

· 胸部影像学 ·

探讨 3.0T 磁共振 UTE 序列对肺结节的显示能力:与 CT 图像对比

王福南,朱柳红,周建军

【摘要】 目的:通过 3.0T MR 的超短回波时间(UTE)成像与常规剂量 CT 平扫进行对比,探讨 UTE-MRI 对肺结节显示的能力,分析其在肺结节的临床应用价值。**方法:**搜集本院 31 例患者,行 CT 平扫及 3.0T 磁共振 UTE 序列扫描。以 CT 检出结节数量及影像特征作为金标准。2 名 10 年以上工作经验放射诊断医师独立记录 CT 及 UTE 肺结节数目及形态特征。**结果:**31 例患者 CT 共检出 41 枚结节,UTE 序列检出 40 枚结节(检出率 97.6%)。UTE 检出分叶征 28 枚,几乎接近金标准 CT 图像(29 枚),检出率为 96.5%,两者间差异无统计学意义。UTE 检出病灶中心不均质性(19 枚),检出率高于 CT(10 枚),差异具有统计学意义。UTE 显示毛刺征数量(15 枚),低于 CT 显示(20 枚),但两者间差异无统计学意义。UTE 显示胸膜牵拉数量(11 枚),高于 CT 显示(9 枚),差异亦无统计学意义。**结论:**UTE 序列对于肺小结节(≥ 4 mm)检出有高的敏感性,可媲美 CT 成像,且可提供接近于 CT 的影像学特征,具有广阔的临床应用前景。

【关键词】 超短回波时间;磁共振成像;肺结节;肺肿瘤

【中图分类号】 R445.2;R734.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2021)03-0357-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2021.03.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



To explore the ability of 3.0T MR UTE sequence to display pulmonary nodules: comparison with CT images WANG Fu-nan, ZHU Liu-hong, ZHOU Jian-jun, Fudan University Affiliated Zhongshan Hospital Xiamen Branch, Fujian 361000, China

【Abstract】 Objective: To compare the ultrashort TE (UTE) sequence of 3.0T MR with conventional dose CT scan, explore the ability of UTE-MRI in displaying pulmonary nodules, and analyze its clinical application value in pulmonary nodules. **Methods:** The data of thirty-one patients with CT scan and 3.0T MR UTE sequence in our hospital were collected. The number of nodules and the image characteristics detected by CT were taken as the gold standard. Two radiologists with more than ten years of working experience independently recorded the number and morphological characteristics of pulmonary nodules on CT and UTE images. **Results:** Forty-one nodules were detected by CT in 31 patients, and 40 nodules were detected by UTE sequence (detection rate was 97.6%). Twenty-eight nodules with lobulated signs were detected by UTE, which was almost close to the CT images (29 lesions) with a 96.5% detection rate, and there was no significant difference. The detection rate of heterogeneity in UTE (19 lesions) was higher than that in CT (10 lesions), and the difference was statistically significant. But there was no significant difference in the number of burr signs between UTE (15) and CT (20). And the number of pleural traction showed by UTE (11) was similar to CT (9). **Conclusion:** MR UTE sequence has a high sensitivity for the detection of small pulmonary nodules (≥ 4 mm), comparable to CT imaging, and can provide imaging features close to CT, which has broad clinical application prospects.

【Key words】 Ultrashort echo time; Magnetic resonance imaging; Pulmonary nodule; Lung neoplasms

作者单位:361000 福建,复旦大学附属中山医院厦门医院

作者简介:王福南(1984—),男,福建泉州人,硕士,主治医师,主要从事胸部影像诊断工作。

通信作者:朱柳红, E-mail: zhuliuhong@163.com

基金项目:2019 年厦门市科技局指导性项目(3502Z20199040);2020 年厦门市科技局指导性项目(3502Z20209059)

随着肺癌的发病率和死亡率逐渐升高,国际肺癌筛查协会(National Lung Screening Trial, NLST)^[1]出台了肺癌筛查的指导方案,随着 CT 肺部筛查的推广,肺结节的发现逐渐增多,但因 CT 具有辐射,其造成的诱导癌变也越来越受到人们的重视^[2],不利于长期随访检查。MR 具有软组织分辨力高,无辐射等特点,拥有较明显的优势,但是 MRI 在肺部的应用一直受到质子密度低、T₂ 信号衰减迅速等因素影响,其临床应用较为局限。随着 MR 技术发展,尤其是扫描序列的改进,已有不少学者探讨过 MR 检查肺部相关疾病的图像质量及诊断研究^[3-4]。尤其是超短回波时间(ultrashort echo time, UTE)技术的发展,其特点为回波时间可以缩短到微秒级别(32 μ s),在质子的磁共振信号刚刚衰减初期即采集信号,特别适用于质子含量低、磁场不均匀的器官(如肺组织)的磁共振成像^[5-7]。因此,本研究主要通过 3.0T MR 的 UTE 成像与常规剂量 CT 平扫进行对比,探讨 UTE-MRI 对肺结节显示的能力,分析其在肺结节的临床应用价值。

材料与方法

1. 研究对象

搜集本院 2019 年 4 月—11 月行胸部 CT 检查发现肺结节的患者的影像资料,对所有符合纳入标准的患者行 MR 检查,所有 MR 扫描均采用横轴面 UTE 序列。根据既往研究,UTE 在 4 mm 以上结节敏感性较高,且临床意义较高^[8-11],故此次研究未将 4 mm 以下结节纳入其中。患者入选标准:①肺部 CT 扫描发现单发或多发 4~30 mm 肺结节;②能够很好配合扫描方案完成扫描,图像质量优良(配合不佳的患者不予考虑);③无其它肺部基础疾病如肺气肿等;④CT 与 MRI 检查时间间隔<3 天。最终纳入 31 例患者,男 20 例,女 11 例,年龄 29~70 岁,平均(59.20 $\pm$ 9.95)岁。所有患者检查前均签署了知情同意书,本研究获得本院伦理委员会批准。

2. 检查方法

CT 检查:采用联影 uCT 64 层螺旋 CT 扫描仪。所有患者扫描前行平静呼吸训练,均采取仰卧位,足先进,双上肢上举,扫描范围自肺尖至肺底。扫描参数:层厚 5.0 mm,层间距 5.0 mm,重建 2 mm 层厚,螺距 1.375,管电压 120 kV,自动管电流技术。

MRI 检查:采用 GE Healthcare HD 7503.0T MR 扫描仪(Waukesha, USA),患者均取仰卧位,足先进,采用体表线圈,扫描前行平静规律呼吸训练,以 CT 发现肺结节病灶区进行扫描,扫描序列:横轴面呼吸门控双回波 UTE, TR 70 ms, TE 0.032 ms,回波链长度(echo train length, ETL)16,层厚 2.0 mm,层间

隔 1.0 mm,矩阵 512 $\times$ 512,扫描层数约 20 层,扫描时间约 3 min 54 s。

3. 图像解读及后处理

由 2 名具有 10 年以上肺结节诊断经验的放射科医师读片,先对 MR 成像进行双盲法分析,1 周后再分别观察 CT 上病灶征象并记录,对征象分析观察结果不一致时,通过协商讨论。

在磁共振 UTE 序列和 CT 图像上分别记录肺结节的检出数目,然后分别观察其影像征象,主要观察征象包括:分叶征、毛刺征、胸膜牵拉征、内部结构特征。在肺窗上观察病灶的数量、分叶征、毛刺征及胸膜牵拉征,在纵隔窗上观察病灶内特征。MRI 图像观察均在适当调整窗宽的 UTE 序列上观察。“分叶征”^[12]为结节整体见多个弧状凸起,相间为凹入而形成分叶状。“毛刺征”^[13-15]是指肺窗显示的结节边缘不一致的棘状或毛刺样突起。“胸膜凹陷征”^[16]为肺结节与胸膜之间的线状影,可伴有相邻脏层胸膜三角形或喇叭状突起。

4. 统计学分析

采用 SPSS 21.0 软件进行统计学分析,计数资料采用 χ^2 检验,以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

结 果

1. CT 及 UTE 显示的病灶数量

31 例患者中,CT 发现肺结节 41 枚,其中实性结节为 30 枚(占总数 73%),亚实性结节 6 枚,磨玻璃结节 5 枚,UTE 显示结节数量为 40 枚(图 1),其中实性结节为 30 枚,亚实性结节 6 枚,磨玻璃结节 4 枚。以 CT 为金标准,肺结节在 UTE 的检出率为 97.5%,接近 CT。

2. CT 及 UTE 对分叶、毛刺、内部结构、邻近胸膜凹陷的显示

UTE 对分叶征的检出率为 96.5%,几乎接近金标准 CT 图像(图 2),两者之间差异无统计学意义($P=1$)。UTE 对病灶中心不均质性改变显示率高于 CT,差异具有统计学意义($P=0.004$),UTE 提示病灶中心结构信号不均,而 CT 平扫仅显示均匀密度(图 3)。UTE 显示毛刺征数量低于 CT,差异无统计学意义($P=0.063$),UTE 对于 5 例较细毛刺显示欠清,而对 15 例较粗大毛刺显示与 CT 相似(图 4a、b)。UTE 显示胸膜牵拉数量高于 CT,差异无统计学意义($P=0.500$),见表 1。2 例 UTE 图像发现相邻胸膜下线样高信号(图 4)。

讨 论

近年来,随着 3.0T MRI 技术的逐渐成熟与广泛

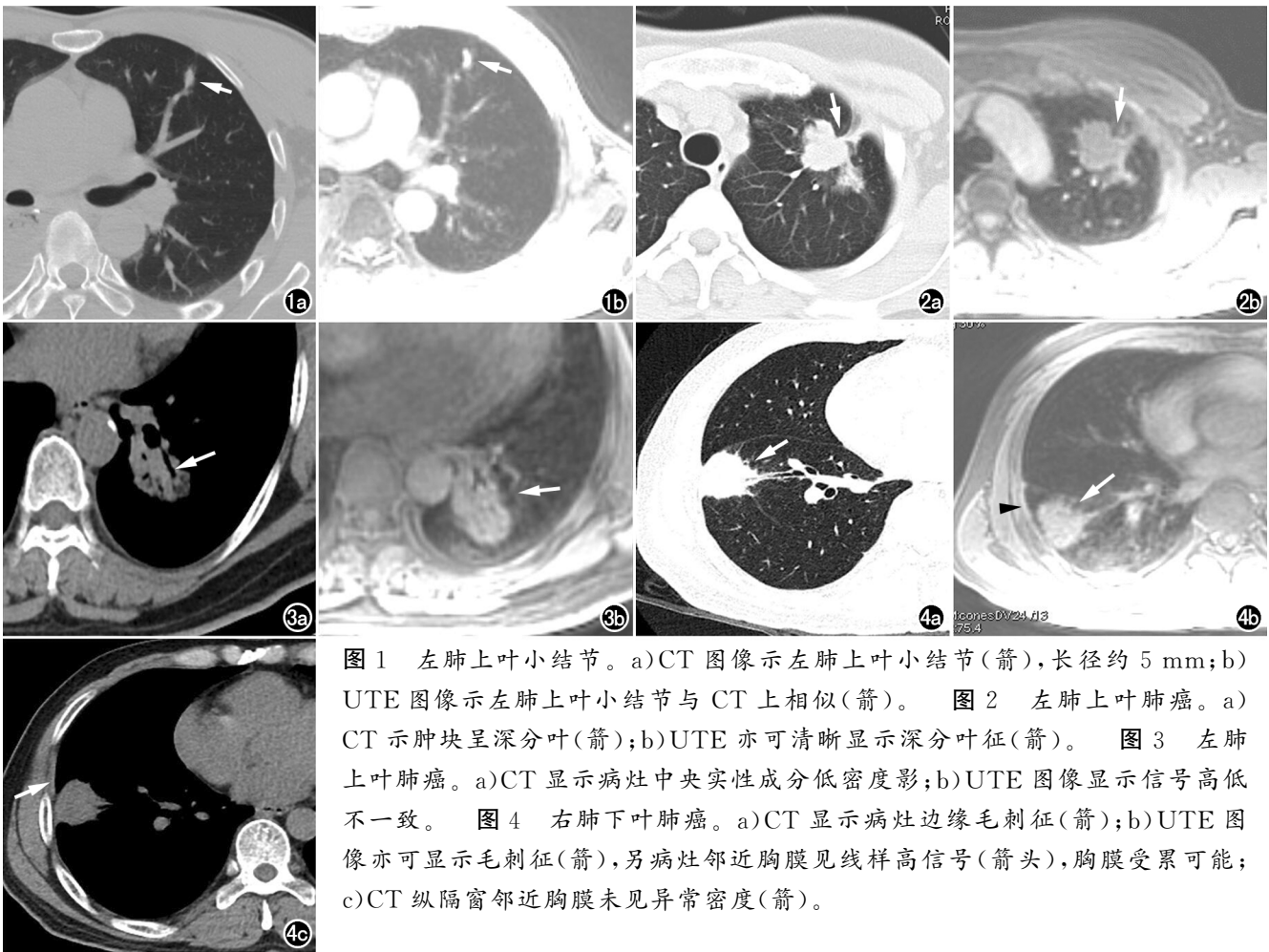


图 1 左肺上叶小结节。a)CT 图像示左肺上叶小结节(箭),长径约 5 mm;b)UTE 图像示左肺上叶小结节与 CT 上相似(箭)。 图 2 左肺上叶肺癌。a)CT 示肿块呈深分叶(箭);b)UTE 亦可清晰显示深分叶征(箭)。 图 3 左肺上叶肺癌。a)CT 显示病灶中央实性成分低密度影;b)UTE 图像显示信号高低不一致。 图 4 右肺下叶肺癌。a)CT 显示病灶边缘毛刺征(箭);b)UTE 图像亦可显示毛刺征(箭),另病灶邻近胸膜见线样高信号(箭头),胸膜受累可能;c)CT 纵隔窗邻近胸膜未见异常密度(箭)。

表 1 CT 及 UTE 对肺结节形态特征的检出数 (个)

征象	CT 检出	UTE 检出	χ^2 值	P 值
分叶征	29	28	0	1
毛刺征	20	15	3.2	0.063
胸膜牵拉	9	11	0.5	0.500
结节内部混杂	10	19	7.11	0.004

应用,其在图像的信噪比、组织对比度、化学位移分辨率及磁敏感度等方面均有较明显的提升,能够更加清晰显示正常解剖结构,更好地检出病变组织。同时,为了减少呼吸动脉及心跳运动伪影,呼吸门控与心电触发技术的使用,使得肺部 MRI 的应用日益增多。肺组织主要含有较多气体, T_2 时间非常短,信号采集受限,常规 MR 序列采集不清甚至采集不到短 T_2 组织的图像。为了采集短 T_2 成分,近些年来 UTE 序列得到了较快发展,该序列主要用于采集短 T_2 成分,原理上是利用其超短的 TE 值(32 μ s)在物质短 T_2 成分的 MR 信号快速衰减至零前迅速采集,这是传统 MR 无法做到的,因此采用 UTE 序列可以取得较好的成像效果,这是医学影像领域的一个重大突破,其广泛应用具有重要的临床意义和广阔的前景。如,Ohno 等^[17]研究 UTE 序列在肺结节的检出率,与薄层常规剂量 CT 相比,常规 CT 检出率为 92.0%,而 UTE 序列检出率为

91.5%,两者差异无统计学意义。有研究表明, MRI 对于直径>8 mm 肺结节的敏感度高达 100%,且取得与 CT 相似的结果^[18],但其研究仅限于 8 mm 以上,且其广泛临床应用尚未得到验证。

本研究结果显示,与 CT 对比,磁共振 UTE 序列对于肺内 4 mm 以上结节的显示率达 97.5%,高于相关文献(95.7%)^[19]。在分叶征的显示方面,UTE 序列(28 枚)与 CT(29 枚)几乎一致,检出率约达 96.6%,这与既往研究一致^[20],而毛刺征的显示方面,CT(20 枚)却高于 UTE(15 枚),但差异不具有统计学意义,分析其主要的原因:其一与病灶较小且边缘密度较低,容易受呼吸运动伪影干扰有关;其二可能由于患者在进行两种检查时呼吸状态不同,CT 图像为吸气末成像,而 UTE 成像为自由呼气末成像,既往研究证实,对比 CT 图像在呼吸末及吸气末采集将影响结节细微结构,尤其是对于磨玻璃结节影响高于实性结节,故两者显示可能存在不一致,但因 UTE-MRI 使用呼吸门控,故对于无法憋气患者或婴儿等有较便利应用^[21-22]。

UTE 图像结节内部信号较混杂有 19 枚,而在 CT 上仅 10 枚,余均表现常为较均一的等密度或稍低密度,差异具有统计学意义。主要由于磁共振 UTE 成

像具有较高软组织分辨率,对病灶内如出现出血、坏死、粘液变性或纤维成分敏感性高于 CT,这有利于结节性质的精准判定,也为今后肿瘤早期治疗疗效评价提供一种可能。

既往研究发现^[23],胸膜牵拉征形成的主要基础是肿瘤内瘢痕,进而还与肿瘤所引起肺部节段性不张导致脏层胸膜凹陷有关。本研究中 UTE 和 CT 在胸膜牵拉方面,差异不具有统计学意义,但是 UTE 显示(11 个)稍高于 CT(9 个),主要原因分析为 UTE 对水的信号显示较 CT 敏感,肖湘生等^[24]研究证实胸膜凹陷区的成分为水,故轻度胸膜凹陷在 CT 上显示欠佳。

综上,通过此次研究发现,3.0T MRI-UTE 序列图像在肺结节检出及影像特征的显示能力,已接近于金标准的常规胸部 CT 检查,为今后无辐射肺结节筛查及随访提供了广阔的前景。但该研究仍存在一定限制:第一,肺肿瘤性质部分未得到病理结果,今后将增加确诊肿瘤的例数来进行病灶各种征象显示的研究;第二,未进行 UTE 全肺扫描,因需要较多时间,今后将通过优化参数,减少扫描时间,得到全肺扫描 UTE 图像;第三,因此次研究磨玻璃结节数量偏少,未对其单独分类研究,今后增加磨玻璃结节病例采集;第四,直径小于 4 mm 的结节未纳入本次研究,今后将扩大研究范围,纳入更多结节。

参考文献:

- [1] Aberle DR, Adams AM, Berg CD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening[J]. *N Engl J Med*, 2011, 365(5):395-409.
- [2] Wu NY, Cheng HC, Ko JS, et al. Magnetic resonance imaging for lung cancer detection: experience in a population of more than 10,000 healthy individuals[J]. *BMC Cancer*, 2011, 11(1):242-242.
- [3] 马晓玲,周舒畅,艾涛,等.动态增强磁共振在肺孤立性结节灶中的量化研究[J]. *放射学实践*, 2014, 29(10):1158-1162.
- [4] 王敏君,占洁,张伟,等.3.0T MR TSE-17-db-iPAT T₂WI 序列在周围型肺肿块诊断中的价值[J]. *放射学实践*, 2012, 27(11):1194-1197.
- [5] Burris NS, Johnson KM, Larson PEZ, 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.
- [6] Wielpütz Mark O, Lee Ho Yun, Koyama Hisanobu, et al. Morphological characterization of pulmonary nodules with ultrashort TE MRI at 3T[J]. *AJR*, 2018, 210(6):1216-1225.
- [7] 夏艺,管宇,刘士远,等.超短回波时间(UTE)肺部 MR 成像对慢性阻塞性肺疾病的初步应用[J]. *临床放射学杂志*, 2018, 37(3):401-405.
- [8] Ohno Y, Koyama H, Yoshikawa T, et al. Pulmonary high-resolution ultrashort TE MR imaging: comparison with thin-section standard- and low-dose computed tomography for the assessment of pulmonary parenchyma diseases[J]. *Magn Reson Imaging*, 2016, 43(2):512-532.
- [9] MacMahon H, Austin JH, Gamsu G, et al. Guidelines for management of small pulmonary nodules detected on CT scans: a statement from the Fleischner Society[J]. *Radiology*, 2005, 237(2):395-400.
- [10] Naidich DP, Bankier AA, MacMahon H, et al. Recommendations for the management of subsolid pulmonary nodules detected at CT: a statement from the Fleischner Society[J]. *Radiology*, 2013, 266(1):304-317.
- [11] MacMahon H, Naidich DP, Goo JM, 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] 刘大亮,马大庆,陈广. CT 的分叶征表现在肺内孤立结节影像诊断中的价值[J]. *中华放射学杂志*, 2007, 41(5):487-489.
- [13] Zwirewich CV, Vedal S, Miller RR, et al. Solitary pulmonary nodule: high-resolution CT and radiologic-pathologic correlation[J]. *Radiology*, 1991, 179(2):469-476.
- [14] Aoki T, Tomoda Y, Watanabe H, et al. Peripheral lung adenocarcinoma: correlation of thin-section CT findings with histologic prognostic factors and survival[J]. *Radiology*, 2001, 220(3):803-809.
- [15] 王晓华,马大庆,陈卉.毛刺征在 CT 诊断周围型小肺癌中的价值[J]. *中国医学影像学杂志*, 2006, 14(2):127-130.
- [16] 崔云,马大庆,杨静.肺结节胸膜凹陷征诊断价值的 Met 分析[J]. *首都医科大学学报*, 2007, 28(6):709-712.
- [17] Ohno Y, Koyama H, Yoshikawa T, et al. Pulmonary high-resolution ultrashort TE MR imaging: comparison with thin-section standard- and low-dose computed tomography for the assessment of pulmonary parenchyma diseases[J]. *J Magn Reson Imaging*, 2016, 43(2):512-532.
- [18] Cieszanowski A, Lisowska A, Marta D, 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.
- [19] Bieder J, Schoene A, Freitag S, et al. Simulated pulmonary nodules implanted in a dedicated porcine chest phantom: sensitivity of MR imaging for detection[J]. *Radiology*, 2003, 227(2):475-483.
- [20] 康柳青,黎海亮,袁军辉,等.3.0T MR IDEAL 序列对肺结节显示能力的探讨——与 MSCT 对比[J]. *实用放射学杂志*, 2018, 34(9):1434-1437.
- [21] Petkovska I, Brown MS, Goldin JG, et al. The effect of lung volume on nodule size on CT[J]. *Acad Radiol*, 2007, 14(4):476-485.
- [22] Bankier AA, O'Donnell CR, Boiselle PM. Quality initiatives: respiratory instructions for CT examinations of the lungs—a hands-on guide[J]. *Radiographics*, 2008, 28(4):919-931.
- [23] 吴华伟,肖湘生,刘士远,等.周围型肺癌胸膜凹陷征形成的癌内基础及相关影响因素[J]. *中华放射学杂志*, 2001, 35(10):11-15.
- [24] 肖湘生,吴华伟,李惠民,等.周围型肺癌胸膜凹陷征的 CT 和 MRI 表现与病理对照[J]. *临床放射学杂志*, 2002, 21(5):344-347.