



· 专家述评 ·



张国建，医学博士，三级主任医师，博士研究生导师，内蒙古医科大学附属第一医院核医学科副主任、党支部书记，美国路易斯维尔大学访问学者，国家优秀青年医师，内蒙古自治区高层次人才（四类），内蒙古自治区“草原英才”，内蒙古自治区“321”人才，现任中华医学会核医学分会全国委员，内蒙古自治区医学会核医学分会主任委员，内蒙古自治区医师协会核医学医师分会副会长兼秘书长，中华医学会核医学分会实验学组委员，《国际放射医学核医学杂志》编委，《肿瘤影像学》《中国医学影像学》青年编委，发表论文60余篇，实用新型专利4项，主编著作2部，参编著作10部，副主编教材1部。主持国家自然科学基金2项，内蒙古自治区自然科学基金3项，其他省厅局级课题10项，获内蒙古自治区科技进步一等奖1项、三等奖1项，美国核医学与分子影像学会Alavi-Mandell杰出论文奖，中华医学科学技术三等奖1项，内蒙古自治区医学会科学技术一等奖1项、二等奖1项、三等奖4项。

核医学分子影像在恶性肿瘤治疗相关心脏毒性中的诊断价值

赵旭^{1, 2}，林学智²，张国建^{3, 4}

1. 内蒙古医科大学附属第一医院影像诊断科，内蒙古呼和浩特 010050；
2. 内蒙古医科大学第一临床医学院，内蒙古呼和浩特 010050；
3. 内蒙古医科大学附属第一医院核医学科，内蒙古呼和浩特 010050；
4. 内蒙古自治区核医学与分子影像学重点实验室，内蒙古呼和浩特 010050

[摘要] 恶性肿瘤患者在接受治疗如放射治疗、化学治疗期间，会引起治疗相关心脏毒性，通常难以早期识别和诊断。核医学分子影像可直接在细胞或分子层面揭示其病理生理过程，实现对恶性肿瘤治疗相关心脏毒性的可视化评估。本文从心肌代谢、炎症、神经损伤、纤维化等层面，对核医学分子影像在恶性肿瘤治疗相关心脏毒性诊断中的价值进行述评，旨在进一步了解其演变过程并提高早期诊断能力。

[关键词] 恶性肿瘤；心脏毒性；核医学；分子影像；诊断

中图分类号：R445.6 文献标志码：A

DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2025.01.004

The diagnostic value of molecular imaging in treatment-related cardiotoxicity of malignancy ZHAO Xu^{1,2}, LIN Xuezhi², ZHANG Guojian^{3,4} (1. Department of Imaging Diagnosis, The Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, Inner Mongolia Autonomous Region, China; 2. The First Clinical Medical College of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, Inner Mongolia Autonomous Region, China; 3. Department of Nuclear Medicine, The Affiliated Hospital of Inner Mongolia Medical University, Hohhot 010050, Inner Mongolia Autonomous Region, China; 4. Inner Mongolia Key Laboratory of Molecular Imaging, Hohhot 010050, Inner Mongolia Autonomous Region, China)

基金项目：内蒙古自治区公立医院科研联合基金重点项目（2024GLLH0283）；内蒙古自治区科技成果转化专项资金项目（2019CG097）；内蒙古自治区高校青年科技英才项目（NJYT22002）。

利益冲突：无。

伦理批件：不需要。

知情同意：不需要。

引用本文：赵旭，林学智，张国建. 核医学分子影像在恶性肿瘤治疗相关心脏毒性中的诊断价值 [J]. 肿瘤影像学, 2025, 34 (1): 24-29.

Funding: Key Projects of the Joint Fund for Scientific Research of Public Hospitals in Inner Mongolia Autonomous Region (2024GLLH0283); Inner Mongolia Scientific and Technological Achievements Transformation Special Fund Project (2019CG097); Inner Mongolia Autonomous Region University Youth Science and Technology Talents Project (NJYT22002).

Conflicts of interest: no.

Ethical approval: not required.

Informed consent: not required.

Cite this article: ZHAO X, LIN X Z, ZHANG G J. The diagnostic value of molecular imaging in treatment-related cardiotoxicity of malignancy [J]. Oncoradiology, 2025, 34(1): 24-29.

Correspondence to: ZHANG Guojian E-mail: zhangguojian0820@163.com

[**Abstract**] During the therapeutic management of malignant neoplasms, for instance, during radiotherapy (RT) and chemotherapeutic regimens, treatment-associated cardiotoxicity may ensue, which is typically challenging to be detected and diagnosed at an early stage. Nuclear medicine molecular imaging is capable of directly revealing physiological and pathological processes at the cellular or molecular level, enabling the visualization of cardiotoxicity associated with the treatment of malignant tumors. This article provided a comprehensive review on the diagnostic significance of nuclear medicine molecular imaging in terms of cardiotoxicity associated with malignant neoplasm treatment from multiple perspectives, including myocardial metabolism, inflammation, neural injury, and fibrosis. The aim is to further elucidate its pathophysiological evolution and enhance the early-stage diagnostic proficiency.

[**Key words**] Malignant neoplasm; Cardiotoxicity; Nuclear medicine; Molecular imaging; Diagnosis

恶性肿瘤的发病率和死亡率持续升高是当今世界高度关注的问题，随着恶性肿瘤治疗方案不断改进和完善，治疗的有效率也随之增加，越来越多的恶性肿瘤患者可以从中获益，患者预后及生活质量明显改善。然而，随之增加的恶性肿瘤治疗相关并发症也不容忽视，其中肿瘤放疗或化疗所致的心脏毒性已经成为临床所面临的巨大挑战，心肌功能障碍也成为许多心脏疾病的重要发病机制，核医学分子影像在心脏毒性的早期发现、早期诊断、指导治疗中扮演着极其重要的角色。

1 恶性肿瘤治疗相关心脏毒性

随着胸部肿瘤发病率的增加和医疗技术的更新发展，放疗已成为重要的治疗手段。放疗显著改善恶性肿瘤患者的生存率，但同时也会引发一些难以避免的并发症^[1]。胸部放疗可能对心脏及周围组织造成不同程度的损伤，引发心脏毒性。辐射引起的剂量依赖性心脏毒性有时甚至会超过放疗的收益。放射性心脏损伤（radiation-induced heart disease, RIHD）是胸部肿瘤患者放疗后出现的一种严重并发症，表现为心脏结构和功能的损伤^[1-2]。RIHD的特征是辐射导致急性炎症通路激活，进而引发慢性致病性级联反应^[3]。RIHD具有复杂异质性，发病率和死亡率不断上升，多模式影像学检查和全面筛查对其早期发现和诊断至关重要^[4]。

另一方面，抗肿瘤药物治疗所引发的心脏毒性问题已成为临床难题。蒽环类药物在治疗实体瘤中效果显著，但可能导致严重的剂量依赖性心脏毒性，损害心脏结构和功能，并加速心血管疾病的恶化^[5]。心脏受损时，会引起心肌炎症、

能量代谢变化、神经传导系统受损、心肌纤维化等改变。分子影像学检查对于观察心脏毒性这些变化非常重要。其中，核医学分子影像技术凭借其无创、活体、动态、特异等优势，在肿瘤、心脏毒性、神经损伤等疾病诊断中使用率逐渐提高^[6]。目前，多种核医学分子显像技术已应用于临床评估心脏毒性，同时也有新技术正在研究中，可以全面精准评估心脏受损状态，以实现精准诊疗的目的。

2 核医学分子影像对心脏毒性诊断的价值

2.1 心肌代谢显像

心肌细胞通过脂肪酸和葡萄糖有氧代谢获取能量，维持正常功能^[7]。心肌缺血缺氧时，有氧代谢受阻，能量主要来自无氧酵解。放射性核素成像可显像心肌代谢，揭示心脏疾病能量代谢特征，阐述生理和病理机制^[7]。葡萄糖代谢的存在是心肌细胞存活的标志，¹⁸F-氟代脱氧葡萄糖（fluorodeoxyglucose, FDG）正电子发射断层成像（positron emission tomography, PET）心肌显像是无创诊断心肌存活情况的“金标准”^[8-9]。在心肌代谢显像方面，常用的放射性药物分为3类：糖类代谢显像剂、脂肪酸代谢显像剂和氧代谢显像剂^[7]。¹⁸F-FDG与葡萄糖相似，可被心肌细胞吸收并进行磷酸化，但不能被彻底氧化分解，用于体外心肌显像时其含量与心肌葡萄糖代谢成正相关。已有研究^[10]显示，多柔比星可干扰心肌代谢，加剧化疗诱导的心脏毒性。而放疗可能会在乳腺癌和霍奇金淋巴瘤患者中引发心脏损伤，¹⁸F-FDG PET/计算机断层成像（computed tomography, CT）在制订放疗方案以及治疗结束后的疗效评估和预后判断中具有重要

价值^[11]。

¹⁸F-FTHA类似脂肪酸,是一种脂肪酸代谢抑制剂,可抑制脂肪酸 β 氧化,用于对重要器官组织的脂肪酸循环进行PET代谢显像,以评估脂肪酸的利用情况^[12-16]。实验研究^[15, 17]表明,¹⁸F-FTHA的摄取与心肌中脂肪酸的氧化之间存在相关性,可反映长链脂肪酸的 β 氧化速率。

2.2 心肌炎症显像

炎症(inflammation)是机体对损伤因子产生的防御反应。早期变化是局部组织血管扩张、血流增加、血管通透性增高和炎症介质释放。随着炎细胞向炎症部位聚集,释放大量细胞因子。活化的白细胞特别是巨噬细胞促使葡萄糖转运体过度表达,因此应用糖代谢显像剂¹⁸F-FDG显像可以观察到炎症部位迅速积聚^[18]。¹⁸F-FDG PET/CT能够实现对肿瘤和炎症过程中细胞葡萄糖代谢的可视化和定量分析,还能评估免疫检查点抑制剂引起的心脏毒性及炎症程度^[19-20]。

⁶⁸Ga-Pentixafor分子探针目前多用于诊断原发性醛固酮增多症,该显像剂静脉注射后能够迅速从体内清除,并在靶向CXC族趋化因子受体4(CXC chemokine receptor 4, CXCR4)高表达区域聚集。而CXCR4是一种七次跨膜趋化因子受体,广泛存在于多种类型细胞中,例如心脏细胞和免疫细胞,参与介导促炎性白细胞。有研究^[21]证实,使用⁶⁸Ga-Pentixafor的PET心肌显像可通过体内靶向定位CXCR4受体表达来准确识别心肌炎症。因此,⁶⁸Ga-Pentixafor PET显像有望成为早期敏感诊断心脏毒性所致心肌炎症的核医学分子影像学方法。

2.3 心脏神经显像

心脏的神经调节由交感神经和副交感神经共同支配^[22]。心脏交感神经显像通过注射放射性核素标记的去甲肾上腺素(NE)类似物进行,依照“摄取-1”机制被突触前膜摄取存于囊泡不被分解。放射性药物在神经末梢分布提示心脏功能正常。交感神经功能失调是导致心脏损伤的病因之一,当放射性药物在突触间隙中的清除速度加快且神经末梢分布减少时,显像可提示心肌放射性摄取降低或完全缺失。

心脏交感神经显像剂分为单光子和正电子显像剂2类。单光子显像剂有¹²³I标记间碘苄基胍(¹²³I-MIBG);正电子显像剂有¹¹C标记羟基麻黄碱(¹¹C-HED)、¹⁸F标记间氟苄基胍(¹⁸F-MFBG)等。

心脏¹²³I-MIBG显像在评估心脏交感神经活动中起着核心作用^[23]。¹²³I-MIBG单光子发射计算机断层成像(single-photon emission computed tomography, SPECT)是评估心脏交感神经支配的最常用方法^[24]。¹²³I-MIBG作为NE类似物,尽管两者结构不同,但摄取、储存和释放机制相同^[24-25]。有研究^[26]表明,对于接受可能具有心脏毒性药物化疗的乳腺癌女性患者来说,采用¹²³I-MIBG评估心脏交感神经活动可作为心脏损伤的早期标志物。同时联用曲妥珠单抗和蒽环类衍生物会导致更高概率和更大程度的心脏肾上腺素能亢进。

¹¹C标记羟基麻黄碱(¹¹C-HED)是一种儿茶酚胺类似物,也是用于交感神经系统放射性核素功能成像的显像剂,它能够对心肌和肾上腺肿瘤进行成像,通过PET可视化交感神经系统^[27-28]。初步临床研究^[27]表明,¹¹C-HED在该系统的局部肿瘤中也可以快速摄取。由于PET/CT扫描仪的检查时间比较短,因此现在可以使用¹¹C-HED PET进行全身成像,近年来也被广泛用于心肌等交感神经支配的临床评估^[27, 29]。

近年来,¹⁸F标记的正电子交感神经显像剂¹⁸F-MFBG逐渐成为新型分子探针研究领域的热点。虽然结构类似于¹²³I-MIBG,但¹⁸F-MFBG亲水性更强、血浆蛋白结合率更低^[30],且具有心脏摄取速度快、体内产生放射性标记的代谢产物少、背景清除速度快的优势^[31-32]。动态¹⁸F-MFBG PET在空间分辨率和灵敏度方面表现更好,还可使定量测定更便捷,能够有效评估心脏交感神经损伤,在心脏毒性早期诊断中具有重大临床指导意义^[33]。

2.4 心肌纤维化显像

心肌纤维化是心脏损伤的常见愈合反应,其特点是活化的成纤维细胞和促纤维化因子导致胶原蛋白过度积累和细胞外基质增加,通常是多

种心脏疾病发展的最终结果^[34-35]。现有的成像技术主要识别已形成的纤维化，为诊断和预测结果提供关键信息，但对纤维化活动的了解有限^[34]。分子成像能够弥补这一不足，已证实能够识别早期病变及监测病程发展和治疗反应，这对于抗纤维化药物的研发具有重大意义^[34]。研究^[36-37]表明，葱环类药物诱导的心脏毒性主要表现为弥漫性心肌纤维化，良好的预后依赖于及时诊治。使用⁶⁸Ga标记的成纤维细胞活化蛋白抑制剂⁶⁸Ga-FAPI PET/CT可用于早期检测和疗效监测，⁶⁸Ga-DOTA-FAPI-04 PET/磁共振成像（magnetic resonance imaging, MRI）是评估心肌成纤维细胞活化程度的无创检查^[36, 38]。这些技术有利于尽早发现纤维化、评价疾病发展阶段以及诊疗效果，进而提升患者护理质量和临床治疗成果^[34]。

3 总结与展望

近年来，恶性肿瘤治疗技术飞速发展，精准放射治疗、化学治疗、靶向治疗、免疫治疗等手段不断涌现，显著提升了患者的治疗预期。但与此同时，心脏毒性问题愈发突出，化疗药物损伤心肌细胞，放疗伤害心脏组织，严重影响患者生存质量和预后。在这样的背景下，核医学分子影像技术在心脏领域应用意义日渐显著，借助放射性核素标记的分子探针，能从分子层面成像，提供心脏各个层面信息，在早期诊断和疗效评估中发挥关键作用。不仅能在心脏毒性尚无明显症状时就捕捉到微观异常，还能实时监测治疗效果，为临床医师治疗方案的制订与调整提供客观理论依据。虽然核医学分子影像技术在心脏毒性诊断方面应用越来越成熟，各有其优势，各种技术也存在一些不足，总结如表1所示。

未来，一方面要深入研发针对心脏毒性的高特异度、高灵敏度的新型分子探针，提高诊断准确度，另一方面要积极融合人工智能、影像组学、深度学习等前沿技术，提升诊断效率。此外，不同分子探针联合显像、不同显像模式联合的多模态显像技术可以显著提高心脏毒性诊断的准确度、全面性和个性化治疗水平，在临床和科研中的应用前景广阔，比如将心肌炎症和心肌纤

维化联合的PET/MRI显像，可以对心脏毒性的早期炎症反应到进展过程中心肌纤维化的出现进行动态观察，而心脏神经显像和心肌纤维化显像可以检测到传统方法难以发现的亚临床病变。以上技术的发展进步正推动核医学在心脏毒性评估中的临床应用进程，为肿瘤患者的心脏健康保驾护航。

表1 核医学分子影像学方法对心脏毒性诊断优缺点对比

显像方法	优点	缺点
心肌代谢显像	评估心肌细胞的代谢状态，检测存活心肌。	糖代谢显像剂受血糖影响，显像前需调糖，操作复杂。
心肌炎症显像	直接检测心肌炎症，有助于早期诊断。	特异度较低，可能与其他疾病重叠。
心脏神经显像	直接评估心脏神经损伤状态。	¹²³ I-MIBG空间分辨率较低， ¹¹ C-HED半衰期短， ¹⁸ F-MFBG在心脏中的临床应用处在研究探索中。
心肌纤维化显像	能够早期发现纤维化，评估疾病进展和治疗反应。	临床应用尚不广泛，需进一步验证。

第一作者:

赵旭 (ORCID: 0009-0008-1366-3854), 硕士研究生, 住院医师。

通信作者:

张国建 (ORCID: 0009-0006-4715-2871), 博士, 主任医师, E-mail: zhangguojian0820@163.com。

作者贡献声明:

赵旭: 文章撰写, 数据资料收集, 数据统计分析; 林学智: 文献检索, 英文翻译, 整理参考文献; 张国建: 选题, 审校。

[参考文献]

- WANG H R, WEI J L, ZHENG Q S, et al. Radiation-induced heart disease: a review of classification, mechanism and prevention [J]. *Int J Biol Sci*, 2019, 15(10): 2128-2138.
- 王倩楠, 郝锐, 宋丽薇, 等. PET显像在放射性心脏损伤早期检测中的研究进展 [J]. *中华核医学与分子影像杂志*, 2024, 44(8): 505-508.
WANG Q N, XI R, SONG L W, et al. Progress of PET imaging in the early detection of radiation-induced heart disease [J]. *Chin J Nucl Med Mol Imag*, 2024, 44(8): 505-508.
- BANFILL K, GIULIANI M, AZNAR M, et al. Cardiac toxicity of thoracic radiotherapy: existing evidence and future directions [J]. *J Thorac Oncol*, 2021, 16(2): 216-227.
- DESAI M Y, WINDECKER S, LANCELLOTTI P, et al. Prevention, diagnosis, and management of radiation-associated

- cardiac disease JACC scientific expert panel [J] . J Am Coll Cardiol, 2019, 74(7): 905–927.
- [5] ZAMORANO J L, LANCELLOTTI P, MUÑOZ D R, et al. 2016 ESC position paper on cancer treatments and cardiovascular toxicity developed under the auspices of the ESC committee for practice guidelines: the task force for cancer treatments and cardiovascular toxicity of the European Society of Cardiology (ESC) [J] . Eur Heart J, 2017, 19(1): 9–42.
- [6] 王 潇, 许晓平, 宋少莉. FAP靶向分子影像探针在疾病检测中的研究进展 [J] . 肿瘤影像学, 2024, 33(5): 457–469.
WANG X, XU X P, SONG S L. Advances in FAP-targeted molecular imaging probes for disease detection [J] . Oncoradiology, 2024, 33(5): 457–469.
- [7] 李 帅, 李剑明. 正电子核素心肌代谢显像剂的研究进展 [J] . 国际放射医学核医学杂志, 2021, 45(3): 192–197.
LI S, LI J M. Research progress of positron radionuclide myocardial metabolism imaging agents [J] . Int J Radiat Med Nucl Med, 2021, 45(3): 192–197.
- [8] MA X, ZHAO Y J, WANG X C, et al. The “Hand as Foot” teaching method in ^{18}F -FDG PET/CT myocardial metabolic imaging [J] . Asian J Surg, 2022, 45(11): 2498–2499.
- [9] 姜婧晨, 王雪梅, 张凯秀. ^{18}F -FDG PET/CT心肌代谢显像图像质量影响因素的研究进展 [J] . 国际放射医学核医学杂志, 2020, 44(2): 114–118.
JIANG J C, WANG X M, ZHANG K X. Current status of studies on factors affecting myocardial metabolism imaging quality of ^{18}F -FDG PET/CT [J] . Int J Radiat Med Nucl Med, 2020, 44(2): 114–118.
- [10] BAUCKNEHT M, FERRARAZZO G, FIZ F, et al. Doxorubicin effect on myocardial metabolism as a prerequisite for subsequent development of cardiac toxicity: a translational ^{18}F -FDG PET/CT observation [J] . J Nucl Med, 2017, 58(10): 1638–1645.
- [11] KONSKI A, LI T Y, CHRISTENSEN M, et al. Symptomatic cardiac toxicity is predicted by dosimetric and patient factors rather than changes in ^{18}F -FDG PET determination of myocardial activity after chemoradiotherapy for esophageal cancer [J] . Radiother Oncol, 2012, 104(1): 72–77.
- [12] GUIDUCCI L, GRÖNROOS T, JÄRVISALO M J, et al. Biodistribution of the fatty acid analogue ^{18}F -FTHA: plasma and tissue partitioning between lipid pools during fasting and hyperinsulinemia [J] . J Nucl Med, 2007, 48(3): 455–462.
- [13] NYRÉN R, SCHERMAN H, AXELSSON J, et al. Visualizing increased uptake of ^{18}F FDG and ^{18}F FTHA in kidneys from obese high-fat diet fed C57BL/6J mice using PET/CT ex vivo [J] . PLoS One, 2023, 18(2): e0281705.
- [14] SAVISTO N, VILJANEN T, KOKKOMÄKI E, et al. Automated production of ^{18}F FTHA according to GMP [J] . J Labelled Comp Radiopharm, 2018, 61(2): 84–93.
- [15] USTSINAU U, NICS L, HACKER M, et al. A fully automated synthesis of 14-(R, S)- ^{18}F fluoro-6-thia-heptadecanoic acid (^{18}F FTHA) on the elixys radiosynthesizer [J] . Pharmaceuticals (Basel), 2024, 17(3): 318.
- [16] MÄKI M T, HAAPARANTA M T, LUOTOLAHTI M S, et al. Fatty acid uptake is preserved in chronically dysfunctional but viable myocardium [J] . Am J Physiol, 1997, 273(5): H2473–H2480.
- [17] TAYLOR M, WALLHAUS T R, DEGRADO T R, et al. An evaluation of myocardial fatty acid and glucose uptake using PET with ^{18}F fluoro-6-thia-heptadecanoic acid and ^{18}F FDG in Patients with Congestive Heart Failure [J] . J Nucl Med, 2001, 42(1): 55–62.
- [18] WERNER R A, WAKABAYASHI H, BAUER J, et al. Longitudinal ^{18}F -FDG PET imaging in a rat model of autoimmune myocarditis [J] . Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2019, 20(4): 467–474.
- [19] MESQUITA C T, REZENDE M F. Precision medicine: can ^{18}F -FDG PET detect cardiotoxicity phenotypes? [J] . Arq Bras Cardiol, 2022, 119(1): 109–110.
- [20] DIEKMANN J, BENDEL F M. Clinical use of cardiac nuclear medicine in Germany [J] . Dtsch Med Wochenschr, 2022, 147(9): 538–548.
- [21] LU X, CALABRETTA R, WADSAK W, et al. Imaging inflammation in atherosclerosis with CXCR4-directed ^{68}Ga PentixaFor PET/MRI-compared with ^{18}F FDG PET/MRI [J] . Life (Basel), 2022, 12(7): 1039.
- [22] HARPER A A, ADAMS D J. Electrical properties and synaptic transmission in mouse intracardiac ganglion neurons *in situ* [J] . Physiol Rep, 2021, 9(18): e15056.
- [23] ASSANTE R, D'ANTONIO A, MANNARINO T, et al. Simultaneous assessment of myocardial perfusion and adrenergic innervation in patients with heart failure by low-dose dual-isotope CZT SPECT imaging [J] . J Nucl Cardiol, 2022, 29(6): 3341–3351.
- [24] GOLDSTEIN D S. Sympathetic neuroimaging [M] //Autonomic Nervous System. Amsterdam: Elsevier, 2013: 365–370.
- [25] PITTON RISSARDO J, FORNARI CAPRARA A L. Cardiac ^{123}I -metaiodobenzylguanidine (MIBG) scintigraphy in Parkinson's disease: a comprehensive review [J] . Brain Sci, 2023, 13(10): 1471.
- [26] GUIMARÃES S L, BRANDÃO S C S, ANDRADE L R, et al. Cardiac sympathetic hyperactivity after chemotherapy: early sign of cardiotoxicity? [J] . Arq Bras Cardiol, 2015, 105(3): 228–234.
- [27] FRANZIUS C, HERMANN K, WECKESSER M, et al. Whole-body PET/CT with ^{11}C -meta-hydroxyephedrine in tumors of the sympathetic nervous system: feasibility study and comparison with ^{123}I -MIBG SPECT/CT [J] . J Nucl Med, 2006, 47(10): 1635–1642.
- [28] 尹大一, 刘 健, 张晓军, 等. ^{11}C -(-)间羟基麻黄素的合成及 Micro PET显像 [J] . 同位素, 2012, 25(1): 21–26.
YIN D Y, LIU J, ZHANG X J, et al. Radiosynthesis of ^{11}C -meta-(-) Hydroxyephedrine and micro PET imaging [J] . J Isot, 2012, 25(1): 21–26.
- [29] VYAKARANAM A R, MAHAMED M M, HELLMAN P, et

- al. Non-invasive imaging of sympathetic innervation of the pancreas in individuals with type 2 diabetes [J]. *Diabetologia*, 2024, 67(1): 199–208.
- [30] ZHANG H W, HUANG R M, PILLARSETTY N, et al. Synthesis and evaluation of ^{18}F -labeled benzylguanidine analogs for targeting the human norepinephrine transporter [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2014, 41(2): 322–332.
- [31] GARG P K, GARG S, ZALUTSKY M R. Synthesis and preliminary evaluation of para- and meta- [^{18}F] fluorobenzylguanidine [J]. *Nucl Med Biol*, 1994, 21(1): 97–103.
- [32] ZHANG H W, HUANG R M, CHEUNG N V, et al. Imaging the norepinephrine transporter in neuroblastoma: a comparison of [^{18}F] -MFBG and ^{123}I -MIBG [J]. *Clin Cancer Res*, 2014, 20(8): 2182–2191.
- [33] 汪 娇, 李剑明. ^{18}F -MFBG新型正电子心脏交感神经显像剂的最新研究进展 [J]. *心血管病学进展*, 2024, 45(9): 802–805.
WANG J, LI J M. Update research of ^{18}F -MFBG novel positron cardiac sympathetic imaging agent [J]. *Adv Cardiovasc Dis*, 2024, 45(9): 802–805.
- [34] BARTON A K, TZOLOS E, BING R, et al. Emerging molecular imaging targets and tools for myocardial fibrosis detection [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2023, 24(3): 261–275.
- [35] BARTON A K, CRAIG N J, LOGANATH K, et al. Myocardial fibroblast activation after acute myocardial infarction: a positron emission tomography and magnetic resonance study [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2025, 85(6): 578–591.
- [36] WEI Z X, XU H C, CHEN B X, et al. Early detection of anthracycline-induced cardiotoxicity using [^{68}Ga] Ga-FAPI-04 imaging [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2024, 51(8): 2204–2215.
- [37] JIANG M M, ZHANG G L, LI L, et al. Case report: a case report of myocardial fibrosis activation assessment after unstable angina using ^{68}Ga -FAPI-04 PET/CT [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2024, 11: 1332307.
- [38] ZHANG M, QUAN W W, ZHU T Q, et al. [^{68}Ga] Ga-DOTA-FAPI-04 PET/MR in patients with acute myocardial infarction: potential role of predicting left ventricular remodeling [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2023, 50(3): 839–848.
- (收稿日期: 2025-01-22 修回日期: 2025-02-13)

《中国癌症杂志》2025年征订启事

《中国癌症杂志》1991年创刊，是由中华人民共和国教育部主管、复旦大学附属肿瘤医院主办的全国性肿瘤类学术期刊。名誉主编为汤钊猷、曹世龙教授，主编为沈镇宙教授。其宗旨是“服务读者，成就作者”。

《中国癌症杂志》为中文核心期刊（《中文核心期刊要目总览（2020年版）》收录）、中国科技核心期刊、中国科学引文数据库（CSCD）来源期刊、“中国精品科技期刊顶尖学术论文（F5000）”项目来源期刊，并被国内其他多家大型数据库收录。国际上，《中国癌症杂志》目前被荷兰Scopus数据库、DOAJ数据库、波兰《哥白尼索引》、美国《化学文摘》（CA）、日本科学技术振兴机构数据库（JST）以及WHO西太平洋地区医学索引（WPRIM）收录。

《中国癌症杂志》主要报道国内外肿瘤学领域前沿的研究内容，包括肿瘤的临床医学、基础医学、流行病学等。开设栏目包括专家述评与专题论著、论著、综述、论著选登、个案报道、指南与共识等。

《中国癌症杂志》为月刊，A4开本，80页，铜版纸（随文彩图）印刷，每月30日出版，单价30元，全年360元。国际标准连续出版物号（ISSN）1007-3639，国内统一连续出版物号（CN）31-1727/R，邮发代号4-575，读者可在当地邮政局订阅。

联系地址：上海市东安路270号复旦大学附属肿瘤医院10号楼415室

邮 编：200032

电 话：(021)64188274；(021)64175590转83574

网 址：www.china-oncology.com

电子邮箱：zgazzz@china-oncology.com

《中国癌症杂志》编辑部