

论 著

基于T₁WI序列对肺结节检出及测量的临床研究

李真真 江建芹 符益纲

徐高峰*

南通大学第四附属医院影像科
(江苏 盐城 224000)

【摘要】目的 探讨T₁-VIBE、Star-VIBE和T₁ mapping序列对肺结节检出及测量的能力。方法 收集CT检查显示为肺结节患者，采用3.0T磁共振进行T₁-VIBE、Star-VIBE和T₁ mapping序列扫描。由两名影像科医生对磁共振图像独立分析，计算不同磁共振序列肺结节检出率、测量肺结节的最大径。采用卡方检验比较MR及各序列对肺结节检出率的差异，采用Wilcoxon秩和检验比较结节最大径的差异性，采用组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)比较观察者间结节测量的一致性。结果 最终纳入45例患者，CT共检出肺结节205个。MRI肺结节总体检出率为88.8%，对直径≥6mm、<6mm肺结节的检出率分别为100%、60.3%。T₁-VIBE及Star-VIBE序列肺结节总体检出率均高于T₁ mapping序列(P<0.001)，Star-VIBE序列和T₁-VIBE序列间结节检出率无统计学差异(P=0.303)。T₁ mapping序列对直径>8mm肺结节检出率为100%。MR各序列所测量结节最大径均较CT肺窗上所测量的结果偏小(P<0.024)。结论 基于T₁WI序列可用于直径≥6mm肺结节的检出，T₁ mapping序列可用于直径>8mm肺结节的检出，基于T₁WI序列对直径<6mm肺结节的检出尚不能替代CT。

【关键词】肺结节；磁共振成像；T₁ mapping；Star-VIBE

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.04.021

Clinical Study on Detection and Measurement of Pulmonary Nodules Based on T₁WI Sequence

Li Zhen-zhen, JIANG Jian-qin, FU Yi-gang, XU Gao-feng*.

Department of Radiology, Affiliated Hospital Fourth of Nantong University, Yancheng 224000, Jiangsu Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the ability of T₁-VIBE, Star-VIBE and T₁ mapping sequences to detect and measure pulmonary nodules. **Methods** Patients with pulmonary nodules detected by CT were collected, and T₁-VIBE, Star-VIBE and T₁ mapping sequence scans were performed by 3.0T magnetic resonance. Magnetic resonance images were analyzed independently by two radiologists to calculate the detection rate of pulmonary nodules with different magnetic resonance sequences and measure the maximum diameter of pulmonary nodules. Chi-square test was used to compare the difference in the detection rate of pulmonary nodules between MR and each sequence, Wilcoxon rank sum test was used to compare the difference in nodule size, and intragroup correlation coefficient (ICC) was used to compare the consistency of interobserver nodule measurements. **Results** A total of 205 pulmonary nodules were detected by CT in 45 patients. The overall detection rate of pulmonary nodules on MRI was 88.8%, 100% for pulmonary nodules with diameter ≥6mm and 60.3% for < nodules 6mm. The overall detection rate of pulmonary nodules in T₁-VIBE and Star-VIBE was higher than that in T₁ mapping sequence (P<0.001), but there was no significant difference in the detection rate between Star-VIBE and T₁-VIBE (P=0.303). The detection rate for pulmonary nodules with diameter >8mm on T₁ mapping was 100%. The maximum diameter of nodules measured by MR sequences was smaller than that measured by CT lung window (P<0.024). **Conclusion** T₁WI based sequence can be used to detect pulmonary nodules with diameter ≥6mm. T₁ mapping sequence can be used to detect pulmonary nodules with diameter >8mm. The detection of pulmonary nodules <6mm in diameter based on T₁WI sequence cannot replace CT yet.

Keywords: Pulmonary Nodule; Magnetic Resonance Image; T₁ mapping; Star-VIBE

肺癌仍是目前临床上最常见的恶性肿瘤之一，且病死率仍居恶性肿瘤的首位^[1]。CT是目前临床上肺结节筛查和随访最常用的检查方法^[2]，但其存在辐射，特别是对那些需要短期随访的患者。MRI无辐射、可多方位、多参数成像，越来越多的研究表明胸部MR在肺结节的检出、测量及肺癌的早期诊断中存在潜在价值^[3-5]。目前，研究认为MRI对≥6mm的肺结节具有良好的敏感度和特异度^[6]，但对小于6mm、钙化结节、磨玻璃结节及邻近心脏、膈肌表面的结节的检出价值有限^[7]。相关研究表示^[8-10]，MR可以准确测量肺结节的大小，并能和CT结果保持很好的一致性。

目前研究中用于肺结节扫描的常规序列包括：快速自选回波序列(Fast Spin Echo, FSE)、短反转时间反转恢复序列(short inversion time inversion recovery, STIR)FSE序列、半傅立叶采集单次激发快速自旋回波序列(half-Fourier single-shot turbo spin-echo, HASTE)及梯度回波序列(gradient recall echo, GRE)。与传统MRI序列相比，T₁加权容积内插屏气扰相梯度回波序列(T₁-weighted gradient-recalled-echo volume-interpolated breath-hold examination, T₁-VIBE)可以获得更薄的图像和更高的分辨率^[11]，但是其为屏气检查序列，在不能配合屏气的患者中应用受限。而星形堆叠容积内插法序列(stack-of-star volumetric interpolated breath-hold examination, Star-VIBE)是一种自由呼吸三维梯度回波序列，可以在自由呼吸的状态下进行扫描并采集图像，可有效降低呼吸伪影，提高图像质量^[12-13]。目前研究^[8, 11]认为T₁-VIBE、Star-VIBE序列对肺结节具有较高的检出率，且Star-VIBE序列的结节检出率较T₁-VIBE序列高。

纵向弛豫时间成像(T₁ mapping)可测量组织的纵向弛豫时间(T₁)。研究^[14]显示，恶性肺病灶的T₁值显著低于良性非结核病变，可被认为是肺部疾病潜在的影像学生物标志物。但是，目前还未有研究探讨T₁ mapping在肺结节检出及测量中的价值。

本研究旨在以CT为标准，比较T₁-VIBE、Star-VIBE和T₁ mapping序列用于肺结节检出的敏感性及其对肺结节测量的能力，进一步探讨其在肺结节检出、随访中的价值。

1 材料与方法

1.1 研究对象 本回顾性研究获得了本院伦理委员会的批准。收集本院自2020年06月至2021年12月行CT检查存在肺结节且行胸部MRI检查的患者。

纳入标准：年龄≥18岁；存在直径≥2mm且≤20mm的肺结节；结节实性成分大于病灶体积的1/2；无MR检查禁忌症，并能配合完成MR检查者。排除标准：图像存在明显的伪影(n=1)(2)钙化结节(n=1)，因为钙化结节信号强度低，磁共振对其显示不敏感^[11, 15]。最终纳入在本院检查的45例患者，男32例，女13例，年龄32~78岁，平均年龄64

【第一作者】李真真，女，硕士研究生在读，主要研究方向：医学影像学。E-mail: 3255753927@qq.com

【通讯作者】徐高峰，男，主任医师，主要研究方向：医学影像学。E-mail: 18905100082@163.com

岁, 共计205个结节。

1.2 检查方法

1.2.1 CT检查 使用GE Lightspeed 16层螺旋CT机、西门子SOMATOM Definition AS CT机进行扫描, 扫描前去除金属异物, 对患者进行甲状腺及盆腔防护, 对患者进行呼吸训练。患者取仰卧位, 头先进, 扫描范围为肺尖至肺底。螺距分别为1.375、1.2, 扫描层厚7mm, 层间距7mm, 重建层厚1.29。

1.2.2 MRI检查 采用磁共振扫描仪(MAGNETOM Skyra 3.0T, Siemens Healthcare, Erlangen, Germany)和18通道表面线圈对患者进行扫描, 检查前去除金属异物, 对患者进行呼吸训练。患者取仰卧位, 头先进, 扫描范围为双肺尖至膈肌下方1cm。磁共振扫描序列包括T₁-VIBE、Star-VIBE和T₁ mapping序列。T₁ mapping序列采用3D多翻转角法(variable flip angle, VFA), FA为3°和15°。为了减少B1场强的不均匀性, 提高T₁测量的准确性, 在T₁ mapping扫描前额外增加T₁-Turbo (fast low angle shot, FLASH)序列进行B1场校正^[16-17]。使用MapIt软件(Siemens Healthineers)在MR扫描仪上自动生成T₁ mapping伪彩图。磁共振扫描序列及参数见表1。

1.3 图像评价 所有图像均由影像科医生在Siemens后处理工作站(syngoMMWP, Siemens Healthcare)上对图像进行观察。由2名具有5年以上工作经验的影像科医生对MR图像进行分析评价, 一周后再分析CT图像。阅片者根据需要调整窗宽、窗位, 在CT肺窗上对肺结节完成检测与最大径测量。当两名医生在结节检出方面存在差异时, 通过协商确定。两名医生分别独立测量并记录每个序列的结节最大径。

1.4 统计学分析 采用SPSS 26.0统计学分析软件。采用卡方检验比较MR及各序列对肺结节检出率的差异, Wilcoxon秩和检验比较结节尺寸的差异性, Spearman相关系数检验CT和MRI测量结节尺寸之间的相关性。组内相关系数(intraclass correlation coefficient, ICC)用于比较观察者间结节测量的一致性。

2 结果

45例患者CT检查共检出肺结节205个, 其中, 右肺134个, 左肺71个, 上叶115个, 中叶10个, 下叶80个。CT测量结节最大径为8.8±5.0mm。两名医生间不同序列肺结节直径测量结果一致性好(ICC分别为: 0.988, 0.991, 0.993, P<0.001)。

2.1 MRI肺结节的检出率 T₁-VIBE、Star-VIBE和T₁ mapping序列对肺结节的总体检出率不相同($\chi^2=15.780$, P<0.001), 其中Star-VIBE序列检出率最高(88.8%), 其次是T₁-VIBE序列(85.4%)、T₁ mapping序列(74.6%)。T₁ mapping序列的对肺结节检出率低于T₁-VIBE序列和Star-VIBE序列, 差异均有统计学意义(Bonferroni校正, P<0.007), 而Star-VIBE序列和T₁-VIBE序列

之间结节检出率差异无统计学意义(Bonferroni校正, P=0.303)。

对于直径≤6mm的肺结节, T₁-VIBE、Star-VIBE和T₁ mapping序列检出率不相同($\chi^2=17.475$, P<0.001)。T₁ mapping序列的检出率与T₁-VIBE和Star-VIBE序列相比差异均有统计学意义(Bonferroni校正, P<0.003), 而Star-VIBE序列和T₁-VIBE序列之间结节检出率差异无统计学意义(Bonferroni校正, P=0.325); 对于直径>6mm肺结节, 三者无统计学差异($\chi^2=6.053$, P=0.109)。

2.2 MRI结节最大径分析 选用T₁ mapping序列检测到并且在CT上所测最大径>6mm的结节(共111个)进行最大径分析。T₁ mapping序列所测的最大径为11.8±4.6mm, 在Star-VIBE序列所测得最大径为11.5±4.6mm, 在T₁-VIBE序列所测得最大径为10.6±4.4mm, 在CT上所测得最大径为12.2±4.2mm。各序列所测量结节最大径均较CT肺窗上所测量的结果偏小, 且存在统计学差异(Z=-8.227~-2.895; P<0.001~0.004), 各序列之间测量结果也存在差异(Z=-7.307~-2.250; P<0.001~0.024)。各序列所测量的结节最大径与CT肺窗上所测量的肺结节最大直径之间存在非常强的正相关(r=0.943~0.948; P<0.001), 各序列之间测量的结果也存在非常强的正相关(r=0.947~0.960; P<0.001)。

表1 磁共振扫描序列及参数

	T ₁ -VIBE	Star-VIBE	T ₁ mapping
扫描方位	横断位	横断位	横断位
呼吸	屏气	自由呼吸	屏气
TR/TE (ms)	4.22/1.9	2.79	5.01/2.3
FOV(mm ²)	380×380	1.39	380×305
矩阵	384×384	320×320	135×224
层厚 (mm)	3	1.2	4
层数	64	208	64
扫描时间[s]	21	330	20

表2 MRI对不同亚组肺结节检测的敏感性

肺结节大小	数目	MR检出数目	MRI敏感性
<6mm	58	35	60.3%
≤4mm	37	19	51.4%
6-8mm	65	65	100%
>8mm	82	82	100%
所有结节	205	182	88.8%

表3 MRI序列检测肺结节的敏感性

MRI序列	总体检出率	≤4mm检出率	<6mm检出率	6-8mm检出率	>8mm检出率
T ₁ -VIBE	85.4%(175/205)	48.6%(18/37)	53.4%(31/58)	95.5%(62/65)	100%(82/82)
Star-VIBE	88.8%(182/205)	51.4%(19/37)	60.3%(35/58)	100%(65/65)	100%(82/82)
T ₁ mapping	74.6%(153/205)	32.4%(12/37)	44.8%(26/58)	69.2%(45/65)	100%(82/82)

3 讨论

3.1 MR对肺结节的总体检出率 根据Lung-RADS, 肺结节恶性的可能性与结节大小密切相关, <6mm的实性肺结节只需继续年度低剂量CT筛查。而对于直径≥6mm的实性结节, 则需要短期随访或进一步临床处理^[18-19]。在本研究中, MR对于直径≥6mm的肺结节检出率为100%, 与Meier-Schroers^[8,9,20]等学者认为MRI对≥6mm的肺结节具有良好的敏感度和特异度的研究结果相一致。对于直径<6mm的结节, MR的总体检出率相对较低(60.3%), 这与Cieszanowski^[8,21]等学者研究结果相似。可能的原因是肺部MR扫描受到气体-肺实质界面高磁敏感效应以及呼吸、心跳等伪影的影响, 且T₁-VIBE序列与T₁ mapping序列的层厚较CT厚, 部分容积效应对小结节的显示影响稍大, 而且小结节

周围磁场不均会导致磁共振信号衰减。因此, 对于直径<6mm的肺结节, MR尚不能取代CT用于肺结节的筛查, 但是可选择用于肺结节的无辐射随访中。在今后的研究中, 应考虑使用多参数MR成像, 优化及规范扫描序列, 以提高小结节的检出率。

3.2 不同MR序列对肺结节的显示 在本研究中, Star-VIBE序列、T₁-VIBE序列总体检出率分别为88.8%、85.4%。Star-VIBE序列对直径≥6mm的肺结节检出率达100%, T₁-VIBE序列对直径>6mm检出率为95.5%, 这与^[11,21]等研究认为Star-VIBE序列对直径≥6mm结节的检出率达100%一致, 与Cieszanowski^[8]等学者认为T₁-VIBE序列结节检出率最高(69%)也相一致。VIBE序列因为层厚较薄, 3D扫描, 分辨率高, 所以对肺结节的检出率较高。而张宁^[22]等研究认为T₁-VIBE序列的结节检出率(40.0%)低于HASTE

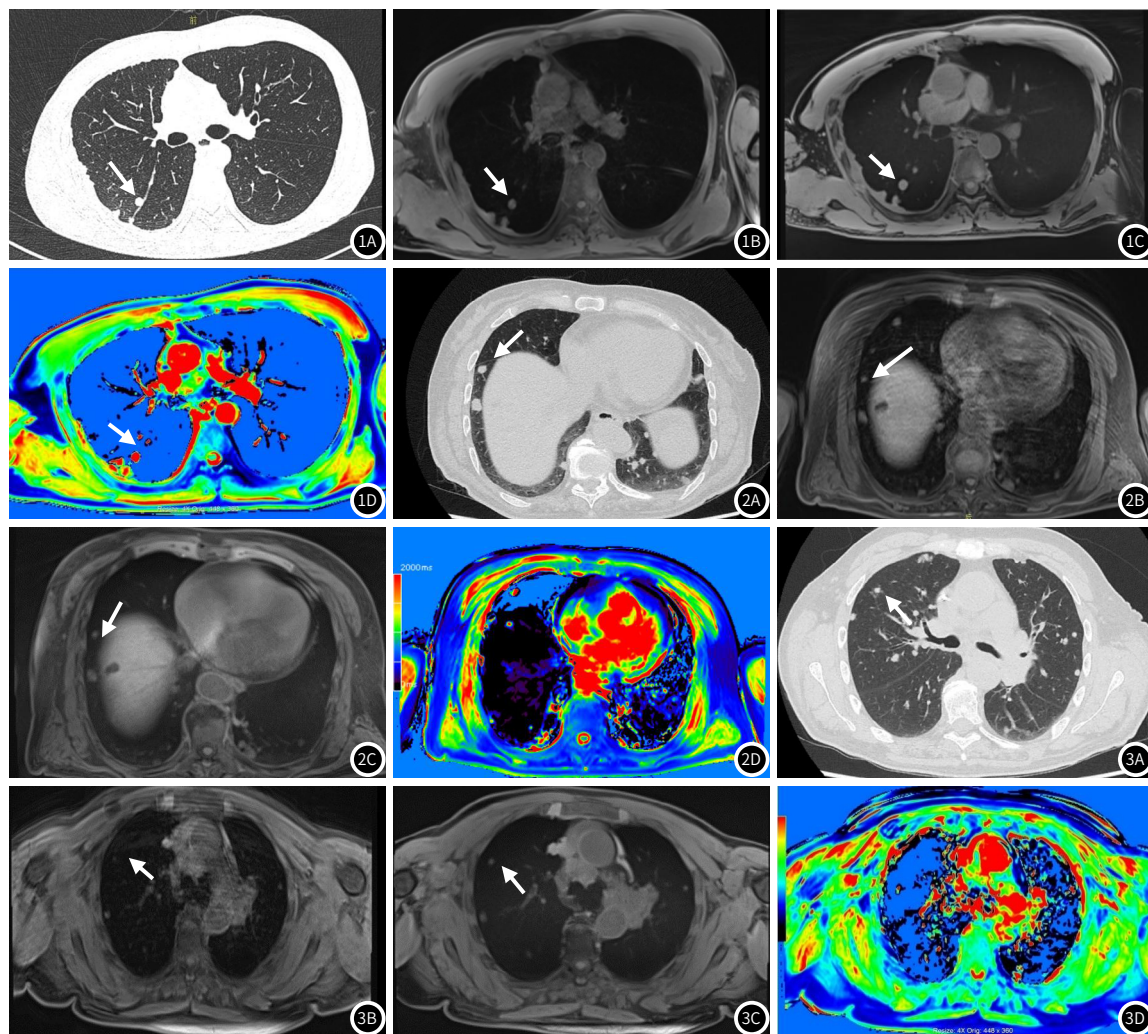


图1 男, 46岁, 右上肺结节(白色箭头)。图1A: CT肺窗; 图1B: T₁-VIBE序列; 图1C: Star-VIBE序列; 图1D: T₁ mapping序列。结节可以在四个序列上清晰显示。结节在CT肺窗上测量最大径为: 7mm, T₁-VIBE序列、Star-VIBE序列、T₁ mapping序列上分别为: 7mm, 9mm, 7mm。**图2** 女65岁, 右下肺(靠近膈肌)结节(白色箭头)。图2A: CT肺窗; 图2B: T₁-VIBE序列; 图2C: Star-VIBE序列; 图2D: T₁ mapping序列。结节在CT图像上、T₁-VIBE序列、Star-VIBE序列上可以显示, 但是边缘稍模糊, 而在T₁ mapping序列上显示不清。结节在CT肺窗上测量最大径为: 8mm, T₁-VIBE序列、Star-VIBE序列上分别为: 5mm, 5mm。**图3** 女65岁, 右上肺结节(白色箭头)。图3A: CT肺窗; 图3B: T₁-VIBE序列(显示模糊); 图3C: Star-VIBE序列; 图3D: T₁ mapping序列(显示不清)。结节在CT图像、Star-VIBE序列上可以清晰显示, T₁-VIBE序列存在呼吸伪影, 结节显示模糊, 在T₁ mapping序列上显示不清。结节在CT肺窗上测量最大径为: 4mm, T₁-VIBE序列、Star-VIBE序列上分别为: 3mm, 4mm。

序列(81.1%)和T2-TSE序列(76.5%), 结果不一致的原因可能是张宁^[22]等研究纳入了磨玻璃结节。磨玻璃结节中实性成分少, 导致其磁共振信号低, 检出率较低。而本研究纳入的肺结节均为实性, 这可能造成了检出率的差异, 其次, 不同的扫描设备和参数也可能导致对病灶的显示能力存在差异。

以往一些研究结果^[11, 22]显示由于Star-VIBE序列使用放射状填充K空间, 有效抑制了心跳、呼吸等运动伪影, 且层厚较T₁-VIBE薄, 分辨率高, 因此对结节检出率较T₁-VIBE序列高。而本研究中, Star-VIBE序列检出率稍高于T₁-VIBE, 但是差异没有统计学意义, 可能是因为扫描前对患者进行了规范化呼吸训练, 且对屏气差及病灶存在明显伪影的病例进行了剔除。因此, 今后需要大样本研究进一步证实Star-VIBE序列对肺结节的显示优势。

本研究采用的B1场校正的T₁ mapping技术可以降低B1场强的不均匀性, 较传统的成像方法准确性更高、重复性更好, 而且覆盖范围广、扫描时间短^[17, 23]。本研究T₁ mapping序列可以精确检出直径>8mm肺结节(100%), 而对≤8mm结节的检出率偏低(57.7%)。T₁ mapping序列较T₁-VIBE与Star-VIBE序列层厚, 部分容积效应较大, 不利于小结节的检出。而Yang^[14]等研究认为T₁ mapping序列检出率与T₁-VIBE序列一样高, 可能的原因是Yang^[14]等研究纳入的结节直径>10mm, 故检出率较高。未来有

待进一步研究探讨T₁ mapping序列对肺结节的显示。

3.3 与CT相比, MR测量肺结节最大径的能力 肺结节恶性的概率与结节的大小密切相关^[24-25], 准确测量肺结节大小是MR肺结节筛查和肺结节随访的关键。目前一些研究^[8-10]认为, MR能够准确测量肺结节的大小, 且和CT的测量结果保持了很好的一致性。在本研究中, CT和MR图像上所测量的最大径之间存在非常强的正相关。然而, 肺结节在MR图像上测量的大小较CT图像偏小, 且差异有统计学意义, 这与张宁^[22, 26-27]等研究结果一致, 可能是MR的部分容积效应及结节边缘磁场不均匀导致的信号衰减造成。患者与结节形态的差异或测量者的误差也有可能造成了这个结果^[8], Yang^[14]等研究中纳入的肺结节均大于10mm, CT和MRI图像上测量结节最大径之间一致性好, 而本研究最大径分析均采用直径>6mm的结节。同时各个序列之间测量的结果也存在差异, 这与不同序列参数不同有关。

3.4 局限性 本研究还存在局限性。首先, 本研究是单中心、小样本研究, 有待在以后的研究中扩大样本量。第二, 仅通过二维测量方式对结节的大小进行测量分析, 没有应用自动三维容积分析技术对结节进行评价; 第三, 本研究仅采用实性成分大于病灶体积1/2的结节, 未纳入亚实性结节, 有待在以后的研究中对各种类型的结节进一步研究; 第四, 本研究采用的实性结节包含良性

和恶性转移结节，且恶性转移结节的比重较高，有待在以后研究中进一步对肺结节良恶性深入研究。

4 结 论

Star-VIBE和T₁-VIBE序列可用于直径≥6mm肺结节的检出；T₁ mapping序列可用于直径>8mm肺结节的检出。而直径<6mm的肺结节，基于T₁WI序列检出率较低，对这些结节的检出与随访，MR尚不能替代CT。综上所述，基于T₁WI序列在肺结节检出方面具有潜在价值。

参考文献

- [1] Siegel R L, Miller K D, Fuchs H E, et al. Cancer Statistics, 2021 [J]. CA Cancer J Clin, 2021, 71 (1): 7-33.
- [2] 宁爱东, 张林飞, 汪国伟. CT三维重建成像对孤立性肺结节形态特征的显示及良恶性的诊断价值探究 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (8): 36-38.
- [3] Koo C W, Lu A, Takahashi E A, et al. Can MRI contribute to pulmonary nodule analysis? [J]. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2019, 49 (7): e256-e264.
- [4] 刘长志, 司徒亚, 陈新胜. CT与MRI在良恶性孤立肺结节鉴别诊断中的应用比较 [J]. 中国CT与MRI杂志, 2020, 18 (7): 4.
- [5] 戴志京, 孙蓉, 钱小建. 多层螺旋CT联合磁共振扩散加权成像在肺部结节良恶性病变鉴别诊断中的应用 [J]. 中国CT与MRI杂志, 2019.
- [6] Meier-Schroers M, Homs R, Skowasch D, et al. Lung cancer screening with MRI: results of the first screening round [J]. Journal of Cancer Research and Clinical Oncology, 2018, 144 (1): 117-125.
- [7] Koo C W, White D B, Lingineni R K, et al. Magnetic Resonance Imaging of Part-solid Nodules [J]. Journal of thoracic imaging, 2016, 31 (1): 2-10.
- [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.
- [9] Heye T, Ley S, Heussel C P, et al. Detection and size of pulmonary lesions: how accurate is MRI? A prospective comparison of CT and MRI [J]. Acta Radiologica, 2012, 53 (2): 153-160.
- [10] Zhang S, Gu X, Liu J, et al. A primary analysis on measuring repeatability of the maximum diameter between CT and MR imaging for lung cancers [J]. Journal of X-Ray Science and Technology, 2020, 28 (2): 333-344.
- [11] 任占丽, 贺太平, 杨创勃, 等. 磁共振 3D-VIBE 序列和 STAR-VIBE 序列对肺结节显示能力的比较研究 [J]. 磁共振成像, 2019, 10 (1): 14-17.
- [12] Kumar S, Rai R, Stemmer A, et al. Feasibility of free breathing Lung MRI for Radiotherapy using non-Cartesian k-space acquisition schemes [J]. The British journal of radiology, 2017, 90 (1080): 20170037.
- [13] 李武超, 刘远成, 杨艳, 等. 自由呼吸StarVIBE序列用于采集胸部T1WI [J]. 中国医学影像技术, 2020, 36 (6): 5.

- [14] Yang S, Shan F, Yan Q, et al. A pilot study of native T1-mapping for focal pulmonary lesions in 3.0 T magnetic resonance imaging: size estimation and differential diagnosis [J]. Journal of Thoracic Disease, 2020, 12 (5): 2517-2528.
- [15] Zeng J, Liu Z, Shen G, et al. MRI evaluation of pulmonary lesions and lung tissue changes induced by tuberculosis [J]. International Journal of Infectious Diseases, 2019, 82: 138-146.
- [16] Perman W H, Bernstein M A, Sandstrom J C. A method for correctly setting the rf flip angle [J]. Magnetic resonance in medicine, 1989, 9 (1): 16-24.
- [17] Kim J E, Kim H O, Bae K, et al. T1 mapping for liver function evaluation in gadoteric acid-enhanced MR imaging: comparison of look-locker inversion recovery and B1 inhomogeneity-corrected variable flip angle method [J]. European radiology, 2019, 29 (7): 3584-3594.
- [18] Radiology A C o. Lung CT screening reporting and data system (Lung-RADS) [J]. 2014.
- [19] 王逸飞. CT征象与Lung-RADS分级对孤立性肺结节良恶性鉴别价值 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (9): 26-27.
- [20] Meier-Schroers M, Homs R, Schild H H, et al. Lung cancer screening with MRI: characterization of nodules with different non-enhanced MRI sequences [J]. Acta Radiologica, 2019, 60 (2): 168-176.
- [21] Yu N, Yang C, Ma G, et al. Feasibility of pulmonary MRI for nodule detection in comparison to computed tomography [J]. BMC Medical Imaging, 2020, 20 (1): 1-7.
- [22] 张宁. 磁共振检出肺小结节的序列优化及浸润性肺腺癌的诊断 [D]. 河北医科大学, 2017.
- [23] Jiang J, Cui L, Xiao Y, et al. B1-Corrected T1 Mapping in Lung Cancer: Repeatability, Reproducibility, and Identification of Histological Types [J]. Journal of Magnetic Resonance Imaging, 2021, 54 (5): 1529-1540.
- [24] McWilliams A M, Mayo J R, Im Ahn M, et al. Lung cancer screening using multi-slice thin-section computed tomography and autofluorescence bronchoscopy [J]. Journal of Thoracic Oncology, 2006, 1 (1): 61-68.
- [25] Swensen S J, Jett J R, Hartman T E, et al. CT screening for lung cancer: five-year prospective experience [J]. Radiology, 2005, 235 (1): 259-265.
- [26] Ohno Y, Koyama H, Yoshikawa T, et al. Standard-, reduced-, and no-dose thin-section radiologic examinations: comparison of capability for nodule detection and nodule type assessment in patients suspected of having pulmonary nodules [J]. Radiology, 2017, 284 (2): 562-573.
- [27] Schäfer J F, Vollmar J, Schick F, et al. Imaging diagnosis of solitary pulmonary nodules on an open low-field MRI system—comparison of two MR sequences with spiral CT [J]. Rofo, 2002, 174 (9): 1107-1114.

(收稿日期: 2022-04-20)

(校对编辑: 孙晓晴)

(上接第 46 页)

- [8] GODOY M C, SABLOFF B, NAIDICH D P. Subsolid pulmonary nodules: imaging evaluation and strategic management [J]. Current opinion in pulmonary medicine, 2012, 18 (4): 304-312.
- [9] TANG E K, CHEN C S, WU C C, et al. Natural History of Persistent Pulmonary Subsolid Nodules: Long-Term Observation of Different Interval Growth [J]. Heart, lung & circulation, 2019, 28 (11): 1747-1754.
- [10] LARICI A R, FARCHIONE A, FRANCHI P, et al. Lung nodules: size still matters [J]. Eur Respir Rev, 2017, 26 (146):
- [11] MACMAHON H, NAIDICH D P, GOO J M, et al. Guidelines for Management of Incidental Pulmonary Nodules Detected on CT Images: From the Fleischner Society 2017 [J]. Radiology, 2017, 284 (1): 228-243.
- [12] LIN Y, FU M, DING R, et al. Patient Adherence to Lung CT Screening Reporting & Data System-Recommended Screening Intervals in the United States: A Systematic Review and Meta-Analysis [J]. J Thorac Oncol, 2022, 17 (1): 38-55.
- [13] BANKIER A A, MACMAHON H, GOO J M, et al. Recommendations for Measuring Pulmonary Nodules at CT: A Statement from the Fleischner Society [J]. Radiology, 2017, 285 (2): 584-600.
- [14] METS O M, DE JONG P A, SCHOLTEN E T, et al. Subsolid pulmonary nodule morphology and associated patient characteristics in a routine clinical population [J]. European radiology, 2017, 27 (2): 689-696.
- [15] RICCIARDI S, BOOTON R, PETERSEN R H, et al. Managing of screening-detected sub-solid nodules—a European perspective [J]. Transl Lung Cancer Res, 2021, 10 (5): 2368-2377.
- [16] SATO M, YANG S M, TIAN D, et al. Managing screening-detected subsolid nodules—the Asian perspective [J]. Transl Lung Cancer Res, 2021, 10 (5): 2323-2334.
- [17] HAMMER M M, PALAZZO L L, ECKEL A L, et al. A Decision Analysis of Follow-up and Treatment Algorithms for Nonsolid Pulmonary Nodules [J].

- Radiology, 2019, 290 (2): 506-513.
- [18] LEE J H, PARK C M, LEE S M, et al. Persistent pulmonary subsolid nodules with solid portions of 5 mm or smaller: Their natural course and predictors of interval growth [J]. European radiology, 2016, 26 (6): 1529-1537.
- [19] LEE J H, PARK C M, KIM H, et al. Persistent part-solid nodules with solid part of 5 mm or smaller: Can the 'follow-up and surgical resection after interval growth' policy have a negative effect on patient prognosis? [J]. European radiology, 2017, 27 (1): 195-202.
- [20] 宁爱东, 张林飞, 汪国伟. CT三维重建成像对孤立性肺结节形态特征的显示及良恶性的诊断价值探究 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (8): 36-38.
- [21] 王逸飞. CT征象与Lung-RADS分级对孤立性肺结节良恶性鉴别价值 [J]. 罕少疾病杂志, 2022, 29 (9): 26-27.
- [22] CHO J, KIM E S, KIM S J, et al. Long-Term Follow-up of Small Pulmonary Ground-Glass Nodules Stable for 3 Years: Implications of the Proper Follow-up Period and Risk Factors for Subsequent Growth [J]. J Thorac Oncol, 2016, 11 (9): 1453-1459.
- [23] KAKINUMA R, NOGUCHI M, ASHIZAWA K, et al. Natural History of Pulmonary Subsolid Nodules: A Prospective Multicenter Study [J]. J Thorac Oncol, 2016, 11 (7): 1012-1028.
- [24] 石锋, 舒松, 吴明, 等. 低剂量CT扫描在诊断直径<2.0cm孤立性肺结节的临床价值 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19: 67-69.
- [25] 余璐, 桂丹. 136例肺结节患者CT诊断的回顾性分析及Lung-RADS分级的诊断价值 [J]. 中国CT和MRI杂志, 2021, 19: 57-60.

(收稿日期: 2022-03-14)

(校对编辑: 朱丹丹)