

## Case Analysis

<b>Differentiation of a mass in the jugular foramen: a case report</b> .....	428
<i>Hu Guilan, Luo Yaping</i>	

## Review Articles

<b>Application and progress of SPECT in patients with lower extremity artery disease</b> .....	431
<i>Guo Na, Zhang Weifang</i>	
<b>Application of <sup>90</sup>Sr application in the treatment of cutaneous hemangioma</b> .....	435
<i>Pang Xiaolan, Wei Zhixiao, Li Junhong, Wei Hailian, Li Aifeng</i>	

## Continuing Education

<b>Imaging-based treatment adaptation in radiation oncology</b> .....	438
<i>Esther G.C. Troost, Daniela Thorwarth, Wim J.G. Oyen</i>	
<i>Liu Yi(Translator), Song Shaoli(Reviser)</i>	

<b>The Member List of the 10<sup>th</sup> Editorial Board of <i>Chinese Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging</i></b> .....	387
<b>Introductions for Author</b> .....	446

# 一体化 PET/MR 在临床中的应用及进展

徐白莹 田嘉禾

解放军总医院第一医学中心核医学科 100853

通信作者:田嘉禾, Email: tianjh@vip.sina.com

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210525-00175

## Application and progress of PET/MR in clinic

Xu Baixuan, Tian Jiahe

Department of Nuclear Medicine, First Medical Center of Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: Tian Jiahe, Email: tianjh@vip.sina.com

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210525-00175

显像设备是核医学发展的重要基础条件之一。从二维逐点平面扫描到三维断层采集,从单一显像模式到利用不同显像原理的多模态融合显像,核医学显像设备不断向更精细、更灵敏和更准确的方向发展。近 10 年来,整合了 PET 和 MRI 的一体化 PET/MR 仪在全球主要国家稳步推开,引起了对进一步提高核医学诊断能力方面的广泛兴趣。

PET/MR 概念的出现早于 PET/CT,业内对在体分子靶向检测能力的 PET 与软组织分辨率高、具有多序列、多参数、容积采集等特点的 MRI 相互融合寄予了很高的期望,认为其可能成为临床上在解剖显像、功能显像之外,洞悉体内疾病内涵的“第三只眼”<sup>[1]</sup>。但与 PET/CT 不同,PET/MR 从早期的异机融合、嵌入式头部 PET 机、同室分体型设备,到 2011 年正式推出将 PET 与 MRI 整合的一体机,之后 PET/MR 并没有如预期那样在临床上“星火燎原”,而是以稳健但审慎的速度缓慢增加。其背后的原因,除了 2 种兼容性并不好的设备在整合上的技术难度、相互干扰和 MRI 固有的成像速度、噪声和温度等因素外,临床上尚没有公认的“绝杀”适应证是相当重要的原因<sup>[2]</sup>。为此,全球相关的学者和技术人员一直在不倦地探索 PET/MR 独有的临床和科学价值。

我国从 2012 年起加入到国际 PET/MR 大家庭,经过不懈努力,到 2019 年 7 月,国内已经安装了 39 台 PET/MR 仪,而且国家主管部门在 2020 年大型医疗设备配置规划中计划增配 49 台 PET/MR 仪<sup>[3]</sup>。此规划落实后,中国有望成为全球拥有 PET/MR 仪最多的国家。我国核医学工作者为 PET/MR 的推广应用做出了大量贡献。本期重点号

选登了我国学者诸多论文中的 5 篇,分别从不同侧面展示了业内对 PET/MR 技术的应用与评价,值得读者们参考。

来自山东和北京的团队对 13 例局部进展期直肠癌患者进行了新辅助放化疗(neoadjuvant chemoradiotherapy, NCRT)前后 PET/MR 检查的对比,结果显示 PET/MR 评估 NCRT 效果具有较高的准确性,治疗后最大标准摄取值(maximum standardized uptake value,  $SUV_{max}$ )可以提示病理完全缓解;而  $SUV_{max}$  治疗前后百分比变化值( $\Delta SUV_{max}$ )是有组织学反应(治疗有效)的独立预测因子<sup>[4]</sup>;与此前文献报道 PET/MR 比常规影像提高了 11.9% 患者的分期,2.3% 患者的分期降级,增加了外科手术的合理性一致<sup>[5]</sup>。作者特别指出,治疗前各检查参数在不同反应组间差异无统计学意义;但放化疗后肿瘤局部坏死、炎性反应及纤维化导致 MRI 信号复杂,使 MRI 评估准确性受到质疑。

上海瑞金医院报道了 75 例可疑肝转移瘤患者,共检出肝转移瘤病灶 306 处,其中 179 处病灶由随访或病理证实<sup>[6]</sup>。基于病灶分析,增强 CT、PET、MR 和 PET/MR 的灵敏度分别为 74.9% (134/179)、60.3% (108/179)、98.9% (177/179) 和 100% (179/179),特异性分别为 96.9% (123/127)、100% (127/127)、92.9% (118/127) 和 92.1% (117/127);另外,有 37 例患者经 PET/MR 发现肝外转移灶。作者发现 PET/MR 的诊断效能高于增强 CT 和 PET,但与 MR 相比并无明显优势;作者还提示,增强 MR 可能是诊断效能更优的 MR 序列。

盛京医院报道了通过 MR 体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)和 PET 的肿瘤

代谢指标评价接受同步放化疗的 58 例宫颈癌患者的结果<sup>[7]</sup>。作者将 MR 参数慢弥散系数(D)、快弥散系数(D\*)、灌注分数(F)、大体肿瘤靶区(gross tumor volume, GTV)、弥散体积(diffusion volume, DV)及其百分比变化值( $\Delta D$ 、 $\Delta D^*$ 、 $\Delta F$ 、 $\Delta GTV$ 、 $\Delta DV$ )建模,发现治疗前 DV<sub>1</sub>(模型 1)为最佳预测模型;治疗前后所有参数最佳组合模型为肿瘤代谢体积(metabolic tumor volume, MTV)、DV<sub>2</sub>(治疗后)和  $\Delta D$ (模型 2),优于模型 1,也优于单一参数;该研究为 PET/MR 应用提供了一种分析策略。

除了直接阅片外,党浩丹等<sup>[8]</sup>报道了 76 例怀疑胰腺占位性病变患者的 PET 及弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)的多个参数的鉴别诊断效能,其中包括基于直方图获得的标准摄取值(standardized uptake value, SUV)及表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)纹理参数[最大值(max)、最小值(min)、均数、中位数、标准差(standard deviation, SD)、偏度、峰度和熵]。结果显示,对胰腺良恶性病变诊断效能依次为多参数模型>ADC<sub>瘤</sub>>MR 评分>SUV<sub>max</sub>>SUV<sub>SD</sub>>ADC<sub>偏度</sub>;在独立参数中,ADC<sub>瘤</sub>的诊断效能最高。该研究提示了利用数学、信息学方法可以提高 PET/MR 检查结果的可利用性和可信度。

除了肿瘤学应用之外,PET/MR 在脑和心脏方面的诊断价值逐渐凸显。宣武医院报道了 57 例药物难治性癫痫患者术后 1 年随访的结果<sup>[9]</sup>;基于 PET 图像的表现和半定量分析法(双侧大脑半球相应部位放射性比值),并根据 Engel 分级评价的手术疗效对比,PET/MR 定位致痫灶的灵敏度、特异性、准确性分别为 90.0%(27/30)、3/16、65.2%(30/46)。值得注意的是,虽然患者常规 MRI 未见明确病变,但 31.6%(18/57)的患者在 PET 提示下再次阅读 MRI 图像,发现微小结构异常,与 PET 低代谢区部位一致。

本期选刊的 5 篇论文,提示了几个方面的问题。(1)我国 PET/MR 的应用研究与国际的大趋势是同步、接轨的,包括对肿瘤的诊断、鉴别、疗效评估与预后,包括神经系统的应用、与数学和信息学的结合等等;(2)PET/MR 的优势相当程度上体现在 MRI 多序列、多参数,这是 PET/CT 的相对弱项;充分发挥 MRI 新技术优势是今后发展的重要方向;(3)虽然绝大多数的研究证实,一体化 PET/MR 性能优于 PET、MRI、PET/CT,但并没有显示出压倒性的优势,这一方面还有待更多数据的支持,大胆的学术探索

和独特的科学思维可能起到更重要的作用;(4)PET/MR 的潜在优势之一是适应更多的新型显像剂。此外,PET/MR 的辐射剂量较低、MR 对正电子射程的影响、运动伪影校正功能等特点,囿于篇幅,未在本期选刊论文中一一体现,也缺少了其在心脏和其他部位应用的内容,略有遗憾。

现阶段,PET/MR 仍存在着设备费用昂贵、检查费用较高、检查用时长所致的流量受限等问题。相信随着国内核医学的普及与提高,PET/MR 这一新型多模态技术(设备)的优势将获得更广阔的发挥空间。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Mansi L, Ciarmiello A, Cuccurullo V. PET/MRI and the revolution of the third eye[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2012, 39(10): 1519-1524. DOI:10.1007/s00259-012-2185-x.
- [2] Hope TA, Fayad ZA, Fowler KJ, et al. Summary of the first ISMRM-SNMMI Workshop on PET/MRI: applications and limitations[J]. J Nucl Med, 2019, 60(10): 1340-1346. DOI:10.2967/jnumed.119.227231.
- [3] 国家卫生健康委.国家卫生健康委关于调整 2018-2020 年大型医用设备配置规划的通知[EB/OL]. (2020-07-31) [2021-05-18]. <http://www.nhc.gov.cn/cms-search/xgk/getManuscript-Xxgk.htm?id=c710ab96137846928ba6154135e085d0>.
- [4] 周建立,杜磊,刘家金,等. <sup>18</sup>F-FDG PET/MR 在评估局部进展期直肠癌新辅助放化疗效果中的价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(7): 388-393. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210408-00101. Zhou JL, Du L, Liu JJ, et al. Value of <sup>18</sup>F-FDG PET/MR in evaluating the effect of neoadjuvant chemoradiotherapy in locally advanced rectal cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41(7): 388-393. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210408-00101.
- [5] Amorim BJ, Hong TS, Blaszkowsky LS, et al. Clinical impact of PET/MR in treated colorectal cancer patients[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2019, 46(11): 2260-2269. DOI:10.1007/s00259-019-04449-7.
- [6] 黄新韵,张森,林晓珠,等. <sup>18</sup>F-FDG PET/MR 在肝转移瘤诊断中的价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(7): 394-398. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210415-00116. Huang XY, Zhang M, Lin XZ, et al. Diagnostic value of <sup>18</sup>F-FDG PET/MR for liver metastasis[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41(7): 394-398. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210415-00116.
- [7] 李杨瞳,武科,孙洪赞. PET/MR-IVIM 在预测宫颈癌同步放化疗患者早期预后中的价值[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(7): 399-404. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200811-00309. Li YT, Wu K, Sun HZ. Value of PET/MR-IVIM in predicting early prognosis of patients with concurrent chemoradiotherapy for cervical cancer[J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41(7): 399-404. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200811-00309.
- [8] 党浩丹,王观筠,刘家金,等. <sup>18</sup>F-FDG PET/MR 多参数模型在胰腺肿瘤良恶性鉴别中的应用[J].中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41(7): 405-409. DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20210407-00098. Dang HD, Wang GY, Liu JJ, et al. Application of multiparametric

diagnostic model based on the <sup>18</sup>F-FDG PET/MR in the differential diagnosis of benign and malignant pancreatic tumors [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41 (7): 405-409. DOI:10.3760/ema.j.cn321828-20210407-00098.

20200302-00083.

Guo K, Shang K, Cui BX, et al. Preoperative localization of <sup>18</sup>F-FDG PET/MR in refractory epilepsy patients with negative MRI [J]. Chin J Nucl Med Mol Imaging, 2021, 41 (7): 410-414. DOI:10.3760/ema.j.cn321828-20200302-00083.

[9] 郭坤,尚琨,崔碧霄,等. <sup>18</sup>F-FDG PET/MR 对 MRI 阴性药物难治性癫痫患者致痫灶的定位价值[J]. 中华核医学与分子影像杂志, 2021, 41 (7): 410-414. DOI:10.3760/ema.j.cn321828-

(收稿日期:2021-05-25)

## 《中华核医学与分子影像杂志》第十届编辑委员会成员名单

顾问:田嘉禾 匡安仁 张永学 王 铁 李 方 何志礼(中国香港)  
 阎紫宸(中国台湾) Andrew Mark Scott(澳大利亚)

名誉总编辑:黄 钢

总 编 辑:李亚明

(以下按姓名笔画为序)

副 总 编 辑:丁 虹 王 辉 石洪成 田 捷 包建东 安 锐 李 林 李思进 李晓峰(美国)

何作祥 汪 静 徐白莹

编 辑 委 员:丁 虹 于丽娟 马庆杰 马 超 王 凡 王云华 王全师 王 茜 王俊杰

王振光 王 峰 王雪梅 王跃涛 王 维 王 辉 韦智晓 方 纬 左长京

左传涛 石怡珍 石洪成 田 捷 田 蓉 付占立 包建东 冯彦林 兰晓莉

吕中伟 朱小华 朱 宝 朱 虹 朱朝晖 刘兴党 刘建军 刘海峰 刘 爽(美国)

安建平 安 锐 杜 进 李小东 李凤岐 李亚明 李 林 李思进 李剑明

李前伟 李晓峰(美国) 李 娟 李 彪 杨小丰 杨卫东 杨 志 杨 辰

杨国仁 杨 敏 杨敏福 吴 华 吴湖炳 何作祥 辛 军 汪 静 宋少莉

张 宏 张国旭 张晓丽 张祥松 张锦明 张遵城 陈小元(美国) 陈文新

陈 跃 武志芳 林岩松 林承赫 郁春景 罗亚平 罗全勇 金 刚 郑海荣

赵长久 赵 军 赵晋华 赵新明 洪光威(中国台湾) 姚稚明 秦永德

袁耿彪 耿建华 倪以成(比利时) 倪建明 徐白莹 徐 浩 徐慧琴 高永举

黄 蕤 章 斌 梁英魁 彭方予(美国) 韩星敏 谢文晖 楼 岑 管一晖

谭丽玲 缪蔚冰 樊 卫 霍 力 Hiroshi Toyama(日本)

通 讯 编 委:丁重阳 王任飞 王艳丽 王雪鹃 王淑侠 王瑞民 尹雅芙 史继云 边艳珠

朱高红 刘 刚 刘举珍 刘海燕 刘 斌 关 锋 阮 翹 孙 龙 孙洪赞

苏新辉 李天女 李现军 李素平 李雪娜 李蓓蕾 杨吉刚 杨吉琴 杨爱民

肖国有 时高峰 何玉林 余 飞 汪世存 张卫方 张 建 张春银 张联合

陆克义 陈素芸 陈虞梅 陈 璟 林志春 欧晓红 郑玉民 孟召伟 赵春雷

赵艳萍 赵德善 段 东 段 阳 徐文贵 徐俊玲 高再荣 唐 军 黄青清

黄盛才 梁战华 程木华 程敬亮 程登峰 颜建华

常 务 编 委:马庆杰 王 凡 王全师 王 茜 王雪梅 王跃涛 方 纬 左长京 石怡珍

兰晓莉 吕中伟 刘建军 李 彪 杨 志 吴 华 张 宏 张锦明 林岩松

罗全勇 郑海荣 赵长久 赵 军 赵晋华 姚稚明 徐 浩 徐慧琴 韩星敏

管一晖 霍 力

审 稿 专 家:马云川 王荣福 王 蓓 卢光明 刘增礼 关晏星 李坤成 吴翼伟 陈 萍

周绿漪 郜发宝 侯桂华 袁卫红 蒋宁一 谭 建