

论 著·胸部

3.0T MRI-UTE序列成像鉴别肺结节性质的效能

洛小珺¹ 吴 龙^{1,*} 高 峰²
胡绪煊¹ 崔 莹¹ 韩 雪¹

1.中国中医科学院望京医院放射科

2.中国中医科学院望京医院呼吸科

(北京100102)

【摘要】目的 分析3.0T 磁共振成像(MRI)-超短回波时间(UTE)序列成像鉴别肺结节性质的效能。方法 选取本院50例肺结节患者,均接受3.0T MRI-UTE序列成像检查,以病理学诊断为“金标准”,将其分为良性组与恶性组,比较两组结节分布、直径、征象(分叶征、血管束束征、毛刺征、胸膜凹陷征)检出情况,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析3.0T MRI-UTE鉴别恶性肺结节效能。结果 50例病例检出63个结节,恶性组35个,良性组28个,两组结节分布、直径比较无显著差异($P>0.05$);恶性组分叶征、血管束束征、毛刺征、胸膜凹陷征检出率显著高于良性组($P<0.05$);分叶征、血管束束征、毛刺征、胸膜凹陷征及四者联合鉴别曲线下面积(AUC)分别为0.754、0.671、0.661、0.664、0.843,四者联合AUC最大,鉴别敏感度85.73%,特异度78.61%。结论 3.0T MRI-UTE序列成像对恶性肺结节具有较高鉴别效能。

【关键词】肺结节; 磁共振成像;
超短回波时间; 形态学征象

【中图分类号】R445.2

【文献标识码】A

【基金项目】中国中医科学院望京医院高水平
中医医院建设项目中医药临床循证
研究专项(WJYY-XZKT-2023-11)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2025.10.013

Efficacy of 3.0T MRI-UTE Imaging in Distinguishing the Nature of Pulmonary Nodules

LUO Xiao-jun¹, WU Long^{1,*}, GAO Feng², HU Xu-huan¹, CUI Ying¹, HAN Xue¹.

1.Department of Radiology, Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China

2.Department of Respiratory, Wangjing Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100102, China

ABSTRACT

Objective To analyze the efficacy of 3.0T magnetic resonance imaging (MRI) ultra-short echo time (UTE) imaging in distinguishing the nature of pulmonary nodules. **Methods** Fifty patients with pulmonary nodules were selected, and all of them underwent 3.0T MRI-UTE imaging examination. With pathological diagnosis as the gold standard, the patients were divided into benign group and malignant group. The distribution, diameter and signs (lobulation sign, vessel convergence sign, spicule sign and pleural indentation sign) of the nodules were compared between the two groups. The receiver operating characteristic (ROC) curve was used to evaluate the efficacy of 3.0T MRI-UTE in distinguishing malignant pulmonary nodules. **Results** 63 nodules were detected in 50 cases, including 35 in the malignant group and 28 in the benign group. There was no significant difference in the distribution and diameter of nodules between the two groups ($P>0.05$). The detection rates of lobulation sign, vessel convergence sign, spicule sign and pleural indentation sign in the malignant group were significantly higher than those in the benign group ($P<0.05$). The area under the curve (AUC) values of lobulation sign, vessel convergence sign, spicule sign, pleural indentation sign, and their combination for distinguishing the nature of pulmonary nodules were 0.754, 0.671, 0.661, 0.664, and 0.843, respectively. The AUC of combination of the four was the highest, and the sensitivity and specificity were 85.73% and 78.61%. **Conclusion** 3.0T MRI-UTE imaging is efficient for distinguishing malignant pulmonary nodules.

Keywords: Pulmonary Nodule; Magnetic Resonance Imaging; Ultra-Short Echo Time; Morphological Sign

肺癌早期一般症状隐匿,等到确诊时大多发展至中晚期甚至末期,患者5年生存率低至13%^[1-2]。相关报道称,肺癌早期予以合理、有效治疗,能将5年生存率提高至80%及以上^[3-4]。故早发现并予以及时治疗,对改善肺癌患者预后具有积极意义。肺结节主要指肺部影像检查中直径不超过3cm局灶性圆形以及类圆形致密阴影、磨玻璃影或者混杂密度影,包括良性与恶性两大类,临床尚未完全明确其具体病因,恶性结节是一种早期肺癌病变,其鉴别属于胸部影像学关注重点以及难点。电子计算机断层扫描(CT)为肺结节常用检查手段,但是其可产生辐射,起到一定诱导癌变作用^[5]。磁共振成像(MRI)技术不仅软组织分辨率非常高,而且无辐射损害,优点突出,但是其于肺部疾病诊断方面受到T2信号衰减快以及质子密度低等各种因素影响,导致其应用存在一定局限性。在现代MRI技术飞速发展背景下,超短回波时间(UTE)成像成为显示肺组织与相关病变可靠技术^[6]。以往关于MRI-UTE用于肺结节性质判定的报道鲜少。基于此,本文探究了3.0T MRI-UTE序列成像鉴别肺结节性质的效能,希望为肺结节更好诊疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2023年1月至2024年1月本院50例肺结节患者。

纳入标准: (1)生命体征稳定,结节性质经病理学结果证实; (2)病灶直径 $\leq 3\text{cm}$; (3) ≥ 18 岁; (4)接受3.0T MRI-UTE检查,资料完整。排除标准: (1)合并精神类疾病难以配合诊治; (2)术前存在化疗病史; (3)体内有铁磁植入物或安装心脏起搏器等; (4)妊娠以及哺乳期者; (5)合并肺气肿等其他肺病; (6)MRI-UTE检查图像存在较大伪影,干扰诊断。研究符合《赫尔辛基宣言》原则。其中男29例,女21例,年龄21~68岁,平均 (56.94 ± 9.76) 岁。

1.2 方法 MRI检查: 通过3.0T Siemens Skyra MRI扫描仪完成检查过程,检查前指导患者开展呼吸训练,检查时指导患者调整为仰卧位,保持头先进,选择表面线圈,扫描目标病灶区域,选取横断位膈肌予以三维(3D)UTE序列成像检查,相关参数如下: 重复时间(TR)3.32ms,回波时间(TE)0.07ms,扫描野(FOV)300mm,层厚1mm。完成3.0T MRI-UTE扫描后,将所得图像传至后处理工作予以薄层重建。安排两位经验丰富放射科医师参与阅片,进行结节直径测定,仔细观察评估分叶征、血管束束征、毛刺征以及胸膜凹陷征等征象,获得一致评估结果,当出现分歧时,共同商讨后得到一致结果。以病理学诊断为“金标准”,将其分为良性组与恶性组。使用自制调查表收集病例性别、年龄、体重指数(BMI)、吸烟史、饮酒史、糖尿病、高血压等临床资料。

1.3 统计学处理 应用SPSS 25.0软件处理数据,计数资料表示为“n与(%)”,使用 χ^2

【第一作者】洛小珺,女,主治医师,主要研究方向:胸部及骨关节影像诊断。E-mail: luoxiaojun0228@163.com

【通讯作者】吴 龙

检验；符合正态分布(方差齐)计量资料表示为($\bar{x} \pm s$)，组间使用独立样本t检验；绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析3.0T MRI-UTE鉴别恶性肺结节效能。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 两组临床资料比较 50例病例中，恶性结节27例，良性结节23例；两组性别、年龄、BMI、吸烟史、饮酒史、糖尿病以及高血压情况比较无显著差异($P>0.05$)。见表1。

表1 两组临床资料比较(n)

组别	n	性别		年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	吸烟史		饮酒史		糖尿病		高血压	
		男	女			有	无	有	无	有	无	有	无
恶性组	27	16	11	57.35±9.92	23.78±2.40	12	15	14	13	4	23	5	22
良性组	23	13	10	56.46±9.53	23.52±2.38	8	15	11	12	2	21	4	19
χ^2/t		0.038		0.322	0.383	0.483		0.081		0.052		0.071	
P		0.845		0.749	0.703	0.487		0.777		0.820		0.790	

2.2 两组结节分布、直径比较 50例病例检出63个结节，3.0T MRI-UTE全部显示，恶性组35个，良性组28个，两组结节分布、直径比较无显著差异($P>0.05$)。见表2。

2.3 两组结节3.0T MRI-UTE征象检出情况比较 恶性组分叶征、血管集束征、毛刺征、胸膜凹陷征检出率显著高于良性组($P<0.05$)。见表3。

2.4 3.0T MRI-UTE对恶性肺结节鉴别效能 3.0T MRI-UTE检出征象鉴别恶性肺结节曲线下面积(AUC)相关参数见表4；分叶征、

血管集束征、毛刺征、胸膜凹陷征及四者联合鉴别AUC分别为0.754、0.671、0.661、0.664、0.843，四者联合AUC最大，鉴别敏感度85.73%，特异度78.61%。ROC分析图见图1。

2.5 图像分析 患者男，61岁，因“咳血”发现左肺占位，病理诊断为恶性肺结节，图2为其3.0T MRI-UTE图片；患者女，60岁，因体检发现右肺结节，病理诊断为良性肺结节，图3为其3.0T MRI-UTE图片。

表2 两组结节分布、直径比较[n(%)]

组别	n	侧别		部位			直径(cm)
		左侧	右侧	尖后段	背段	其余肺段	
恶性组	35	20(57.14)	15(42.86)	18(51.43)	6(17.14)	11(31.43)	1.94±0.37
良性组	28	15(53.57)	13(46.43)	14(50.00)	5(17.86)	9(32.14)	1.89±0.35
χ^2/t		0.080		0.013			0.546
P		0.777		0.993			0.587

表3 两组结节3.0T MRI-UTE征象检出情况比较[n(%)]

组别	n	分叶征	血管集束征	毛刺征	胸膜凹陷征
恶性组	35	24(68.57)	22(62.86)	20(57.14)	19(54.29)
良性组	28	5(17.86)	8(28.57)	7(25.00)	6(21.43)
χ^2		16.105	7.331	6.563	7.016
P		<0.001	0.007	0.010	0.008

表4 AUC相关参数

变量	AUC	标准误	P	渐进95%置信区间		敏感度(%)	特异度(%)
				上限	下限		
分叶征	0.754	0.063	0.001	0.630	0.877	68.61	82.13
血管集束征	0.671	0.069	0.020	0.536	0.807	62.90	71.38
毛刺征	0.661	0.069	0.029	0.525	0.797	57.14	74.98
胸膜凹陷征	0.664	0.069	0.026	0.529	0.800	54.31	78.58
四者联合	0.843	0.056	<0.001	0.733	0.954	85.73	78.61

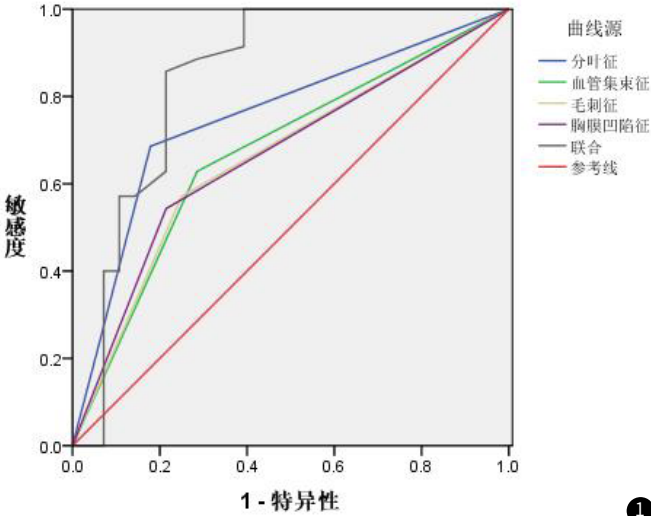
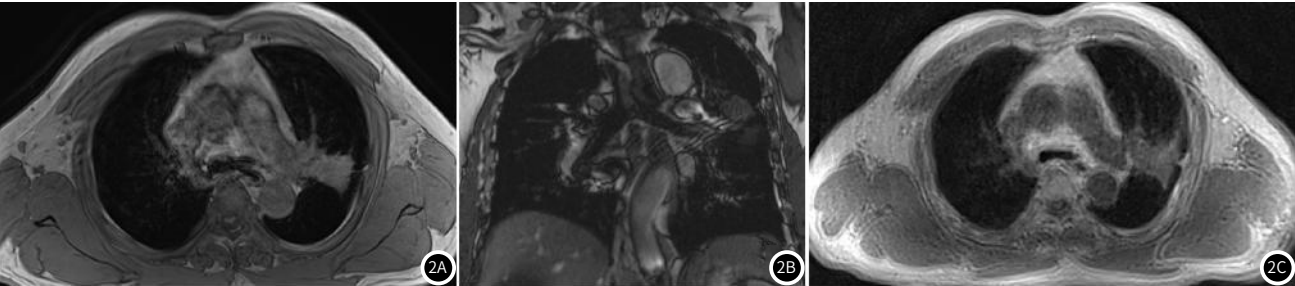


图1 3.0T MRI-UTE鉴别恶性肺结节ROC分析图。



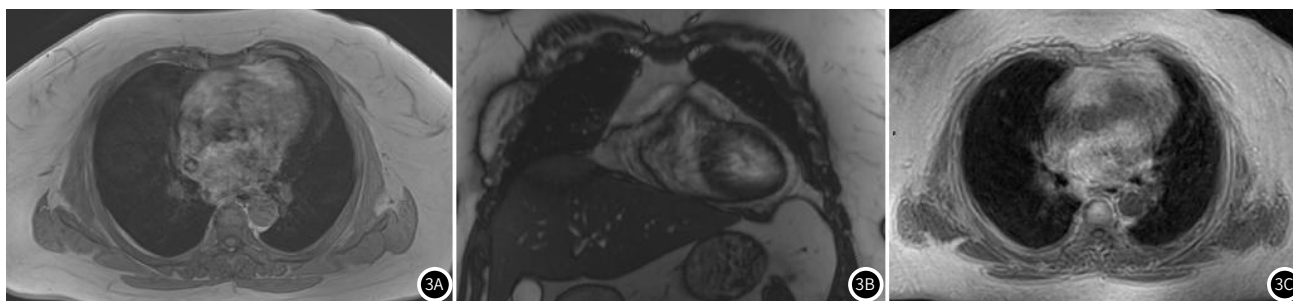


图2 2A: MRI T1加权成像(T1WI)序列, 轴位; 2B: MRI T2加权成像(T2WI)序列, 冠状位; 2C: MRI-UTE序列轴位, 发现左肺上叶不规则实性结节, 边缘多发毛刺, 与左肺门分界不清, 牵拉胸膜;

图3 3A: MRI T1WI序列, 轴位; 3B: MRI T2WI序列, 冠状位; 3C: MRI-UTE序列轴位, 发现右肺中叶实性结节, 边界清

3 讨论

在现代3.0T MRI技术日益成熟条件下, 其磁敏感度、图像信噪比、谱图分辨率与组织对比度等得到显著提高, 可以更为清晰呈现机体解剖结构, 从而准确检出局部病灶^[7-8]。此外, 心电图触发技术以及呼吸门控技术应用有效减少了心跳与呼吸造成的伪影, 促进了肺部MRI检查手段的广泛应用。由于肺组织之中存在较多气体, MRI检查时T2时间短, 导致信号采集受到一定限制, 以往常规MRI序列难以清晰采集, 有时甚至无法获得短T2图像。3.0T MRI-UTE技术的发展, 使得采集短T2信号成为现实^[9]。UTE是由梯度回波脉冲(GRE)序列发展而来新技术, 其采取短矩形脉冲以及3D数据采集模式, 由K空间中心往外进行锥形填充, 能够获得3D UTE序列成像, 将TE调控至微秒级, 有效采集短T2信号减小至0之前信号, 尤其适用于人体磁场不均以及质子量少器官检查, 其中包括肺部^[10]。常规MRI检查不具有这些优势, 而通过UTE序列成像能够获得较佳成像图片, 此为医学影像检查领域重大发展, 具有较高应用价值及良好应用前景。

李恒等^[11]研究表明, 3.0T MRI-UTE序列成像肺结节显示率100%。本研究中63个肺结节3.0T MRI-UTE全部显示, 与上述研究结果一致, 表明3.0T MRI-UTE可准确检出肺结节。主要因为3.0T MRI能够经3D UTE序列实现肺结节高分辨率形态学的呈现。本研究发现, 恶性组分叶征、血管集束征、毛刺征、胸膜凹陷征检出率显著高于良性组, 提示3.0T MRI-UTE序列成像分叶征、血管集束征、毛刺征及胸膜凹陷征等征象可用于肺结节性质鉴别。考虑到肺结节分叶征主要为显示凹凸不平多弧状征象, 形似多个病灶融合, 通常是由于病灶组织生长快慢不同、往临近组织蔓延过程中受到阻挡导致病灶边缘呈分叶状所致, 该征象和结节恶性程度存在紧密联系^[12-13], 因此3.0T MRI-UTE序列成像中分叶征可辅助鉴别肺结节性质。血管集束征通常为病灶之中瘢痕纤维收缩并经肺支架系统牵拉周围小血管以及支气管所形成的征象^[14]。漆婉玲等^[15]研究显示, 良性肺结节血管集束征检出率仅10%, 其在恶性肺结节中较为常见。对于良性结节而言, 血管集束征通常为炎症反应促进支气管血管增生所致; 恶性结节主要是因为病灶周围血管受侵犯, 产生增厚变化, 导致血管增粗所形成。毛刺征主要为直而有力、没有分枝并且呈放射状排列相应针刺样结构, 通常从结节病灶边缘往四周延伸, 在靠近病灶端稍粗, 该征象在恶性结节中较为常见, 主要由病灶组织侵犯肺间质(包括淋巴管与邻近血管)所致^[16]。恶性肺结节呈现胸膜凹陷征主要原因如下: (1)病灶之中纤维瘢痕收缩以及牵拉作用所致; (2)胸膜没有增厚以及粘连改变, 规则线影由病灶部位拉起胸膜, 导致胸膜凹入显示为典型喇叭状, 同时胸膜凹入表现为液体状^[17]。

相较于CT检查, 3.0T MRI-UTE序列成像因为具有良好软组织分辨率, 可以更敏感呈现结节之中纤维成分、出血、坏死以及黏液变性等情况, 故可准确检出胸膜凹陷征。本研究ROC分析发现, 3.0T MRI-UTE序列成像检出的分叶征、血管集束征、毛刺征、胸膜凹陷征联合鉴别恶性肺结节AUC达0.843, 大于各征象单独应用, 具有较高鉴别效能, 敏感度达85.73%, 应用价值高。值

得注意的是, 3.0T MRI-UTE序列成像采取膈肌导航技术, 适用于因年老体弱或者其他原因不能完成憋气动作的患者或小儿群体, 具有应用范围较大的优势。

综上, 3.0T MRI-UTE序列成像能够有效呈现肺结节分叶征、血管集束征、毛刺征以及胸膜凹陷征等形态学征象, 联合这些征象用于肺结节性质判断, 具有较高鉴别效能, 可为肺结节病例及时合理诊治提供可靠依据。

参考文献

- [1] Wu F, Wang L, Zhou C. Lung cancer in China: current and prospect [J]. *Curr Opin Oncol*, 2021, 33(1): 40-46.
- [2] Ruiz-Cordero R, Devine WP. targeted therapy and checkpoint immunotherapy in lung cancer [J]. *Surg Pathol Clin*, 2020, 13(1): 17-33.
- [3] Allen BD, Schiebler ML, Sommer G, et al. Cost-effectiveness of lung MRI in lung cancer screening [J]. *Eur Radiol*, 2020, 30(3): 1738-1746.
- [4] Pei Q, Luo Y, Chen Y, et al. Artificial intelligence in clinical applications for lung cancer: diagnosis, treatment and prognosis [J]. *Clin Chem Lab Med*, 2022, 60(12): 1974-1983.
- [5] 刘长志, 司佳亚, 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和MRI杂志*, 2020, 18(7): 57-59, 73.
- [6] Papp D, Elders B, Wielopolski PA, et al. Lung parenchyma and structure visualisation in paediatric chest MRI: a comparison of different short and ultra-short echo time protocols [J]. *Clin Radiol*, 2023, 78(4): e319-e327.
- [7] 张冰倩, 赵振华, 黄亚男, 等. 3.0T动态增强MRI定量灌注直方图参数与肺癌AKT/mTOR信号通路的相关性 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2020, 28(11): 837-841.
- [8] 王晓艳, 张焱, 程敬亮, 等. 零回波时间3.0T MRI用于检出肺结节 [J]. *中国介入影像学杂志*, 2023, 20(12): 740-744.
- [9] Ayabe Y, Hamamoto K, Yoshino Y, et al. Ultra-short echo-time MR angiography combined with a subtraction method to assess intracranial aneurysms treated with a flow-diverter device [J]. *Magn Reson Med*, 2023, 22(1): 117-125.
- [10] 王福南, 朱柳红, 周建军. 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 [J]. *放射学实践*, 2021, 36(3): 357-360.
- [11] 李恒, 张晨, 陈向飞, 等. 3.0T MRI超短回波时间序列对肺结节的显示能力 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2023, 31(2): 139-142, 147.
- [12] 汤继征, 刘春全, 王沛豪, 等. 小于1cm的肺实性结节区分肺癌与肺内淋巴结的多因素分析 [J]. *中国肺癌杂志*, 2021, 24(2): 94-98.
- [13] 陈松, 杨守珍, 杨如武. MSCT联合MR-DWI用于诊断肺部实性结节良恶性的临床价值 [J]. *海南医学*, 2022, 33(5): 613-616.
- [14] 代王翔, 郝月琴, 常金, 等. 基于结节最大径建立的孤立性肺结节良恶性预测模型 [J]. *中国临床医生杂志*, 2022, 50(2): 150-155.
- [15] 漆婉玲, 何玉麟, 夏青, 等. 不典型肺结节核球与周围型小肺癌的MRI鉴别诊断 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2020, 28(1): 35-39.
- [16] 谢青, 任彤, 邹钰, 等. 原发性肺黏液腺癌的CT和MRI表现 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2022, 30(8): 790-794.
- [17] 王元元, 赵明理, 刘素晓, 等. 恶性肺结节110例临床和影像学特征与病理类型的关联性分析 [J]. *新乡医学院学报*, 2023, 40(4): 343-352.

(收稿日期: 2024-06-20)

(校对编辑: 赵望淇、姚丽娜)