

正电子发射断层显像在泌尿系统肿瘤中的应用

唐刚华¹, 伍光远²

(1. 南方医科大学 南方医院南方 PET 中心, 广州 510515; 2. 南方医科大学 南方医院泌尿外科, 广州 510515)

摘要: 正电子发射断层(PET)显像是鉴别、诊断和指导治疗各种肿瘤(如泌尿系统肿瘤)的先进分子影像学技术。¹⁸F-氟代脱氧葡萄糖(FDG) PET 在前列腺癌、膀胱癌、肾癌和睾丸肿瘤中的鉴别诊断和监测治疗方面具有重要的临床价值。但是, FDG PET 对这些肿瘤的检测仍有较高的假阴性和假阳性。¹¹C-胆碱(CH)和¹¹C-乙酸盐(AC)能弥补 FDG 的某些不足, 在前列腺癌和膀胱癌显像方面优于 FDG。¹⁸F-氟代胆碱(FCH)和¹⁸F-氟代乙酸盐(FAC)能弥补 CH 和 AC 中¹¹C 半衰期较短的缺点, 具有较好的应用前景。^{3'}-脱氧-^{3'}-¹⁸F-氟代胸腺嘧啶(FLT)、¹⁶ β -¹⁸F-5 α -二氢睾丸甾酮(FDHT)、¹⁸F-羟甲基丁基鸟嘌呤(¹⁸F-FHBG)等新型 PET 显像剂的应用, 可能会进一步提高泌尿系统肿瘤 PET 显像效果, 但仍需要进一步研究。

关键词: 正电子发射断层(PET); PET 显像剂; 泌尿系统肿瘤; 临床应用

中图分类号: R817.4; R737.1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7512(2007)02-0114-06

Clinical Application of Positron Emission Tomography Imaging in Urologic Tumors

TANG Gang-hua¹, WU Guang-yuan²

(1. Nanfang PET Centre, Nan Fang Hospital, Southern Medical University, Guangzhou 510515, China;

2. Department of Urologic Surgery, Nan Fang Hospital,
Southern Medical University, Guangzhou 510515, China)

Abstract: Positron emission tomography (PET) is an advanced noninvasive molecular imaging modality that is being investigated for use in the differentiation, diagnosis, and guiding therapy of a variety of cancer types. FDG PET has the unique clinical value in the differentiation, diagnosis, and monitoring therapy of prostate, such as bladder, renal, and testicle cancer. However, high false-positive and false-negative findings are observed in the detection of these tumors with FDG PET. ¹¹C-Choline (CH) and ¹¹C-acetate (AC) can overcome the pitfall of FDG, and appear to be more successful than FGD in imaging prostate cancer and bladder cancer. The short half-life of ¹¹C prevents the widespread use of CH and AC and ¹⁸F-fluorocholine (FCH) and ¹⁸F-fluoroacetate (FAC) seem to be potential tracers. Potential clinical value of the new PET tracers, such as ^{3'}-deoxy-^{3'}-¹⁸F-fluorothymidine (FLT), ¹⁸F-fluorodihydrotestosterone (FDHT), and 9-(4-¹⁸F-3-hydroxymethylbutyl)-guanine(¹⁸F-FHBG) in the detection of urologic tumors, can deserve further study.

Key words: PET; urologic tumor; PET imaging agent; clinical application

正电子发射断层(PET)显像是广泛应用于肿瘤、心血管疾病和神经精神疾病鉴别诊断和指导治疗的无创性分子影像学技术^[1],对于泌尿系统肿瘤的鉴别诊断和疗效评价也具有非常重要的临床价值。

目前,泌尿系统肿瘤 PET 显像主要有血流灌注显像、代谢显像、受体显像及基因表达显像,代谢显像主要包括葡萄糖代谢显像、胆碱代谢显像、脂肪酸代谢显像、细胞增殖显像、氨基酸转运和蛋白质合成显像及基因表达显像等^[2, 3],其中以葡萄糖代谢显像、胆碱代谢显像、脂肪酸代谢显像临床应用最多。用 PET 测定血流灌注显像剂如⁸²RbCl、¹³NH₃·H₂O、H₂¹⁵O等在正常泌尿组织器官和肿瘤中的血流量,可用于泌尿系统肿瘤(主要为肾癌)的检查。由于泌尿系统肿瘤与葡萄糖、胆碱磷酸化、脂肪酸合成、细胞增殖及氨基酸转运等代谢密切相关,因此,利用各种代谢显像剂如 2-¹⁸F-2-脱氧-D-葡萄糖(FDG)、¹¹C-甲基-胆碱(CH)、¹¹C-乙酸盐(AC)、3'-脱氧-3'-氟胸腺嘧啶(FLT)、¹¹C-甲基-蛋氨酸(MET)等,用 PET 可检测泌尿系统肿瘤如前列腺癌、肾癌、膀胱癌及睾丸肿瘤等。此外,用 6-¹⁸F-多巴胺(FDA)和 16β-¹⁸F-5α-二氢睾丸甾酮(FDHT)对交感神经节前神经递质和雄性激素受体进行显像^[4, 5],以及用正电子放射性核素标记反义寡核苷酸和报告基因探针对泌尿系统肿瘤进行反义显像和报告基因表达显像^[2, 6],也可对泌尿系统肿瘤进行鉴别诊断和治疗监测。

1 常用泌尿系统肿瘤 PET 显像剂

最常用的葡萄糖代谢显像剂是 FDG。FDG 在正常人体内主要分布在脑、膀胱和心脏内,肿瘤组织可高度摄取 FDG,因而 FDG 可用于前列腺癌远距离转移灶、肾癌、膀胱癌及睾丸肿瘤等泌尿系统肿瘤的 PET 显像^[7]。最常用的胆碱代谢 PET 显像剂是 CH,CH 在正常人体内主要分布在肝脏、肾脏及胰腺内,其它组织器官如脑、肺、心肌、纵隔、肠道和骨盆等内,放射性分布较低。正常人体内血液放射性清除快,静脉给药 5 min 时,血液中放射性达到很低水平,其它组织器官放射性摄取也较低并达到恒值,尿和膀胱中

几乎无放射性分泌和摄取^[7~9]。在禁食条件下,注射 CH 后 5 min 时,可得到高的肿瘤与非肿瘤组织放射性比(T/NT),因此,静脉给药 5 min 即可开始进行 PET 显像^[7~9]。用 CH 进行前列腺癌和膀胱癌 PET 显像,尿和膀胱中放射性很少,对前列腺癌和膀胱癌及其转移灶测定影响较小^[9, 10],因此比 FDG PET 显像具有明显优势。但¹¹C 半衰期较短($t_{1/2} = 20$ min),其显像时间有限,限制了其广泛应用。近来已研制出半衰期较长的¹⁸F($t_{1/2} = 110$ min)标记胆碱,如¹⁸F-氟代甲基胆碱(FCH)、¹⁸F-氟代乙基胆碱(FEC)、¹⁸F-氟代丙基胆碱(FPC)及¹⁸F-氟代甲乙基胆碱(FMEC)等,它们与 CH 具有非常相似的结构、代谢作用及体内分布^[7, 11~13],其中以 FCH 和 FEC 应用较多。但¹⁸F 标记胆碱类似物经尿液排泄,注射后 3~5 min 时膀胱中出现放射性,因而给药后 3 min 时应进行 PET 扫描,有时为了清楚地观察到前列腺癌及其骨盆内的转移灶,甚至需要导尿^[13, 14]。由于前列腺摄取 FCH 在给药后 3 min 时可达峰值,而摄取 FEC 在给药后 55 min 时才达峰值,因而 FCH 可能优于 FEC,并显示出与 CH 相似的肿瘤 PET 显像效果,展现出较好的临床应用前景^[7, 9, 15]。用于泌尿系统肿瘤 PET 显像最常用的脂肪酸代谢显像剂是 AC 和¹⁸F-氟代乙酸盐(FAC)。AC 在脾、胰和肌肉中分布较高,在肝和肾中分布较低,在尿膀胱中几乎没观察到放射性^[7, 16];FAC 在软组织中放射性摄取低,放射性清除较快,但有脱氟现象^[17]。用于泌尿系统肿瘤最常用的细胞增殖显像剂是 FLT,肾脏中有高 FLT 摄取,其他组织器官 FLT 摄取较低,且放射性清除较快^[18]。氨基酸代谢显像剂较多^[3, 19],但用于泌尿系统肿瘤 PET 显像剂较少,主要为 MET^[20]。MET 在肝、肾和胰腺中摄取较高,尿中放射性排泄不高。泌尿系统肿瘤基因表达 PET 显像仍处于实验研究阶段,最常用的 PET 显像剂为¹⁸F-FHBG 和¹²⁴I-FIAU^[2, 21]。最近,雄性激素受体显像剂 FDHT 用于泌尿系统肿瘤研究,并显示出较好应用前景^[5]。常用泌尿系统 PET 显像剂及其特性列于表 1。

表 1 常用泌尿系统 PET 显像剂及其特性

常用 PET 显像剂	正常生物分布	主要排泄方式	给药剂量/MBq	给药后至显像开始时间	尿中放射性
FDG	心肌、肠道、肝、脾、肾、脑	肾	370~555	45~60 min	高
MET	胰、肝、肾、脾、唾液腺	尿	370~555	5~10 min	较高
CH	肺、肝、肾、肾上腺	肠	370~925	5 min	低
FCH	肾皮质、肝、脾、唾液腺	尿	185~260	3 min	较高
FEC	肾、肝	尿	185~370	3 min	较高
AC	肺、脾、胰、肝、肾	肠	555~925	5~10 min	低
FAC	肝、心、血液	肠	185~300	10~70 min	低
FDHT	肝、血池、小肠	肠	370~555	动态;立即 静态:60 min	无

2 PET 显像在泌尿系统肿瘤中的临床应用

2.1 前列腺癌

前列腺癌在国外是一种常见的肿瘤,近年来我国患病人数也有增多趋势。前列腺癌早期鉴别诊断及对手术、放疗、化疗和激素治疗疗效监测目前尚无有效方法^[9],计算机断层(CT)和磁共振成像(MRI)灵敏度较低,骨扫描灵敏度较高,但特异性较低。与之相比,PET 在这方面具有一定的优势,主要体现在前列腺癌的定位、转移灶的检测及治疗监测,FDG PET 对前列腺癌最有实用价值方面就是对远距离转移灶的鉴别诊断,FDG 并不是鉴别诊断前列腺癌的理想 PET 显像剂^[22]。由于前列腺癌具有较低的糖酵解率,对 FDG 的摄取量较低,且膀胱对 FDG 有一定积聚以及良性前列腺增生组织对 FDG 也有相当的摄取量,因此,影响了 PET 对肿瘤、良性前列腺增生组织及膀胱临近组织(如前列腺和骨盆淋巴结)的鉴别诊断。采用留置导尿管持续膀胱充盈或利尿剂减少膀胱放射性,仍不能有效提高 FDG PET 对前列腺癌及转移灶的鉴别能力^[20]。

CH 在体内通过磷脂化作用合成磷脂酰胆碱(胆碱磷酸化途径),是合成生物膜分子的重要成分,参与细胞识别和信息传递,恶性肿瘤的发生与胆碱磷酸化途径密切相关^[9]。CH PET 在原发性前列腺癌及其淋巴结和骨转移显像方面明显优于 FDG PET、CT 和 MRI^[22, 23]。de JONG 等^[24]报道 CH PET 检测前列腺癌淋巴结转移的灵敏度、特异性和准确度分别为 80%、96%和 93%,其灵敏度高于 CT、MR 和 FDG PET。CH PET 可检出前列腺癌骨转移,特别是可检出骨扫描和 FDG PET 阴性的前列腺癌骨髓转移^[22]。他们还将 CH PET 用于前列腺癌治疗监测^[25]。对于前列腺癌治疗后生化检查正常的 14 例病人,CH PET 检查全部为真阴性,其

中 10 例真阴性病人通过临床、活检或随访证实;对于前列腺癌治疗后生化检查异常的 22 例病人,CH PET 检出手术后病人真阳性为 5/13,而放疗后病人真阳性为 7/9,其中 11 例阳性病人经活检或骨扫描证实。CH PET 假阳性结果主要是由于肠道或反应性淋巴结摄取放射性,CH PET 假阴性结果主要出现在直径小于 1 cm 淋巴结病变。最近,BREEUWSMA 等^[26]对前列腺癌摄取 CH 机制进行了研究,结果表明体内 CH 摄取与人类前列腺癌细胞增殖无关。

原发性前列腺癌细胞显示出 GLUT-1 转运体低表达,从而导致肿瘤细胞摄取 FDG 较低。AC 在体内经合成酶促作用迅速转化成乙酰辅酶 A,在细胞线粒体内参与三羧酸循环的氧化代谢过程,可参入到低氧化代谢癌细胞的脂质池中,并表现出高脂质合成^[27, 28]。AC 在原发性前列腺癌及其淋巴结和骨转移显像方面具有与 CH 相类似的临床价值,且明显优于 FDG^[16, 22, 23, 28, 29]。FRICKE 等^[28]比较了 24 例前列腺癌 AC PET 和 15 例 FDG PET 显像结果;AC PET 的灵敏度为 83%(20/24),FDG PET 的灵敏度为 75%(10/15);对于局部复发和局部淋巴结转移,AC PET 的 SUV(中间值分别为 2.9 和 3.8)高于 FDG PET 的标准摄取值(SUV)(中间值分别为 1.0 和 1.1),但对于远距离转移,AC 的 SUV(中间值分别为 2.3)低于 FDG 的 SUV(中间值为 3.2)。但是,正常前列腺和前列腺增生也摄取 AC,可能会干扰前列腺癌 AC PET 的检测,在前列腺癌 AC 检查结果分析时应当谨慎^[30]。

由于¹¹C 半衰期较短,¹⁸F 标记胆碱类似物和乙酸盐是较佳选择。FCH、FEC 和 FAC 在前列腺癌及转移显像方面的临床价值已得到肯定^[11~13, 15, 31, 32],但 FCH 和 FEC 通过尿液排泄,可能会干扰前列腺癌及其转移的鉴别诊断,与 CH 和 AC 相比,这是 FCH 和 FEC 劣势,而

FAC 和 AC 的优劣比较有待于进一步研究。此外, MET 在前列腺癌转移显像方面明显优于 FDG, MET PET 灵敏度 (72.1%) 大于 FDG PET 灵敏度 (48%), 但低于传统显像方法 (骨显像、CT 或 MRI)^[33]; Na^{18}F PET 探测到前列腺癌骨转移灶数目可达传统骨显像方法的两倍^[20]; FDHT、 ^{18}F -FHBG 和 FLT 在前列腺癌转移的检测和治疗监测方面显示出较好应用前景^[5, 18, 21, 34]。

2.2 膀胱癌

膀胱癌是泌尿系统最常见的恶性肿瘤, 病理分型中多为恶性程度较高的移行细胞癌, 肿瘤原发灶摄取 FDG 较高。由于 FDG 通过尿排泄, 造成膀胱积聚大量放射性, 影响膀胱癌及其临近淋巴结转移的检出, 但 FDG 可成功鉴别膀胱癌局部和远距离转移^[20]。Kosuda 等^[35]用 FDG PET 对 12 例经手术或放射治疗后复发或残余的肿瘤病人进行评估, 真阳性率为 66.7%, 远距离检出率为 100%, 局部骨盆淋巴结转移检出率为 66.7%。由于 CH 不会分泌到尿液中, 而 MET 通过肾排泄的放射性不大, 因而它们在膀胱癌及其转移的检出方面可能优于 FDG。de JONG 等^[36]用 CH PET 对 11 个膀胱癌手术后具有残余侵入瘤的病人进行了研究, 其中 10 个病人可高度摄取 CH, SUV 为 1.5~13.0, 另发现 2 个病人有淋巴结转移, 一个病人具有直径小于 5 mm 的转移灶没被检出。尽管 MET 优于 FDG, 但检测膀胱癌的灵敏度也只有 78%^[20]。近来, HWANG 等^[4]报道了一个恶性膀胱嗜铬细胞瘤淋巴结转移的 FDA PET 显像病例。恶性膀胱嗜铬细胞瘤是一种罕见的膀胱副神经节瘤, 膀胱副神经节瘤在所有膀胱癌中 < 0.05%。他们用 CT 和 MRI 对该病人进行了检查, 仅发现在 ^{131}I -间碘苄胍 (MIBG) 高摄取处有一个大的膀胱肿块, 在骨盆中未发现其它异常现象; 然而, 用 FDA PET 对该病人进行检查, 除发现一个原发性肿瘤外, 还发现在该原发性肿瘤临近处有一高的阳性摄取信号, 后经病理分析证实为恶性膀胱嗜铬细胞瘤及其淋巴结转移病灶。

2.3 肾癌

肾癌又称肾细胞癌或肾腺癌, 病理类型主要有透明细胞癌、颗粒细胞癌和未分化癌, 其中以透明细胞癌最常见。肾透明细胞癌的病理恶性程度 I~II 级较多, 肿瘤组织血管丰富, 血运较好, 缺氧较轻, 细胞膜葡萄糖转运体 GLUT-1 表达较低, 线粒体内己糖激酶活性较低, 肿瘤组织葡萄糖代谢水平较低, 以及肾癌组织内 FDG-6-

PO4 分解酶过高, 造成肿瘤组织摄取 FDG 较低, 从而使 FDG PET 检测肾细胞癌 (RCC) 及其转移的灵敏度不够理想。在检测原发性 RCC 方面, FDG PET 可达到与 CT 同样的准确率 (94%), 且在 RCC 治疗进程、转移或局部复发监测方面, FDG PET 似乎比 CT 更准确, 其准确率可达 100%^[37]。但是, KANG 等^[38]对 66 例 RCC 病人进行 FDG PET 显像, 却得出不一样的结果, FDG PET 检测原发性 RCC 的灵敏度和特异性分别为 60% 和 100% (CT: 92% 和 100%)。FDG PET 也可用于 RCC 病人再分期研究。SAFAEI 等^[39]用 FDG PET 对 36 例转移性 RCC 病人进行了再分期研究。PET 显像前采用传统显像方法 (包括 CT、MRI、超声、骨扫描等)、病史、各种医学记录等确定临床分期, 结果发现: 以临床分期作为标准, PET 准确率、灵敏度和特异性分别为 89%、87% 和 100%; 以晚期活检分期作为标准, PET 准确率、灵敏度和特异性分别为 84%、88% 和 75%。但肾盂可摄取大量放射性 FDG, 可能会影响肾癌的检出。由于正常肾脏有高放射性 CH 摄取, CH 不能用于肾癌显像。AC 在肾脏中不摄取, 可用于 RCC 的诊断和监测。SHREVE 等^[40]对 18 例肾病患者静脉注射 AC 370~740 MBq 后行 PET 肾脏动态显像, 结果显示靶器官与本底比值高, 注射 AC 后 10 min PET 可清楚地鉴别肾细胞癌和非肿瘤肾组织。

2.4 睾丸肿瘤

传统影像学方法应用于睾丸肿瘤的诊断、分期和监测不理想。FDG PET 对于睾丸肿瘤的鉴别诊断和分期具有重要临床价值。PET 分期准确性、灵敏度和特异性明显高于 CT, 分别可达 92%、70% 和 100%, 而 CT 分别为 78%、40% 和 78%, 但对于直径小于 5 mm 的转移灶, PET 和 CT 很难探测到, 对于成熟畸胎瘤 PET 探测灵敏度低^[20]。FDG PET 对于睾丸肿瘤化疗后后腹膜残余肿块、纤维化组织及畸胎瘤的监测具有重要价值, 而 CT 很难检测出。PET 的灵敏度、特异性、阳性预示值和阴性预示值分别为 79%~87%、90%~94%、80~96% 和 90%, CT 可达到与 PET 等同的特异性, 但灵敏度较低 (73%)^[20]。de SANTIS 等^[41]评估了 FDG PET 在精原细胞瘤化疗后后腹膜残余肿块监测的价值。对于大于 3 cm 的病灶, PET 可全部准确检出 (14/14); 对于小于或等于 3 cm 的病灶, 除一个病灶外, 其余所有病灶均被 PET 检出 (22/23)。他们的研究结果显示 PET 的灵敏度、特异

性、阳性预示值和阴性预示值分别为 89%、100%、100%和 97%。其他 PET 显像剂在睾丸肿瘤中的应用价值尚无文献报道。

3 小 结

FDG PET 在前列腺癌、膀胱癌、肾癌和睾丸肿瘤鉴别诊断和监测治疗方面具有重要的临床价值。但是,FDG 通过肾排泄,尿和膀胱积聚放射性高,造成 FDG 对某些肿瘤(如前列腺癌、膀胱癌等)检测的假阴性率和假阳性率较高。CH 和 AC 能弥补 FDG 的某些不足,在前列腺癌和膀胱癌显像方面明显优于 FDG。FCH 和 FAC 能弥补 CH 和 AC 中¹¹C 半衰期较短的弱点,应具有很好应用前景。各种新型 PET 显像剂(如细胞增殖显像剂 FLT、受体显像剂 FDHT 和基因表达显像剂¹⁸F-FHBG 等)及 PET-CT 的应用,可能会进一步提高泌尿系统肿瘤 PET 显像的灵敏度和准确率,但仍需要进一步研究。

参考文献:

- [1] 唐刚华. 正电子断层显像与新药研究[J]. 药学学报, 2001, 36(6): 470-474.
- [2] 唐刚华. PET 分子影像学进展[J]. 核技术, 2004, 27(6): 456-460.
- [3] LAVERMAN P, BOERMAN OC, CORSTENS FHM, et al. Fluorinated Amino Acids for Tumour Imaging With Positron Emission Tomography[J]. Eur J Nucl Med, 2002, 29 (5): 681-690.
- [4] HWANG JJ, UCHIO EM, PATEL SV, et al. Diagnostic Localization of Malignant Bladder Pheochromocytoma Using 6-¹⁸F-fluorodopamine Positron Emission Tomography [J]. J Urol, 2003, 169(1): 274-275.
- [5] LARSON SM, MORRIS M, GUNTHER I, et al. Tumor Localization of 16β-¹⁸F-fluoro-5α-dihydrotestosterone Versus ¹⁸F-FDG in Patients With Progressive, Metastatic Prostate Cancer[J]. J Nucl Med, 2004, 45: 366-373.
- [6] 唐刚华. 基因表达正电子发射断层显像[J]. 国外医学放射: 医学核医学分册, 2001, 25(6): 241-245.
- [7] SCHODER H, LARSON SM. Positron Emission Tomography for Prostate, Bladder, and Renal Cancer[J]. Semin Nucl Med, 2004, 34: 274-292.
- [8] HARA T, KOSAKA N, SHINOURA N, et al. PET Imaging of Brain Tumor With [Methyl-¹¹C] choline[J]. J Nucl Med, 1997, 38: 842-847.
- [9] 唐刚华. 胆碱代谢正电子发射断层显像的临床应用[J]. 同位素, 2004, 17(1): 53-58.
- [10] de JONG IJ, PRUIM J, ELSINGA PH, et al. Visualisation of Bladder Cancer Using (11) C-choline PET: First Clinical Experience[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2002, 29(10): 1 283-1 288.
- [11] DEGRADO TR, COLEMAN RE, WANG S, et al. Synthesis and Evaluation of ¹⁸F-labeled Choline as an Oncologic Tracer for Positron Emission Tomography: Initial Findings in Prostate Cancer [J]. Cancer Res, 2000, 61: 110-117.
- [12] DEGRADO TR, BALDWIN SW, WANG S, et al. Synthesis and Evaluation of ¹⁸F-labeled Choline Analogs as Oncologic PET Tracers[J]. J Nucl Med, 2001, 42: 1 805-1 814.
- [13] HARA T, KOSAKA N, KISHI H. Development of ¹⁸F-fluoroethylcholine for Cancer Imaging With PET: Synthesis, Biochemistry, and Prostate cancer Imaging[J]. J Nucl Med, 2002, 43: 187-199.
- [14] KOTZERKE J, GSCHWEND JE, NEUMAIER B. PET for Prostate Cancer Imaging: Still a Quandary or the Ultimate Solution? [J]. J Nucl Med, 2002, 43: 200-202.
- [15] HARA T. ¹⁸F-Fluorocholine: a New Oncologic PET Tracer[J]. J Nucl Med, 2001, 42: 1 815-1 816.
- [16] KOTZERKE J, VOLKMER BG, GLATTING G, et al. Intraindividual Comparison of [¹¹C]acetate and [¹¹C]choline PET for Detection of Metastases of Prostate Cancer[J]. Nuklearmedizin, 2003, 42(1): 25-30.
- [17] SYKES TR, RUTH TJ, ADAM MJ. Synthesis and Murine Tissue Uptake of Sodium [¹⁸F]fluoroacetate[J]. Nucl Med Biol, 1986, 13(5): 497-500.
- [18] OYAMA N, PONDE DE, DENCE C, et al. Monitoring of Therapy in Androgen-Dependent Prostate Tumor Model by Measuring Tumor Proliferation[J]. J Nucl Med, 2004, 45(3): 519-525.
- [19] 唐刚华. 肿瘤氨基酸代谢正电子发射断层显像[J]. 第一军医大学学报, 2002, 22(增刊): 74-77.
- [20] SHVARTS O, HAN KR, SELTZER M, et al. Positron Emission Tomography in Urologic Oncology[J]. Cancer Control, 2002, 9(4): 335-342.
- [21] PANTUCK A, BERGER F, ZISMAN A, et al. CL1-SR39: a Non-Invasive Molecular Imaging Model of Prostate Cancer Suicide Gene Therapy Using Positron Emission Tomography [J]. J Urol, 2002, 168(3): 1 193-1 198.
- [22] FAZIO F, PICCHIO M, MESSA C. Is ¹¹C-cho-

- line the Most Appropriate Tracer for Prostate Cancer? [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2004, 31(5): 753-756.
- [23] ZOPHEL K, KOTZERKE J. Is ^{11}C -choline the Most Appropriate Tracer for Prostate Cancer Against[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2004, 31(5): 756-758.
- [24] de JONG IJ, PRUIM J, ELSINGA PH, et al. Preoperative Staging of Pelvic Lymph Nodes in Prostate Cancer by ^{11}C -choline PET[J]. *J Nucl Med*, 2003, 44(1): 331-335.
- [25] de JONG IJ, PRUIM J, ELSINGA PH, et al. ^{11}C -Choline Positron Emission Tomography for the Evaluation After Treatment of Localized Prostate Cancer[J]. *Eur Urol*, 2003, 44(1): 32-38.
- [26] BREEUWSMA AJ, PRUIM J, JONGEN MM, et al. In Vivo Uptake of [^{11}C]choline Does Not Correlate With Cell Proliferation in Human Prostate Cancer[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2005, 32(6): 668-673.
- [27] DIMITRAKOPOULOU-STRAUSS A, STRANSS LG. PET Imaging of Prostate Cancer With ^{11}C -Acetate[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2003, 44(4): 556-558.
- [28] FRICKE E, MACHTENS S, HOFMANN M, et al. Positron Emission Tomography With ^{11}C -acetate and ^{18}F -FDG in Prostate Cancer Patients[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2003, 30(4): 607-611.
- [29] OYAMA N, MILLER TR, DCHDASHTI F, et al. ^{11}C -Acetate PET Imaging of Prostate Cancer: Detection of Recurrent Disease at PSA Relapse [J]. *J Nucl Med*, 2003, 44(4): 549-555.
- [30] KATO T, TSUKAMOTO E, KUGE Y, et al. Accumulation of ^{11}C -Acetate in Normal Prostate and Benign Prostatic Hyperplasia: Comparison with Prostate Cancer[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2002, 29(11): 1 492-1 495.
- [31] PRICE DT, COLEMAN RE, LIAO RP, et al. Comparison of [^{18}F]fluorocholine and [^{18}F]fluorodeoxyglucose for Positron Emission Tomography of Androgen Dependent and Androgen Independent Prostate Cancer[J]. *J Urol*, 2002, 168: 273-280.
- [32] MATTHIES A, EZZIDDIN S, ULRICH EM, et al. Imaging of Prostate Cancer Metastases With ^{18}F -fluoroacetate Using PET/CT[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2004, 31(5): 797.
- [33] NUNEZ R, MACAPINLAC HA, YEUNG HW, et al. Combined ^{18}F -FDG and ^{11}C -methionine PET Scans in Patients With Newly Progressive Metastatic Prostate Cancer[J]. *J Nucl Med*, 2002, 43(1): 46-55.
- [34] DEHDASHTI F, PICUS J, MICHALSKI JM, et al. Positron Tomography Assessment of Androgen Receptors in Prostatic Carcinoma[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2005, 32(3): 344-350.
- [35] KOSUDA S, KISON PV, GREENOUGH R et al. Preliminary Assessment of fluorine-18 fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography in Patients With Bladder Cancer [J]. *Eur J Nucl Med*, 1997, 24(5): 615-620.
- [36] de JONG IJ, PRUIM J, ELSINGA PH, et al. Visualisation of Bladder Cancer Using (^{11}C)choline PET: First Clinical Experience[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2002, 29(10): 1 283-1 288.
- [37] RAMDAVE S, THOMAS GW, BERLANGIERI SU, et al. Clinical Role of F-18 Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography for Detection and Management of Renal Cell Carcinoma[J]. *J Urol*, 2001, 166(6): 825-830.
- [38] KANG DE, WHITE RL JR, ZUGER JH, et al. Clinical Use of Fluorodeoxyglucose F-18 Positron Emission Tomography for Detection of Renal Cell Carcinoma[J]. *J Urol*, 2004, 171(6): 1 806-1 809.
- [39] SAFAEI A, FIGLIN R, HOH CK, et al. The Usefulness of F-18 Deoxyglucose Whole-body Positron Emission Tomography (PET) for Restaging of Renal Cell Cancer[J]. *Clin Nephrol*, 2002, 57(1): 56-62.
- [40] SHREVE P, CHIAO PC, HUMES HD, et al. Carbon-11-Acetate PET Imaging in Renal Disease [J]. *J Nucl Med*, 1995, 36(11): 1 595-1 601.
- [41] de SANTIS M, BOKEMEYER C, BECHERER A, et al. Predictive Impact of 2-18-fluoro-2-deoxy-D-glucose Positron Emission Tomography for Residual Postchemotherapy Masses in Patients With Bulky Seminoma[J]. *J Clin Oncol*, 2001, 17(28): 3 740-3 744.