

Al^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 对前列腺癌根治性切除术后早期复发的检测效能研究

刘辰¹ 刘特立¹ 谢卿¹ 刘嘉月¹ 任亚楠¹ 杜鹏² 杨勇² 杨志¹

¹北京大学肿瘤医院暨北京市肿瘤防治研究所核医学科、国家药监局放射性药物研究与评价重点实验室、恶性肿瘤发病机制及转化研究教育部重点实验室, 北京 100142;

²北京大学肿瘤医院暨北京市肿瘤防治研究所泌尿外科、恶性肿瘤发病机制及转化研究教育部重点实验室, 北京 100142

通信作者: 杨志, Email: pekyz@163.com

【摘要】 目的 评估 Al^{18}F -前列腺特异膜抗原 (PSMA)-BCH PET/CT 在前列腺癌根治性切除术后对早期复发病灶检测和定位的价值。**方法** 回顾性分析 2021 年 7 月至 2022 年 7 月间于北京大学肿瘤医院接受 Al^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 检查的 51 例前列腺癌根治性切除术后早期复发患者[年龄 49~80(64.8±6.9)岁], 所有患者前列腺特异抗原(PSA)<2 $\mu\text{g/L}$ 。患者依据 PSA 水平被分为 4 个亚组: PSA<0.2 $\mu\text{g/L}$ 、0.2 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<0.5 $\mu\text{g/L}$ 、0.5 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<1 $\mu\text{g/L}$ 和 1 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<2 $\mu\text{g/L}$ 组。 Al^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 检出的病变按前列腺床(包括精囊床), 盆腔、腹膜后、纵隔/锁骨上和腋窝淋巴结, 骨骼和内脏病变记录分区。不同组间检出率比较采用 Fisher 确切概率法。**结果** 51 例患者中, 30 例(58.8%)经 Al^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 显像发现异常显像剂摄取, 提示前列腺癌复发, 其中 60.0%(18/30)局限于盆腔, 包括 26.7%(8/30)前列腺床局部复发、26.7%(8/30)盆腔局域淋巴结病变、6.6%(2/30)前列腺床复发伴盆腔淋巴结病灶;40.0%(12/30)有盆腔外病变。 Al^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 在 PSA<0.2 $\mu\text{g/L}$ 、0.2 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<0.5 $\mu\text{g/L}$ 、0.5 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<1 $\mu\text{g/L}$ 和 1 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<2 $\mu\text{g/L}$ 组的阳性病灶检出率分别为 39.1%(9/23)、6/11、8/9 和 7/8, 其中 PSA<0.2 $\mu\text{g/L}$ 与 0.2 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<0.5 $\mu\text{g/L}$ 组以及 0.5 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<1 $\mu\text{g/L}$ 与 1 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<2 $\mu\text{g/L}$ 组检出率差异均无统计学意义(P 值: 0.397、0.929)。**结论** Al^{18}F -PSMA-BCH 对前列腺癌根治性切除术后早期复发病灶具有高检出率, 即使患者 PSA 水平低于 0.2 $\mu\text{g/L}$ 仍有较高检出价值。

【关键词】 前列腺肿瘤; 桥环化合物; 前列腺特异膜抗原; 正电子发射断层显像术; 体层摄影术, X 线计算机; 前列腺特异抗原; 前列腺切除术; 复发

基金项目: 北京市自然科学基金(7202028); 北京大学医学科技创新平台发展基金(BMU2022MX11); 北京市医院管理中心“登峰”计划专项(DFL20191102)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230129-00020

Detection performance of Al^{18}F -PSMA-BCH PET/CT in early relapsed prostate cancer after radical prostatectomy

Liu Chen¹, Liu Teli¹, Xie Qing¹, Liu Jiayue¹, Ren Yanan¹, Du Peng², Yang Yong², Yang Zhi¹

¹Key Laboratory of Carcinogenesis and Translational Research (Ministry of Education/Beijing), Key Laboratory for Research and Evaluation of Radiopharmaceuticals (National Medical Products Administration), Department of Nuclear Medicine, Peking University Cancer Hospital & Institute, Beijing 100142, China; ²Key Laboratory of Carcinogenesis and Translational Research (Ministry of Education/Beijing), Department of Urology, Peking University Cancer Hospital & Institute, Beijing 100142, China

Corresponding author: Yang Zhi, Email: pekyz@163.com

【Abstract】 Objective To assess the performance of Al^{18}F -prostate specific membrane antigen (PSMA)-BCH PET/CT in the detection and localization of early recurrent prostate cancer after radical prostatectomy. **Methods** From July 2021 to July 2022, a cohort of 51 patients (age: 49–80 (64.8±6.9) years) who underwent Al^{18}F -PSMA-BCH for biochemical recurrence with the prostate specific antigen (PSA) level less than 2 $\mu\text{g/L}$ in Peking University Cancer Hospital & Institute were retrospectively analyzed. The patients were stratified into 4 groups (PSA<0.2 $\mu\text{g/L}$, 0.2 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<0.5 $\mu\text{g/L}$, 0.5 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<1 $\mu\text{g/L}$, 1 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<2 $\mu\text{g/L}$ groups) according to different PSA levels. Lesions detected by Al^{18}F -PSMA-BCH PET/CT were recorded as prostate bed (including bed of seminal vesicles); pelvic, paraaortic, mediastinal/supraclavicular and axillary lymph nodes; bone lesions and visceral lesions. The detection

rates among different groups were compared by Fisher exact test. **Results** Of 51 patients, 30 (58.8%) had evidence of abnormal uptake suggestive of recurrent prostate cancer, with 60.0% (18/30) had disease confined to the pelvis, including 26.7% (8/30) had prostate bed recurrence, 26.7% (8/30) had pelvic lymph nodes, 6.6% (2/30) had prostate bed recurrence with pelvic lymph nodes, while 40.0% (12/30) had extra pelvic disease. The detection rates of ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT in $\text{PSA} < 0.2 \mu\text{g/L}$, $0.2 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 0.5 \mu\text{g/L}$, $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 1 \mu\text{g/L}$ and $1 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2 \mu\text{g/L}$ groups were 39.1% (9/23), 6/11, 8/9 and 7/8, respectively. There were no significant differences of detection rates between $\text{PSA} < 0.2 \mu\text{g/L}$ group and $0.2 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 0.5 \mu\text{g/L}$ group ($P = 0.397$) and also between $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 1 \mu\text{g/L}$ group and $1 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2 \mu\text{g/L}$ group ($P = 0.929$). **Conclusion** ^{18}F -PSMA-BCH has a high detection rate for early recurrent prostate cancer, even at low PSA levels less than $0.2 \mu\text{g/L}$.

【Key words】 Prostatic neoplasms; Bridged-ring compounds; Prostate-specific membrane antigen; Positron-emission tomography; Tomography, X-ray computed; Prostate-specific antigen; Prostatectomy; Recurrence

Fund program: Beijing Natural Science Foundation (7202028); Peking University Medicine Seed Fund for Interdisciplinary Research (BMU2022MX11); Beijing Hospitals Authority Ascent Plan (DFL20191102)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20230129-00020

前列腺癌是男性常见的恶性肿瘤之一,发病人群约占全部男性恶性肿瘤例数的 7.8%^[1]。对于分期较早的临床显著性前列腺癌患者,应积极接受手术或外放射治疗以达到根治性治疗的目标。然而,近 1/4 的患者会在根治性手术后复发,其 10 年累积发病率约为 24%^[2]。近年来,研究表明挽救性局部治疗(如挽救性放疗)是前列腺癌术后复发最有效的干预手段之一,尤其是患者在前列腺特异抗原(prostate specific antigen, PSA)仍处于较低水平的早期复发阶段,病灶多为寡复发和寡转移,且多局限于术区和盆腔,及时行挽救性局部治疗可获得再次根治的可能^[3]。

以前列腺特异膜抗原(prostate specific membrane antigen, PSMA)为靶点的 ^{18}F -PSMA PET/CT 和 ^{68}Ga -PSMA PET/CT 显像可有效检测前列腺癌复发灶^[4],已经相继被各类指南推荐用于前列腺癌的复发监测^[5]。如前所述,新型的治疗技术对前列腺癌术后早期复发的诊断提出了更高的要求。本研究旨在探讨 ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 对前列腺癌根治性切除术后 PSA 水平较低患者的早期复发病灶的检出效能及分布特征。

资料与方法

1. 研究对象。回顾性分析 2021 年 7 月至 2022 年 7 月间于北京大学肿瘤医院行 ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 检测前列腺癌根治性切除术后早期复发($\text{PSA} < 2.0 \mu\text{g/L}$)患者 51 例,年龄 49~80 (64.8 ± 6.9) 岁。纳入标准:(1)病理证实为前列腺腺癌;(2)前列腺癌根治性切除术后;(3)至少连续 2 次检测确认血清 PSA 水平持续升高,且 PSA 最高值小于 $2.0 \mu\text{g/L}$, $\text{PSA} < 0.2 \mu\text{g/L}$ 的患者也纳入本研究;(4)末次血清 PSA 检测与 ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 检查间隔时间小于 2 周。排除标准:(1)患者已接受

术后挽救性放疗或辅助放疗;(2)正在接受内分泌治疗;(3)合并其他肿瘤;(4)影像及临床资料不完整。患者依据 PSA 水平被分为 4 个亚组: $\text{PSA} < 0.2 \mu\text{g/L}$ 、 $0.2 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 0.5 \mu\text{g/L}$ 、 $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 1 \mu\text{g/L}$ 和 $1 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2 \mu\text{g/L}$ 组。根据指南,将患者分为低中危组($\text{PSA} \leq 20 \mu\text{g/L}$, Gleason 评分 6~7 分和 cT1-cT2c;患者需符合全部条件)和高危组($\text{PSA} > 20 \mu\text{g/L}$, Gleason 评分 8~10 分或 cT3 以上;患者至少需符合其中 1 条)^[5]。前列腺癌分级分组采用 2014 年国际泌尿病理协会(International Society of Urological Pathology, ISUP)分级系统。本研究经北京大学肿瘤医院伦理委员会批准(伦理批件号:2017K94),受检者均签署知情同意书。

2. ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 显像。 ^{18}F -PSMA-BCH 制备及质量控制方法参考文献[6]。每例患者经静脉注射 ^{18}F -PSMA-BCH 185~330 MBq,注射后(120 ± 10) min 采用 Biography mCT Flow PET/CT (德国 Siemens 公司)和 uEXPLORER 全身 PET/CT (上海联影医疗科技股份有限公司)进行显像,扫描范围为头顶至大腿中段。Biography mCT Flow PET/CT 的 CT 采集参数:电压 120 kV,自动毫安电流,扫描层厚 3 mm;PET 采集参数:采用三维模式采集,共扫描 5~7 个床位,每个床位 3 min,图像重建采用有序子集最大期望值迭代法(ordered-subsets expectation maximization, OSEM)、时间飞行技术(time of flight, TOF)以及点扩展函数(point spread function, PSF),迭代次数为 2 次,迭代子集 21 次。uEXPLORER 全身 PET/CT 的 CT 采集参数:电压 120 kV,自动毫安电流,扫描层厚 3 mm;PET 采集参数:采用三维模式全身采集,采集时间 5 min,图像重建采用 OSEM、TOF 以及 PSF,迭代次数为 3 次,迭代子集 20 次。利用 CT 数据对 PET 图像行衰减校正,最终获得全

身 CT 和 PET 图像。

3. ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 图像分析。由 2 位有经验的核医学科医师共同分析图像,意见不一致时讨论达统一。 ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 图像视觉评判标准为除生理性摄取(包括泪腺、唾液腺、肝脏、脾脏、胃肠道、副神经节等)外,局灶型摄取显著高于周围正常组织即判定为阳性病灶。将全部病变按前列腺床(包括精囊床),盆腔、腹膜后、纵隔/锁骨上和腋窝淋巴结,骨骼和内脏病变分区分析。

4. 随访及判断标准。患者均接受了 3~12 个月随访,依据病理、同期 2 种以上影像验证或病变经局部治疗后患者 PSA 显著下降为判定复发转移病灶标准。

5. 统计学处理。采用 IBM SPSS 27.0 软件分析数据。符合正态分布的定量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,不符合正态分布的定量资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示,2 组间比较采用 Mann-Whitney U 检验;定性资料以数量(百分比)表示,组间比较采用 Fisher 确切概率法。相关性分析采用 Spearman 秩相关。 $P < 0.05$ 为差异或相关性有统计学意义。

结 果

1. 患者基本情况。51 例患者的血清总 PSA 为 $0.21(0.13, 0.87)$ $\mu\text{g/L}$, 范围为 $0.02 \sim 1.98$ $\mu\text{g/L}$; 其中 $\text{PSA} < 0.2$ $\mu\text{g/L}$ 组 23 例(45.1%), $0.2 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$ 组 11 例(21.6%), $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 1$ $\mu\text{g/L}$ 组 9 例(17.6%), $1 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2$ $\mu\text{g/L}$ 组 8 例(15.7%)。患者 Gleason 评分 6 分 2 例(3.9%)、7 分 25 例(49.0%)、8 分 11 例(21.6%)、9 分 11 例(21.6%)、10 分 2 例(3.9%)。ISUP 分级 1~5 级依次为 2 例(3.9%)、10 例(19.6%)、15 例(29.4%)、11 例(21.6%)、13 例(25.5%)。低中危前列腺癌 17 例(33.3%), 高危前列腺癌 34 例(66.7%)。

2. ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 显像结果。51 例患者中 30 例(58.8%)经 ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 显像至少检出 1 处阳性病灶,提示前列腺癌根治性切除术后复发,其中 60.0%(18/30)局限于盆腔,包括前列腺床(包括精囊床)单发病灶 8 例(26.7%)(图 1)、盆腔局域淋巴结阳性病灶 8 例(26.7%)、前列腺术区合并盆腔淋巴结阳性病灶 2 例(6.6%);其余 12 例(40.0%)患者为盆腔外病变,包括腹膜后淋巴结或骨骼阳性病灶。本研究所纳入患者未检出纵隔/锁骨上和腋窝淋巴结和内脏阳性病变。 $\text{PSA} < 0.2$ $\mu\text{g/L}$ 组中 13.0%(3/23)患者检出单发局部复发病灶,而 8.7%(2/23)患者检出存在腹膜后淋巴结或骨转移。30 例阳性患者中 23 人明确最终诊

断,其中 1 例患者接受挽救性盆腔淋巴结清扫证实病灶为假阳性,16 例患者接受局部放疗后证实 15 例为真阳性和 1 例为假阳性,余 6 例患者通过综合影像诊断证实 5 例真阳性和 1 例假阳性, ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 的阳性预测值为 87.0%(20/23)。

3. ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 在不同 PSA 水平亚组中对复发病灶的检出效能。 $\text{PSA} < 0.2$ $\mu\text{g/L}$ 、 $0.2 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$ 、 $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 1$ $\mu\text{g/L}$ 和 $1 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2$ $\mu\text{g/L}$ 组的阳性病灶检出率分别为 39.1%(9/23)、6/11、8/9 和 7/8,其中 $\text{PSA} < 0.2$ $\mu\text{g/L}$ 与 $0.2 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$ 组以及 $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 1$ $\mu\text{g/L}$ 与 $1 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2$ $\mu\text{g/L}$ 组检出率差异均无统计学意义(P 值:0.397、0.929)。将上述 2 组分别合并,进一步分析 $\text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$ 和 $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2$ $\mu\text{g/L}$ 组间 ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 阳性病灶检出率, $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2$ $\mu\text{g/L}$ 组的检出率、前列腺床(精囊床)和骨病灶检出率均高于 $\text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$ 组(表 1)。

4. ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 阳性组及阴性组间患者临床特征比较。 ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 阳性结果与 PSA 水平和患者危险度分层相关(r_s 值:0.474、0.338, P 值: < 0.001 、0.015),与 ISUP 分级无相关性($r_s = 0.204$, $P = 0.152$)。阳性组 PSA 水平高于阴性组 [$0.539(0.172, 1.149)$ 和 $0.138(0.122, 0.213)$ $\mu\text{g/L}$; $U = 140.00$, $P = 0.001$], 阳性组高危人群构成比高于阴性组 [80.0%(24/30)和 47.6%(10/21); $P = 0.033$]。前列腺癌高危组阳性病灶的检出率高于低中危组 [70.6%(24/34)和 6/17; $P = 0.016$]。

讨 论

本研究证实了对于低 PSA 水平($\text{PSA} < 2.0$ $\mu\text{g/L}$),甚至是极低 PSA 水平($\text{PSA} < 0.2$ $\mu\text{g/L}$)前列腺癌根治性切除术后早期复发患者, ^{18}F -PSMA-BCH PET/CT 可有效检出复发病灶,本研究中 $\text{PSA} < 0.2$ $\mu\text{g/L}$ 组和 $0.2 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$ 组的阳性病灶检出率依次为 39.1%(9/23)和 6/11。已有多样本前瞻性多中心 III 期临床研究结果显示,对于 $\text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$ 的前列腺癌生化复发患者, ^{68}Ga -PSMA-11 PET/CT 及 2-(3-(1-羧基-5-((6- ^{18}F -氟-吡啶-3-羰基)-氨基)-戊基)-脲基)戊二酸[2-(3-(1-carboxy-5-((6- ^{18}F -fluoropyridine-3-carbonyl)-amino)-pentyl)-ureido)-pentanedioic acid, ^{18}F -DCFPyL] PET/CT 对复发病灶的检出率约为 34.4%~38.0%^[4,7]。我国研究者也相继报道了 ^{68}Ga -PSMA-11 和 ^{18}F -PSMA-1007 对于 $\text{PSA} < 0.5$ $\mu\text{g/L}$

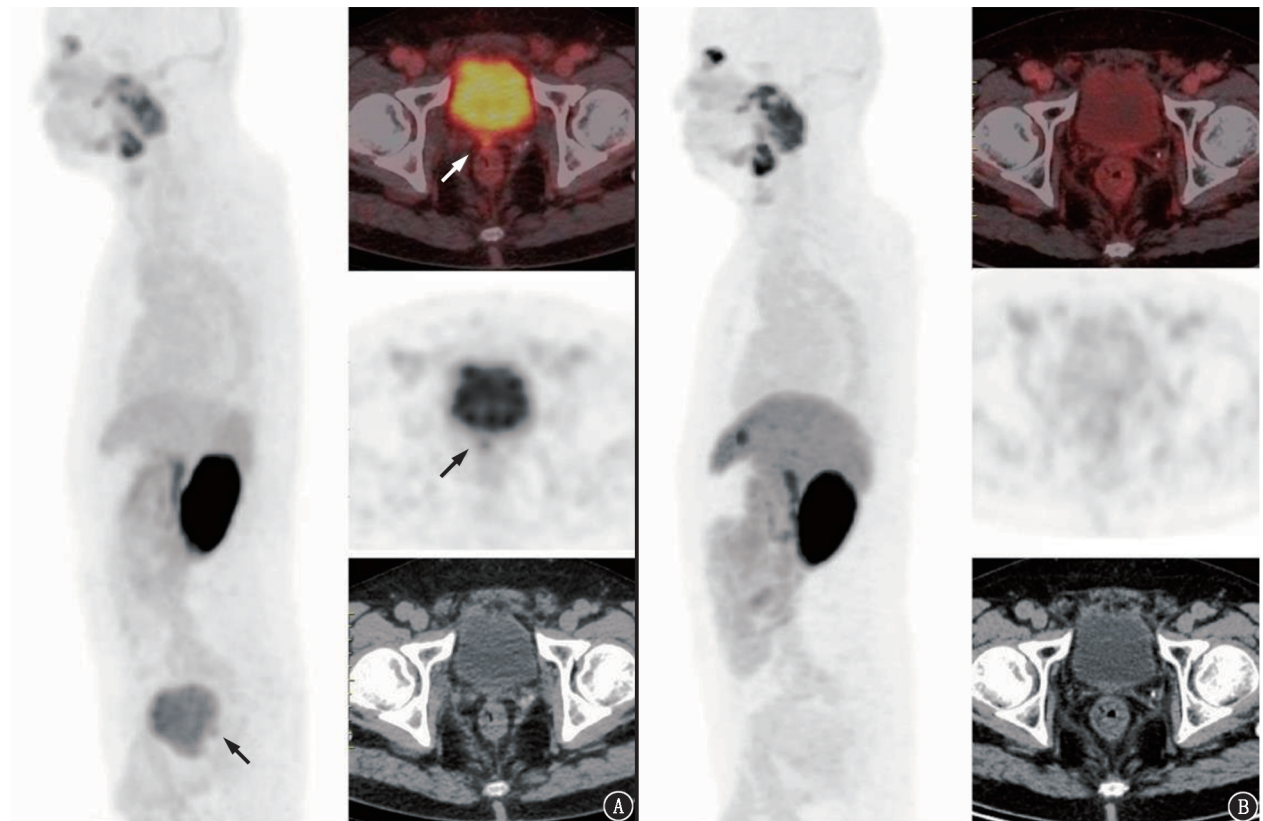


图1 前列腺癌患者(77岁)前列腺癌根治性切除术后 Al^{18}F -前列腺特异膜抗原(PSTA)-BCH PET/CT 显像图。患者前列腺癌根治性切除术后2年,Gleason 评分4+3=7分,分期pT2cN0M0,PET/CT 显像前前列腺特异抗原(PSA)0.189 $\mu\text{g/L}$ 。A.矢状位最大密度投影图显示前列腺床显像剂浓聚灶(黑箭头示),轴位 PET/CT 融合图像显示术区局部显像剂浓聚灶(白箭头示), SUV_{max} 6.7,考虑为前列腺癌术后局部复发,患者随即行前列腺术区放射治疗,放疗结束后6个月 PSA<0.006 $\mu\text{g/L}$;B.放疗后6个月复查 Al^{18}F -PSTA-BCH PET/CT 显像,原前列腺床显像剂浓聚灶未见,符合治疗后改变,余躯干部未见异常放射性浓聚灶

表1 不同 PSA 亚组 Al^{18}F -PSTA-BCH PET/CT 阳性病灶的检出率和分布特点

组别	例数	PSA 阳性患者	前列腺癌床 (精囊床)复发	盆腔区域 淋巴结转移	腹膜后 淋巴结转移	骨转移
PSA<0.5 $\mu\text{g/L}$ 组	34	15/34 (44.1%)	6/34 (17.6%)	8/34 (23.5%)	2/34 (5.9%)	1/34 (2.9%)
0.5 $\mu\text{g/L}$ ≤PSA<2 $\mu\text{g/L}$ 组	17	15/17	8/17	7/17	2/17	8/17
P 值		0.003	0.027	0.192	0.854	<0.001

注:PSA 为前列腺特异抗原,PSMA 为前列腺特异膜抗原

的生化复发病灶检出率均为 50%^[8-9]。本研究与上述研究结果一致, Al^{18}F -PSTA-BCH PET/CT 在前列腺癌根治性切除术后早期复发病灶监测中具备良好的检出效能。

本研究重点关注了 Al^{18}F -PSTA-BCH PET/CT 在 PSA<0.5 $\mu\text{g/L}$,乃至 PSA<0.2 $\mu\text{g/L}$ 时对复发病灶的检出效能。这是由于挽救性放疗的最佳介入时机为生化复发早期阶段(PSA<0.5 $\mu\text{g/L}$),且在 PSA 水平更低的阶段及时接受挽救性放疗,可有助于提升再次根治的可能性并推迟内分泌治疗的起始时点。这为前列腺癌早期复发的检测提出了更高的要求,因此近年来陆续有研究探索极低 PSA 水平的生

化复发病灶的检测率。Perry 等^[10]报导了 ^{18}F -DCFPyL 对于 PSA<0.2 $\mu\text{g/L}$ 前列腺癌根治性切除术后复发病灶的检出率为 7/11;Haidar 等^[11]研究的亚组分析显示, ^{68}Ga -PSTA-11 的病灶检出率为 2/4;Meta 分析所报道的 ^{68}Ga -PSTA PET 在 PSA<0.2 $\mu\text{g/L}$ 亚组的病灶检出率为 33%^[12]。本研究中 Al^{18}F -PSTA-BCH PET/CT 对此亚组的病灶检出率为 39.1% (9/23),与 Meta 分析结果更为相近。值得关注的是, Al^{18}F -PSTA-BCH PET/CT 在极低 PSA 水平所检出的病灶仅有 3/9 位于术区局部,而 9 例阳性患者中有 2 例被检出腹膜后淋巴结转移或骨转移,上述转移病灶均位于传统挽救性放疗靶区之外,因此对于

现行标准的挽救放疗计划的制定提出了新的思考。

本研究发现复发病灶的检出率与显像前 PSA 水平和患者的危险度分层相关。PSA 是前列腺癌根治性切除术后最重要的监测指标之一,对于生化复发的诊断目前仍是以 $0.2 \mu\text{g/L}$ 作为诊断界值。现行的临床应用当中也常常在 $\text{PSA} > 0.2 \mu\text{g/L}$ 时推荐使用 PSMA PET/CT 检测复发病灶。然而理论上讲,前列腺癌根治术后,患者血清 PSA 呈非零值即为生化复发,如何参照 PSA 水平选择 PSMA PET/CT 显像的最佳时机一直是临床讨论的热点。美国核医学协会共识推荐对于前列腺癌根治性切除术后患者,如果术后 PSA 水平下降不满意或 PSA 水平下降至不可测水平后再次升高即应考虑接受 PSMA PET/CT 检测复发病灶,对于高危前列腺癌患者尤其是如此^[13]。上述推荐中将 PSMA PET/CT 检查时机前移至极低 PSA 水平的早期复发患者。本研究及 Perry 等^[10] 研究结果均显示 $\text{PSA} < 0.2 \mu\text{g/L}$ 与 $0.5 \mu\text{g/L} \leq \text{PSA} < 2 \mu\text{g/L}$ 亚组间对复发病灶的检出率差异无统计学意义,表明极低 PSA 水平的早期复发患者也应及时接受 PSMA PET/CT 检测有无复发病灶,以免错过最佳干预时机。

本研究为小样本回顾性研究,仍存在局限性。首先本研究大部分患者的病变无法获得病理证实,对于本实验中阴性病灶的定性影响较大,此问题也是相关临床研究共有的问题^[4]。由于真阴性病灶需取得病理才可明确诊断,本回顾性研究参考既往⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT 和¹⁸F-DCFPyL PET/CT 在前列腺癌复发病灶诊断研究设计,重点探讨了 Al¹⁸F-PSMA-BCH PET/CT 对阳性病灶的诊断效能。

综上,本研究证实了 Al¹⁸F-PSMA-BCH PET/CT 对于前列腺癌根治性切除术后低 PSA 水平的生化复发患者具有较高检出率,即使对 $\text{PSA} < 0.2 \mu\text{g/L}$ 的患者,该显像剂仍能有效检出复发病灶。Al¹⁸F-PSMA-BCH PET/CT 对前列腺癌复发患者的后续治疗选择具有重要作用。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 刘辰:研究实施、统计学分析、论文撰写;刘特立、谢卿、任亚楠:研究实施;刘嘉月:数据整理;杜鹏、杨勇、杨志:研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Ferlay J, Laversanne M, Ervik M, et al. Global cancer observatory: cancer tomorrow [DB/OL]. Lyon, France: International Agency for Research on Cancer, 2020 [2022-06-24]. <https://gco.iarc.fr/tomorrow>.
- [2] Suárez JF, Zamora V, Garin O, et al. Mortality and biochemical recurrence after surgery, brachytherapy, or external radiotherapy for lo-

calized prostate cancer: a 10-year follow-up cohort study[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 12589. DOI:10.1038/s41598-022-16395-w.

- [3] Dietlein F, Kobe C, Neubauer S, et al. PSA-stratified performance of ¹⁸F- and ⁶⁸Ga-PSMA PET in patients with biochemical recurrence of prostate cancer[J]. J Nucl Med, 2017, 58(6): 947-952. DOI:10.2967/jnumed.116.185538.
- [4] Morris MJ, Rowe SP, Gorin MA, et al. Diagnostic performance of ¹⁸F-DCFPyL-PET/CT in men with biochemically recurrent prostate cancer: results from the CONDOR phase III, multicenter study[J]. Clin Cancer Res, 2021, 27(13): 3674-3682. DOI:10.1158/1078-0432.CCR-20-4573.
- [5] National Comprehensive Cancer Network. NCCN clinical practice guidelines in oncology: prostate cancer (Version 1.2023) [EB/OL]. [2023-01-29]. <https://www.nccn.org/guidelines/guidelines-detail?category=1&id=1459>.
- [6] Liu T, Liu C, Xu X, et al. Preclinical evaluation and pilot clinical study of Al¹⁸F-PSMA-BCH for prostate cancer PET imaging[J]. J Nucl Med, 2019, 60(9): 1284-1292. DOI:10.2967/jnumed.118.221671.
- [7] 马乐,张万春,翟洛萍,等. ¹⁸F-DCFPyL PET/CT 的不同诊断标准对前列腺癌原发病灶的诊断价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2022, 42(12): 734-738. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220531-00180.
- Ma L, Zhang WC, Zhai LP, et al. Diagnostic values of different diagnostic criteria of ¹⁸F-DCFPyL PET/CT for primary prostate cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 42(12): 734-738. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20220531-00180.
- [8] 王-宁,陈若华,周翔,等. ⁶⁸Ga-PSMA-11 PET/CT 与¹⁸F-FDG PET/CT 在前列腺癌术前 TNM 分期中的对比研究[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(11): 647-652. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200623-00247.
- Wang YN, Chen RH, Zhou X, et al. Comparison of ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT and ¹⁸F-FDG PET/CT for preoperative TNM staging of patients with prostate cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41(11): 647-652. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200623-00247.
- [9] 田蓉蓉,赵铭,周洁,等. ¹⁸F-PSMA-1007 PET/CT 对低 PSA 水平前列腺癌复发的检测价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2020, 40(10): 589-594. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190930-00215.
- Tian RR, Zhao M, Zhou J, et al. Detection value of ¹⁸F-PSMA-1007 PET/CT in the recurrence of prostate cancer at low serum prostate specific antigen level[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2020, 40(10): 589-594. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20190930-00215.
- [10] Perry E, Talwar A, Taubman K, et al. [¹⁸F]DCFPyL PET/CT in detection and localization of recurrent prostate cancer following prostatectomy including low PSA < 0.5 ng/mL[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 48(6): 2038-2046. DOI:10.1007/s00259-020-05143-9.
- [11] Haidar M, Abi-Ghanem AS, Moukaddam H, et al. ⁶⁸Ga-PSMA PET/CT in early relapsed prostate cancer patients after radical therapy[J]. Sci Rep, 2022, 12(1): 20500. DOI:10.1038/s41598-022-24688-3.
- [12] Perera M, Papa N, Roberts M, et al. Gallium-68 prostate-specific membrane antigen positron emission tomography in advanced prostate cancer-updated diagnostic utility, sensitivity, specificity, and distribution of prostate-specific membrane antigen-avid lesions: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur Urol, 2020, 77(4): 403-417. DOI:10.1016/j.eururo.2019.01.049.
- [13] Jadvar H, Calais J, Fanti S, et al. Appropriate use criteria for prostate-specific membrane antigen PET imaging[J]. J Nucl Med, 2022, 63(1): 59-68. DOI:10.2967/jnumed.121.263262.

(收稿日期:2023-01-29)