

^{18}F -FDG PET/MRI在胰腺癌中的临床应用及新进展

Clinical application and new progress of ^{18}F -FDG PET/MRI in pancreatic cancer

Zhang Zaizhu, Zhou Nina, Zhu Hua, Yang Zhi

引用本文:

张在竹, 周妮娜, 朱华, 等. ^{18}F -FDG PET/MRI在胰腺癌中的临床应用及新进展[J]. 国际放射医学核医学杂志, 2022, 46(4): 235-239. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202103032-00164

Zhang Zaizhu, Zhou Nina, Zhu Hua, et al. Clinical application and new progress of ^{18}F -FDG PET/MRI in pancreatic cancer[J]. *International Journal of Radiation Medicine and Nuclear Medicine*, 2022, 46(4): 235-239. DOI: 10.3760/cma.j.cn121381-202103032-00164

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202103032-00164>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

^{18}F -FDG PET/CT与 ^{18}F -FDG PET/MRI在卵巢癌临床应用中的进展

Advances in clinical application of ^{18}F -FDG PET/CT and ^{18}F -FDG PET/MRI in ovarian cancer

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(5): 441-446 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.05.010>

PET/CT和PET/MR在黑色素瘤中的临床应用及新进展

Clinical application and new progress of PET/CT and PET/MR imaging in malignant melanoma

国际放射医学核医学杂志. 2019, 43(1): 68-75 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2019.01.012>

^{18}F -FDG PET/CT在胃癌中的临床应用进展

Research progress in the clinical application of ^{18}F -FDG PET/CT in gastric cancer

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(12): 775-779 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201908004-00097>

^{18}F -FDG PET/CT在脊柱感染诊治中的应用及与MRI的比较

Application of ^{18}F -FDG PET/CT in the diagnosis and treatment of spinal infection and comparison with MRI

国际放射医学核医学杂志. 2021, 45(10): 659-662 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202012008-00101>

^{18}F -FDG PET/CT在胃癌分期、复发检测及预后评估中的应用价值

Progress in research on the use of ^{18}F -FDG PET/CT in the staging, recurrence detection, and prognosis evaluation of patients with gastric carcinoma

国际放射医学核医学杂志. 2018, 42(6): 541-546 <https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1673-4114.2018.06.012>

术前 ^{18}F -FDG PET/CT显像代谢参数在非小细胞肺癌患者预后评估中的应用进展

Application progress of preoperative ^{18}F -FDG PET/CT imaging metabolic parameters in the prognostic evaluation of patients with non-small cell lung cancer

国际放射医学核医学杂志. 2020, 44(11): 704-708 <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-201908030-00090>

·综述·

¹⁸F-FDG PET/MRI 在胰腺癌中的临床应用及新进展

张在竹 周妮娜 朱华 杨志

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

通信作者: 杨志, Email: pekyz@163.com

【摘要】 胰腺癌是一种恶性程度高、易转移、进展快、预后差的恶性肿瘤, 早期诊断、准确分期和及时的疗效评估对胰腺癌患者至关重要。一体化的 PET/MRI 作为一种新型的多模态成像技术, 集合了 MRI 对软组织分辨率高、多序列、多参数和 PET 代谢显像的高灵敏度等优势, 在胰腺癌患者的肿瘤分期、疗效评估、预后预测、复发监测等方面具有潜在的应用价值。因此, 笔者就¹⁸F-氟脱氧葡萄糖(FDG)PET/MRI 的优势及其在胰腺癌中的临床应用及新进展进行综述。

【关键词】 胰腺肿瘤; 正电子发射断层显像术; 磁共振成像; 氟脱氧葡萄糖 F18

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202103032-00164](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202103032-00164)

Clinical application and new progress of ¹⁸F-FDG PET/MRI in pancreatic cancer

Zhang Zaizhu, Zhou Nina, Zhu Hua, Yang Zhi

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

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

【Abstract】 Pancreatic cancer is a malignant tumor with high malignant degree, easy metastasis, rapid progression and poor prognosis, so early diagnosis, accurate staging and timely efficacy evaluation are crucial for patients with pancreatic cancer. As a novel multimodality imaging technology, integrated PET/MRI combines with high resolution for soft-tissue, multi-sequences, multi-parameters of MRI and high sensitivity of PET metabolic imaging, it has potential application value in tumor staging, efficacy evaluation, prognosis prediction, and recurrence monitoring of pancreatic cancer patients. Therefore, this paper reviews the advantages of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose (FDG) PET/MRI and its clinical application and new progress in pancreatic cancer.

【Key words】 Pancreatic neoplasms; Positron-emission tomography; Magnetic resonance imaging; Fluorodeoxyglucose F18

DOI: [10.3760/cma.j.cn121381-202103032-00164](https://doi.org/10.3760/cma.j.cn121381-202103032-00164)

胰腺癌是一种恶性程度高、易转移、进展快、预后差的恶性肿瘤, 是全球因癌症死亡的第七大病因, 患者的5年生存率仅为9%, 其唯一有希望治愈的方法是根治性手术切除^[1-3]。然而, 只有20%的胰腺癌患者有手术治疗的机会, 超过50%的患者在初诊时就发现了远处转移灶^[1,3]。为了选择最合适的治疗方法(如手术切除、手术后的新辅助治疗或姑息治疗), 早期诊断、准确分期和及时的疗效评估对

胰腺癌患者至关重要^[3-4], 而在这些过程中, 影像学方法发挥着无可替代的重要作用。

近年来, 一体化的 PET/MRI 作为一种新型的将 PET 和 MRI 有机整合的多模态成像系统, 实现了2种不同设备在相同空间内对各自数据的同时采集, 兼具各设备的独立功能, 既结合了 MRI 的高软组织分辨率与多参数、多功能成像特性, 又结合了 PET 的放射性示踪剂代谢高灵敏度以

及数据量化特性^[5],因此,PET/MRI在反映解剖学结构形态和生理学功能信息方面具有独特优势。PET/MRI现已被用于全身多种肿瘤诊断和治疗方面的研究,在胰腺癌中的应用也崭露头角。因此,我们就¹⁸F-FDG PET/MRI的优势及其在胰腺癌诊断和治疗中的应用及新进展综述如下。

1 PET/MRI的优势

与PET/CT相比,PET/MRI在评估胰腺占位时具有许多优势。PET/CT受自由呼吸、低剂量射线等原因的限制,无法对复杂的腹膜后间隙内摄取放射性示踪剂的病灶进行精准地解剖学评估。MRI虽然也在一定程度上受呼吸运动的影响,但其提供了比CT更好的信噪比和对比度噪声比,从而大大提高了软组织分辨率^[5-6]。此外,MRI的多参数成像[包括压脂T2加权成像(weighted imaging, WI)和动态T1WI压脂对比增强成像]与多功能成像技术[如弥散加权成像、磁共振波谱和灌注成像]相结合,可以帮助识别、定位和定性常规成像无法显示的病变。

PET/CT的另一主要局限是图像需按顺序采集,即先行低剂量衰减校正的CT扫描,然后行PET扫描,进而融合2个图像,这无疑进一步减弱了PET/CT准确定位病灶的功能。而PET/MRI作为一种新型的多模态融合成像技术,整合了PET与MRI2种独立的显像技术,实现了解剖、功能、代谢和生化影像的实时融合,做到了真正意义上的数据同步采集,这使得PET呈现的高代谢病变能够在解剖结构上得到更精准的定位^[5-8]。PET/MRI还能通过对采集数据的生理门控,最大限度地减少运动诱发的伪影,特别是上腹部的伪影。此外,还有研究者尝试将运动校正整合到PET重建过程中,并采用先进的运动校正算法,以充分发挥PET/MRI一体化的潜力^[5-8]。一体化PET/MRI的采集时间比PET/CT长,因此可以收集更多的PET数据,与PET/CT相比,其降低了噪声并提高了对细微病变检出的灵敏度^[5-8]。

与PET/CT相比,PET/MRI显著降低了辐射剂量,避免了CT检查的辐射。假设PET/CT的平均辐射剂量为14 mSv,PET/MRI的平均辐射剂量可降低至7~10 mSv^[9]。

2 ¹⁸F-FDG PET/MRI在胰腺癌诊断和治疗中的应用

随着一体化PET/MRI成像系统的成功研发并应用于临床,其所具有的优势在胰腺癌的病灶检出、初始分期、术前评估、疗效评估、预后评估和复发监测中已逐渐显现。

2.1 在原发灶检出中的价值

2011年,Tatsumi等^[10]研究发现,通过PET与T1WI或T2WI的融合图像诊断胰腺癌的准确率(分别为93.0%和90.7%)优于PET/CT(88.4%)。随后,Nagamachi等^[11]的研究结果也表明,与PET/CT相比,PET/MRI融合图像诊断

胰腺癌的准确率(96.6%)、特异度(82.6%)和阳性预测值(96.9%)更高;此外,该研究结果还表明,PET/MRI对肿瘤内部结构(如分隔和壁结节)、邻近的血管、胆总管、主胰管及胃肠道受侵等的检出率明显高于PET/CT^[11]。虽然上述研究中的PET/MRI成像结果是基于PET和MRI的回顾性融合图像分析,但是我们有理由相信一体化的PET/MRI图像可以提供相同的甚至更好的结果。

2.2 在初始分期及术前评估中的价值

对于胰腺癌这种预后极差的肿瘤,评估其初始分期和可切除性,尤其是N分期和M分期,对于选择最合适的治疗方案(例如手术切除、手术后的新辅助治疗或姑息治疗)以及预测患者的预后至关重要。其中,手术切除获得切缘阴性的切除效果才是有效的治疗,因此,术前评估肿瘤的可切除性也对预测患者的预后至关重要。PET/CT作为一种全身性的检查方法,对胰腺癌的初始分期及术前评估具有重要的应用价值。然而,PET/CT对于肿瘤边缘的显示、邻近组织受侵情况的评估、淋巴结转移及微小的远处转移病灶的探测存在不足。而PET/MRI因具有高软组织分辨率及多参数成像等特点,有望弥补PET/CT的不足。

Chen等^[12]探讨了一体化PET/MRI中来自PET、DWI和磁共振波谱的多个影像学参数[最小表观扩散系数(minimum apparent diffusion coefficient, ADC_{min})、胆碱水平、代谢肿瘤体积(metabolic tumor volume, MTV)、总病灶糖酵解(total lesion glycolysis, TLG)]与胰腺癌的TNM临床分期之间的相关性,结果显示,ADC_{min}在N1和3+期肿瘤中更小;胆碱水平在T4期肿瘤中更高;TLG水平在T4、N1和3+期肿瘤中更高;MTV和MTV/ADC_{min}比值在T4、N1、M1和3+期肿瘤中更大;此外,与MTV和ADC_{min}相比,MTV/ADC_{min}比值以11.6、17.8、13.0及7.0为临界值预测T4、N1、M1和3+期肿瘤时,其AUC均最大,上述研究结果表明,PET/MRI的影像学参数可以预测胰腺癌的临床分期。Joo等^[13]研究发现,PET/MRI在胰腺癌术前分期(N和M分期)和可切除性评估的诊断效能方面,与PET/CT联合增强CT的诊断效能相当。郝利国等^[14]也探究了PET/MRI在评估胰腺癌可切除性中的应用价值,结果显示,与增强MRI相比,PET/MRI具有更高的诊断灵敏度(85.45%)、特异度(93.18%)和阳性预测值(91.32%),且差异有统计学意义($P<0.05$)。Furtado等^[15]探究了25例胰腺癌患者的37次PET/MRI结果对治疗策略改变的影响,结果显示,49%(18/37)的PET/MRI结果改变了患者的治疗策略,此研究同样肯定了PET/MRI在胰腺癌患者初始分期和治疗策略中的重要性。因此,PET/MRI作为一种一体化的检查技术,极有可能成为胰腺癌术前评估的一种重要方法,从而改进检查流程,且一体化PET/MRI成像可以缩短

可疑胰腺癌的影像学检查时间,避免因胰腺癌的侵袭性等生物学特性而由可切除状态转变为不可切除状态,从而发挥有价值的作用。

此外,值得注意的是,胰腺癌通常首先转移到肝脏和腹膜。然而,由于肝脏摄取 ^{18}F -FDG的本底较高以及其他固有的技术限制,PET/CT对肝脏病变的评估往往受到限制^[16-17]。同样,PET/CT在检测微小的腹膜转移灶方面也面临严峻的挑战^[18]。而一体化的PET/MRI不仅能发挥PET的功能显像在M分期方面的优势,还可以通过MRI直接弥补PET/CT用于肝脏评估的技术局限性^[19-21]。PET提供的功能和代谢信息也可以提高MRI诊断腹膜病变的准确率。因此,虽然Lee等^[4]基于对10项使用PET/CT或PET/MRI评估胰腺癌初始分期的研究所做的荟萃分析,结果显示,PET/CT和PET/MRI在评估淋巴结转移方面具有相似的高特异度,在评估远处转移方面具有相似的高特异度和灵敏度,但我们认为PET/MRI极有可能具有比PET/CT更高的诊断准确率,尤其是远处转移的诊断准确率。此外,Gao等^[22]研究发现,PET/MRI的多个参数(如TLG)很可能是预测胰腺癌转移的可靠的生物标志物。当然,未来仍需更多的研究结果证实PET/MRI在胰腺癌分期中的优势。

2.3 在疗效评估中的价值

大部分胰腺癌被发现时已处于临界可切除、局部进展或发生远处转移的状态,而新辅助治疗或姑息治疗是其治疗的首选方法。新辅助治疗或姑息治疗后,准确的疗效评估对于手术时机的把握和后续治疗方案的选择至关重要。而普通的CT和MRI对于早期准确评估临界可切除的、局部晚期的和已发生转移的胰腺癌的治疗疗效有一定的局限性。已有研究表明,根据实体肿瘤的反应评估标准(RECIST),CT所测的肿瘤大小的改变低估了新辅助治疗在临界可切除的胰腺癌中的效能^[23],这可能与解剖成像不能区分存活的肿瘤组织和治疗后纤维化的组织有关,因此,其降低了新辅助治疗后判定肿瘤是否可切的准确率。在局部进展或发生远处转移的胰腺癌中,肿瘤大小的改变同样是一个相对较晚的终点。因此,许多患者可能在等待解剖成像确定治疗疗效的同时,错失了手术的机会或不再适合进行二线治疗。而PET/MRI具有PET的功能成像和弥散WI成像等多参数成像等优势,有望克服CT和MRI评估治疗疗效的局限性,实现更早和更有效地监测治疗疗效。

Panda等^[24]探讨了PET/MRI的影像学参数在评估临界可切除和局部进展的胰腺癌的新辅助治疗的疗效中的价值,结果显示,治疗有效者的代谢参数[完全代谢反应、 $\Delta\text{SUV}_{\text{max}}$ 、葡萄糖校正 $\Delta\text{SUV}_{\text{max}}$ ($\Delta\text{SUV}_{\text{gluc}}$)]显著高于治疗无效者,且 $\Delta\text{SUV}_{\text{max}}$ 、 $\Delta\text{SUV}_{\text{gluc}}$ 均以临界值-64%来区分治疗有效和无效者;该研究结果表明,PET/MRI的代谢参

数可以用于评估临界可切除和局部进展的胰腺癌在新辅助治疗后的疗效,进而指导新辅助治疗后的治疗决策。Wang等^[25]探讨了13例局部进展和发生转移的胰腺癌患者在治疗前和治疗后4周的PET/MRI影像学参数的差异,结果显示,治疗有效者在治疗前后的MTV减小值、TLG水平降低值和 ADC_{mean} 、 ADC_{min} 增大值显著高于治疗无效者;该研究结果表明,PET/MRI可以为局部进展和发生转移的胰腺癌患者提供早期的治疗疗效评估。因此,PET/MRI的影像学参数有望将无效治疗的药物毒性降至最低,并指导临床医师尽早调整无效者的治疗计划。

2.4 在预后评估及复发监测中的价值

近年来,尽管胰腺癌在治疗方面取得了进展,但其预后仍然不良,因此在胰腺癌诊治过程中,预后评估也十分重要。Chen等^[26]探讨了PET/MRI、动态增强MRI、弥散WI成像、磁共振波谱等影像学参数与胰腺癌患者总生存期(overall survival, OS)的相关性,结果显示,低TNM分期(≤ 3)、高peak值、高 ADC_{min} 和低TLG水平的患者的OS较长;此外,高TLG/peak比值与短OS密切相关,且在一组未接受根治性手术的患者中,TLG/peak比值是OS的独立预测因子。Chen等^[12]的研究结果还表明,在调整了年龄、性别、肿瘤大小和分期后,MTV/ ADC_{min} 比值是预测无进展生存期(progression-free survival, PFS)的独立预测因子。Dunet等^[27]也探讨了PET和MRI的影像学参数对未经治疗的胰腺癌患者的OS、疾病特异性生存期和PFS的预后价值,结果表明,MTV是OS和疾病特异性生存期的独立预测因子,扩散总体积(DTV)是PFS的独立预测因子。此外,有研究者探讨了PET/MRI的影像学参数在预后评估中的价值:Wang等^[25]的研究结果显示,局部进展和发生转移的胰腺癌患者在化疗4周后,以PET的MTV减小60%或TLG水平降低65%及MRI的 ADC_{mean} 或 ADC_{min} 增加20%为临界值,有效者比无效者有更长的PFS和OS;Panda等^[24]的研究结果显示,临界可切除和局部进展的胰腺癌在新辅助治疗后,其完全代谢反应、 $\Delta\text{SUV}_{\text{max}}$ 、 $\Delta\text{SUV}_{\text{gluc}}$ 与OS密切相关。上述研究结果均表明,PET/MRI的多个影像学参数有助于未治疗及治疗后的胰腺癌患者的预后评估。

胰腺癌手术切除后的复发很常见,早期检出复发灶对治疗策略的制定至关重要^[28]。术后的改变可以模拟或掩盖肿瘤的复发,因此,普通的CT和MRI常常误诊或漏诊复发病灶。由于PET/CT是功能成像,因此在复发监测方面,PET/CT显示出比CT或MRI更高的灵敏度^[29]。然而,化疗或放疗导致的纤维化或手术后局部解剖的改变,也会在一定程度上影响PET/CT的评估,尤其是很难评估复杂的腹膜后间隙中摄取 ^{18}F -FDG的病灶。一体化的PET/MRI具有良好的空间协同定位能力,结合MRI优越的软组织分辨率,可

在一定程度上克服术后解剖结构的复杂并提高对复发病灶的检出率。当然, 未来仍需更多的研究结果证实这一推测。

3 小结与展望

综上所述, PET/MRI 集 PET 高灵敏度的代谢和功能显像与 MRI 的高软组织分辨率、多序列、多参数成像等优势于一身, 有助于早期诊断和鉴别诊断胰腺癌并进行准确地 TNM 分期, 尤其是 T 和 M 分期, 这不但能指导临床医师尽早制定个体化治疗方案, 还能进行疗效评估和预后预测等。然而, 目前的研究尚存在样本量较少、部分为异机融合等问题, 一体化 PET/MRI 在胰腺癌中应用的前瞻性、大样本量的研究报道仍缺乏, 尚需更多的研究证实 PET/MRI 在胰腺癌诊治中的价值。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 张在竹负责文献的查阅、综述的撰写; 周妮娜、朱华、杨志负责综述的审阅、修改及最终版本的修订

参 考 文 献

- [1] Siegel RL, Miller KD, Jemal A. Cancer statistics, 2020[J]. *CA Cancer J Clin*, 2020, 70(1): 7–30. DOI: 10.3322/caac.21590.
- [2] Bray F, Ferlay J, Soerjomataram I, et al. Global cancer statistics 2018: GLOBOCAN estimates of incidence and mortality worldwide for 36 cancers in 185 countries[J]. *CA Cancer J Clin*, 2018, 68(6): 394–424. DOI: 10.3322/caac.21492.
- [3] Lau SC, Cheung WY. Evolving treatment landscape for early and advanced pancreatic cancer[J/OL]. *World J Gastrointest Oncol*, 2017, 9(7): 281–292[2021-03-27]. <https://www.wjgnet.com/1948-5204/full/v9/i7/281.htm>. DOI: 10.4251/wjgo.v9.i7.281.
- [4] Lee JW, O JH, Choi M, et al. Impact of ¹⁸F-fluorodeoxyglucose PET/CT and PET/MRI on initial staging and changes in management of pancreatic ductal adenocarcinoma: a systemic review and meta-analysis[J/OL]. *Diagnostics (Basel)*, 2020, 10(11): 952[2021-03-27]. <https://www.mdpi.com/2075-4418/10/11/952>. DOI: 10.3390/diagnostics10110952.
- [5] Quick HH. Integrated PET/MR[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2014, 39(2): 243–258. DOI: 10.1002/jmri.24523.
- [6] Broski SM, Goenka AH, Kemp BJ, et al. Clinical PET/MRI: 2018 update[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 211(2): 295–313. DOI: 10.2214/ajr.18.20001.
- [7] Ward RD, Amorim B, Li WE, et al. Abdominal and pelvic ¹⁸F-FDG PET/MR: a review of current and emerging oncologic applications[J]. *Abdom Radiol (NY)*, 2021, 46(3): 1236–1248. DOI: 10.1007/s00261-020-02766-2.
- [8] 曾天翼, 宋少莉, 吕力琅. 一体化 PET/MR 技术的发展及临床应用[J]. *肿瘤影像学*, 2019, 28(4): 276–282. DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2019.04.013.
- [9] Zeng TY, Song SL, Lyu LL. Technical progress and clinical application of integrated PET/MR[J]. *Oncoradiology*, 2019, 28(4): 276–282. DOI: 10.19732/j.cnki.2096-6210.2019.04.013.
- [9] Torigian DA, Zaidi H, Kwee TC, et al. PET/MR imaging: technical aspects and potential clinical applications[J]. *Radiology*, 2013, 267(1): 26–44. DOI: 10.1148/radiol.13121038.
- [10] Tatsumi M, Isohashi K, Onishi H, et al. ¹⁸F-FDG PET/MRI fusion in characterizing pancreatic tumors: comparison to PET/CT[J]. *Int J Clin Oncol*, 2011, 16(4): 408–415. DOI: 10.1007/s10147-011-0202-x.
- [11] Nagamachi S, Nishii R, Wakamatsu H, et al. The usefulness of ¹⁸F-FDG PET/MRI fusion image in diagnosing pancreatic tumor: comparison with ¹⁸F-FDG PET/CT[J]. *Ann Nucl Med*, 2013, 27(6): 554–563. DOI: 10.1007/s12149-013-0719-3.
- [12] Chen BB, Tien YW, Chang MC, et al. PET/MRI in pancreatic and periampullary cancer: correlating diffusion-weighted imaging, MR spectroscopy and glucose metabolic activity with clinical stage and prognosis[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2016, 43(10): 1753–1764. DOI: 10.1007/s00259-016-3356-y.
- [13] Joo I, Lee JM, Lee DH, et al. Preoperative assessment of pancreatic cancer with FDG PET/MR imaging versus FDG PET/CT plus contrast-enhanced multidetector CT: a prospective preliminary study[J]. *Radiology*, 2017, 282(1): 149–159. DOI: 10.1148/radiol.2016152798.
- [14] 郝利国, 崔红升, 孟鑫, 等. PET/MRI 检查技术评估胰腺癌肿瘤可切除性的应用研究[J]. *临床放射学杂志*, 2017, 36(8): 1129–1133. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2017.08.020.
- [14] Hao LG, Cui HS, Meng X, et al. The value of resectability of pancreatic cancer by PET/MR[J]. *J Clin Radiol*, 2017, 36(8): 1129–1133. DOI: 10.13437/j.cnki.jcr.2017.08.020.
- [15] Furtado FS, Ferrone CR, Lee SI, et al. Impact of PET/MRI in the treatment of pancreatic adenocarcinoma: a retrospective cohort study[J]. *Mol Imaging Biol*, 2021, 23(3): 456–466. DOI: 10.1007/s11307-020-01569-7.
- [16] Wang XY, Yang F, Jin C, et al. Utility of PET/CT in diagnosis, staging, assessment of resectability and metabolic response of pancreatic cancer[J]. *World J Gastroenterol*, 2014, 20(42): 15580–15589. DOI: 10.3748/wjg.v20.i42.15580.
- [17] Pakzad F, Groves AM, Ell PJ. The role of positron emission tomography in the management of pancreatic cancer[J]. *Semin Nucl Med*, 2006, 36(3): 248–256. DOI: 10.1053/j.semnuclmed.2006.03.005.
- [18] Sahani DV, Bonaffini PA, Catalano OA, et al. State-of-the-art PET/CT of the pancreas: current role and emerging indications [J]. *Radiographics*, 2012, 32(4): 1133–1158. DOI: 10.1148/rg.324115143.
- [19] Izuishi K, Yamamoto Y, Sano T, et al. Impact of ¹⁸-fluorodeoxyglucose positron emission tomography on the management of pancreatic cancer[J]. *J Gastrointest Surg*, 2010, 14(7): 1151–1158. DOI: 10.1007/s11605-010-1207-x.

- [20] Lytras D, Connor S, Bosonnet L, et al. Positron emission tomography does not add to computed tomography for the diagnosis and staging of pancreatic cancer[J]. *Dig Surg*, 2005, 22(1/2): 55–61. DOI: [10.1159/000085347](https://doi.org/10.1159/000085347).
- [21] Farma JM, Santillan AA, Melis M, et al. PET/CT fusion scan enhances CT staging in patients with pancreatic neoplasms[J]. *Ann Surg Oncol*, 2008, 15(9): 2465–2471. DOI: [10.1245/s10434-008-9992-0](https://doi.org/10.1245/s10434-008-9992-0).
- [22] Gao J, Huang XY, Meng HP, et al. Performance of multiparametric functional imaging and texture analysis in predicting synchronous metastatic disease in pancreatic ductal adenocarcinoma patients by hybrid PET/MR: initial experience[J/OL]. *Front Oncol*, 2020, 10:198[2021-03-27]. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fonc.2020.00198/full>. DOI: [10.3389/fonc.2020.00198](https://doi.org/10.3389/fonc.2020.00198).
- [23] Katz MHG, Fleming JB, Bhosale P, et al. Response of borderline resectable pancreatic cancer to neoadjuvant therapy is not reflected by radiographic indicators[J]. *Cancer*, 2012, 118(23): 5749–5756. DOI: [10.1002/cncr.27636](https://doi.org/10.1002/cncr.27636).
- [24] Panda A, Garg I, Truty MJ, et al. Borderline resectable and locally advanced pancreatic cancer: FDG PET/MRI and CT tumor metrics for assessment of pathologic response to neoadjuvant therapy and prediction of survival[J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2021, 217(3): 730–740. DOI: [10.2214/ajr.20.24567](https://doi.org/10.2214/ajr.20.24567).
- [25] Wang ZJ, Behr S, Consunji MV, et al. Early response assessment in pancreatic ductal adenocarcinoma through integrated PET/MRI [J]. *AJR Am J Roentgenol*, 2018, 211(5): 1010–1019. DOI: [10.2214/ajr.18.19602](https://doi.org/10.2214/ajr.18.19602).
- [26] Chen BB, Tien YW, Chang MC, et al. Multiparametric PET/MR imaging biomarkers are associated with overall survival in patients with pancreatic cancer[J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2018, 45(7): 1205–1217. DOI: [10.1007/s00259-018-3960-0](https://doi.org/10.1007/s00259-018-3960-0).
- [27] Dunet V, Halkic N, Sempoux C, et al. Prediction of tumour grade and survival outcome using pre-treatment PET- and MRI-derived imaging features in patients with resectable pancreatic ductal adenocarcinoma[J]. *Eur Radiol*, 2021, 31(2): 992–1001. DOI: [10.1007/s00330-020-07191-z](https://doi.org/10.1007/s00330-020-07191-z).
- [28] Sperti C, Pasquali C, Bissoli S, et al. Tumor relapse after pancreatic cancer resection is detected earlier by 18-FDG PET than by CT[J]. *J Gastrointest Surg*, 2010, 14(1): 131–140. DOI: [10.1007/s11605-009-1010-8](https://doi.org/10.1007/s11605-009-1010-8).
- [29] Ruf J, Hänninen EL, Oettle H, et al. Detection of recurrent pancreatic cancer: comparison of FDG-PET with CT/MRI[J]. *Pancreatol*, 2005, 5(2/3): 266–272. DOI: [10.1159/000085281](https://doi.org/10.1159/000085281).

(收稿日期: 2021-03-28)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

2022 年本刊可直接使用缩写形式的常用词汇

ATP(adenosine-triphosphate), 三磷酸腺苷
AUC(area under curve), 曲线下面积
CI(confidence interval), 置信区间
CT(computed tomography), 计算机体层摄影术
CV(coefficient of variation), 变异系数
DNA(deoxyribonucleic acid), 脱氧核糖核酸
DTC(differentiated thyroid cancer), 分化型甲状腺癌
DTPA(diethylene-triaminepentaacetic acid), 二亚乙基三胺五乙酸
FDG(fluorodeoxyglucose), 氟脱氧葡萄糖
MDP(methylenediphosphonate), 亚甲基二膦酸盐
MIBI(methoxyisobutylisonitrile), 甲氧基异丁基异腈
MRI(magnetic resonance imaging), 磁共振成像
MTT(3-(4, 5-dimethylthiazol-2-yl)-2, 5-diphenyltetrazolium bromide), 3-(4, 5-二甲基噻唑-2)-2, 5-二苯基四氮唑溴盐
PBS(phosphate-buffered solution), 磷酸盐缓冲液
PCR(polymerase chain reaction), 聚合酶链反应
PET(positron emission tomography), 正电子发射断层显像术
RBC(red blood cell), 红细胞

RNA(ribonucleic acid), 核糖核酸
ROC(receiver operator characteristic), 受试者工作特征
ROI(region of interest), 感兴趣区
SER(sensitization enhancement ratio), 放射增敏比
SPECT(single photon emission computed tomography), 单光子发射计算机体层摄影术
SUV(standardized uptake value), 标准化摄取值
SUV_{max}(maximum standardized uptake value), 最大标准化摄取值
SUV_{min}(minimum standardized uptake value), 最小标准化摄取值
T₃(triiodothyronine), 三碘甲腺原氨酸
T₄(thyroxine), 甲状腺素
TNF(tumor necrosis factor), 肿瘤坏死因子
TNM(tumor, node, metastasis), 肿瘤、淋巴结、转移
T/NT(the ratio of target to non-target), 靶/非靶比值
TSH(thyroid-stimulating hormone), 促甲状腺激素
WBC(white blood cell count), 白细胞计数