

多模态生物医学成像技术-PET/CT 的临床应用价值

王荣福,王 飞

(北京大学第一医院,北京 100034)

摘要: PET/CT 是将具有高灵敏探测性能的正电子发射计算机断层显像(positron emission computed tomography, PET)与能反映精细解剖结构的 X-计算机体层摄影(X-computed tomography, X-CT)两台不同性能的医学影像设备整合在同一个机架,合二为一的多模态生物医学成像新设备与技术,是功能显像和解剖显像的有机结合。PET/CT 在肿瘤的诊断与鉴别诊断、分期、疗效评估及预后判断发挥了重要作用,并广泛应用于临床,其临床应用价值已得到认可。

关键词: 正电子发射计算机断层显像; X-计算机体层摄影; 多模态生物医学成像; 肿瘤; 临床价值

中图分类号: R73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-170X(2017)06-0461-03

doi: 10.11735/j.issn.1671-170X.2017.06.B001

Multimodal Biomedical Imaging Technology-clinical Value of PET/CT

WANG Rong-fu, WANG Fei

(Peking University First Hospital, Beijing 100034, China)

Abstract: Positron emission tomography/computed tomography (PET/CT) is the multimodal fusion technology that combines the positron emission tomography (PET) with high detective sensitivity and X-computed tomography (X-CT) which provides detailed anatomical information. This new biomedical imaging scanner is the integration of metabolic and anatomical imaging. PET/CT plays an important role in the diagnosis, differential diagnosis, staging, therapeutic efficacy and prognosis evaluation of tumor. It has been widely used in clinical medicine and the value of clinical application of PET/CT has been widely recognized.

Subject words: positron emission tomography; computed tomography; multimodality biomedical imaging; tumor; clinical value

分子影像学作为一门新兴的交叉学科,通过无创性成像手段,在细胞和分子水平上检测活体分子过程的主要事件,了解体内特异性基因或蛋白质表达位点、水平、分布及持续时间,进行实时、无创、动态、定性或定量的可视化评估,是目前精准医学发展的必然趋势及要求^[1]。随着“精准医疗”大力推动,近年来分子影像学,尤其多模态生物医学成像技术的快速发展、势在必得^[2]。PET/CT 是目前比较成熟的多模态生物医学成像技术之一, PET/CT 是指将高性能的 PET 与 CT 有机地结合在同一设备上同时提供

受检者在同一条件下的解剖结构与功能代谢相融合的图像的一种先进新型的医学影像技术^[3],实现了 PET 与 CT 两种设备的同机整合与两种图像的同机融合,形成了两种先进技术的优势互补,具有极高的诊断性能与临床应用价值^[4]。

¹⁸F-FDG PET/CT 显像对血液系统恶性疾病的诊断具有重要的临床应用价值。第四军医大学唐都医院郭坤等^[5]回顾性分析了经穿刺和手术病理明确最终诊断的 74 例淋巴瘤患者的 ¹⁸F-FDG PET/CT 显像特征,分析 ¹⁸F-FDG PET/CT 诊断结果与病理诊断一致性,同时探讨 PET/CT 显像特征如是否伴脾大、结外侵犯、浅表及深部淋巴结累及 SUVmax 等与病理类型的相关性。结果发现 74 例 ¹⁸F-FDG PET/CT 考虑为淋巴瘤可能的患者中,最终病理明确为淋巴瘤者占 70.27%(52/74),淋巴瘤 SUVmax 明显高于非

基金项目: 国家自然科学基金(81071183); 国家重大科学仪器设备开发专项 (2011YQ03011409); 十二五国家支撑项目基金 (2014BAA03B03)

通讯作者: 王荣福,教授,主任医师,博士生导师,博士;北京大学第一医院核医学科;北京市西城区西什库大街 8 号(100034); E-mail: rongfu_wang@163.com

收稿日期: 2017-06-18

淋巴瘤(10.68 ± 4.49 vs 5.04 ± 2.63 , $t = -5.490$, $P = 0.001$), 其中霍奇金病(HD)占 25.00% (13/52), 非霍奇金淋巴瘤(NHL)占 75.00% (39/52)。不同病理类型淋巴瘤 ^{18}F -FDG PET/CT 显像特征不同, 其中弥漫大 B 细胞淋巴瘤累及范围广泛, NK/T 细胞淋巴瘤以累及鼻腔多见。哈尔滨医科大学附属第一医院李勇等^[6]探讨 ^{18}F -FDG PET/CT 对于多发性骨髓瘤的诊断价值, 选择临床拟诊断为骨髓瘤的 30 例患者, 利用 CT、PET 及 PET/CT 3 种诊断方法分别进行诊断, 并与病理结果(23 例骨髓瘤, 7 例骨骼转移瘤)进行对照, 分析不同方法的诊断灵敏度和特异性。结果表明 PET 诊断的灵敏度为 34.8%~47.8%, 特异性为 57.1%~71.4%, 诊断符合率为 40.0%~50.0%; CT 诊断分别为 73.9%~86.9%, 71.4%~85.7% 和 80.0%~86.6%; PET/CT 诊断分别为 82.6%~100%, 42.9%~71.4% 和 80.0%~90.0%。PET/CT 诊断的灵敏度和诊断符合率均高于单独 PET 和 CT, ^{18}F -FDG PET/CT 在诊断骨髓瘤具有较高的价值, 但需与其它多发骨骼转移瘤相鉴别。北京大学第一医院赵靖和王荣福^[7]对 ^{18}F -FDG PET/CT 在急性白血病中的应用进展进行综述, 急性白血病治疗后首次缓解率很高, 但其复发率及死亡率也不低, 尤其髓外浸润灶的早期诊断, 仍然是临床面临的重大挑战。目前国内外关于 ^{18}F -FDG PET/CT 应用于白血病诊治尚未系统研究, 但 ^{18}F -FDG PET/CT 能在保持 PET 高灵敏度探测的同时, 通过多层螺旋 CT 的高分辨率, 显示病变的精细结构特征, 提高病变的检测能力和准确率。大量研究表明, 特别是在白血病髓外浸润灶的检出和复发监测方面, 多模态 PET/CT 检查具有显著优势。

心脏占位性病变主要包括血栓和肿瘤, 血栓临床较为常见, 而心脏肿瘤较少见。近年来, 国内外就 PET/CT 在心脏肿瘤应用报道较少。首都医科大学附属北京安贞医院卢霞等^[8]回顾性分析行 ^{18}F -FDG PET/CT 全身显像、以手术病理或随访结果为依据确诊的 27 例心脏肿瘤患者, 评价 ^{18}F -FDG PET/CT 在心脏肿瘤诊断中的临床应用价值。结果显示 27 例心脏肿瘤患者中, 恶性 11 例, 良性占位 16 例, ^{18}F -FDG PET/CT 显像, 恶性占位($n=11$)平均 SUV_{max} 9.03 ± 4.5 (2.0 ± 15.9) 明显高于良性心脏占位性病变($n=16$)平均 SUV_{max} 3.25 ± 2.51 (0.6 ± 10.2), 全身 ^{18}F -FDG PET/CT 检查对心脏肿瘤, 特别是原发性心脏肿瘤良

恶性诊断有重要的临床价值。

随着分子影像学新技术的迅速发展, PET/CT 在肿瘤的诊断及分期方面应用广泛, 具有重要的临床价值^[9]。尤其部分新型显像剂的应用, 使其在甲状腺癌复发、转移的检测以及预后的评估中起到重要的作用。北京大学第一医院孙丽昕和王荣福^[10]报道 PET/CT 在协助甲状腺癌诊断、分期、治疗后疗效评价及预后评估等方面具有重要临床应用价值。 ^{18}F -FDG PET/CT 根据特殊的葡萄糖代谢机制, 应用于甲状腺癌患者血清 Tg 水平升高, 但 ^{131}I 全身显像阴性情况下复发及转移灶的评估具有重要临床价值。近年来随着各种新型正电子放射性药物研发及应用, 诸如 ^{18}F -FDOPA、 ^{68}Ga -DOTATATE, PET/CT 在各种病理分型的甲状腺癌治疗方案选择及患者预后评估中起到重要作用。Groot 等^[11]对 26 例甲状腺髓样癌患者的 PET/CT、 $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (V)-DMSA、超声、CT 及 MR 检查结果进行对比分析, 结果显示 PET/CT 对局部转移具有更高的灵敏度, 但部分 ^{18}F -FDG 对甲状腺髓样癌研究中出现假阴性结果, 尤其是在患者处于降钙素较低的情况下。随着甲状腺癌的发病率逐渐上升, PET/CT 在甲状腺癌的早期分期、治疗后复发转移及治疗方案的选择等方面均有不可替代的作用。尤其随着更多新型特异性显像剂的出现, PET/CT 对不同病理类型甲状腺癌的治疗方案的选择, 预后评估的价值更加凸显出来, 但仍需要开展更多的多中心和大样本的临床试验进行评价。

多模态影像技术是近年的一种新兴技术, 其通过联合多种成像技术、融合不同模态图像的信息, 以同时获得机体多方面信息, 从而使信息互补及交叉验证成为可能^[2,12]。哈尔滨医科大学附属肿瘤医院赵升等^[13]对术前 34 例直肠癌患者进行前瞻性 MRI 和 PET/CT 联合研究, 评价术前 PET/CT 代谢参数和 MRI-DWI 在预测直肠癌区域淋巴结 (regional lymph node, rLN) 转移中的价值, 结果发现 rLN 转移阳性组的 MTVs、TLGs 显著高于 rLN 转移阴性组, 而 AD-Cmean 显著低于 rLN 转移阴性组 ($P < 0.05$)。PET/CT 代谢参数和 MR-DWI ADC 值对直肠癌术前区域淋巴结良恶性的评估具有指导意义, TLG 2.5 可作为预测直肠癌区域淋巴结转移的重要危险因素。

核医学核素示踪分子功能显像基本原理是将极微量的分子探针或显像剂通过不同方式引入活体,

因其理化性质和生物学行为不同而选择性地聚集在相应的脏器、组织和细胞部位,以影像方式可视化定性并进行计算机勾画感兴趣区或进行数学-生理模型定量分析,进而对脏器、组织和细胞水平的功能、代谢情况及某些受体功能状况做出判断,最终实现在分子水平上对疾病的诊断^[14,15]。济南大学刘岩等^[16]对 PET、SPECT、超声分子成像、MRI 和光学成像等分子影像技术在细胞凋亡研究现状与进展进行了较全面综述。细胞凋亡是由多种基因调控的主动性细胞死亡过程,通过放疗、化疗等手段诱导肿瘤细胞凋亡是各种抗肿瘤治疗的主要机制之一。分子影像学可以在细胞和分子水平上对活体内细胞凋亡的生物过程和某些疾病的发生机制进行定性、定量、实时监测,分子影像使得许多亚临床状态的疾病和隐匿的遗传性疾病得以明确诊断^[18]。近年来,肿瘤细胞凋亡的生物学研究越来越深入,进一步阐明了肿瘤细胞凋亡的发生过程,随着多模态分子影像技术迅速发展,二者的有机结合必将推动针对肿瘤细胞凋亡的新标志物研发,推动活体内肿瘤细胞凋亡的研究并临床转化进程成为肿瘤诊治的关键。

参考文献:

- [1] Wang RF. Application progress on molecular nuclear medicine[J]. Chin J Clinical Image, 2008, 19(8): 585-590. [王荣福. 分子核医学应用进展 [J]. 中国临床影像杂志, 2008, 19(8): 585-590.]
- [2] Tong ZH, Wang RF. Advancement of clinical application based on multi-mode molecular imaging[J]. CT Theory and Applications, 2014, 23(4): 707-714. [佟正灏, 王荣福. 多模态影像技术在临床中的应用进展 [J]. CT 理论与应用研究, 2014, 23(4): 707-714.]
- [3] Wang RF. PET/CT-a novel technological application of molecular imaging [M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2011. [王荣福. PET/CT—分子影像学新技术应用 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2011.]
- [4] Wang RF. PET/CT molecular imaging technology application in tumor [J]. Journal of Chinese Oncology, 2011, 17(10): 727-729. [王荣福. PET/CT 分子影像新技术在肿瘤应用[J]. 肿瘤学杂志, 2011, 17(10): 727-729.]
- [5] Guo K, Huang Y, Li YB, et al. ¹⁸F-FDG PET/CT imaging features in different pathological types of malignant lymphoma[J]. Journal of Chinese Oncology, 2017, 23(6): 479-482. [郭坤, 黄勇, 李云波, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 显像特征与恶性淋巴瘤病理类型的相关性 [J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 479-482.]
- [6] Li Y, Zhang Y, Lin L, et al. Application of ¹⁸F-FDG PET/CT to the diagnosis of multiple myeloma [J]. Journal of Chinese Oncology, 2017, 23(6): 483-488. [李勇, 张莹, 林琳, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 在多发骨髓瘤诊断中的应用 [J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 483-488.]
- [7] Zhao J, Wang RF. The Clinical advances of ¹⁸F-FDG PET/CT in the management of patients with acute leukemia[J]. Journal of Chinese Oncology, 2017, 23(6): 464-469. [赵靖, 王荣福. ¹⁸F-FDG PET/CT 在急性白血病诊治中的临床应用进展[J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 464-469.]
- [8] Lu X, Meng JJ, Bai J, et al. Clinical application of ¹⁸F-FDG PET/CT in diagnosis of cardiac neoplasm [J]. Journal of Chinese Oncology, 2017, 23(6): 474-478. [卢霞, 孟晶晶, 柏江, 等. ¹⁸F-FDG PET/CT 在心脏肿瘤诊断的临床应用价值[J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 474-478.]
- [9] Wang RF. Nuclear Medicine[M]. Beijing: Peking University Medical Press, 2008. [王荣福. PET/CT 肿瘤诊断学 [M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2008.]
- [10] Sun LX, Wang RF. Advances in clinical application of PET/CT in thyroid carcinoma [J]. Journal of Chinese Oncology, 2017, 23(6): 470-473. [孙丽昕, 王荣福. PET/CT 在甲状腺癌的临床应用进展 [J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 470-473.]
- [11] De Groot JWB, Links TP, Jager PL, et al. Impact of ¹⁸F-fluoro-2-deoxy- D-glucose positron emission tomography (FDG-PET) in patients with biochemical evidence of recurrent or residual medullary thyroid cancer [J]. Ann Surg Oncol, 2004, 11(8): 786-794.
- [12] Jennings LE, Long NJ. Two is better than one: Probes for dual-modality molecular imaging [J]. Chem Commun, 2009, 24: 3511-3524.
- [13] Zhao S, Tian MH, Yu LJ, et al. Metabolic parameters of PET/CT combined with MR-DWI in diagnosis of regional lymph node involvement in rectal cancer [J]. Journal of Chinese Oncology, 2017, 23(6): 489-495. [赵升, 田墨涵, 于丽娟, 等. 直肠癌原发灶 PET/CT 代谢参数和 MRI-DWI 预测区域淋巴结转移的研究[J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 489-495.]
- [14] Wang RF. Nuclear medicine [M]. 3rd edition. Beijing: Peking University Medical Press, 2013. [王荣福. 核医学 [M]. 第 3 版, 北京: 北京大学医学出版社, 2013.]
- [15] Wang RF. Molecular targeting diagnosis and therapy of Nuclear Medicine [J]. Journal of Chinese Oncology, 2014, 20(11): 871-874. [王荣福. 核医学分子靶向诊断与治疗[J]. 肿瘤学杂志, 2014, 20(11): 871-874.]
- [16] Liu Y, Ren JZ, Yang GR. Current status and advances on the application of molecular imaging techniques in cancer cell apoptosis [J]. Journal of Chinese Oncology, 2017, 23(6): 496-501. [刘岩, 任佳忠, 杨国仁. 分子影像技术在肿瘤细胞凋亡的研究现状及进展 [J]. 肿瘤学杂志, 2017, 23(6): 496-501.]
- [17] Wang RF. Development of nuclear medicine in oncology [J]. Chin J Medical Imaging Technol, 2004, 20(11): 1792-1796. [王荣福. 肿瘤影像核医学进展[J]. 中国医学影像学, 2004, 20(11): 1792-1796.]