

❖ 规范与标准

Guidelines for hybrid PET/MR in brain imaging (2017 Edition)

LU Jie¹, ZHANG Miao¹, FANG Jiliang², AI Lin³, LAN Xiaoli⁴,
LI Biao⁵, ZUO Changjing⁶, LI Yaming^{7*},

Chinese Medical Association Nuclear Medicine Branch PET/MR
Brain Functional Imaging Working Group Expert Group

(1. Department of Nuclear Medicine, Xuanwu Hospital, Capital Medical University, Beijing 100053, China;
2. Department of Radiology, Guanganmen Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences,
Beijing 100053, China; 3. Department of Nuclear Medicine, Beijing Tiantan Hospital, Capital
Medical University, Beijing 100050, China; 4. Department of Nuclear Medicine, Union
Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology,
Wuhan 430022, China; 5. Department of Nuclear Medicine, Ruijin Hospital,
School of Medicine, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200025, China;
6. Department of Nuclear Medicine, Changhai Hospital, Second Military
Medical University, Shanghai 200433, China; 7. Department of Nuclear
Medicine, the First Hospital of China Medical University,
Shenyang 110001, China)

[Abstract] The hybrid PET/MR has been gradually applied in clinical practice. However, the hybrid PET/MR is a complex advanced technique, and it brings to the new challenges, especially regarding the workflow and scan protocols. The guidelines for hybrid PET/MR in brain imaging include information related to the indications and contraindications, preparation before examination, procedures of examination (PET imaging, conventional MRI brain imaging and special MRI imaging for brain disease), application of radiopharmaceutical and MRI contrast-enhanced agent. The purpose of the guidelines is to offer a framework that would be practical and helpful for clinical PET/MR brain imaging. In PET tracers, the guidelines only limit to the ¹⁸F-FDG.

[Key words] Brain; Positron-emission tomography; Magnetic resonance imaging

DOI:10.13929/j.1003-3289.201702019

一体化 PET/MR 颅脑成像检查规范(2017 版)

卢洁¹, 张苗¹, 方继良², 艾林³, 兰晓莉⁴, 李彪⁵, 左长京⁶, 李亚明^{7*},
中华医学会核医学分会 PET/MR 脑功能成像工作委员会专家组

(1. 首都医科大学宣武医院核医学科, 北京 100053; 2. 中国中医科学院广安门医院放射科, 北京 100053;
3. 首都医科大学附属北京天坛医院核医学科, 北京 100050; 4. 华中科技大学同济医学院附属
协和医院核医学科, 湖北 武汉 430022; 5. 上海交通大学医学院附属瑞金医院核医学科,
上海 200025; 6. 第二军医大学附属长海医院核医学科, 上海 200433;
7. 中国医科大学附属第一医院核医学科, 辽宁 沈阳 110001)

[摘要] 一体化 PET/MR 已经逐渐在临床应用, 其检查流程的规范化是需要迫切解决的重大任务。一体化 PET/MR

[第一作者] 卢洁(1975—), 女, 河北邢台人, 博士, 主任医师、教授。研究方向: 脑功能与分子影像学。E-mail: imaginglu@hotmail.com

[通信作者] 李亚明, 中国医科大学附属第一医院核医学科, 110001。E-mail: ymli2001@163.com

[收稿日期] 2017-02-07 **[修回日期]** 2017-03-29

颅脑检查规范的主要内容包括临床适应证及禁忌证、扫描前准备、扫描规范(PET 扫描、常规颅脑 MR 扫描、不同颅脑疾病的特殊 MR 扫描)、放射性示踪剂和 MR 对比剂的使用注意事项。制定该操作规范的目的是为临床工作中处理不同颅脑疾病,提供针对性的 PET/MRI 检查操作规范。本规范在 PET 显像剂方面,仅限于 ^{18}F -FDG。

[关键词] 脑;正电子发射体层摄影术;磁共振成像

[中图分类号] R445.2; R817.4 [文献标识码] A [文章编号] 1003-3289(2017)05-0791-04

新一代一体化 PET/MR 是集 PET 和 MRI 为一体的大型设备,一次扫描能够同时获得 2 种图像,实现结构、功能和分子影像在时间和空间的最佳配准,提供代谢和功能等的综合信息。与 PET/CT 相比, PET/MR 对颅脑成像具有独特的优势,又可明显降低辐射剂量,对脑疾病的临床应用和研究提供了更先进的方法,但也给医师和技师带来了挑战,既要熟悉核医学的知识,又要掌握 MRI 的原理、操作及诊断^[1-6]。目前,一体化 PET/MR 已经逐渐进入临床应用,但由于 PET/MR 技术的复杂性,尚未形成规范化的检查流程。中华医学会核医学分会 PET/MR 脑功能成像工作委员会组织国内相关专家,以目前我国医院实际应用经验为基础、结合国内外最新临床及研究进展,起草和制定了本版一体化 PET/MR 颅脑成像检查规范,为进一步促进其临床应用奠定基础。

1 临床适应证与禁忌证

1.1 适应证 适用于颅脑各种疾病,如脑肿瘤、痴呆、帕金森、癫痫、脑炎、脑血管病、先天发育畸形等疾病的检查^[2-7]。

1.2 禁忌证

(1)绝对禁忌证:体内装有心脏起搏器、神经刺激器者、人工耳蜗等;体内存在铁磁性金属异物者。

(2)相对禁忌证:体内植入物如钢针、钢板、人工关节、动脉瘤夹闭术后、冠状动脉支架术后等,需经手术医师及产品说明书确认为非磁性物体者才可进行检查;幽闭恐惧症受检者;需生命支持及抢救的危重受检者;高热受检者;有假牙的受检者检查前去除假牙;检查盆腔的女性受检者,需取出金属节育环;妊娠期、哺乳期妇女、婴儿应征得相应专科医师同意后再进行扫描;糖尿病患者血糖控制差者等。

2 检查前准备

(1)患者检查前应至少禁食 6 h 以上,禁食期间可以饮用不含糖的水,检查前 1 天禁酒,禁做剧烈或长时间运动;糖尿病受检者应控制血糖浓度在正常范围。受检者应说明使用药物的情况,检查当日家属陪同。

(2)接诊医师采集详细病史,核对申请单,确认信息、检查目的和检查方案;确认有无 MR 检查禁忌证;

告知检查流程、注意事项等。

(3)测量身高、体质量、血糖并建立静脉通道;根据体质量计算药物注射剂量,如示踪剂 ^{18}F -FDG 剂量为 3.7 MBq/kg 体质量,MR 对比剂为 0.1 mmol/kg 体质量;常规注射放射性示踪剂(^{18}F -FDG)检查的受检者,注射完毕后进行视听封闭,调暗休息室灯光亮度,温度控制在 22℃ 左右,卧床闭目休息 40 min,期间避免交谈、进食和咀嚼;动态扫描床旁注射放射性示踪剂的受检者,床旁弹丸注射放射性示踪剂,同时技师开始采集图像;注射双放射性示踪剂的受检者首先注射短半衰期显像剂,第 1 次显像检查结束后,卧床闭目休息等待 10 个半衰期,然后注射较长半衰期示踪剂;注射放射性示踪剂和 MR 对比剂的受检者,为避免静脉内放射性示踪剂浓聚影响显影质量,需开放 2 条静脉通路分别注射放射性示踪剂和对比剂。

(4)受检者更换检查服,与陪同人员进入检查间前,去除随身所有金属物品,轮椅、担架、检查床、氧气瓶、监测设备等严禁进入检查间,吸氧受检者使用氧气袋,行动不便受检者使用无磁轮椅或无磁检查床。护士严禁携带铅罐、金属注射器防护套等物品进入检查间。

3 MR 增强对比剂使用注意事项^[8-9]

MR 增强对比剂使用注意事项包括:①核对患者基本信息及增强检查申请单要求,确认增强检查为必需检查。②评估对比剂使用禁忌证及风险,签署对比剂使用风险及注意事项知情同意书。③按照药品使用说明正确使用对比剂。④增强检查结束后,需留院观察 15~30 min,无不良反应方可离开,病情许可时,多饮水以利于对比剂的排泄。⑤尽量避免大量、重复使用钆对比剂,尤其对于肾功能不全受检者,以减少发生迟发反应及肾源性系统纤维化的可能。⑥虽然钆对比剂不良反应发生率较低,但仍需慎重做好预防及处理措施,一旦发现不良反应,立即停止检查并及时处理。

4 检查操作规范

4.1 受检者摆位 指导受检者出现不适时使用报警装置;受检者带好耳塞、眼罩;使用头线圈或头颈联合

线圈,受检者仰卧位,头先进,双手放置身体两侧,身体长轴与检查床长轴平行,肩部紧贴线圈,头部不能旋转,左右居中,三角垫固定头部;因儿童头颅小,必要时可用软垫垫高枕后,尽可能使头颅中心与线圈中心一致,受检者下颌内收;定位中心对准眉间或鼻根部,激光灯经过眼睛时必须闭眼。

4.2 PET/MR 扫描 通常 PET 和 MRI 进行同步扫描,根据临床实际需要可以先行 PET 和 MRI 同步扫描,然后单独进行某些 MR 特殊序列扫描(如 MR 增强扫描)。

4.2.1 PET 扫描 1 个床位,扫描范围包括全脑,自枕骨大孔扫描至颅顶部;床位中心线与颅脑中心位置一致;采集方式分为静态采集、动态采集(床旁弹丸注射放射性示踪剂);扫描方式为容积扫描,覆盖全脑(上下范围约 25 cm);扫描时间 8~10 min 或与 MR 扫描同步;FOV 25 cm×25 cm,矩阵 192×192,迭代次数 8,子集数 32,半高宽 3 mm,重建类型 Sharp IR(点扩散函数),VUE Point FX(时间飞行技术), z 轴滤过 Standard,衰减校正 MRAC,散射校正,Scatter;动态扫描选择 list mode 模式进行图像重建。

4.2.2 MR 扫描

(1)常规扫描序列:扫描范围包括全脑,自枕骨大孔扫描至颅顶部,常规扫描方位包括轴位、矢状位,必要时扫描冠状位。轴位扫描平行于前-后联合连线(AC-PC 线),矢状位扫描平行于大脑纵裂,冠状位扫描以矢状位和轴位作为参考定位,在轴位与大脑纵裂垂直,在矢状位上与脑干平行,扫描范围根据病变大小而定。平扫序列包括轴位 T2WI、T1WI、液体衰减反转恢复(fluid attenuated inversion recovery, FLAIR)序列、DWI、矢状位 T2WI 或 T1WI、冠状位 T2WI 或 T1WI,根据病变必要时扫描 T1WI 脂肪抑制序列。常规序列扫描参数:层厚 5~6 mm,层间隔≤层厚×10%,FOV 200 mm×200 mm~400 mm×400 mm,矩阵≥256×192,DWI 序列 b 值选择 0 和 1 000 s/mm²,层数 20 层。需要增强检查的受检者,静脉注射 Gd-DTPA 后进行扫描,序列包括轴位、矢状位、冠状位 T1WI,扫描层厚、层间隔、层数与平扫一致^[10-11]。

(2)特殊扫描序列:根据病变情况选择以下特殊扫描序列^[12]。①三维时间飞跃法血管成像(three-dimensional time of flight magnetic resonance angiography, 3D-TOF-MRA):轴位扫描,扫描范围以 Willis 环为中心,自胼胝体顶至枕大孔,或包含靶血管区域,无间距扫描,三维扫描范围 3~4 个,重叠 20%~30%

衔接扫描,预饱和带设置在扫描区域上方(颅顶),选择流动补偿、磁化传递、脂肪抑制和层面内插技术。②三维容积 T1 加权结构像(three-dimensional volume T1-weighted imaging, 3D T1WI):各向同性容积扫描,相位方向采用左右方向,层厚为 1 mm,零间隔。③灌注加权成像(perfusion-weighted imaging, PWI):采用平面回波序列(echo-planar imaging, EPI),轴位扫描,频率编码为左右方向,TR 1 500~1 800 ms,共扫描 40~50 次,对比剂注射速度一般>3.0~3.5 ml/s。④三维动脉自旋标记灌注加权成像(three-dimensional arterial spin labeling perfusion weighted imaging, 3D ASL):必须在增强扫描前完成,否则对比剂影响无法进行脑血流定量分析,标记后延迟(post-labeling delay, PLD)时间根据脑血流快慢选择,血流速度快使用短 PLD 时间(1.0~1.5 s),血流速度慢使用较长 PLD 时间(1.5~2.5 s)。⑤磁敏感加权成像(susceptibility weighted imaging, SWI):轴位扫描,频率编码为左右方向,相位编码为前后方向,重建图像包括相位图和幅值图。⑥扩散张量成像(diffusion tensor imaging, DTI):采用 EPI 序列,轴位扫描,薄层、零间隔扫描,频率编码为左右方向, b 值一般为 0 和 1 000 s/mm²,弥散敏感梯度方向数≥30。⑦BOLD-fMRI:采用 EPI 序列,轴位扫描,频率编码为左右方向,通常 TR 2 000 ms,TE 30 ms,层厚<4 mm,层间距<1 mm,矩阵为 64×64,时间点≥200。⑧¹H-MRS:不与 PET 同步扫描,为保证局部磁场均匀,定位要避开颅骨、气体、脂肪、大血管等组织,单体素波谱预扫描水峰半高线宽(LnWidth)<7,多体素波谱预扫描 LnWidth<10。

(3)不同颅脑疾病的特殊扫描序列:①脑血管病,轴位 SWI 序列(显示脑内微小出血灶)、PWI 或 3D ASL(评价全脑血流灌注受损情况)、3D TOF-MRA(显示颅内动脉病变)^[13]。②颅内占位,增强 3D T1WI(更好地显示脑转移瘤)^[14]、¹H-MRS(有助于鉴别肿瘤良、恶性)^[15]。③癫痫,垂直海马的斜冠状位 FLAIR(显示海马异常信号)。④痴呆,垂直海马的斜冠状位 T1WI(显示海马结构萎缩情况)^[16-17]。⑤帕金森病:轴位 SWI(显示红核黑质异常)^[18-19]。

(4)脑结构和功能研究的扫描序列:3D-T1WI 结构像(进行准确解剖结构分割和脑功能成像的配准)、DTI(评价脑白质隐匿性改变和白质纤维束异常)、BOLD-fMRI(静息态及任务态,研究脑区激活和脑功能连接情况)。

(中华医学会核医学分会 PET/MR 脑功能成像工作委员会专家组名单:李亚明,中国医科大学附属第一医院核医学科;卢洁,首都医科大学宣武医院核医学科;左长京,第二军医大学附属长海医院核医学科;李彪,上海交通大学医学院附属瑞金医院核医学科;兰晓莉,华中科技大学同济医学院附属协和医院核医学科;艾林,首都医科大学附属北京天坛医院核医学科;白玫,首都医科大学宣武医院医学工程处;崔瑞雪,北京协和医院核医学科;方继良,中国中医科学院广安门医院放射科;冯逢,北京协和医院放射科;富丽萍,中国人民解放军总医院核医学科;耿建华,中国医学科学院肿瘤医院核医学科 PET-CT 中心;韩斌如,首都医科大学宣武医院护理部;胡振华,中国科学院自动化研究所;贾红梅,北京师范大学化学学院放射性药物学科;凌雪英,暨南大学附属第一医院 PET/CT 中心;刘斌,四川大学华西医院核医学科;刘伟,北京大学人民医院放射科核磁共振室;乔洪文,首都医科大学宣武医院核医学科;孙洪赞,中国医科大学附属盛京医院放射及核医学科;孙夕林,哈尔滨医科大学附属第四医院 TOF-PET/CT/MR 中心;谭海波,复旦大学附属华山医院 PET 中心;谭国伟,厦门大学附属第一医院神经外科;王亚蓉,西安交通大学第一附属医院影像中心;魏龙晓,第四军医大学唐都医院核医学科;翟士楨,北京大学肿瘤医院核医学科;张苗,首都医科大学宣武医院放射科;邹启红,北京大学前沿交叉学科研究院;左西年,中国科学院心理研究所磁共振成像研究中心)

[参考文献]

- [1] 刘家金,陈英茂,张雄伟,等. PET/MR 一体机操作优化的初步经验. 中华核医学与分子影像杂志, 2014, 34(6): 438-442.
- [2] Jadvar H, Colletti PM. Competitive advantage of PET/MRI. Eur J Radiol, 2014, 83(1): 84-94.
- [3] von Schulthess GK, Veit-Haibach P. Workflow considerations in PET/MR imaging. J Nucl Med, 2014, 55 (Supplement 2): 19S-24S.
- [4] Martinez-Möller A, Eiber M, Nekolla SG, et al. Workflow and scan protocol considerations for integrated whole-body PET/MRI in oncology. J Nucl Med, 2012, 53(9): 1415-1426.
- [5] Drzezga A, Barthel H, Minoshima S, et al. Potential clinical applications of PET/MR imaging in neurodegenerative diseases. J Nucl Med, 2014, 55(Supplement 2): 47S-55S.
- [6] Yang ZL, Zhang LJ. PET/MRI of central nervous system: Current status and future perspective. Eur Radiol, 2016, 26(10): 3534-3541.
- [7] Henriksen OM, Larsen VA, Muhic A, et al. Simultaneous evaluation of brain tumour metabolism, structure and blood volume using [(18)F]-fluoroethyltyrosine (FET) PET/MRI: Feasibility, agreement and initial experience. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2016, 43(1): 103-112.
- [8] 中国对比剂安全使用委员会. 对比剂使用指南. 北京: 人民卫生出版社, 2008: 1.
- [9] Lin SP, Brown JJ. MR contrast agents: Physical and pharmacologic basics. J Magn Reson Imaging, 2007, 25(5): 884-899.
- [10] 杨正汉,冯逢,王霄英. 磁共振成像技术指南—检查规范、临床策略及新技术应用. 2 版. 北京: 人民军医出版社, 2013: 453-454.
- [11] 中华放射学杂志编委会. 头颈部 CT、MR 扫描规范指南(修改稿). 中华放射学杂志, 2007, 42(9): 996-999.
- [12] 中华医学会影像技术分会中华医学会放射学分会. MRI 检查技术专家共识. 中华放射学杂志, 2016, 50(10): 724-739.
- [13] 中华医学会神经病学分会, 中华医学会神经病学分会脑血管病学组. 中国脑血管病影像应用指南. 中华神经科杂志, 2016, 49(3): 164-181.
- [14] Takeda T, Takeda A, Nagaoka T, et al. Gadolinium-enhanced three-dimensional magnetization-prepared rapid gradient-echo (3D MP-RAGE) imaging is superior to spin-echo imaging in delineating brain metastases. Acta Radiol, 2008, 49(10): 1167-1173.
- [15] Brandão LA, Castillo M. Adult brain tumors: Clinical applications of magnetic resonance spectroscopy. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2016, 24(4): 781-809.
- [16] Cho ZH, Son YD, Kim HK, et al. Substructural hippocampal glucose metabolism observed on PET/MRI. J Nucl Med, 2010, 51(10): 1545-1548.
- [17] Hazewinkel M, Barkhof F. Imaging Alzheimer in 2011. Neuro-radiology, 2011, 53(Suppl 1): 145-147.
- [18] Schneider E, Ng KM, Yeoh CS, et al. Susceptibility-weighted MRI of extrapyramidal brain structures in Parkinsonian disorders. Medicine (Baltimore), 2016, 95(26): e3730.
- [19] Meijer FJ, van Rumund A, Fasen BA, et al. Susceptibility-weighted imaging improves the diagnostic accuracy of 3T brain MRI in the work-up of parkinsonism. AJNR Am J Neuroradiol, 2015, 36(3): 454-460.