

论 著

DWI、DCE-MRI联合DKI在良恶性肺结节及病理亚型中的应用*

汪汉林 范文辉 李自凯

王 佳 梁 奕*

长江航运总医院·武汉脑科医院
(湖北武汉 430010)

【摘要】目的 探讨DWI、DCE-MRI联合DKI在良恶性肺结节中的鉴别诊断及恶性肺结节病理亚型中的应用价值。**方法** 选取本院47名SPN患者，男：30例，女：17例，年龄：29~86岁，平均年龄：58±5.62岁。行常规MR、DCE-MRI与DKI扫描。比较良恶性肺结节ADC、 K^{trans} 、 K_{ep} 、 Ve 、 $iAUC$ 、Dapp与Kapp值及各参数在鳞癌、腺癌与良性肺结节中的差异性。**结果** (1)恶性肺结节的 K^{trans} 、 Ve 、 $iAUC$ 与Kapp值显著高于良性肺结节($P<0.035$)；(2)恶性肺结节ADC显著低于良性肺结节($P=0.001$)，其中腺癌的ADC值最低，Kapp值最高，对于 K^{trans} 、 K_{ep} 、 Ve 、 $iAUC$ 、Dapp值鳞癌、腺癌与良性肺结节三组之间无明显差异。**结论** 采用常规DWI、DCE-MRI联合DKI进行定量分析SPN，可提高MR在良恶性肺结节中鉴别诊断，且对恶性肺结节病理亚型鉴别诊断具有一定价值。

【关键词】 DWI；DCE-MRI；DKI；肺结节**【中图分类号】** R563**【文献标识码】** A**【基金项目】** 湖北省卫生健康委员会联合基金项目(WJ2019H373)；武汉市卫生健康委员会科研青年重点项目(WX19Q26)；长江航务管理局重点科技项目(201910022)

DOI:10.3969/j.issn.1672-5131.2023.09.027

Application of DWI, DCE-MRI and DKI in Benign and Malignant Pulmonary Nodules and Pathological Subtypes*

WANG Han-lin, FAN Wen-hui, LI Zi-kai, WANG Jia, LIANG Yi*.

Department of Radiology, General Hospital of the Yangtze River Shipping · Wuhan Brain Hospital, Wuhan 430014, Hubei Province, China

ABSTRACT

Objective To investigate the value of DWI, DCE-MRI and DKI in the differential diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules and the pathological subtypes of malignant pulmonary nodules. **Methods** Forty seven patients with SPN in our hospital, male: 30, female: 17, age: 29-86 years, mean age: 58 ± 5.62 years. Routine MR, DCE-MRI and DKI scans were performed. To compare the ADC, K^{trans} , K_{ep} , Ve , $iAUC$, app and app values of benign and malignant pulmonary nodules and the difference of each parameter in squamous cell carcinoma, adenocarcinoma and benign pulmonary nodules. **Results** (1) K^{trans} , Ve , $iAUC$ and Kapp of malignant pulmonary nodules were significantly higher than those of benign pulmonary nodules ($P<0.035$); (2) The ADC of malignant pulmonary nodules was significantly lower than that of benign pulmonary nodules ($P=0.001$), in which the ADC value of adenocarcinoma was the lowest and Kapp value was the highest. There was no significant difference between the K^{trans} , K_{ep} , Ve , $iAUC$, Dapp values of squamous cell carcinoma, adenocarcinoma and benign pulmonary nodules. **Conclusion** The quantitative analysis of SPN by conventional DWI, DCE-MRI and DKI can improve the differential diagnosis of benign and malignant pulmonary nodules by MR, and has certain value in the differential diagnosis of pathological subtypes of malignant pulmonary nodules.

Keywords: DWI; DCE-MRI; DKI; Pulmonary Nodule

研究发现普通人群胸部X线片普查孤立性肺结节(solitary pulmonary nodule, SPN)的发现率约为0.2%，CT扫描发现率达8%~51%，恶性比率为56%~80%^[1]。然而一项病理统计数据显示，在经过外科手术切除的肺结节中，良性肺结节占30%左右^[2]。随着医学影像技术、人工智能的快速发展和大众健康意识的提高，孤立性肺结节在体检人群中更多地被发现。这意味着如何准确鉴别肺结节良恶性，达到早期诊断以避免对良性肺结节的过度处理已成为影像科医生与临床医生所共同面临的重要难题。临床上，鳞癌与腺癌的治疗方式存在较大差异性，而高龄患者一般对SPN手术及穿刺活检难以耐受，特别是结节位于肺门周围。因此，运用影像学新技术在孤立性肺结节中筛查出早期肺癌，并对难以进行活检的肺结节进行病理分型可为临床提出最佳的治疗方案。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集长江航运总医院·武汉脑科医院2019年1月至2021年7月体检、门诊及住院患者在行肺部CT扫描时发现8-30mm孤立性肺结节47例。男性：30例，女性：17例，年龄范围29~86岁，平均年龄58±5.62岁。

排除标准：(1)实性肺部结节最大径<8mm或>30mm；(2)混合亚实性结节，但实性成分在8mm以下；(3)纯磨玻璃样结节。

1.2 检查设备及方法 患者均仰卧位于检查床，MR扫描仪采用德国西门子子公司3.0T Skyra，16通道体线圈，行MR常规序列、DWI、DCE-MRI及DKI检查。扫描前，首先进行呼吸配合训练，训练患者吐气后憋住气，并嘱咐患者检查过程中全程尽可能地维持平稳呼吸，以减少呼吸所致伪影。

T_1WI 、 T_2WI 、DCE-MRI、DKI序列扫描参数：(1)横轴位T1-VIBE序列：TE、TR与层厚依次为1.80ms、3.00ms、3mm；(2)横轴位T2-BLADE序列：TE、TR与层厚依次为105ms、2190ms、3mm；(3)DCE-MRI检查采用3D T1-VIBE序列：TE=1.72ms，TR=5.15ms，层厚3mm。对比剂选用钆喷酸葡胺注射液，剂量与团注速度分别为0.2mmol/kg、2.0ml/s。在具体扫描时，先行蒙片扫描，再行动态增强扫描，扫描2期后借助高压注射器进行对比剂的注入，连续进行45期扫描，4秒/期，每屏气3期，休息10秒，扫描时间约7分钟左右。(4)DWI、DKI扫描采用多b值呼吸触发压脂单次激发平面回波(SSEPE)序列，b=0、50、200、400、800、1400、2000s/mm²，TR 2000ms，TE 66ms，FOV 340mm×340mm，矩阵192×128，层厚3mm，扫描时间3min50s。

1.3 图像分析及处理 (1)将所有数据导入图像处理软件(西门子，Tissue 4D)，先完成运动矫正与图像匹配，再基于 T_2WI 图像，在病灶实性成分横截面最大层面勾画感兴趣区(ROI)，避开囊变坏死区与出血区，借助两室血流动力学Tofts模型，对ROI区微血管转运常数(K^{trans})、 K_{ep} (反流速率常数)、 Ve (血管外细胞外容积分数)、 $iAUC$ (初始曲线下面积)进行测量。(2)所有的DKI数据均使用图像处理软件(西门子，MR body diffusion Toolbox)，DKI的参数由其中5个b值计算得到(b=0、400、800、1400、2000s/mm²)，选择DKI模型得到Dapp和Kapp值的伪彩图。ADC值的计算仍采用同一软件处理，选择DWI模型得到ADC值，b值取自同组多b值DWI数据中0与800s/mm²。所有ROI区均测量三次取平均值。如图1所示。

【第一作者】 汪汉林，男，主治医师，主要研究方向：中枢神经影像及胸部影像诊断。E-mail: 75288763@qq.com**【通讯作者】** 梁 奕，男，副主任医师，主要研究方向：中枢神经影像及胸部影像诊断。E-mail: 1703537529@qq.com

2 结 果

2.1 病例术后病理结果 47例患者扫描后一周内均行手术或穿刺活检，病理结果显示，良性病变19例(40.6%)，恶性病变28例(59.5%)。在良性病变中，9例为结核性肉芽肿，4例为慢性炎性肉芽肿，3例为炎性渗出结节，肺曲霉菌球与硬化性血管瘤各1例；在恶性病变中，19例为腺癌，4例为鳞癌，腺鳞癌与转移瘤各2例，1例为小细胞肺癌。

2.2 良性病变组与恶性病变组DWI、MR-DCE、DKI定量参数比较

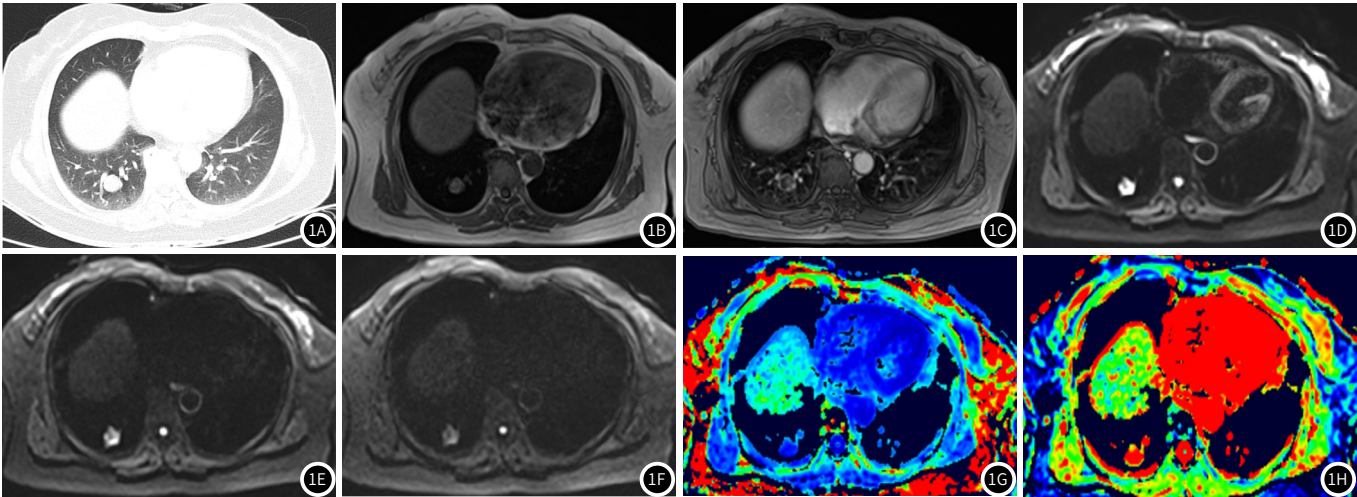


图1A-图1H 女，63岁，右下肺结节4年余，术后病理：硬化性血管瘤；图1A CT平扫肺窗，右下肺可见大小约16.8mm×17.3mm孤立性肺结节；图1B-图1C MR平扫T₁WI与DCE-MRI扫描时1min轴位图；图1D-图1F b=400，800，2000s/mm²扩散加权图；图1G-图1H Kapp与Dapp伪彩图

表1 良性病变组与恶性病变组DWI、MR-DCE、DKI定量参数比较

	恶性组	良性组	t值	P值
ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	1.27±0.216	1.60±0.357	-3.482	0.001 [*]
K ^{trans} (min ⁻¹)	0.44±0.273	0.27±0.198	2.119	0.034 [*]
K _{ep} (min ⁻¹)	2.12±2.108	1.79±1.380	0.015	0.988
Ve	0.38±0.252	0.25±0.119	2.206	0.034 [*]
iAUC(mmol.kg ⁻¹ .s)	20.11±13.278	10.02±6.258	2.769	0.006 [*]
Kapp	0.83±0.200	0.69±0.108	2.478	0.018 [*]
Dapp(×10 ⁻³ mm ² /s)	2.14±0.826	2.11±0.698	0.116	0.908

表2 鳞癌、腺癌与良性肺结节DWI、MR-DCE、DKI定量参数比较

	鳞癌	腺癌	良性组	P值
ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	1.32±0.254	1.23±0.212	1.60±0.357	0.012 [*]
K ^{trans} (min ⁻¹)	0.49±0.470	0.43±0.208	0.27±0.198	0.236
K _{ep} (min ⁻¹)	3.44±3.478	1.74±1.508	1.79±1.380	0.314
Ve	0.30±0.240	0.40±0.209	0.25±0.119	0.136
iAUC(mmol.kg ⁻¹ .s)	18.26±22.963	21.67±9.984	10.02±6.258	0.052
Kapp	0.81±0.157	0.87±0.199	0.69±0.108	0.016 [*]
Dapp(×10 ⁻³ mm ² /s)	2.15±0.662	2.02±0.645	2.11±0.698	0.416

表3 良性病变组与恶性病变组DWI、MR-DCE、DKI各参数诊断效能

参数	AUC	阈值	敏感度(%)	特异度(%)	准确率
ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)	0.785	1.387	72.7%	80.0%	75.7%
K ^{trans} (min ⁻¹)	0.708	0.248	72.7%	66.7%	67.6%
Ve	0.695	0.257	72.7%	73.3%	73.0%
iAUC(mmol.kg ⁻¹ .s)	0.771	12.318	72.7%	66.7%	70.3%
Kapp	0.752	0.709	81.8%	66.7%	75.7%
ADC+iAUC	0.864	0.6083	81.8%	86.7%	83.8%

3 讨 论

孤立性肺结节的良恶性的鉴别诊断多年以来一直是医学影像学领域的一大难题，因肺组织自身氢质子含量少，同时常会受到病人心脏大血管搏动、呼吸运动等磁敏感伪影的干扰，因此国内外研究人员在肺部病变的MR研究较少。然而，近年来随着MR技术的飞速发展，国内外学者利用MR技术在鉴别孤立性肺结节良恶性中取得了不容忽视的成绩^[3-7]。

扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是唯一能够于宏观成像中显示活体组织内水分子的微观扩散运动，能够用于分析病理环境中细胞外间隙与细胞内外水分子的扩散状况^[8]。

采用SPSS 20.0软件进行正态分布检验，如果符合正态分布且方差齐性，则采用T检验比较良性病变组和恶性病变组ADC、K^{trans}、K_{ep}、Ve、iAUC、Dapp、Kapp值，同时比较各参数鳞癌、腺癌与良性肺结节之间差异，结果如表1、表2所示。

2.3 良性病变组与恶性病变组各参数诊断效能 对于表1所示具统计学差异的ADC、K^{trans}、Ve、iAUC、Kapp、ADC+iAUC与值，通过受试者工作特征曲线(ROC)进行分析。结果详见表3。

Usuda等^[9]在对29例良性肺结节与150例恶性肺结节采用DWI及PET-CT进行鉴别诊断时发现，当ADC值取1.440×10⁻³mm²/s，其诊断效能较SUVmax高(阈值为3.43)。因此，在鉴别孤立性肺结节和肿块良恶性方面，DWI是具有可行性的。本研究表面，恶性肺结节ADC显著低于良性肺结节(P=0.001)，当ADC值取1.387×10⁻³mm²/s时，AUC=0.785,说明了DWI有助于肺部良恶性结节的鉴别诊断。而在鳞癌、腺癌与良性肺结节三组中腺癌组ADC值最低1.23×10⁻³mm²/s，表明腺癌组织中肿瘤细胞密度高，细胞核和细胞外空间减少，从而限制水分子在肿瘤组织中扩散。

采用动态增强磁共振成像(dynamic contrast-enhanced MRI, DCE-MRI)，经动态监测对比剂到达组织时T1弛豫时间的变化特点，能够得到病变组织血流动力学灌注信息。Yoshiharu报道^[10]，DCE-MRI对肺部病变性质的诊断与病理学的符合率与CT、PET-CT相比较具有较高的诊断价值，CT增强的准确率为80.7%，PET-CT的准确率为83.7%，而DCE-MRI的准确率可达88.1%。然而，以往DCE-MRI在孤立性肺部结节鉴别诊断中多采用半定量的参数分析，通过半定量参数对比剂到达时间(BAT)、达峰时间(TTP)、曲线斜率及最大斜率、廓清速率等指标来鉴别病变的良恶性。但是这种分析方法易受MR设备、检查条件及检查技术员主观因素的影响，不能定量地反映组织内对比剂浓度的真实变化情况，也不能准确地反映组织生理学信息，在良、恶性病变中存在交叉情况，具有一定的局限性。

