

论 著

多模态MRI在肺炎性结节与肺癌中的应用价值*

贾艳荣 张凤翔* 张 芳
吴奇飞 张美兰 张嘉伟
鄂尔多斯市中心医院CT-MRI室
(内蒙古 鄂尔多斯 017000)

【摘要】目的 探讨多模态MRI在肺炎性结节与肺癌中的应用价值。方法 收集我院经病理或临床随访证实的肺炎性结节与肺癌患者各25例，所有病例均行胸部CT平扫及多模态MRI扫描，MRI序列包括轴位T₁WI、轴位T₂WI、轴位T₂WI压脂、多b值DWI扫描，多b值DWI序列b值设定为600、800、1000、1200、1500、2000s/mm²，并测量病灶不同b值的ADC值。采用卡方检验比较肺癌的CT及MRI征象。采用两独立样本的t检验或Mann-Whitney U检验分别比较两组不同b值的ADC值。运用MedCalc 11.4软件绘制ROC曲线，计算曲线下面积，采用Delong检验对不同b值的ADC值的ROC曲线诊断效能进行比较。结果 肺炎性结节组与肺癌组在显示支气管狭窄或截断上有统计学差异(P<0.05)，其余征象均无统计学差异(P>0.05)。肺炎性结节组在T₁WI上以等信号和低信号为主，T₂WI上以高信号为主；而肺癌组在T₁WI上以等信号和混杂信号为主，T₂WI上以高信号和混杂信号为主。肺炎性结节组与肺癌组不同b值的ADC值之间均有统计学差异(P<0.05)，且肺癌组不同b值情况下，ADC值均低于肺炎性结节组；随着b值的升高，肺癌组ADC值下降显著。通过绘制不同b值ADC值的ROC曲线，得出b值1000的诊断价值最高，AUC为0.934(0.826-0.985)，敏感度为96%，特异度为92%，诊断阈值为1.25×10⁻³mm²/s。结论 多模态MRI在肺炎性结节与肺癌的鉴别诊断中有重要价值，能够为肺部疾病的诊断及治疗方式的选择提供更多信息。

【关键词】炎性结节；肺癌；扩散加权成像；鉴别诊断

【中图分类号】R445.2；R734.2

【文献标识码】A

【基金项目】内蒙古医科大学科技百万工程联合项目(YKD2018KJBW(LH)094)；内蒙古自治区卫生健康科技计划项目(202202371)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2024.07.017

The Application Value of Multimodal MRI in the Diagnosis of Pulmonary Inflammatory Nodules and Lung Cancer*

JIA Yan-rong, ZHANG Feng-xiang*, ZHANG Fang, WU Qi-fei, ZHANG Mei-lan, ZHANG Jia-wei.
Department of CT-MRI, Erdos Central Hospital, Erdos 017000, Inner Mongolia, China

ABSTRACT

Objective To discuss the application value of multimodal MRI in the diagnosis of pulmonary inflammatory nodules and lung cancer. **Methods** Twenty five patients with pulmonary inflammatory nodules and 25 patients with lung cancer confirmed by pathology or clinical follow-up were collected. All patients underwent CT plain scanning and multimodal MRI scanning. MRI sequences included axial T₁WI, axial T₂WI, axial T₂WI lipid compression, and multi-b-value DWI scanning. The b value of multi-b-value DWI sequence was set as 600, 800, 1000, 1200, 1500, and 2000s/mm². ADC values of the lesions under different b values were measured. Chi-square test was used to compare the CT and MRI signs of lung cancer. T test or Mann-Whitney U test of two independent samples were used to compare ADC values of two groups with different b values. MedCalc 11.4 software was used to draw the ROC curve and calculate the area under the curve. Delong test was used to compare the diagnostic efficiency of ROC curves of ADC values with different b values. **Results** There were statistical differences in bronchial stenosis or truncation between pulmonary inflammatory nodules group and lung cancer group(P<0.05), but no statistical differences in other signs(P>0.05). In the pulmonary inflammatory nodules group, isosignal and low signal were dominant on T₁WI, and high signal was dominant on T₂WI. In lung cancer group, isosignal and mixed signal were dominant on T₁WI, high signal and mixed signal were dominant on T₂WI. ADC values of pulmonary inflammatory nodules group and lung cancer group were statistically different with different b values(P<0.05), and ADC values of lung cancer group were lower than those of pulmonary inflammatory nodules group with different b values. With the increase of b value, ADC value in lung cancer group decreased significantly. By drawing the ROC curves of ADC values with different b values, it is found that b value 1000 had the highest diagnostic efficiency, with an AUC of 0.934(0.826-0.985), sensitivity of 96%, specificity of 92%, and the diagnostic threshold value was 1.25×10⁻³mm²/s. **Conclusion** Multimodal MRI has an important value in the differential diagnosis of pulmonary inflammatory nodules and lung cancer, and can provide more information for clinical diagnosis and treatment plan.

Keywords: Inflammatory Nodules; Lung Cancer; Diffusion-weighted Imaging; Differential Diagnosis

肺癌是全球范围内对人类健康构成重大威胁的恶性肿瘤之一，据2020年世界卫生组织/国际癌症研究机构(WHO)发布的最新版全球癌症报告：2020年全球新增肺癌病例达到220万，死亡人数高达180万，这使其成为发病率第二高，死亡率最高的癌症类型，5年生存率仅为19.7%^[1]，这些数字凸显了肺癌对全球公共卫生的严重影响，也强调了预防、早期诊断和治疗肺癌的重要性。所以早发现、早诊断、早治疗对于提高肺癌患者的治愈率和生存率至关重要^[2]。

临床工作中，肺炎性结节与肺癌结节缺乏特异性的临床表现，影像上又存在异病同影的情况，所以有时二者鉴别起来较困难。影像学检查是诊断肺部病变的重要手段。常规X线、CT检查存在电离辐射，而MRI为无辐射检查，并且具有多参数、多方位成像、软组织分辨率高的成像特点，除了能够显示病灶的形态学特征及周围毗邻情况，还能够对病灶的信号进行深度解读，有助于分析病灶内部的成分，从而用于疾病的诊断与鉴别诊断。

近年来，随着MRI设备的不断更新与进步，尤其是高场强设备的普及，功能成像技术的发展、多通道线圈、采集和伪影抑制技术的改良等，使得MRI在肺部应用越来越广泛。本研究旨在探讨多模态MRI在肺炎性结节与肺癌中的实际应用，有望为临床诊断、治疗策略的选择、评估疾病进展及治疗效果提供一定的指导意义。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集我院2019年12月至2022年12月经病理或临床随访证实的肺炎性结节与肺癌患者各25例，其中女性15例，男性10例，年龄37-85岁，平均年龄60岁。

纳入标准：纳入者均为常规CT检查发现肺部病变的患者；随后行胸部MRI扫描；后期均经病理或临床随访证实；参与前均未采取任何治疗。排除标准：参与前接受过抗肿瘤治疗者；合并有严重的重要脏器功能衰竭者(心、肝、肾等)；合并有肺部其他病变及远处转移的患者；不能行MRI检查的患者。

1.2 检查方法 采用GE 1.5T MRI360核磁机行多模态MRI扫描，患者选取仰卧位，线圈上缘与肩胛骨上缘对准；呼吸门控放置在腹部呼吸最明显的地方。检查前训练患者均匀规律呼吸及规范屏气，并告知患者扫描过程中可能出现的情况，消除患者的紧张情绪。MRI扫描序列包括轴位T₁WI、T₂WI、T₂WI压脂、多b值DWI扫描，层厚为5mm，层间距为1mm，视野为40cm。多b值DWI序列b值分别设定为600、800、1000、1200、

【第一作者】贾艳荣，女，副主任医师，主要研究方向：胸腹部影像诊断学。E-mail: 575611502@qq.com

【通讯作者】张凤翔，男，主任医师，主要研究方向：影像诊断学。E-mail: zc890308@sina.com

1500、2000s/mm²。保证每个序列扫描层面、扫描范围、扫描参数设定的一致性，保证规范、统一的扫描方法，保证清晰、无伪影的图像质量。

1.3 图像与后处理分析 所有病例图像数据传至GE ADW4.6工作站，通过轴位T₁WI、T₂WI、T₂WI压脂图像分析病灶的信号特点、形态特征、大小边界、周围情况等；然后在Functool菜单下启动ADC数据处理包，测量不同b值的ADC值。由2名高年资主治医师或副主任医师盲法完成图像后处理及数据分析。识别并选择病灶最大的信号均匀区域作为感兴趣区域(ROI)，避开囊变、坏死、钙化、空洞、血管及肺不张。测量时选取病灶最大横截面层面及相邻上、下两个层面，各放置相同大小的ROI，取3次测量值的平均值；如果病灶较小，选取病灶最大横截面层面同时放置3个相同大小的ROI，取3次测量值的平均值。

1.4 统计学分析 采用SPSS26.0 统计软件，计量资料用($\bar{x} \pm s$)表示，Shapiro-Wilk检验法进行正态性检验。采用卡方检验比较肺癌的CT及MRI征象。采用两独立样本的t检验或Mann-Whitney U检验分别比较两组不同b值的ADC值， $P<0.05$ 认为差异有统计学意义。运用MedCalc 11.4软件绘制受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线，计算曲线下面积(area under curve, AUC)。Delong检验对不同b值的ADC值的ROC曲线诊断效能进行比较。

2 结 果

2.1 肺癌的CT、MRI形态学特征比较 25例经病理证实的肺癌，包括腺癌18例、小细胞肺癌1例、鳞癌6例。分析总结、比较肺癌的CT、MRI图像特征。肺炎性结节组与肺癌组在显示支气管狭窄或截断上有统计学差异($P<0.05$)，其余征象均无统计学差异($P>0.05$)。详见表1。

2.2 两组信号特点比较 肺炎性结节组在T₁WI上以等信号和低信号为主，T₂WI上以高信号为主；而肺癌组在T₁WI上以等信号和混杂信号为主，T₂WI上以高信号和混杂信号为主；详见表2。肺炎性结节与肺癌的MRI图像见图1、图2。

2.3 两组不同b值的ADC值比较 肺炎性结节组与肺癌组不同b值的ADC值之间均有统计学差异，且肺癌组不同b值情况下，ADC值均低于肺炎性结节组；随着b值的升高，肺癌组ADC值下降显著。详见表3。

2.4 两组不同b值的ADC值诊断效能比较 通过绘制不同b值ADC值的ROC曲线，得出b值1000的诊断价值最高，AUC为0.934(0.826-0.985)，敏感度为96%，特异度为92%，诊断阈值为 $1.25 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。不同b值ADC值的曲线下面积、诊断阈值、敏感度和特异度详见表4、图3。

表1 肺癌的CT、MRI形态学特征比较

	分叶	毛刺	胸膜牵拉、凹陷	空洞	空泡	血管束束征	血管受侵	淋巴结肿大	支气管狭窄或截断	阻塞性改变	胸腔积液	钙化
CT	23	17	14	3	3	6	5	12	15	8	4	1
MRI	23	16	14	3	0	5	5	12	8	6	4	0
χ^2	-	0.089	0.000	0.000	0.000	0.117	0.000	0.000	3.945	0.397	0.000	-
P	1.000	0.765	1.000	1.000	1.000	0.733	1.000	1.000	0.047	0.529	1.000	1.000

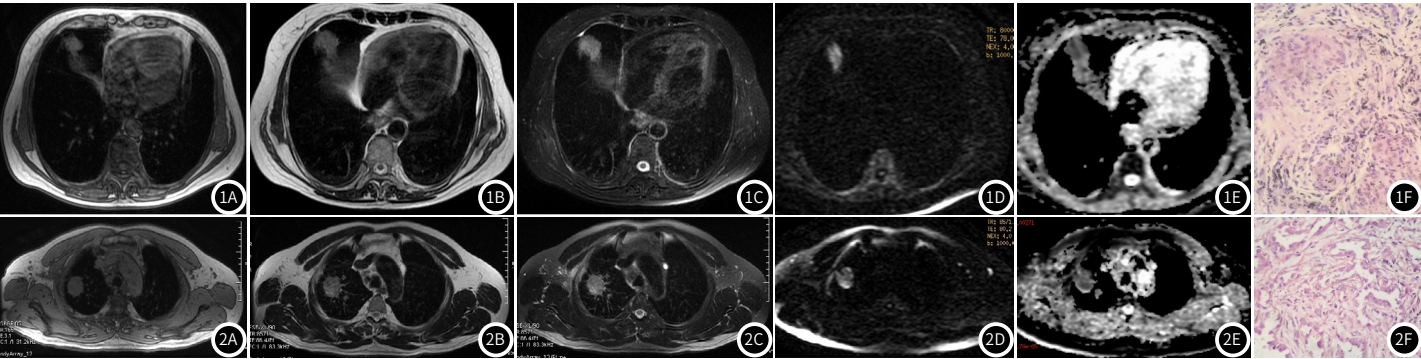


图1A-图1F 女，64岁，右肺中叶结核性肉芽肿。1A：右肺中叶肿物T₁WI呈等信号；1B：T₂WI呈稍高信号；1C：T₂WI压脂呈高信号；1D：DWI(B值1000)呈高信号；1E：ADC图呈稍低信号，ADC值为 $0.936 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ；1F：病理图片(HE×400)。
图2A-图2F 男，53岁，右肺上叶腺癌。2A：右肺上叶肿物T₁WI呈等信号；2B：T₂WI呈稍高信号，肿物呈分叶状，边缘可见毛刺；2C：T₂WI压脂呈高信号；2D：DWI(B值1000)呈高信号；2E：ADC图呈低信号，ADC值为 $0.835 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ；2F：病理图片(HE×400)。

表2 两组信号特点比较

	T ₁ WI				T ₂ WI			
	等信号	高信号	低信号	混杂信号	等信号	高信号	低信号	混杂信号
肺炎性结节组	11	4	8	2	0	20	0	5
肺癌组	20	1	0	4	0	17	0	8

表3 两组不同b值的ADC值比较

参数	肺炎性结节	肺癌	t/z	P
ADC _{b值600} /($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	2.00 ± 0.73	1.18 ± 0.28	5.191 ^a	<0.001
ADC _{b值800} /($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	1.88 ± 0.63	1.06 ± 0.24	6.066 ^a	<0.001
ADC _{b值1000} /($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	1.76 ± 0.49	1.00 ± 0.15	7.441 ^a	<0.001
ADC _{b值1200} /($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	$1.75(1.21-2.13)$	$0.89(0.86-1.02)$	5.132 ^b	<0.001
ADC _{b值1500} /($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	$1.35(1.05-1.89)$	$0.86(0.80-1.07)$	4.133 ^b	<0.001
ADC _{b值2000} /($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	$1.32(0.86-1.58)$	$0.77(0.73-0.91)$	3.968 ^b	<0.001

注：a，t值；b，Z值。

表4 两组不同b值的ADC值诊断效能比较

变量	AUC	SE	95% CI	Z	P	阈值 ($\times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$)	敏感度	特异度 (%)
ADC _{b值600}	0.866	0.053	0.739-0.945	6.899	<0.0001	1.6	96	68
ADC _{b值800}	0.892	0.0534	0.772-0.962	7.339	<0.0001	1.18	80	92
ADC _{b值1000}	0.934	0.0421	0.826-0.985	10.307	<0.0001	1.25	96	92
ADC _{b值1200}	0.923	0.0347	0.812-0.979	12.208	<0.0001	1.41	100	68
ADC _{b值1500}	0.841	0.0568	0.710-0.929	5.996	<0.0001	0.898	64	92
ADC _{b值2000}	0.827	0.0619	0.694-0.919	5.290	<0.0001	1.07	96	68

注：ADC为表观扩散系数；AUC为曲线下面积。

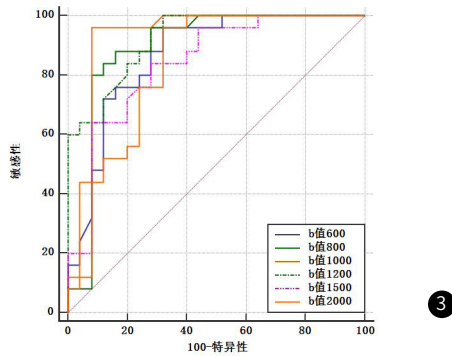


图3 ADC值诊断肺炎性结节与肺癌的ROC曲线图。

3 讨论

肺癌是全球致死率最高的癌症^[3]，由于吸烟人数逐年增加以及大气中的环境污染，我国患肺癌的人数逐年增高，目前每年死于肺癌的人口数量位于榜首^[4]。肺癌的5年生存率确实与诊断时的病情阶段紧密相关。早期诊断和治疗对于提高患者的生存率和生活质量至关重要。研究表明I期肺癌的5年生存率为55.5%，而IV期肺癌的5年生存率仅5.3%^[5]，这强调了早期发现肺癌的重要性。

影像学检查是肺癌的主要筛查方法，以往认为MRI不适用于肺部检查，是由于肺组织内可采集的信号较低，且受气体、软组织界面伪影、呼吸和心脏运动伪影的干扰较大，中低场强的磁共振设备信噪比低、扫描时间长，对肺部病变检查受限^[6]。近年来，由于MRI硬件及快速成像技术的发展，利用肺部MRI诊断可疑肿块的价值越来越受到关注^[7]，从而使得MRI的成像优势也在肺部疾病的诊断中得以发挥。越来越多临床研究表明胸部MRI在肺结节的检出、早期诊断及随访中存在潜在价值^[8-10]，MRI功能成像如IVIM-DWI在肺部的应用也取得了革命性的进展，并且在肺癌的鉴别诊断中显示出潜在的应用价值^[11]。

本研究结果显示，常规T₁WI、T₂WI、T₂WI压脂序列可以反映病灶的形态学特征以及信号特点。首先，形态学特征包括病灶的大小、形态、边界、边缘、周围毗邻关系等，在一定程度上也可以反映结节的恶性性。本组25例肺癌中23例有“分叶征”，16例有“毛刺征”，14例邻近胸膜牵拉、凹陷，5例病灶周围可见“血管集束征”，5例合并邻近血管受侵，12例合并纵隔淋巴结肿大或肺门淋巴结肿大，8例显示支气管狭窄或截断，6例合并周围阻塞性改变(阻塞性炎症或阻塞性肺不张)，这些征象符合肺癌的典型影像表现或间接表现。其次，信号解读有助于反映病灶内部的成分，因肺炎性病变早期为炎细胞浸润及渗出，所以在T₁WI上表现为等信号或低信号，T₂WI上表现为高信号，由于炎性病变可以处于炎症的不同时期，所以信号表现更为丰富。而肺癌肿瘤组织细胞致密，病灶偏实性，所以在T₁WI上多表现为等信号，当肿瘤较大时容易出现囊变坏死，所以信号表现混杂。

扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是一种MRI功能成像技术，它通过测量水分子在组织中的扩散来提供有关组织特性的信息，是一种无辐射、无创、无需对比剂的检查方法^[12]。DWI的关键参数是表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)，它反映了水分子在生物组织中扩散的定量参数^[13]。DWI检查可以无创地用于体内水分子扩散的测量和成像，在微观水平上间接反映组织结构和细胞密度等信息^[14-15]。在恶性肿瘤中，由于细胞数量的增加和细胞外间隙的减小，水分子的扩散受到限制，导致ADC值降低。相反，在良性肿瘤中，细胞结构与正常组织相接近，水分子的扩散受限较小，因此ADC值相对较高。已经有研究表明可以利用DWI上病灶的信号强度差异和ADC值来鉴别病灶的恶性性^[16-18]。恶性肿瘤细胞增殖速度快，细胞分布紧凑，水分子扩散受限程度高于良性肿瘤^[19-20]，不断涌现的证据显示，扩散加权成像(DWI)技术在肺癌的早期识别和治疗效果评估方面扮演着日益关键的角色^[21-23]。本组研究结果显示与文献报道相符合，肺炎性结节组与肺癌组不同b值的ADC值之间均有

统计学差异，且肺癌组不同b值情况下，ADC值均低于肺炎性结节组，随着b值的升高，肺癌组ADC值下降显著。通过绘制不同b值ADC值的ROC曲线，得出b值1000的诊断价值最高，AUC为0.934(0.826-0.985)，敏感度为96%，特异度为92%，诊断阈值为 $1.25 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ ，可以采用b值1000作为重要的预测因素，表明ADC值在鉴别肺内良恶性病变中具有显著的诊断价值，这与江慎林等^[24]的研究结果一致。

本文仍存在一些不足：(1)样本量较小，还需进一步扩大样本量进行验证，以提高测量结果的准确性及代表性；(2)未纳入肺内较小病灶及磨玻璃病灶，因二者病灶内实性成分少，测量时会出现容积效应，造成测量数据不准确，因此存在一定的选择偏倚。

综上所述，多模态MRI在肺炎性结节与肺癌的应用中提供了一定的理论依据，随着MRI新技术的开发以及多种功能成像技术的广泛应用，MRI有望成为肺癌的常用检查方法之一，发挥其成像优势及诊断价值。在临床实践中，精确的诊断和治疗策略对于肿瘤的分类、浸润程度、疗效检测以及患者预后具有至关重要的作用。

参考文献

- [1]Zeng H,Chen W,Zheng R,et al.Changing cancer survival in China during 2003-15: a pooled analysis of 17 population-based cancer registries[J]. Lancet Glob Health,2018,6(5):555-567.
- [2]吴冬梅,梁鹏飞,赵合保,等.双源CT双能量多参数成像对肺癌病理类型诊断价值[J].医学影像学杂志,2022,32(9):1502-1506.
- [3]Kocarnik JM,Compton K,Dean FE,et al.Cancer incidence,mortality,years of life lost,years lived with disability,and disability-adjusted life years for 29 cancer groups from 2010 to 2019:a systematic analysis for the global burden of disease study 2019[J].JAMA Oncol,2021,8:420-424.
- [4]Rongshou Zheng, Siwei Zhang, Hongmei Zeng, et al. Cancer incidence and mortality in China, 2016 [J]. Journal of the National Cancer Center, 2022, 2(1): 1-9.
- [5]张敏璐,吴春晓,龚杨明,等.上海人群肺癌生存率分析[J].中国癌症杂志,2017,27(5):326-333.
- [6]江建芹,崔磊,胡春洪,等.胸部MR在肺癌筛查及肺结节随访中的研究[J].放射学实践,2022,37(2):274-280.
- [7]池亚男,李法升.体素内不相干运动扩散加权成像对肺部良恶性病变鉴别效能的Meta分析[J].实用放射学杂志,2023,39(2):204-209.
- [8]Biederer J,Ohno Y,Hatabu H,et al.Screening for lung cancer:does MRI have a role[J].Eur J Radiol,2017,86(1):353-360.
- [9]Koo CW,Lu A,Takahashi EA,et al.Can MRI contribute to pulmonary nodule analysis [J].J Magn Reson Imaging,2019,49(7):e256-e264.
- [10]Biederer J,Beer M,Hirsch W,et al.MRI of the lung (2/3).Why ...when...how? [J].Insights Imaging,2012,3(4):355-371.
- [11]张添钰,苑星秀,王广丽,等.体素内不相干运动扩散加权成像在肺癌中的应用进展[J].实用放射学杂志,2021,37(7):1205-1208.
- [12]巴照贵,刘丹丹,王巧慧,等.扩散加权成像对非小细胞肺癌耐药性的早期监测[J].临床放射学杂志,2022,41(9):1671-1675.
- [13]陆杰,徐海,沈杰,等.小视野DWI联合T₂WI压脂鉴别肺实性结节的价值[J].影像诊断与介入放射学,2022,31(06):416-421.
- [14]Ren H, Ma J, Wang J. Correlation between apparent diffusion coefficient and Ki-67 in different pathological types of lung cancer [J]. Transl Cancer Res, 2021, 10(12): 5364-5371.
- [15]罗与,孟楠,黄准,等.基于¹⁸F-FDG PET/MR成像和扩散加权成像分数微分模型对肺腺癌增殖状态评估价值的研究[J].磁共振成像,2022,13(10):121-126.
- [16]Yin Y, Sedlaczek O, Muller B, et al. Tumor cell load and heterogeneity estimation from diffusion-weighted MRI calibrated with histological data: an example from lung cancer [J]. IEEE Trans Med Imaging, 2018, 37(1): 35-46.
- [17]卢莹莹,吴春根,申玉兰,等.探讨磁共振扩散加权成像在鉴别良恶性椎体骨折中的诊断价值[J].临床放射学杂志,2017,36(6):861-865.
- [18]袁凯,于红,刘士远,等.磁共振 DWI 在肺癌的诊断及分期中的应用进展[J].实用放射学杂志,2018,34(6):955-958.
- [19]Peng Q, Huang Y, Tang W, et al. Comparison of parameters for diffusion-weighted intravoxel incoherent motion imaging in lung cancer patients with different histopathological subtypes [J]. Chin J Oncol, 2018, 40(11): 824-828.
- [20]吕四强,秦文恒,孙占国.体素内不相干运动扩散加权成像在肺部中的应用进展[J].磁共振成像,2022,13(02):141-144.
- [21]Wang DD, Lu ZX, Zhao L, et al. Application of 3.0T-MRI DWI in evaluating the efficacy of synchronous radiotherapy and chemotherapy for advanced lung cancer [J]. J Med Imaging, 2019, 29: 390-393.
- [22]岳松彤,陈康,姚倩东,等.磁共振扩散加权成像对非小细胞肺癌的诊断价值[J].临床放射学杂志,2020,39:2227-2231.
- [23]翁静飞,曾奇虎,韩福刚,等.磁共振扩散加权成像对肺癌不同T、N分期及转移的相关性研究[J].临床放射学杂志,2020,39:308-313.
- [24]江慎林,龚良庚,周战梅,等.DWI联合CT对肺内良恶性病变的鉴别诊断价值[J].放射学实践,2020,35(9):1117-1121.

(收稿日期:2023-06-13)

(校对编辑:韩敏求)