

· 病案分析 ·

血管移植物感染： ^{18}F -FDG PET/CT 的价值

刘玫汐 罗亚平

中国医学科学院、北京协和医学院北京协和医院核医学科, 北京 100730

通信作者: 罗亚平, Email: luoyaping@live.com

基金项目: 中央高水平医院临床科研专项项目 (2022-PUMCH-B-070)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20250519-00152

Infection of vascular graft: the value of ^{18}F -FDG PET/CT

Liu Meixi, Luo Yaping

Department of Nuclear Medicine, Peking Union Medical College Hospital, Peking Union Medical College,

Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100730, China

Corresponding author: Luo Yaping, Email: luoyaping@live.com

Fund program: National High Level Hospital Clinical Research Funding (2022-PUMCH-B-070)

DOI: 10.3760/cma.j.cn321828-20250519-00152

患者男, 59 岁, 2012 年行腹主动脉瘤切除及人工血管置换术, 2024 年 10 月开始反复出现发热, 体温最高 40°C , 伴畏寒、寒战。2024 年 12 月外院 CT 提示腹主动脉人工血管周围包裹性积液、积气, 与邻近十二指肠及下腔静脉界限不清。血培养检出微小单胞菌, 抗感染治疗后体温下降。临床怀疑移植血管感染, 2025 年 2 月行 ^{18}F -FDG PET/CT 显像 (图 1), 结果示腹主动脉及双侧髂总动脉人工血管周围代谢增高的软组织影, 内含气体密度影, 范围 $5.2\text{ cm} \times 6.7\text{ cm}$, SUV_{max} 10.2。

本例患者有腹主动脉人工血管置换术病史, 术后 12 年出现持续发热, 血培养阳性, 影像学检查提示人工血管周围包裹性积液、积气, FDG 代谢异常增高, 支持人工血管感染的诊断。 ^{18}F -FDG PET/CT 除了在肿瘤显像中有重要用途外, 也可用于感染性或炎性反应性病变的诊断和评估。血管移植物感染作为血管手术后的一种严重并发症, 发生率虽不高 (约 4%), 但死亡率高^[1], 并且临床表现常缺乏特异性, 移植物的病原学诊断获取难度大, 因此影像学检查对血管移植物感染的诊断尤为重要。那么, 血管移植物感染有哪些危险因素, 一般在什么时间出现, 是否血管移植物周围出现 FDG 高代谢就意味着存在感染呢?

血管移植物感染分为早期感染 (术后 4 个月内) 和晚期感染 (术后 4 个月后)。一般来说, 术前存在局部或全身感染、术中无菌操作不规范、术后移植物血栓及切口感染、患者合并恶性肿瘤、糖尿病、免疫缺陷或处于免疫抑制状态, 均可增加血管移植物感染的发生风险^[2]。早期感染发生的原因多为术中无菌操作不规范与术前感染, 而晚期感染主要来源于菌血症在移植物定植^[3]。

^{18}F -FDG PET/CT 诊断血管移植物感染的灵敏度可达 89%~98%, 但诊断特异性较低, 仅 59%~81%^[4]。 ^{18}F -FDG 是一种非特异性显像剂, 感染或非感染性的炎症反应都可出现 FDG 高代谢。术后炎症修复反应所致的 FDG 摄取增高在术后数月内尤为常见, 因此早期感染不推荐进行 ^{18}F -FDG PET/CT 检查。值得注意的是, 90% 的非感染性血管移植物可出现 ^{18}F -FDG 高摄取^[5], 并且不同材质移植物的 ^{18}F -FDG 摄取模式和持续时间有所区别: 聚氨酯移植物的 ^{18}F -FDG 摄取多

呈均匀弥漫分布, 而聚酯纤维移植物的摄取多不均匀; 自体移植血管的 ^{18}F -FDG 摄取程度随时间延长逐渐下降, 而人工置换血管的摄取程度随时间无明显变化, 可持续 ^{18}F -FDG 高摄取十余年^[5]。图 2 为 1 例因肺癌行 ^{18}F -FDG PET/CT 显像的患者, 其 25 年前行房间隔缺损修补术, ^{18}F -FDG PET/CT 显像可见房间隔补片区域高代谢, 沿补片均匀分布, 未见软组织或气体影, SUV_{max} 4.5, 考虑为房间隔补片的非特异性摄取。

在判读 ^{18}F -FDG PET/CT 显像图时, 仅凭血管移植物区域的 ^{18}F -FDG 高摄取不足以诊断血管移植物感染, 要结合摄取模式、CT 表现、邻近组织特征来综合判断。血管移植物感染多表现为局灶性的高摄取, 而非感染性移植物的摄取呈轻中度摄取, 并沿移植物弥漫分布。CT 上如果见血管移植物周围出现积液、积气、脂肪间隙模糊, 尤其是积液、积气持续增加 (术后短期内的积气与积液为术后正常现象), 血管移植物邻近的肠壁出现增厚甚至形成瘘道 (如主动脉-肠瘘、主动脉-支气管瘘), 或者出现邻近的椎间盘或骨髓炎时, 则高度提示存在血管移植物感染。此外, ^{18}F -FDG PET/CT 的阴性预测值很高, 若血管移植物周围未见高摄取, 则可排除感染^[6]。

本例患者 PET/CT 显像可见血管移植物周围局灶性异常高代谢软组织影, 伴多发积气, 累及邻近的十二指肠水平段, 并且邻近的腰椎和椎间盘出现高代谢灶 (图 1F、1G), 为典型血管移植物感染表现。图 3 是 1 例主动脉夹层术后 1 年发生感染的患者, ^{18}F -FDG PET/CT 显像可见移植血管周围出现多处局灶性的高代谢灶, 并且在主动脉弓前方形成软组织影。图 4 患者 3 年前因主动脉溃疡行支架置入术, 近期反复发热、胸腹痛, 怀疑移植物感染; ^{18}F -FDG PET/CT 显像可见支架周围代谢不规则增高, 多处积气, 与气管、食管分界不清, 抗感染治疗 3 个月后复查代谢增高区较前明显缩小, 考虑治疗有效。

综上所述, ^{18}F -FDG PET/CT 对于血管移植物感染的诊断十分重要, 但阅片及结果判读不是仅凭 ^{18}F -FDG 摄取高低或 SUV 数值。因此, 在诊断血管移植物感染这样的适应证下的 ^{18}F -FDG PET/CT 报告, 需要包含足够的信息以做出正确的诊断和准确的评估。2022 年, 欧洲核医学学会 (European

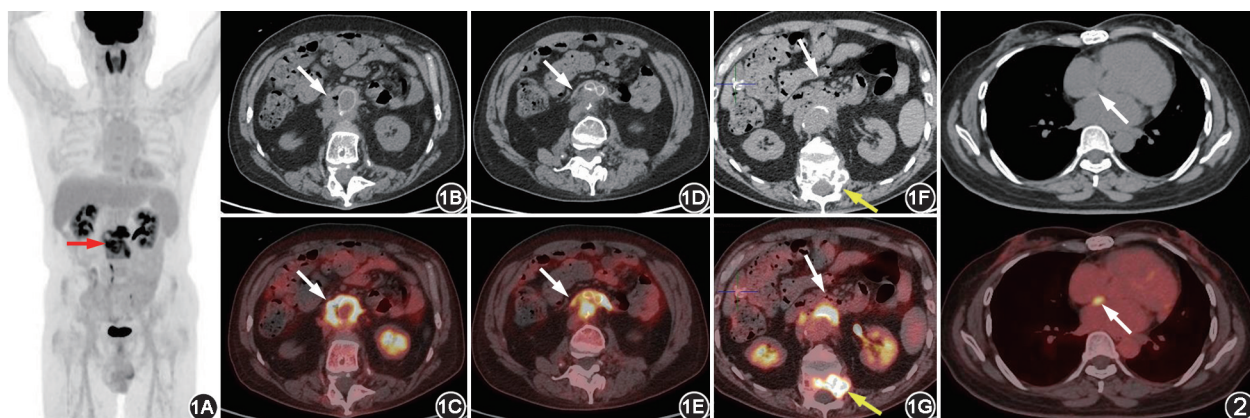


图1 腹主动脉瘤术后患者(男,59岁)的 ^{18}F -FDG PET/CT 显像图。1A~1C.可见腹主动脉周围代谢异常增高软组织影,内含气体影,范围 $5.2\text{ cm}\times 6.7\text{ cm}$, $\text{SUV}_{\text{max}} 10.2$ (箭头示);1D,1E.后腹膜受累,可见腹膜增厚伴代谢增高(箭头示);1F,1G.腹主动脉周围代谢增高软组织影,累及邻近十二指肠水平段(白箭头示),L2椎体及椎间盘代增高(黄箭头示)

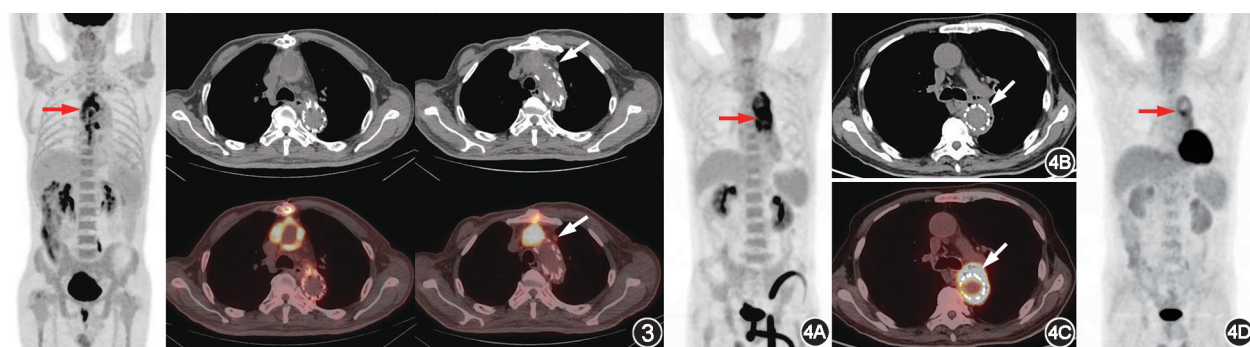


图2 房间隔缺损修补术后25年肺癌患者(女,53岁)的 ^{18}F -FDG PET/CT 显像图。房间隔补片区域轻度摄取,沿补片弥漫、均匀分布, $\text{SUV}_{\text{max}} 4.5$ (箭头示)

Association of Nuclear Medicine, EANM)就提出了血管移植术成像的指南规范^[6],随后有研究指出 ^{18}F -FDG PET/CT 报告应规范、完整,需要包含以下要素^[7]:(1)病史:临床症状、实验室检查(血培养、红细胞沉降率、C反应蛋白)、既往手术情况(时间、部位、血管移植术种类)、抗生素使用情况;(2)ROI:涉及移植物的全部或部分、具体位置的描述;(3)位置界定:描述受累血管及其位置,血管内外情况;(4)摄取强度:分为4级(1级:与本底相近;2级:低摄取,与肌肉和脂肪相近;3级:中度摄取,高于肌肉和脂肪,但明显低于膀胱摄取;4级:与膀胱摄取相近);(5)摄取模式:如局灶性、弥漫性、均匀性、非均匀性、线性、斑片状等;(6)移植物受累情况:描述移植物是否受累,或仅是周围区域受累;(7)局部区域受累:是否存在局部代谢增高淋巴结、软组织、脓肿;(8)器官受累:评估是否有器官受累,如肠瘘;(9)与其他影像学(如CT血管造影)进行比较。

一份规范、完整的 ^{18}F -FDG PET/CT 报告可以增加血管移植术感染的诊断准确性,要素完整的 ^{18}F -FDG PET/CT 报告诊断血管移植术感染的灵敏度和特异性分别为83%和92%,而少于8个要素的 ^{18}F -FDG PET/CT 报告的灵敏度和特

异性仅为50%和77%^[7]。掌握疾病临床特点和影像特征、正确阅片、规范书写报告是核医学医师的基本功,如何规范化、结构化不同适应证的PET/CT报告,让这样一个复杂的检查能够输出标准化的适应临床需求的结果,是我们需要努力的方向。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

志谢 本文部分内容参考上海交通大学医学院附属第一人民医院邢岩教授《人工血管置换术后感染? PET/CT 新指征与报告标准》讲座内容进行撰写

作者贡献声明 刘玫汐:研究实施、数据采集、论文撰写;罗亚平:研究指导、论文修改

参 考 文 献

- [1] Lyons OT, Baguneid M, Barwick TD, et al. Diagnosis of aortic graft infection: a case definition by the Management of Aortic Graft Infection Collaboration (MAGIC) [J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2016, 52(6): 758-763. DOI:10.1016/j.ejvs.2016.09.007.
- [2] Wanhainen A, Van Herzele I, Bastos Goncalves F, et al. Editor's choice—European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2024 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms [J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2024, 67(2):

- 192-331. DOI:10.1016/j.ejvs.2023.11.002.
- [3] Laohapensang K, Arworn S, Orrapin S, et al. Management of the infected aortic endograft[J]. Semin Vasc Surg, 2017, 30(2-3): 91-94. DOI:10.1053/j.semvascsurg.2017.11.001.
- [4] Reinders Folmer EI, Von Meijenfeldt GCI, Van der Laan MJ, et al. Diagnostic imaging in vascular graft infection: a systematic review and meta-analysis[J]. Eur J Vasc Endovasc Surg, 2018, 56(5): 719-729. DOI:10.1016/j.ejvs.2018.07.010.
- [5] Keidar Z, Pirmisashvili N, Leiderman M, et al. ¹⁸F-FDG uptake in noninfected prosthetic vascular grafts: incidence, patterns, and changes over time[J]. J Nucl Med, 2014, 55(3): 392-395. DOI: 10.2967/jnumed.113.128173.
- [6] Lauri C, Signore A, Glaudemans AWJM, et al. Evidence-based guideline of the European Association of Nuclear Medicine (EANM) on imaging infection in vascular grafts[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2022, 49(10): 3430-3451. DOI:10.1007/s00259-022-05769-x.
- [7] Liesker DJ, Legtenberg S, Erba PA, et al. Variability of [¹⁸F]FDG-PET/LDCT reporting in vascular graft and endograft infection[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2023, 50(13): 3880-3889. DOI:10.1007/s00259-023-06349-3.
- (收稿日期:2025-05-19)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

中华医学会杂志社对一稿两投问题处理的声明

为维护中华医学会系列杂志的声誉和广大读者的利益,现将中华医学会系列杂志对一稿两投和一稿两用问题的处理声明如下:

1.本声明中所涉及的文稿均指原始研究的报告或尽管 2 篇文稿在文字的表达和讨论的叙述上可能存在某些不同之处,但这些文稿的主要数据和图表是相同的。所指文稿不包括重要会议的纪要、疾病的诊断标准和防治指南、有关组织达成的共识性文件、新闻报道类文稿及在一种刊物发表过摘要或初步报道而将全文投向另一种期刊的文稿。上述各类文稿如作者要重复投稿,应向有关期刊编辑部做出说明。

2.如 1 篇文稿已以全文方式在某刊物发表,除非文种不同,否则不可再将该文投寄给他刊。

3.请作者所在单位在来稿介绍信中注明该文稿有无一稿两投问题。

4.凡来稿在接到编辑部回执后满 3 个月未接到退稿,则表明稿件仍在处理中,作者欲投他刊,应事先与该刊编辑部联系并申述理由。

5.编辑部认为文稿有一稿两投嫌疑时,应认真收集有关资料并仔细核实后再通知作者,同时立即进行退稿处理,在做出处理决定前请作者就此问题做出解释。期刊编辑部与作者双方意见发生分歧时,应由上级主管部门或有关权威机构进行最后仲裁。

6.一稿两用一经证实,期刊编辑部将择期在杂志中刊出其作者姓名和单位及撤销该论文的通告;对该作者作为第一作者所撰写的一切文稿,中华医学会系列杂志 2 年内将拒绝其发表;并就此事件向作者所在单位和该领域内的其他科技期刊进行通报。

中华医学会杂志社