

# <sup>18</sup>F-FDG PET/MR 在非小细胞肺癌诊治中的应用

王马丽 石洪成

上海市影像医学研究所、复旦大学附属中山医院核医学科、复旦大学核医学研究所、复旦大学中山医院肿瘤中心 200032

通信作者:石洪成, Email: shihongcheng@sina.com

**【摘要】** <sup>18</sup>F-脱氧葡萄糖(FDG) PET/MR 在非小细胞肺癌(NSCLC)诊治的应用逐渐广泛。与 PET/CT 相比, PET/MR 具有软组织对比度高、辐射少、多参数成像、能够提供更多功能参数等优点。该文综述了 <sup>18</sup>F-FDG PET/MR 在非小细胞肺癌诊断、分期、再分期和预后评价等方面的应用。

**【关键词】** 癌, 非小细胞肺; 正电子发射断层显像术; 磁共振成像; 脱氧葡萄糖; 发展趋势

**基金项目:**国家重点研发计划(2016YFC0103908);上海市临床重点专科项目(shslczdk03401)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200424-00165

## Application of <sup>18</sup>F-FDG PET/MR in the diagnosis and treatment of non-small cell lung carcinoma

Wang Mali, Shi Hongcheng

Shanghai Institute of Medical Imaging; Department of Nuclear Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University; Nuclear Medicine Institute of Fudan University; Cancer Center, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

Corresponding author: Shi Hongcheng, Email: shihongcheng@sina.com

**【Abstract】** <sup>18</sup>F-fluorodeoxyglucose (FDG) PET/MR has been more and more widely used in non-small cell lung cancer (NSCLC). Compared with PET/CT, PET/MR has more advantages, such as higher contrast resolution of soft tissues, less radiation dose and providing physicians with more functional parameters. This article summarizes the application status of <sup>18</sup>F-FDG PET/MR in NSCLC in terms of diagnosis, staging, restaging, and prognosis.

**【Key words】** Carcinoma, non-small-cell lung; Positron-emission tomography; Magnetic resonance imaging; Deoxyglucose; Trends

**Fund program:** National Key Research and Development Program of China (2016YFC0103908); Shanghai Municipal Key Clinical Specialty (shslczdk03401)

DOI:10.3760/cma.j.cn321828-20200424-00165

肺癌是全球发病率及死亡率较高的恶性肿瘤之一<sup>[1]</sup>。其中,非小细胞肺癌(non-small cell lung cancer, NSCLC)约占原发性肺癌总数的80%~85%<sup>[2]</sup>。尽管对胸膜、肝、脑及脑膜等部位病灶显示欠佳, PET/CT 仍然是目前肺癌诊断、分期与再分期、疗效和预后评估的最佳方法<sup>[2]</sup>。与 PET/CT 相比, PET/MR 的优势在于软组织分辨率高、辐射剂量低、能获取灌注、弥散等功能信息<sup>[3]</sup>。本文就<sup>18</sup>F-脱氧葡萄糖(fluorodeoxyglucose, FDG) PET/MR 在 NSCLC 诊治中的应用综述如下。

### 一、PET/MR 技术挑战

PET/MR 在衰减校正和配准等方面面临挑战。MR 的信号强度与发射光子的衰减并无线性联系,且肺信号衰减快并有运动伪影,使胸部 MR 图像质量欠佳。临床上普遍依据 Dixon 序列信号强度四分段(本底、肺、脂肪及软组织)法获得衰减校正图,但忽略了每个分段内组织间的差异性<sup>[4]</sup>。呼吸运动伪影可致肺底配准不佳<sup>[5]</sup>。呼气末屏气、心电图门控和 MR 呼吸触采集可减少运动伪影,提高配准的精确度。但肺功能差的患者配合度低,呼吸门控采集可提高信噪比,但延长了扫描时间。基于 MR 的 PET 呼吸运动校正可将呼吸伪影最小化,从而提高影像质量<sup>[3]</sup>。

### 二、PET/MR 在 NSCLC 诊治中的应用

1. 肺结节的检出与诊断。肺结节的检出及诊断与肺结节的大小、形态、密度、FDG 摄取程度及所采用的扫描序列有关。使用增强 T<sub>1</sub> 加权成像(weighted imaging, WI)容积插入法屏气检查(volumetric interpolated breath-hold examination, VIBE)不能提高检出率<sup>[6]</sup>。(钆酸铋晶体)PET 的空间分辨率通常为 4.3~6.8 mm,借助点扩散函数重建方法,可达 2~3 mm<sup>[7]</sup>。直径不足 1.0 cm 且 FDG 摄取较少的肺结节检出率较低,如磨玻璃结节。

频率选择预饱和和序列(spectral presaturation with inversion recovery, SPIR)、短时反转恢复序列(short time inversion recovery, STIR)、弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)、超短回波序列(ultrashort echo time, UTE)及零回波时间成像(zero echo time, ZTE)等在肺结节检出及诊断等方面具有优势。SPIR、STIR 均可抑制脂肪信号, SPIR 对磁场均匀性要求高。以胸部 CT 对照, SPIR 较其他非增强 MR 序列检出肺结节具有较高的灵敏度<sup>[8]</sup>。DWI 能反映水分子的扩散运动,恶性病变通常弥散受限,从而有助于鉴别诊断。UTE、ZTE 均具有梯度回波序列的特征,同时具有超短的回波时间

(UTE:0.008~0.5 ms; ZTE:趋近 0 ms)<sup>[9-10]</sup>;因此,其成像时间更短,易捕捉迅速消退的信号,空间分辨率更高。

Bae 等<sup>[10]</sup>对 20 例患者进行胸部 MR 成像时,加采 UTE 和 ZTE 序列,结果提示 ZTE 序列图像较 UTE 有更好的信噪比( $P<0.05$ ),对于亚厘米级的肺结节有更好的诊断准确性,平均扫描时间也更短(131 与 467 s)。Chandarana 等<sup>[11]</sup>认为 PET/MR 对 FDG 阳性的肺结节(即高于肺本底的摄取)或直径 $\geq 5.0$  mm 的肺结节灵敏度较高,对于 FDG 摄取阴性的肺结节灵敏度欠佳。Burris 等<sup>[12]</sup>探讨了 PET/MR UTE 与常规梯度回波序列对患者肺结节检出率的影响,提示对于 $>4$  mm 的结节(不论 FDG 摄取与否),UTE 序列的检出率均高于梯度回波序列(82%与 34%, $P<0.001$ ),其中最大检出差异出现在 4~8 mm 结节组(79%与 21%, $P<0.001$ );对无 FDG 摄取的结节检测,UTE 较梯度回波序列成像检出率更高(68%与 22%, $P<0.001$ )。

另外,体素内不相干运动 DWI 序列将组织的水分子扩散运动和微循环灌注分离,能更真实地反映肺癌的病理生理。Wang 等<sup>[13]</sup>发现其与传统 DWI 序列在孤立性肺结节良性鉴别诊断的价值类似。

2. TNM 分期。(1) T 分期。根据美国癌症联合委员会肺癌 TNM 第 8 版分期<sup>[14-15]</sup>,T 分期主要取决于肿瘤大小和对邻近结构(如纵隔、胸膜、胸壁、膈肌等)的侵犯。不同的 MR 序列对 PET/MR 评估 T 分期诊断价值不同。

一项回顾性研究分析了 28 例患者 PET/MR 的影像资料以探讨不同序列对 NSCLC 患者 T 分期的价值,提示 T<sub>2</sub> 刀锋伪影校正序列(BLADE;又称螺旋桨序列)对 T 分期的准确性高于 T<sub>2</sub> 半傅里叶单发射快速自旋回波序列(half-fourier acquisition single-shot turbo spin-echo, HASTE)、真性稳态进动快速成像序列、Dixon 序列<sup>[16]</sup>。同时,T<sub>2</sub> BLADE 由于运动伪影少,配准最好,所测的肿瘤直径与实际差异最小。因此,T<sub>2</sub> BLADE 应包括在胸部 PET/MR 序列内。

多项研究认为 PET/MR 与 PET/CT 在 NSCLC 患者的 T 分期上价值相仿<sup>[17-24]</sup>。Yi 等<sup>[17]</sup>发现串联式 PET/MR 能较好地评估原发肿瘤大小并显示侵犯范围(如纵隔),从而提高 T 分期的准确性。有研究对 PET/CT/MR、PET/MR 和 PET/CT 评估 NSCLC 可切除性的价值进行了对比,提示三者评估 T 分期的差异无统计学意义( $P>0.05$ )<sup>[18-19]</sup>。一项前瞻性研究比较了 PET/MR+增强 CT 与增强 PET/CT,提示两者评估 NSCLC T 分期的准确性基本一致,但 PET/MR 的辐射剂量较 PET/CT 减少了 31.1%<sup>[20]</sup>。Fraioi 等<sup>[21]</sup>发现 PET/MR 对 NSCLC 评估肿瘤可切除性的准确性较高。Kirchner 等<sup>[22]</sup>前瞻性选取了 84 例病理证实为 NSCLC 的患者(59 例腺癌、21 例鳞状细胞癌、2 例大细胞癌和 2 例其他类型),依次进行全身 PET/CT 和胸部 PET/MR,结果提示 PET/MR 所测的肿瘤直径较 PET/CT 略小,但二者对 NSCLC T 分期的准确性相似。另有研究发现 1 例患者 PET/CT 上未发现胸膜转移,而 PET/MR 图像显示胸膜点状显像剂浓聚伴局灶性弥散受限,治疗方案因此由治愈性切除转变为姑息性治疗;8 个月后的随访显示胸腔积液伴胸膜下结节,提示胸膜转移<sup>[23]</sup>。也有研究认为胸部 PET/MR 较 PET/CT 对 NSCLC 患者术前分期并未提供更多信息<sup>[24]</sup>。

Plathow 等<sup>[25]</sup>认为与 MR 相比,PET/CT 可能因不能准确评估胸壁受侵而低估 T 分期。Flechsigs 等<sup>[26]</sup>认为 PET/MR(含增强 MR 序列)是肺上沟癌分期的最佳检查方法,可更好地确定肿瘤边界。同时,上述研究采用的序列大都为 T<sub>1</sub> VIBE、T<sub>2</sub> BLADE、T<sub>2</sub> HASTE 等,回波时间较长,捕捉肺信号难度大。最新的 UTE 序列及 ZTE 序列有望弥补这一缺陷。总之,大部分研究认为 PET/MR 与 PET/CT 在 NSCLC T 分期方面的价值相仿,前者在纵隔、胸膜等评价邻近结构受侵可能具有优势。

(2) N 分期。淋巴结的大小、形态、结构和 FDG 摄取程度决定了淋巴结的检出率。STIR 和 DWI 序列对淋巴结的检出和评价具有重要价值。心电门控和(或)呼吸门控的常规或黑血 STIR 序列被推荐应用于转移淋巴结的检测<sup>[27-29]</sup>。有研究提示全身 PET/MR+增强 CT 与 PET/CT 在 N 分期的准确性类似( $P>0.05$ )<sup>[20]</sup>。多项研究结果提示 PET/CT 与 PET/MR 对 NSCLC 患者局部 N 分期价值相仿<sup>[18,21,23]</sup>。Huellner 等<sup>[18]</sup>使用三联 PET/CT/MR 的研究发现,PET/MR 较 PET/CT 在检出淋巴结转移方面并无优势。Fraioi 等<sup>[21]</sup>的研究结果显示胸部 PET/MR 的 N 分期准确性较高(74%, 37/50)。一项前瞻性研究对 77 例患者依次进行 PET/CT 和胸部 PET/MR 扫描,N 分期不一致者共有 18 例(23%),其中 1 例患者的 4R 区淋巴结根据 PET/CT 表现判定为 N2,而在 PET/MR 图像中判定为 N0,最终病理证实为 N0;另有 1 例患者的转移淋巴结仅被 PET/MR 检出<sup>[23]</sup>。该项研究中,4 例患者因 PET/CT 与 PET/MR 分期不一致而影响了治疗方案。

上述研究纳入病例数有限,部分关注的淋巴结未获得病理诊断,存在一定偏倚。几乎所有研究均采用先 PET/CT 后 PET/MR 的采集方式。有研究者认为 PET/MR 检出更多的淋巴结是因 PET/MR 扫描延迟所致,并非 MR 成像序列的优势使然<sup>[4]</sup>;但这种显像剂的聚集也可能导致特异性减低<sup>[23]</sup>。总之,目前文献报道数量有限,尚需进一步探索。

(3) M 分期。NSCLC 常见的远处转移部位依次为脑、骨、肝和肾上腺等<sup>[30]</sup>。其中,因肝和脑对<sup>18</sup>F-FDG 的生理性摄取使得本底增高,易掩盖病灶;PET/MR 则可弥补 PET/CT 此方面的不足。

Yi 等<sup>[17]</sup>比较串联式全身 PET/MR 与全身 PET/CT+脑 MR 对 NSCLC 分期的价值,结果提示在发现胸外转移方面,串联式全身 PET/MR 并不如 PET/CT+脑 MR;然而 PET/MR 较 PET/CT+脑 MR 可发现更多的骨转移。Lee 等<sup>[20]</sup>对 45 例 NSCLC 患者进行全身 PET/MR+增强 CT 和 PET/CT 检查,结果显示两者 M 分期准确性差异无统计学意义;其中,PET/MR 漏诊 1 例胸膜转移,PET/CT 漏诊 1 例脑转移和 2 例胸膜转移。由此可见 PET/MR 在判断胸膜、骨转移具有潜在优势。

3. 再分期、预后及疗效评价。Soussan 等<sup>[31]</sup>采用 PET/MR 对 39 例 NSCLC 患者进行再分期评估,并与 PET/CT 进行比较,结果提示全身 PET/MR 与常规成像方法同样有效,5 例患者通过 PET/MR 检查有额外发现,但不影响其治疗方案。

一项研究对 11 例 IV 期 NSCLC 患者进行了 45 次 PET/MR 检查以探讨其对疗效评估的价值,结果提示 FDG 摄取在化疗后明显减低,证明化疗有效;与第二次化疗周期比较,第一次化疗周期期间及之后表现出更高的表现弥散系数(ap-

parent diffusion coefficient, ADC) 值及更低的 FDG 摄取<sup>[32]</sup>。该研究显示 PET/MR 评估疗效及预后可行,但难度较大;部分患者总生存期较短,无法完成完整的化疗周期。

Ho 等<sup>[33]</sup>回顾性分析行全身 PET/CT+脑 PET/MR 成像的 72 例患者(均为肺腺癌伴脑转移,对其中 52 例随访脑功能状态)的相关资料,结果提示 FDG PET 影像学表现及初始靶向治疗是患者中枢神经系统进展风险及总生存期的独立预测因素,有望辅助选择合适的患者进行颅内控制,提升生活质量。有研究认为最大标准摄取值(maximum standardized uptake value, SUV<sub>max</sub>)能预测表皮生长因子受体(epidermal growth factor receptor, EGFR)基因是否突变,当  $b = 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$  时,受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线下面积最大(0.807,  $P < 0.01$ ),诊断效能最高,ADC 值对 EGFR 基因突变预测具有意义,有助于预后评估及指导使用靶向药物<sup>[34]</sup>。

### 三、小结

PET/MR 整合了 PET 和 MR 的优势,辐射剂量低,通过多序列扫描,尤其是 UTE、ZTE 等新序列,可提高肺结节检出率、诊断和分期的精准度,与 PET/CT 的价值相仿;对邻近结构(纵隔和胸膜等)侵犯的评价,NSCLC 预后、疗效评价方面具有潜在优势。PET/MR 仍面临挑战,如对直径不足 1.0 cm 且 FDG 摄取低的肺结节检出率仍有限,尤其是纯磨玻璃结节。PET/MR 在 NSCLC 方面的应用尚处于探索阶段,其应用价值有待更多临床验证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] 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.
- [2] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.原发性肺癌诊疗规范(2018年版)[J].肿瘤综合治疗电子杂志, 2019, 5(3): 100-120. DOI:10.12151/JMCM.2019.03-16. National Health Commission of the People's Republic of China. Diagnosis and treatment of primary lung cancer (2018 Edition)[J]. J Multidisciplinary Cancer Management (Electronic Version), 2019, 5(3): 100-120. DOI:10.12151/JMCM.2019.03-16.
- [3] 范丽,望云,夏艺,等. PET/MRI 在肺癌中的潜在临床应用价值[J].国际医学放射学杂志, 2016, 39(3): 285-290. DOI:10.19300/j.2016.Z3693. Fan L, Wang Y, Xia Y, et al. Potential clinical application of positron emission tomography/magnetic resonance imaging in lung cancer[J]. Int J Med Radiol, 2016, 39(3): 285-290. DOI:10.19300/j.2016.Z3693.
- [4] Yoon SH, Goo JM, Lee SM, et al. PET/MR imaging for chest diseases: review of initial studies on pulmonary nodules and lung cancers[J]. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2015, 23(2): 245-259. DOI:10.1016/j.mric.2015.01.008.
- [5] Osman MM, Cohade C, Nakamoto Y, et al. Respiratory motion artifacts on PET emission images obtained using CT attenuation correction on PET-CT[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2003, 30(4): 603-606. DOI:10.1007/s00259-002-1024-x.
- [6] Lee KH, Park CM, Lee SM, et al. Pulmonary nodule detection in patients with a primary malignancy using hybrid PET/MRI: is there value in adding contrast-enhanced MR imaging? [J]. PLoS One, 2015, 10(6): e0129660. DOI:10.1371/journal.pone.0129660.
- [7] 王瑞,耿建华. PET 空间分辨率及其影响因素的研究进展[J].中国医学装备, 2019, 16(5): 128-131. DOI:10.3969/J.ISSN.1672-8270.2019.05.035. Wang R, Geng JH. Research progress on spatial resolution and influencing factors of PET[J]. Chin Med Equip, 2019, 16(5): 128-131. DOI:10.3969/J.ISSN.1672-8270.2019.05.035.
- [8] Cieszanowski A, Lisowska A, Dabrowska M, et al. MR imaging of pulmonary nodules: detection rate and accuracy of size estimation in comparison to computed tomography[J]. PLoS One, 2016, 11(6): e0156272. DOI:10.1371/journal.pone.0156272.
- [9] Robson MD, Bydder GM. Clinical ultrashort echo time imaging of bone and other connective tissues[J]. NMR Biomed, 2006, 19(7): 765-780. DOI:10.1002/nbm.1100.
- [10] Bae K, Jeon KN, Hwang MJ, et al. Comparison of lung imaging using three-dimensional ultrashort echo time and zero echo time sequences: preliminary study[J]. Eur Radiol, 2019, 29(5): 2253-2262. DOI:10.1007/s00330-018-5889-x.
- [11] Chandarana H, Heacock L, Rakheja R, et al. Pulmonary nodules in patients with primary malignancy: comparison of hybrid PET/MR and PET/CT imaging[J]. Radiology, 2013, 268(3): 874-881. DOI:10.1148/radiol.13130620.
- [12] Burrell NS, Johnson KM, Larson PE, et al. Detection of small pulmonary nodules with ultrashort echo time sequences in oncology patients by using a PET/MR system[J]. Radiology, 2016, 278(1): 239-246. DOI:10.1148/radiol.2015150489.
- [13] Wan Q, Deng YS, Lei Q, et al. Differentiating between malignant and benign solid solitary pulmonary lesions: are intravoxel incoherent motion and diffusion kurtosis imaging superior to conventional diffusion-weighted imaging? [J]. Eur Radiol, 2019, 29(3): 1607-1615. DOI:10.1007/s00330-018-5714-6.
- [14] Amin MB, Greene FL, Edge SB, et al. The eighth edition AJCC Cancer Staging Manual: continuing to build a bridge from a population-based to a more "personalized" approach to cancer staging[J]. CA Cancer J Clin, 2017, 67(2): 93-99. DOI:10.3322/caac.21388.
- [15] Dettlerbeck FC, Boffa DJ, Kim AW, et al. The eighth edition lung cancer stage classification[J]. Chest, 2017, 151(1): 193-203. DOI:10.1016/j.chest.2016.10.010.
- [16] Schaarschmidt B, Buchbender C, Gomez B, et al. Thoracic staging of non-small-cell lung cancer using integrated <sup>18</sup>F-FDG PET/MR imaging: diagnostic value of different MR sequences[J]. Eur J Nucl Med Mol Imaging, 2015, 42(8): 1257-1267. DOI:10.1007/s00259-015-3050-5.
- [17] Yi CA, Lee KS, Lee HY, et al. Coregistered whole body magnetic resonance imaging-positron emission tomography (MRI-PET) versus PET-computed tomography plus brain MRI in staging resectable lung cancer: comparisons of clinical effectiveness in a randomized trial[J]. Cancer, 2013, 119(10): 1784-1791. DOI:10.1002/cncr.28000.
- [18] Huellner MW, de Galiza Barbosa F, Husmann L, et al. TNM staging of non-small cell lung cancer: comparison of PET/MR and PET/CT[J]. J Nucl Med, 2016, 57(1): 21-26. DOI:10.2967/jnumed.115.162040.
- [19] Messerli M, de Galiza Barbosa F, Marcon M, et al. Value of PET/



- MRI for assessing tumor resectability in NSCLC-intra-individual comparison with PET/CT [J]. *Br J Radiol*, 2018, 92 (1093): 20180379. DOI:10.1259/bjr.20180379.
- [20] Lee SM, Goo JM, Park CM, et al. Preoperative staging of non-small cell lung cancer: prospective comparison of PET/MR and PET/CT [J]. *Eur Radiol*, 2016, 26 (11): 3850-3857. DOI: 10.1007/s00330-016-4255-0.
- [21] Fraioli F, Sreaton NJ, Janes SM, et al. Non-small-cell lung cancer resectability: diagnostic value of PET/MR [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2015, 42 (1): 49-55. DOI:10.1007/s00259-014-2873-9.
- [22] Kirchner J, Sawicki LM, Nensa F, et al. Prospective comparison of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/MRI and  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT for thoracic staging of non-small cell lung cancer [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46 (2): 437-445. DOI:10.1007/s00259-018-4109-x.
- [23] Schaarschmidt BM, Grueneisen J, Metzzenmacher M, et al. Thoracic staging with  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/MR in non-small cell lung cancer—does it change therapeutic decisions in comparison to  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT? [J]. *Eur Radiol*, 2017, 27 (2): 681-688. DOI: 10.1007/s00330-016-4397-0.
- [24] Heusch P, Buchbender C, Köhler J, et al. Thoracic staging in lung cancer: prospective comparison of  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/MR imaging and  $^{18}\text{F}$ -FDG PET/CT [J]. *J Nucl Med*, 2014, 55 (3): 373-378. DOI: 10.2967/jnumed.113.129825.
- [25] Plathow C, Aschoff P, Lichy MP, et al. Positron emission tomography/computed tomography and whole-body magnetic resonance imaging in staging of advanced nonsmall cell lung cancer—initial results [J]. *Invest Radiol*, 2008, 43 (5): 290-297. DOI:10.1097/RLI.0b013e318163273a.
- [26] Flechsig P, Mehndiratta A, Haberkorn U, et al. PET/MRI and PET/CT in lung lesions and thoracic malignancies [J]. *Semin Nucl Med*, 2015, 45 (4): 268-281. DOI:10.1053/j.semnuclmed.2015.03.004.
- [27] Brea TP, Raviña AR, Villamor J, et al. Use of magnetic resonance imaging for N-staging in patients with non-small cell lung cancer. A systematic review [J]. *Arch Bronconeumol*, 2019, 55 (1): 9-16. DOI:10.1016/j.arbres.2018.03.007.
- [28] Ohno Y, Koyama H, Yoshikawa T, et al. N stage disease in patients with non-small cell lung cancer: efficacy of quantitative and qualitative assessment with STIR turbo spin-echo imaging, diffusion-weighted MR imaging, and fluorodeoxyglucose PET/CT [J]. *Radiology*, 2011, 261 (2): 605-615. DOI:10.1148/radiol.11110281.
- [29] Abdel Razek AA, Elkamary S, Elmorsy AS, et al. Characterization of mediastinal lymphadenopathy with diffusion-weighted imaging [J]. *Magn Reson Imaging*, 2011, 29 (2): 167-172. DOI: 10.1016/j.mri.2010.08.002.
- [30] Quint LE, Tummala S, Brisson LJ, et al. Distribution of distant metastases from newly diagnosed non-small cell lung cancer [J]. *Ann Thorac Surg*, 1996, 62 (1): 246-250. DOI:10.1016/0003-4975(96)00220-2.
- [31] Soussan M, Djelbani S, Negroni J, et al. Integrated time of flight PET-MR for lung cancer restaging: comparison with conventional procedures [J]. *J Nucl Med*, 2017, 58 (suppl 1): 81.
- [32] Langer NH, Langer SW, Johannesen HH, et al. Very early response evaluation by PET/MR in patients with lung cancer—timing and feasibility [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2019, 9 (1): 35. DOI: 10.3390/diagnostics9010035.
- [33] Ho KC, Toh CH, Li SH, et al. Prognostic impact of combining whole-body PET/CT and brain PET/MR in patients with lung adenocarcinoma and brain metastases [J]. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, 2019, 46 (2): 467-477. DOI:10.1007/s00259-018-4210-1.
- [34] 崔婷婷. PET/MR 参数  $\text{SUV}_{\text{max}}$  及  $\text{ADC}_{\text{mean}}$  与非小细胞肺癌 EGFR 基因突变的初步研究 [D]. 沈阳: 中国医科大学, 2019.
- Cui TT. Preliminary study of the relationship between PET/MR parameters  $\text{SUV}_{\text{max}}$ ,  $\text{ADC}_{\text{mean}}$  and EGFR [D]. Shenyang: China Medical University, 2019.

(收稿日期:2020-04-24)

· 读者 · 作者 · 编者 ·

## 医学论文中有关实验动物描述的要求

在医学论文的描述中,凡涉及到实验动物者,在描述中应符合以下要求:(1)品种、品系描述清楚;(2)强调来源;(3)遗传背景;(4)微生物学质量;(5)明确体质量;(6)明确等级;(7)明确饲养环境和实验环境;(8)明确性别;(9)有无质量合格证;(10)有对饲养方式的描述(如饲养类型、营养水平、照明方式、温度、湿度要求);(11)所有动物数量准确;(12)详细描述动物的健康状况;(13)对实验动物的处理方式有单独清楚的交代;(14)全部有对照,部分可采用双因素方差分析。

医学实验动物分为四级:一级为普通级;二级为清洁级;三级为无特定病原体(SPF)级;四级为无菌级(包括悉生动物)。卫生部级课题及研究生毕业论文等科研实验必须应用二级以上的实验动物。

本刊编辑部