT (胃 6 例、肺 2 例和其他 2 例),亦有 1 例 FDG - PET 未能检出。侵袭性淋巴瘤未见有关 FDG - PET 的报道^[1]。小杉浩史^[1]报道有关淋巴瘤组织类型的研究仅限于弥漫性大 B 细胞淋巴瘤 (DLBCL),将结性 (9 例)和结外 (13 例)病变进行比较,其 SUV 分别为 16.6 ± 7.3 , 19.5 ± 8.3 未见显著差异 ($P = 0.41$)。

淋巴瘤骨髓浸润病变的研究由 Moog 等^[15]报道 78 例恶性淋巴瘤 (HD 和 NHL 各 39 例)中 PET 与单侧骨髓活检 (BMB) 对骨髓浸润检出的一致率为 82%,FDG - PET 与 BMB + MRI + PCR + Ig 基因分析的敏感度分别为 79% 与 58%,特异度分别为 93% 与 88%。10 例 (12.8%) FDG - PET 阳性, BMB 阴性的患者经 MRI PCR、免疫球蛋白 (Ig) 基因重排等检测,最后 8 例确认为骨髓浸润,为此,据报道有 10.3% 的患者需作临床分期的修正。但该组 4 例 (5.13%) PET 阴性,而 BMB 阳性。又据 Carr 等报道 50 例淋巴瘤 (NHL 38 例,HD 12 例)患者 PET 与 BMB 检出骨髓浸润的一致率为 78%,敏感度分别为 94% 与 79%,特异度均为 87%。8 例 (16%) PET 阳性, BMB 阴性,3 例 (6%) PET 阴性, BMB 阳性。此外, G - CSF 的应用可混淆骨髓病的解释^[17],惰性淋巴瘤亚型 PET 骨髓累及检查结果欠可靠^[18]。Pakos 等^[19]报道¹⁸F - FDG - PET 诊断淋巴瘤骨髓浸润的敏感性和特异性,由 13 个研究包括 587 例恶性淋巴瘤 FDG - PET 的中期分析与 BMB 作比较。结果 FDG - PET 的敏感性和特异性分别为 51% [95% 置信限 (CI) 为 38% ~ 64%] 和 91% (95% CI

为 85% ~ 95%)。加权阳性可能性比值 (LR+) 为 5.75 (95% CI 3.48 ~ 9.48) 阴性可能性比值 (LR-) 为 0.67 (95% CI 0.55 ~ 0.82)。12 例 FDG - PET 阳性和 BMB 最初阴性 6 例中,当在阳性影像信号的部位作 BMB 时发现骨髓累及。亚组分析显示霍奇金病和侵袭性 NHL 比侵袭性较小的 NHL 组织学类型敏感性较高。BMB 作为淋巴瘤骨髓累及诊断的金标准尚有局限性^[19],FDG - PET/CT 不能替代 BMB,可补充 BMB 的结果,但其效能可随淋巴瘤的组织类型而变动^[5,19]。

Friedberg 等^[13]报道 35 例初诊 HD 患者显示 FDG - PET 检出了 5 例 ^{67}Ga 未检出的隐蔽的脾淋巴瘤,脾淋巴瘤细胞对 FDG 有更强的吞噬, PET 较 ^{67}Ga 对脾淋巴瘤有更高的检出率。Rini 等^[20]报道 32 例 HD 患者 FDG - PET 与 ^{67}Ga 对脾病变的诊断敏感度分别为 92% 与 50%,特异度分别 100% 与 78%。

应用 PET 诊断中枢神经系统淋巴瘤 (CNSL) 不能区分原发性 CNSL、感染和其他 CNS 恶性疾患。PET 可辅助确定合适的活检部位^[19,21]。

3 FDG - PET 与淋巴瘤的组织类型

从肿瘤 FDG 摄入的异质性 PET/CT 常应用于肿瘤异质性的研究和鉴别^[22]。最近 Schoder 等报道 97 例 FDG - PET 区分惰性和侵袭性 NHL 的研究,采用 SUV 的差异,以 SUV = 10 为界限值, SUV > 10 作为否定惰性淋巴瘤的可能,其特异度为 81%。侵袭性 NHL 的 SUV 值 > 惰性型。惰性淋巴瘤增殖转换低, FDG - PET 标准摄取值 (standardized uptake value, SUV) 或标准摄取率 (standardized uptake ratio, SUR), 或差异摄取率 (differential uptake ratio, DUR) 呈低值。小杉等^[1]报道惰性淋巴瘤 13 例,侵袭性淋巴瘤 25 例,其 SUV 分别为 10.8 ± 6.9 , 18.6 ± 7.9 , $P = 0.0089$, 显示惰性淋巴瘤的 SUV 显著为低。对于一般肿瘤性病变 SUV 值 > 3 常提示恶性,若 CT 上增大的结节或肿块呈低 SUV 值则以良性病变可能性大^[3]。172 例各种类型的淋巴瘤 PET 成像研究^[3,18]仅 6% 未见疾病证据。FDG - PET 能正确检出的淋巴瘤,有弥漫性大 B 细胞 NHL (51 例)、套细胞淋巴瘤 (7 例) 检出率均为 100%、滤泡型淋巴瘤 (42 例) 和霍奇金病 (47 例) 的检出率均为 98%,而对边缘带淋巴瘤 (12 例) 和外周 T 细胞淋巴瘤 (5 例) PET 诊断不太可靠,检出率分别为 67% 和 40%^[3]。Hoffmann 等^[23]报道 10 例黏膜相关淋巴组织 (MALT) NHL FDG - PET 的病变检出率为 0。

Friedberg 等^[13]报道按淋巴瘤组织学分, PET 扫描能可靠 (阳性率 > 90%) 诊断的淋巴瘤病变为弥漫性大 B 细胞 NHL,经典的 HD,滤泡性 NHL (2 ~ 3 度或转化的) 和套细胞 NHL; PET 诊断不太可靠的 (50% ~ 90%) 为边缘带黏膜相关的淋巴瘤组织 (MALT) NHL,小淋巴细胞 NHL; PET 诊断率尚不明的为 T 细胞 NHL,高度侵袭性 (Burkitt 型) NHL,淋巴浆细胞性 NHL,淋巴细胞优势型 HD。

4 FDG - PET 对化疗后无进展生存率和总生存率的评估

由于化疗后肿瘤组织的代谢反应先于肿瘤大小的变化, PET/CT 常应用于治疗反应的监测^[3]。据 Mikhaeel 等^[24]报道高度恶性淋巴瘤患者化疗后采用 FDG - PET 评估无进展生存率 (PFS) 和总生存率 (OS)。121 例高度 NHL 患者 2 ~ 3 个疗程化疗后采用 Kaplan - Meier 生存率 (期) 分析和 Cox 回归分析作 FDG - PET 与 PFS 和 OS 作相关性研究。FDG -

PET 50例阴性, 52例阳性及 19例微小残留摄取 (minimal residual uptake, MRU)。推算的 5年 PFS分别为 PET阴性组为 88.8%, MRU组为 59.3%。

PET阳性组为 16.2%。Kaplan - Meier分析显示 HDG - PET显像的结果与 PFS ($P < 0.0001$)和 OS ($P < 0.01$)呈强相关。早期阶段的 HDG - PET检查是 PFS和 OS独立的、正确的预后指标,可早期评估化疗反应,预示转归,为选择适合危险度和恶性度的有效治疗方案提供信息。恶性淋巴瘤患者经 1或 2个疗程化疗 PET转阴提示预后良好,持续 HDG摄取则宜改变或加强治疗。Hutchings^[25]报道 77例霍奇金淋巴瘤 (HL)患者 2个疗程化疗后的 HDG - PET检查,其结果与 Mikhael等^[24]的报道类似。

5 FDG - PET对复发诊断的敏感性和特异性

据综合 199例 PET/CT和 CT对淋巴瘤复发的诊断敏感性、特异性的比较见表 1, PET或 PET/CT对复发的判断较 CT诊断更具特异性。

表 1 恶性淋巴瘤复发的 PET/CT与 CT的比较

作者	病例数	方法	敏感性 (%)	特异性 (%)
Cramerius (1999)	72	PEF	88	83
		CT	84	31
Hueltenschmidt (2001)	63	PEF	95	89
		CT	95	39
DeWit (2001)	37	PET	91	69
		CT	72	21
Freudenberg (2004)	27	PET/CT	93	100
		CT	78	54

6 FDG - PET对残留病变和自体干细胞移植的评价和预

表 2 判断疗效的 IWC + PET标准 (Juweid ME, 2005)^[29]

IWC + PET	判断标准
CR	CR (IWC), PET完全阴性 CRu, PR或 SD (IWC), PET完全阴性, BMB 阴性 (如果治疗前阳性) PD (IWC), PET完全阴性和 CT异常 (新病变, 原先病变体积增加 >1.5cm, 肺 >1.0cm)和 BMB 阴性 (如果治疗前阳性)
CRu	CRu (IWC), PET完全阴性, BMB 不确定
PR	CR, CRu或 PR (IWC), PET阳性 (在原先累及的淋巴结/淋巴结群的部位) CR, CRu, PR或 SD (IWC), PET阳性 (在原先累及的淋巴结/淋巴结群之外) SD (IWC), PET阳性, 原先累及的淋巴结/淋巴结群缩小至 <1.5cm (如果原先 >1.5cm)或 <1.0cm (如原先为 1.1cm ~ 1.5cm)
SD	SD (IWC), PET阳性, 在原先累及的淋巴结/淋巴结群部位 (亦即残留肿块)
PD	PD (IWC), PET阳性和 CT异常 (新病灶, 原先病变增大)相一致 PD (IWC), PET阴性和 CT异常 (新病灶, 原先病变增大) <1.5cm (肺 <1.0cm)

IWC 国际工作标准; CR 完全反应; BMB 骨髓活检; CR 未经证实的完全反应; PR 部分反应; SD 疾病稳定; PD 疾病进展。

7 FDG - PET的缺陷

FDG不是肿瘤特异的配体^[3],并非肿瘤特异性物质,巨噬细胞活跃地摄取 HDG,肉芽肿和炎性病变 HDG积聚增加,后者亦可见于一些良性状况。有报道在治疗后状态非肿瘤组织 HDG摄取高达 40%, HDG - PET显像存在假阳性和假阴性,必需全面检查,综合判断分析。出现假阳性的原因可能为^[5, 28, 31]: 感染和炎性病变:肺炎、上呼吸道感染、副鼻窦炎、肠结肠炎 (enterocolitis)、胆囊炎、脓肿、蜂窝织炎、结核和结节病。炎症时炎症区域抗炎细胞,如激活的巨噬细胞或肉芽组织活跃地摄取 HDG; 肌张力增强或肌肉高代谢症; X线治疗后炎性改变 (肺炎、黏膜炎 - 喉炎、食道炎)及纤维变性; 生长激素治疗增加骨髓活性 (如 G - CSF可增加

后预测

Jerusalem等^[26]报道 54例恶性淋巴瘤 (HD19例, NHL35例)在治疗前和初治后 1~3个月进行 CT和 HDG - PET检查作判定疗效的比较, HDG - PET判断残留病变优于 CT和 MRI,并具有预测早期复发的作用。但亦有认为 HDG - PET无助于排除微小残留病存在,后者可能导致后期疾病的复发。据 JCO报道 93例侵袭性 NHL 初次治疗结束时 HDG - PET检查示有残留病变组 26例和无残留病变组 67例, 2年无病生存率 (PFS)分别为 4%和 85% ($P < 0.00001$)。Friedberg等^[3]指出化疗时或化疗后 PET持续阳性预示以后复发的高敏感性,需严密随访观察或其他诊断措施,因为有些患者可保持长期缓解。如治疗末 PET阴性是很有利的预后信息。

PET能预示复发的淋巴瘤自体干细胞移植 (ASCT)后的转归^[3]。Becherer等^[27]报道 16例恶性淋巴瘤中 8例移植前 PET阳性患者 ASCT后 7例复发,而移植前 PET阴性患者无 1例疾病进展。Spaepen等^[28]回顾性研究 30例 ASCT前 PET阴性的淋巴瘤患者,其中移植后 25例保持缓解,仅 3例移植后疾病进展。PET的预示能力优于 NHL 常规影像诊断方法。此外, PET还可用于指导移植后供体淋巴细胞输注作为过继免疫治疗^[29]。

最近 Juweid等^[30]将 HDG - PET加入到判定恶性淋巴瘤治疗效果的 IWC标准 (International Workshop Criteria)构成 IWC - PET标准 (表 2),据 JCO评论认为这是较为有用的标准。小杉浩史^[11]认为 IWC + PET标准对未来的临床研究会有大的影响, HDG - PET是个较强的独立的预后因子,今后再验证时将被加入到国际预后参数 (PI)或 FLPI等预后预测指标。

骨髓和脾的 HDG摄取)及其他药物毒性 (如博来霉素可弥漫性增加肺的 HDG蓄积); 热产生失调起因于褐色脂肪 (brown fat),后者系多泡脂肪,分布在锁骨上区域的脂肪,专司产热; 近期手术或活检创口; 骨折和退行性变; 注射渗漏; 生理学的摄取,可见于声带、唾液腺、心肌、骨骼肌、肝和消化道、泌尿生殖系统 (包括肾)、胸骨和骨髓、胸腺 (是治疗后假阳性 HDG摄取最显著的部位,年轻患者尤其是儿童有 HDG的蓄积, CT常显示增大的胸腺而无异常肿块)、脑及褐色脂肪 (锁骨上匀称分布,女性,冬天常见。亦对称性分布于肩、颈和脊柱旁区域)等。出现假阴性的原因可能为^[5, 30, 31]: 低度恶性肿瘤; 小灶恶性病变; 高血糖; 邻近高代谢灶等。如解释有困难需作 PET/CT及相应的辅



助检查,或短期观察或可能时作阳性部位的组织活检,有助于对假阳性显像的识别和澄清^[31]。

【参考文献】

- [1] 小杉浩史. p 性リンパ腫診断におけるPETの役割[J]. 内科, 2006, 96(2): 225 ~ 231.
- [2] Kostakoglu L, Goldsmith SJ. Fluorine - 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography in the staging and follow - up of lymphoma: Is it time to shift gears[J]? Eur J Nucl Med, 2000, 27(10): 1564.
- [3] Friedberg JW, Chengazi V. PET scans in the staging of lymphoma: Current status[J]. Oncologist, 2003, 8(3): 438 ~ 447.
- [4] Ell PJ. The contribution of PET/CT to improved patient management[J]. Br J Radiol, 2006, 79(1): 32 ~ 36.
- [5] Juweid ME. Utility of positron emission tomography(PET) scanning in managing patients with Hodgkin lymphoma[M]. Florida: Orlando, 2006. 259 ~ 265.
- [6] Schaefer NG. Non - Hodgkin lymphoma and Hodgkin disease: FDG - PET and CT at staging and restaging[J]. Radiology, 2004, 232(4): 823 ~ 829.
- [7] Raanani P, Shasha Y, Perry C, et al. Is CT scan still necessary for staging in Hodgkin and non - Hodgkin lymphoma patients in the PET/CT era [J]. Ann Oncol, 2006, 17(1): 117.
- [8] von Schulthess GK, Steinert HC, Hany TF. Integrated PET/CT: Current applications and future directions[J]. Radiology, 2006, 238(2): 405 ~ 422.
- [9] Buchmann I, Reinhard M, Elsner K, et al. 2 - (fluorine - 18) fluoro - 2 - deoxy - D - glucose positron emission tomography in the detection and staging of malignant lymphoma A bicenter trial [J]. Cancer, 2001, 91(4): 889 ~ 899.
- [10] Huebelschmidt B, Sautter - Bihl ML, Lang O, et al. Whole body positron emission tomography in the treatment of Hodgkin disease[J]. Cancer, 2001, 91(2): 302 ~ 310.
- [11] Wirth A, Seymour JF, Hicks RJ, et al. Fluorine - 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography, gallium - 67 scintigraphy, and conventional staging for Hodgkin's disease and non - Hodgkin's lymphoma[J]. Am J Med, 2002, 112(2): 262 ~ 268.
- [12] Shen YY, Kao A, Yen RJ, et al. Comparison of ¹⁸F - fluoro - 2 - deoxyglucose positron emission tomography and gallium - 67 citrate scintigraphy for detecting malignant lymphoma[J]. Oncol Rep, 2002, (2): 321 ~ 325.
- [13] Kostakoglu L, Leonard JP, Kuji I, et al. Comparison of fluorine - 18 fluorodeoxyglucose positron emission tomography and Ga - 67 scintigraphy in evaluation of lymphoma [J]. Cancer, 2002, 94(5): 879 ~ 882.
- [14] Moog F. Hodgkin and non - Hodgkin lymphoma[A]. Wieler HJ, Coleman RE, PET in clinical Oncology[M]. Steinkopff Verlag: Darmstadt, 2000. 255 ~ 272.
- [15] Moog F, Bangerter M, Kotzerke J, et al. ¹⁸F - fluorodeoxyglucose - positron emission tomography as a new approach to detect lymphomatous bone marrow [J]. J Clin Oncol, 1998, 16(4): 603 ~ 609.
- [16] Carr R, Barrington SF, Madan B, et al. Detection of lymphoma in bone marrow by whole - body positron emission tomography[J]. Blood, 1998, 91(9): 3340 ~ 3346.
- [17] Gundlapalli S, Ojha B, Mountz JM. Granulocyte colony - stimulating factor: confounding F - 18 FDG uptake in outpatient positron emission tomographic facilities for patients receiving ongoing treatment of lymphoma [J]. Clin Nucl Med, 2002, 27(1): 140 ~ 141.
- [18] Elstrom R, Guan L, Baker G, et al. Utility of FDG - PET scanning in lymphoma by WHO classification [J]. Blood, 2003, 101: 3875 ~ 3876.
- [19] Pakos EE, Fotopoulos AD, Iannidis John PA. ¹⁸F - FDG PET for evaluation of bone marrow infiltration in staging of lymphoma: A meta - analysis[J]. J Nucl Med, 2005, 46(7): 958 ~ 963.
- [20] Rini JN, Manalili EY, Hoffman MA, et al. F - 18 FDG versus Ga - 67 for detecting splenic involvement in Hodgkin's disease [J]. Clin Nucl Med, 2002, 27(3): 572 ~ 577.
- [21] Roelcke U, Leenders KL. Positron emission tomography in patients with primary CNS lymphomas [J]. J Neurooncol, 1999, 43(2): 231 ~ 236.
- [22] Eary JF, Renner W, Vernon C, et al. Tumor heterogeneity in sarcoma patients is a significant predictor of survival [J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2004, 31(Suppl 2): S232.
- [23] Hoffmann M, Kletter K, Diemling M, et al. Positron emission tomography with fluorine - 18 - 2 - fluoro - 2 - deoxy - D - glucose (F18 - FDG) dose not visualize extranodal B - cell lymphoma of the mucosa - associated lymphoid tissue (MALT) - type [J]. Ann Oncol, 1999, 10(5): 1185 ~ 1189.
- [24] Mikhael NG, Hutchings M, Fields PA, et al. FDG - PET after two to three cycles of chemotherapy predicts progression - free and overall survival in high - grade non - Hodgkin lymphoma [J]. Ann Oncol, 2005, 16(11): 1514 ~ 1523.
- [25] Hutchings M, Loft A, Hansen M, et al. FDG - PET after two cycles of chemotherapy predicts treatment failure and progression - free survival in Hodgkin lymphoma [J]. Blood, 2006, 107(1): 52 ~ 59.
- [26] Jerusalem G, Begun Y, Fassotte MF, et al. Early detection of relapse by whole - body positron emission tomography in the follow - up of patients with Hodgkin's disease [J]. Ann Oncol, 2003, 14(1): 123 ~ 130.
- [27] Becherer A, Mitterbauer M, Jaeger U, et al. Positron emission tomography with [¹⁸F] 2 - fluoro - D - 2 - deoxyglucose (FDG - PET) predicts relapse of malignant lymphoma after high - dose therapy with stem cell transplantation [J]. Leukemia, 2002, 16(1): 260 ~ 267.
- [28] Spaepen K, Stroobants S, Dupont P, et al. Prognostic value of pretransplantation positron emission tomography using fluorine 18 - fluorodeoxyglucose in patients with aggressive lymphoma treated with high - dose chemotherapy and stem cell transplantation [J]. Blood, 2003, 102(1): 53 ~ 59.
- [29] Hart DP, Avivi I, Thomson KJ, et al. Use of ¹⁸F - FDG positron emission tomography following allogeneic transplantation to guide adoptive immunotherapy with donor lymphocyte infusions [J]. Br J Haematol, 2005, 128(6): 824 ~ 829.
- [30] Juweid ME. Response assessment of aggressive non - Hodgkin's lymphoma by Integrated International Workshop Criteria and Fluorine - 18 - fluorodeoxyglucose positron emission tomography [J]. J Clin Oncol, 2005, 23(21): 4652 ~ 4661.
- [31] Kazama T, Faria SC, Varavithya V, et al. FDG PET in the evaluation of treatment for lymphoma: Clinical usefulness and pitfalls [J]. RadioGraphics, 2005, 25(1): 191 ~ 207.