

论 著

# 基于快速自旋回波的单双指数模型扩散加权成像鉴别肺实性病变良恶性的价值\*

1.广州市红十字会医院放射科

(广东广州 510220)

2.广州医科大学附属第一医院放射科

(广东广州 510120)

陈松<sup>1</sup> 万齐<sup>2</sup> 雷强<sup>2</sup>  
夏晓颖<sup>2</sup> 李新春<sup>2,\*</sup>

**【摘要】目的** 探究多b值快速自旋回波弥散加权成像(TSE-DWI)在肺实性病变良恶性鉴别诊断中的临床效用。**方法** 前瞻性搜集103例经病理确诊的肺实性病变患者(恶性:良性=75:28)。所有患者术前均行常规MRI和DWI(b=0、20、40、200、800s/mm<sup>2</sup>)。多b值DWI序列经后处理生成并测量ADC<sub>(0,800)</sub>、ADC<sub>total</sub>、D、D\*和f等参数。组间比较采用Mann-Whitney U检验,受试者工作特征曲线用于评估参数诊断阈值及效能。**结果** 恶性肿瘤组ADC<sub>(0,800)</sub>、ADC<sub>total</sub>及D值均低于良性肿瘤组(P均<0.001);两组间f值和D\*值无显著性差异(P=0.135和0.273)。D值具有最大的曲线下面积(AUC)为0.903,ADC<sub>total</sub>(AUC=0.851),其次为ADC<sub>(0,800)</sub>(AUC=0.823),但各参数间诊断效能差异无统计学意义。**结论** TSE-DWI的单、双指数模型参数ADC<sub>(0,800)</sub>、ADC<sub>total</sub>及D在肺良、恶性实性病变鉴别诊断具有一定的临床价值。

**【关键词】** 肺; 扩散加权成像; 快速自旋回波; 平面回波成像; 体素内不相干运动

**【中图分类号】** R445.2; R739.63

**【文献标识码】** A

**【基金项目】** 广东省联合培养研究生示范基地项目(20201);广州市科技局市校联合资助项目(202102010253);广州医科大学附属第六医院开放课题基金(2020-11-307)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2021.08.021

# Differentiation of Benign and Malignant Pulmonary Solid Lesions by Monoexponential and Biexponential Model Diffusion Weighted Imaging Based on Fast Spin Echo\*

CHEN Song<sup>1</sup>, WAN Qi<sup>2</sup>, LEI Qiang<sup>2</sup>, XIA Xiao-ying<sup>2</sup>, LI Xin-chun<sup>2,\*</sup>,

1.Department of Radiology, Guangzhou Red Cross Hospital, Guangzhou 510220, Guangdong Province, China.

2.Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Guangzhou Medical University, Guangzhou 510120, Guangdong Province, China

## ABSTRACT

**Objective** To evaluate the value of turbo spin echodiffusion weighted imaging (TSE-DWI) in differential diagnosis of benign and malignant solidpulmonary lesions. **Methods** A total of 103 cases of pulmonary solid lesions confirmed by pathological examination (malignant : benign=75 : 28) were prospectively collected, all patients underwent normal chest MRI plain scan and DWI (B=0, 20, 40, 200, 800s/mm<sup>2</sup>) before surgery. ADC<sub>(0,800)</sub> images of all MRI raw images were generated by Philips workstation, ADC<sub>total</sub>, D, D\*, and f images were obtained according to monoexponential and biexponential models, parameters obtained from all lesions were measured including ADC<sub>(0,800)</sub>, ADC<sub>total</sub>, D, D\*, and f values. Mann-Whitney test was used to compare the difference of DWI parameters between benign and malignant lesions, receiver operating characteristic curve (ROC) analysis was used to further evaluate the diagnostic efficacy of the parameters with statistical differences. **Results** The values of ADC<sub>(0,800)</sub>, ADC<sub>total</sub> and D in malignant tumor were lower than those in benign lesion group (all P<0.001). There was no significant difference in F value and D\* value between malignant tumors and benign lesions (P=0.135 and 0.273, respectively). D has the largest area under the curve (AUC) of 0.903, followed by ADC<sub>total</sub> (AUC=0.851), ADC<sub>(0,800)</sub> (AUC=0.823), however, there was no significant difference in diagnostic efficiency among the parameters. **Conclusion** The ADC<sub>(0,800)</sub>, ADC<sub>total</sub> and D of TSE-DWI can provide have certain value in differential diagnosis of benign and malignant pulmonary solid lesions.

**Keywords:** Lung; Diffusion-weighted Imaging; Turbo Spin Echo; Planar Echo Imaging; Intravoxel Incoherent Motion

作为目前唯一能检测组织内水质子扩散运动的无创检查,磁共振扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)在全身各部位均有广泛应用。近些年来随着MRI硬件设备及快速成像技术等方面的发展及应用, DWI图像在信噪比、分辨率等各方面具有明显的提高。这也使得DWI在一些特定部位(如肺部)的应用愈发增多<sup>[1-2]</sup>。目前,应用于肺部病变的扩散加权成像多使用平面回波成像(echo planar imaging, EPI)的采集方式,获取图像快,但在气体-肺实质界面易产生磁敏感伪影而易导致信号丢失、变形等。最近有研究使用快速自旋回波(turbo spin echo, TSE)-DWI序列进行肺部扫描,发现能很好地消除磁敏感伪影导致的变形,且体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM)部分参数的稳定性也得到了提高<sup>[3]</sup>。然而基于TSE-IVIM鉴别肺部病变良恶性的效能如何目前还缺乏报道;本研究首次使用基于TSE的单、双指数模型扩散加权成像,探讨其在肺部鉴别病变良恶性的价值。

## 1 资料与方法

**1.1 一般资料** 前瞻性搜集在2018年1月至2019年1月通过CT或PET/CT检查为肺实性病变的150例患者为研究对象。纳入标准:病灶最大径≥1cm,且病灶内空洞或钙化的大小≤直径的1/3;检查前未接受放疗、靶向治疗等相关治疗;无MRI禁忌症。排除标准:图像伪影严重影响测量;未进行病理检查。最终共纳入103例患者,男64例,女39例,年龄(54.6±12.5)岁。所有患者均经病理证实,良、恶性病

**【第一作者】** 陈松,男,副主任技师,主要研究方向:CT及磁共振扫描及后处理。E-mail: gzcs1995@163.com

**【通讯作者】** 李新春,女,主任医师,主要研究方向:磁共振诊断与功能成像。E-mail: xin Chunli@163.com

变分别为28例及75例,包括结核5例,隐球菌5例,炎性病变16例,错构瘤2例,腺癌45例,鳞癌13例,小细胞肺癌5例,未分类非小细胞肺癌3例,淋巴上皮瘤样癌5例,淋巴瘤2例,粘液表皮样癌1例、类癌1例。

**1.2 检查方法** 采用3.0T双源双梯度MRI(Philip Achieva TX)检查设备并SENSE-XL-Torso 16通道相控阵体表线圈,扫描序列及参数:横断面T<sub>1</sub>WI/TFE:TR=10ms,TE=2.3ms,NSA=1,FOV=430mm×342mm,矩阵288×171,层厚/层间距(mm)=5.0/0.5,扫描时间为47秒。冠状面T<sub>2</sub>WI/TSE:TR=973ms,TE=80ms,NSA=1,FOV=430mm×430mm,矩阵308×266,层厚/层间距(mm)=5.0/0,扫描时间为26s。横断面T<sub>2</sub>WI/TSE:TR=973ms,TE=80ms,NSA=1,FOV=430mm×349mm,矩阵360×247,层厚/层间距(mm)=7.0/0.7,扫描时间为23秒。横断面TSE-DWI:TR=1000ms,TE=60ms,NSA=2,FOV=260mm×423mm,矩阵88×140,层厚/层间距(mm)=5.0/0,扫描时间约为4min16s,b值选择0、20、40、200、800s/mm<sup>2</sup>。DWI序列在自由呼吸状态下完成。

**1.3 MRI数据处理及分析** ADC<sub>(0,800)</sub>图像生成使用Philips工作站(Extended MR Work Space 2.6.3.5)。两名具有5年以上MRI诊断经验的影像科医生参与分析,在ADC图像上,选择病变最大层面及上下两层,手动勾画3个感兴趣区(ROI),范围>80%直径,避开可见的液化坏死或出血区域,取上述三层的ADC平均值。

IVIM图像生成及后处理使用IMAGENINE MRI Diffusion/

Perfusion Toolbox Beta V2.02。以横断面T<sub>2</sub>WI为参照,于b值为800s/mm<sup>2</sup>的TSE-DWI图像的最大层面及上下两层手动勾画3个ROI,范围>80%直径,避开可见的液化坏死或出血区域,得到ROI相应参数包括ADC<sub>total</sub>、D、f和D\*值并取上述三层测量的均值。

**1.4 统计学分析** 定量参数使用( $\bar{x} \pm s$ )表示。统计分析采用SPSS 22.0(IBM SPSS Statistics)和Medcalc 18.2.1软件进行。组间比较采用Mann-Whitney U检验,以P<0.05认为有统计学意义。诊断效能评估使用受试者工作特征曲线(ROC)进行。

## 2 结果

**2.1 多b值TSE-DWI各参数组间比较** 单指数模型DWI参数:ADC<sub>(0,800)</sub>恶性组为 $(1.188 \pm 0.273) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,良性组为 $(1.525 \pm 0.368) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,组间差异有统计学意义( $Z=-5.037, P<0.001$ );ADC<sub>total</sub>恶性组为 $(1.010 \pm 0.192) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,良性组为 $(1.364 \pm 0.334) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,组间差异有统计学意义( $Z=-5.522, P<0.001$ )。

双指数模型DWI参数:D值恶性组为 $(1.095 \pm 0.217) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,良性组为 $(1.561 \pm 0.324) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,组间差异有统计学意义( $Z=-6.260, P<0.001$ );f值恶性组为 $(27.1 \pm 11.2)\%$ ,良性组为 $(30.0 \pm 8.7)\%$ ,组间差异无统计学意义( $Z=-1.494, P=0.135$ );D\*值恶性组为 $(36.907 \pm 20.630) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,良性组为 $(41.744 \pm 21.451) \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,差异无统计学意义( $Z=-1.097, P=0.273$ )(图1)。

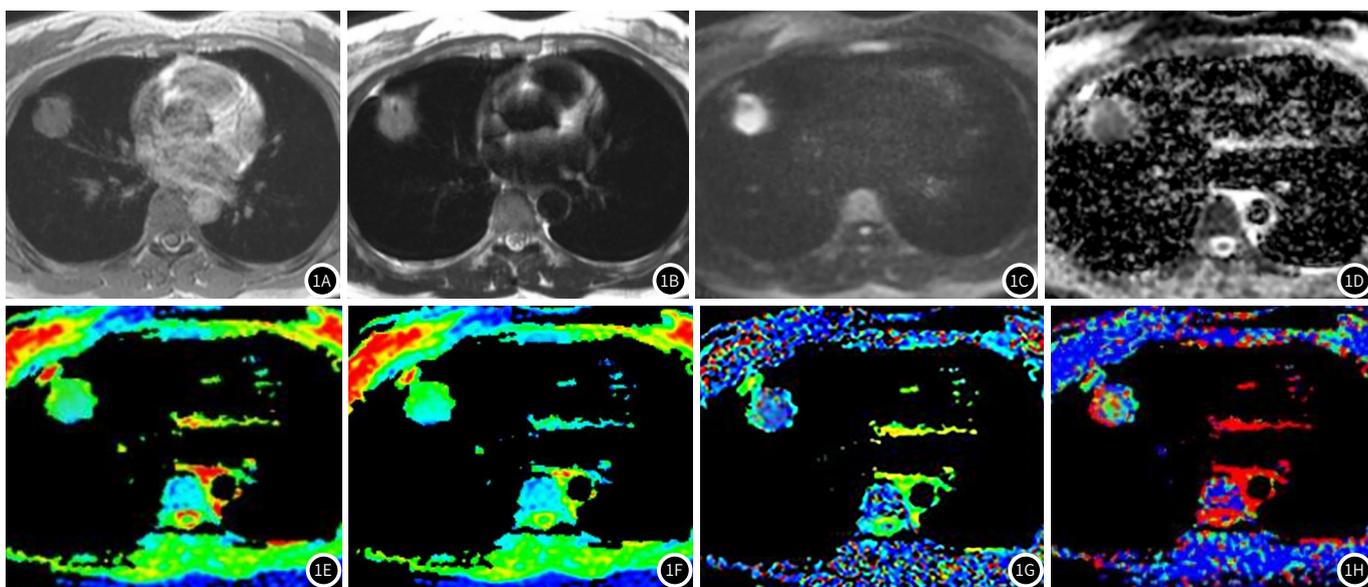


图1 女,45岁,右肺中叶腺癌。图1A~1B:为常规T<sub>1</sub>WI和T<sub>2</sub>WI图;图1C~1H:分别为DWI800、ADC<sub>(0,800)</sub>、ADC<sub>total</sub>、D、f和D\*图,对应参数ADC<sub>(0,800)</sub>、ADC<sub>total</sub>、D、f及D\*值为 $1.230 \times 10^{-3}$ 、 $0.980 \times 10^{-3}$ 、 $0.910 \times 10^{-3}$ 、0.18及 $82.320 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。

**2.2 103例肺部良、恶性病变多b值TSE-DWI各参数的诊断效能及对比** ADC<sub>(0,800)</sub>的曲线下面积(AUC)为0.823,区分肺良恶性病变的最佳阈值为 $1.26 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,敏感性、特异性分别为68.00%、80.29%,阳性似然比、阴性似然比分别为6.35、0.36。ADC<sub>total</sub>值的AUC为0.851,最佳阈值为 $1.12 \times$

$10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,敏感性和特异性分别为74.67%和82.14%,阳性似然比和阴性似然比分别为4.18和0.31;D值AUC为0.903,最佳阈值为 $1.18 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ ,敏感性、特异性分别为69.43%、96.33%,阳性似然比、阴性似然比分别为19.41、0.32。鉴别效能以D值为最佳,其次为ADC<sub>total</sub>及ADC<sub>(0,800)</sub>,但

上述参数AUC两两比较诊断效能无显著差异(表1)。

表1 肺部良、恶性病变各参数值的比较[ADC,D,D\*值单位为( $\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ )]

	良性病变	恶性肿瘤	Z	P
ADC <sub>(0,800)</sub>	1.525±0.368	1.188±0.273	-5.037	<0.001*
ADC <sub>total</sub>	1.364±0.334	1.010±0.192	-5.522	<0.001*
D	1.561±0.324	1.095±0.217	-6.260	<0.001*
f(%)	30.0±8.7	27.1±11.2	-1.494	0.135
D*	41.744±21.451	36.907±20.630	-1.097	0.273

### 3 讨论

由于肺实质内氢质子密度低,生理运动(如呼吸、心脏搏动)及瘤肺界面磁场不均匀的影响,DWI成像在肺部临床应用受到限制。随着MR软硬件及快速成像技术的发展,肺部MRI尤其是DWI已经成为临床应用的重要手段。大量研究表明DWI在肺部病灶尤其是肺癌的诊断、分期及评估预后等方面显示了较好的应用价值<sup>[4-6]</sup>。有研究发现,与EPI相比,TSE-IVIM中肺部病变由于磁敏感伪影所致的变形等有显著改善,且IVIM参数D及ADC值在重复扫描中更加稳定,这是由于TSE-DWI所采用的180°射频聚焦脉冲会纠正磁场不均匀性,从而消除了磁敏感伪影和变形<sup>[3]</sup>。但目前尚未见基于TSE-IVIM鉴别肺部病变良恶性的大样本病例报道。

Cui等<sup>[7]</sup>报道了肺DWI采用呼吸触发、自由呼吸、屏气扫描三种成像方式均有较好的观察者内及观察者间一致性。结合过往研究及临床可行性,本研究DWI在自由呼吸状态下进行,图像质量优良,所得DWI图像与T<sub>2</sub>WI解剖图像相比几乎没有形变,与俞家熙等<sup>[8]</sup>的报道结果一致。

目前,国内外对EPI-DWI鉴别肺良恶性病变的研究表明,单指数模型中ADC和ADC<sub>total</sub>的鉴别诊断价值更为确定,而双指标模型鉴别诊断中D、D\*和f的价值并不统一。刘凯等<sup>[9]</sup>认为鉴别肺良恶性病变方面,D值比ADC值更准确。Wan等<sup>[4]</sup>对87个孤立性肺部病变进行了研究,表明传统单指标模型与双指标模型在鉴别肺部病变良恶性方面具有相同的价值。本研究采用5个B值的TSE-DWI,发现肺恶性肿瘤双指标模型的ADC<sub>(0,800)</sub>值、ADC<sub>total</sub>值和D值明显低于良性病变,这主要由于恶性肿瘤由于细胞异型细胞外间隙减少而导致水分子扩散受限所致。本研究中ADC<sub>(0,800)</sub>值、ADC<sub>total</sub>值和D值的AUC两两间差异无统计学意义,可能提示基于TSE-DWI的单、双指数模型在鉴别肺部病变效能相当。

多数研究表明灌注参数f值和D\*值在良恶性病变间差异并无统计学意义<sup>[4,9]</sup>,而Deng等<sup>[10]</sup>发现f值与ADC值在鉴别炎性肉芽肿及肺癌中具有相当的鉴别诊断价值,而良恶性病变间D和D\*值无统计学意义。本研究发现良恶性病变间D\*值和f值并无显著差异。D\*值与平均血流速度和毛细血管长度有关,而炎症性病变中小血管成分的增生及残存的肺实质结构内广泛存在肺动静脉网可能会导致其D\*值较高<sup>[11]</sup>,而本研究中良性组多为炎性病变,这有可能是本研究组间D\*值无统计学意义的原因之一。此外,由于多b值DWI扫描在b值 $\leq 200\text{s}/\text{mm}^2$ 时对

信号采集的误差及信噪比的变化非常敏感,从而引起低b值测量的实际信号不准,进而使得双指数模型拟合结果欠佳,所测得D\*值标准差偏大而缺乏稳定性,这也可能是D\*在鉴别效能较低的原因。f值除反映灌注因素外,还受到其他因素的影响如弛豫效应及T<sub>2</sub>值的影响<sup>[12]</sup>,同时良恶性组病变的血供存在重叠,这可能是本研究组间f值无统计学意义的原因。本研究结果与Yuan等<sup>[13]</sup>的研究结果一致。

本研究的局限性:本研究未选择直径<1cm病灶,这是因为考虑到小结节成像质量可能不佳,且在测量时存在部分容积效应影响;由于为前瞻性研究,获得病理结果的良性病例相对偏少。

综上,TSE-DWI能很好应用于肺部实性病变更良、恶性鉴别诊断。基于TSE的单指数模型DWI具有与双指数模型参数相当的价值。

### 参考文献

- [1] 马佳宁,杨萍,李乐义.不同b值下弥散加权成像及表观弥散系数在老年肺部肿瘤的临床研究[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(2):33-36.
- [2] 阎辉,杨永雁,宋琨,等.磁共振弥散加权成像与动态增强扫描在肺癌临床分期中联合诊断价值分析[J].中国CT和MRI杂志,2020,18(4):39-42.
- [3] Wan Q,Lei Q,Wang P,et al.Intravoxel Incoherent Motion Diffusion-Weighted Imaging of Lung Cancer:Comparison Between Turbo Spin-Echo and Echo-Planar Imaging[J].J Comput Assist Tomogr,2020,44(3):334-340.
- [4] Wan Q,Deng Y S,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.
- [5] Brea T P,Ravina A R,Villamor J M C,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.
- [6] Usuda K,Funasaki A,Sekimura A,et al.FDG-PET/CT and diffusion-weighted imaging for resected lung cancer: correlation of maximum standardized uptake value and apparent diffusion coefficient value with prognostic factors[J].Med Oncol,2018,35(5):66.
- [7] Cui L,Yin J B,Hu C H,et al.Inter-and intraobserver agreement of ADC measurements of lung cancer in free breathing, breath-hold and respiratory triggered diffusion-weighted MRI[J].Clin Imaging,2016,40(5):892-896.
- [8] 俞家熙,李新春,雷强,等.肺部孤立性实性病变的磁共振DWI技术优选[J].放射学实践,2019,34(8):874-878.
- [9] 刘凯,麻增林,袁梅,等.扩散加权成像单指数与双指数模型鉴别肺内良恶性实性肿块的对比如研究[J].中国医学影像学杂志,2017,25(10):751-755,760.
- [10] Deng Y,Li X,Lei Y,et al.Use of diffusion-weighted magnetic resonance imaging to distinguish between lung cancer and focal inflammatory lesions:a comparison of intravoxel incoherent motion derived parameters and apparent diffusion coefficient[J].Acta Radiol,2016,57(11):1310-1317.
- [11] Wan Q,Deng Y S,Zhou J X,et al.Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging in assessing and characterizing solitary pulmonary lesions[J].Sci Rep,2017,7:43257.
- [12] 万齐,李新春,郑晓涛,等.单指数及双指数模型DWI在肺孤立性病变更良诊断效能的对比研究[J].临床放射学杂志,2017,36(10):1424-1428.
- [13] Yuan M,Zhang Y D,Zhu C,et al.Comparison of intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging with dynamic contrast-enhanced MRI for differentiating lung cancer from benign solitary pulmonary lesions[J].J Magn Reson Imaging,2016,43(3):669-679.

(收稿日期:2021-02-03)