

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2016.12.015

文章编号: 1005-8982(2016)12-0067-06

新进展研究

多 b 值下表观弥散系数对肺部良、恶性病变的诊断效能

孙明华, 刘斌

(安徽医科大学第一附属医院 放射科, 安徽 合肥 230022)

摘要: **目的** 探讨不同 b 值扩散加权成像图像对肺部不同病变的鉴别效能。 **方法** 对 62 例电子计算机断层扫描检查发现肺部占位性病变的患者, 进行常规磁共振 T₁ 加权像、T₂ 加权像及扩散加权成像扫描(测得病变表观弥散系数值采用 t 检验及方差分析, 比较肺部良恶性病变及不同病理类型肺癌在不同 b 值下的表观弥散系数值是否有差异, 并根据受试者工作特征曲线衡量相应的鉴别效能), 分析肺部良恶性病变及不同病理类型肺癌在不同 b 值下的鉴别诊断效能。 **结果** 62 例患者均经病理证实, 小细胞肺癌 6 例, 11 例鳞状细胞癌, 8 例高分化腺癌, 13 例低分化腺癌及 24 例良性病变。当 b 值取 800 s/mm² 时, 高分化腺癌、中低分化腺癌、小细胞肺癌及鳞癌的表现弥散系数值分别为 $(1.80 \pm 0.14) \times 10^{-3}$ mm²/s、 $(1.09 \pm 0.15) \times 10^{-3}$ mm²/s、 $(0.80 \pm 0.10) \times 10^{-3}$ mm²/s 及 $(1.19 \pm 0.18) \times 10^{-3}$ mm²/s; b 值分别为 200 s/mm²、500 s/mm² 和 800 s/mm² 时, 肺部良性病变表观弥散系数值分别为: $(2.18 \pm 0.27) \times 10^{-3}$ mm²/s、 $(2.06 \pm 0.16) \times 10^{-3}$ mm²/s 和 $(1.84 \pm 0.21) \times 10^{-3}$ mm²/s; 恶性病变表观弥散系数值分别为 $(1.49 \pm 0.36) \times 10^{-3}$ mm²/s、 $(1.33 \pm 0.38) \times 10^{-3}$ mm²/s 和 $(1.22 \pm 0.36) \times 10^{-3}$ mm²/s, 肺部良恶性病变的表观弥散系数值差异有统计学意义 ($P < 0.01$)。 **结论** 同一 b 值 (b=200 s/mm²、500 s/mm² 和 800 s/mm²) 下, 表观弥散系数值对肺部良恶性病变及不同病理类型肺癌均有鉴别意义, 且 b=800 s/mm² 时, 高分化腺癌及中低分化腺癌鉴别效能最大。

关键词: 磁共振成像; 扩散加权成像; 肺癌; 鉴别效能

中图分类号: R445.2

文献标识码: B

Diagnostic efficacy of different apparent diffusion coefficient values in diagnosing different lung pathological types

Ming-hua Sun, Bin Liu

(Department of Radiology, the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, Anhui 230022, China)

Abstract: Objective To explore the diagnostic efficacy of Diffusion-weighted imaging (DWI) in identifying different lung lesions at varied b values. **Methods** After diagnosed by CT examination, 62 lung lesions cases were examined by conventional T1WI, T2WI and DWI pulse sequence. The ADC values of lesions were measured and analyzed by t test and variance. The differences of benign and malignant lung lesions and different pathological types of lung cancer in ADC values under different b values were compared, and their diagnostic efficacy were measured by receiver operating characteristic (ROC) curve. The differential diagnostic efficacy for benign and malignant lung lesions and different pathological types of lung cancer was analysed under different b values. **Results** A total of 62 cases were pathologically confirmed (6 cases of small cell lung carcinoma, 11 cases of squamous cell carcinoma, 8 cases of well-differentiated adenocarcinoma, 13 cases of poorly differentiated adenocarcinoma and 24 cases of benign lesions). When the b value was 800 s/mm², the ADC values of well-differentiated adenocarcinoma, low

收稿日期: 2015-12-14

differentiated adenocarcinoma, small cell lung carcinoma and squamous cell carcinoma respectively were $(1.80 \pm 0.14) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $(1.09 \pm 0.15) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $(0.80 \pm 0.10) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ and $(1.19 \pm 0.18) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ respectively. When the b values respectively were 200 s/mm², 500 s/mm², 800 s/mm², the ADC values of lung benign lesions were $(2.18 \pm 0.27) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $(2.06 \pm 0.16) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $(1.84 \pm 0.21) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ respectively and malignant lesions were respectively $(1.49 \pm 0.36) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $(1.33 \pm 0.38) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, $(1.22 \pm 0.36) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ respectively. The ADC values of lung benign and malignant lesions were statistically different ($P < 0.001$).

Conclusions Under the same b value (b = 200 s/mm², 500 s/mm², 800 s/mm² respectively), ADC values have great value to distinguish benign and malignant lesions of lung and different pathological types of lung carcinoma. The diagnostic efficacy is the best for well-differentiated adenocarcinomas and low differentiated adenocarcinomas when b values 800 s/mm².

Keywords: magnetic resonance imaging; diffusion weighted imaging; lung carcinoma; diagnostic efficacy

近年来,肺癌的发病率逐年上升,其起病隐袭,死亡率较高^[1]。目前,肺癌的常规检查手段依然是 X 线和电子计算机断层扫描 (computed tomography, CT),其对肺癌的大小、部位、分期等方面有重要价值,断层融合技术大大提高了肺结节的敏感性和检出率^[2],但其密度分辨率较低。正电子发射计算机断层显像 (positron emission tomography computed tomography, PET-CT) 将结构与功能成像相结合,提高了肿瘤诊断和分期的准确性^[3],但其在微小病变诊断方面的特异性较低。磁共振成像 (magnetic resonance imaging, MRI) 扩散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI) 通过探测组织器官内水分子的布朗运动,间接反映其结构、功能及代谢情况,并通过表观扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 值将分子运动情况进行量化,为组织病变的定位、定性提供了很大的界定价值。目前, DWI 技术在全身其他脏器肿瘤的诊断及分期方面已得到广泛的应用^[4-5]。随着 MRI 技术的进步,特别是快速成像技术的出现,使得肺部氢质子磁敏感伪影及呼吸、心脏和大血管运动伪影得以克服,肺部 DWI 成像得以实现。有人已对 DWI 技术在肺部病变的应用进行了探索^[6],但对不同 b 值下利用 ADC 值对肺部不同病变诊断效能的研究较少。本次研究主要分析不同 b 值下的 ADC 值对不同病理类型肺部病变的诊断及鉴别诊断效能。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选取安徽医科大学第一附属医院 2013 年 5 月-2014 年 5 月收治的 62 例患者。其中,男性 38 例,女性 24 例,年龄 40~80 岁,平均 61 岁。CT 检查发现为肺部占位性病变的患者。其中,恶性 38 例(小细胞肺癌 6 例,11 例鳞状细胞癌,8 例高分化腺癌,13 例低分化腺癌),良性 24 例(炎性肿块 8 例,肺不张

5 例,结核球 4 例,结节病 2 例,错构瘤 2 例,腺瘤 2 例,透明细胞瘤 1 例)。病例入组标准:①胸部 CT 平扫发现直径 >1 cm 的实性占位性病变。②病变囊变、坏死、空洞、钙化的部分不超过病变大小的 50%。③患者心肺功能良好,能配合磁共振检查,无磁共振检查禁忌证。④磁共振检查前,患者未进行放疗、化疗、介入治疗及其他抗肿瘤治疗。

1.2 磁共振检查方法

1.2.1 使用设备 德国西门子公司 1.5T 超导磁共振。

1.2.2 扫描方法和技术参数 扫描序列为常规 T₁ 加权像 (T₁ weighted image, T₁WI)、T₂ 加权像 (T₂ weighted image, T₂WI) 轴位扫描,扫描参数为重复时间 (repetition time, TR)/恢复时间 (echo time, TE) = 3 740 ms/80 ms; 扫描视野 (field of view, FOV) = 300 mm × 400 mm; 矩阵 384 × 207; 层厚 6 mm, 层间隔 1 mm。DWI 轴位扫描,扩散敏感因子 b 值分别取 200 s/mm², 500 s/mm² 和 800 s/mm²; 扫描参数为 TR/TE = 2 800 ms/70 ms; 激发次数 = 4; 带宽 (band width, BW) = 1 500; FOV = 300 mm × 430 mm; 矩阵 128 × 128; 层厚 3 mm, 层间隔 1 mm。嘱患者仰卧位,平静呼吸,利用呼吸导航技术获得患者 T₁WI, T₂WI, 及不同 b 值下 DWI 轴位图像。

1.2.3 图像分析及数据 由两名工作经验 10 年以上 MRI 诊断医师在未知病理结果的情况下共同阅片,对图像质量评价较高且诊断意见一致的图像留取,诊断意见不一致的予以舍弃。首先观察肺部肿块在 DWI 上信号强度 (以胸髓或胸壁肌肉信号作参照)。然后再观察 b 值分别取 200 s/mm², 500 s/mm² 和 800 s/mm² 时 ADC 图像信号强度,分别测量并计算肿块的 ADC 值。测量方法是在病灶的相同层面选取相同部位的相同面积,避开囊变、坏死、钙化区域,在肿块实性部分,尽量选取最大面积,测量 3 次并计

算平均值,作为肿块的 ADC 值。最后将不同肺部肿块的 ADC 值与相应病理结果对照,分析不同病理组织在不同 b 值下 ADC 值。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 14.0 统计软件进行数据分析,计量资料以均值 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,各组均进行正态性检验,各组之间的 ADC 值比较用单因素方差分析,对于两独立样本均数通过 *t* 检验。多组均数之间的两两比较采用 SNK 检验。对于不同 b 值下的 ADC 值对肺部病变的诊断效能用受试者工作特征曲线 (receiver operating characteristic curve, ROC) 分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同病理类型病变的 T₁WI、T₂WI 及 DWI 图像信号强度

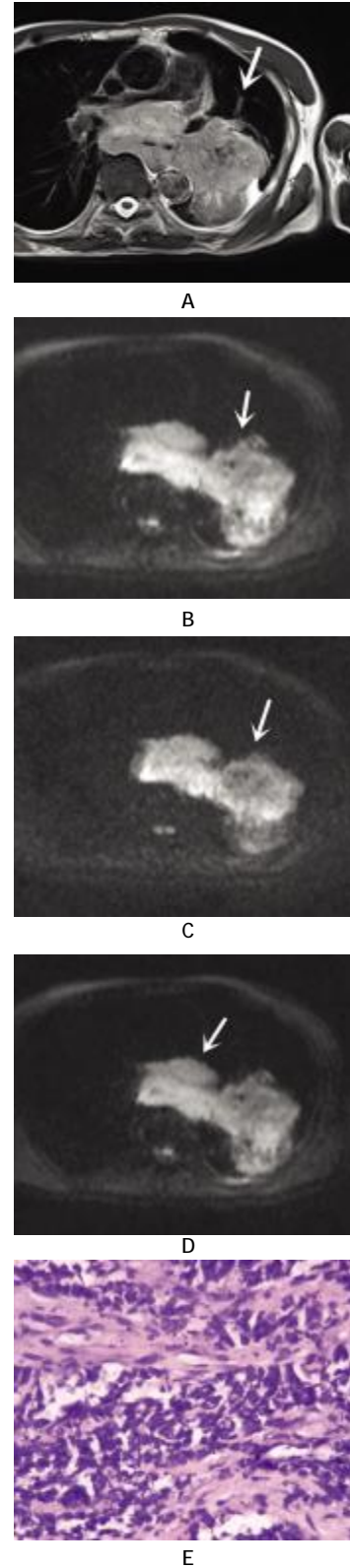
以胸壁骨骼肌作为信号对比参照,病变实性部分呈等、长 T₁ 和等、长 T₂ 信号,囊变、坏死区域呈长 T₁ 长 T₂ 信号,钙化呈低信号。恶性病变大小平均约 (4.8 \pm 2.4)cm,边缘多不规整;良性病变大小平均约 (4.2 \pm 1.7)cm,边缘较清晰。DWI 图像上,8 例高分化腺癌与邻近胸壁骨骼肌对比均呈等或略低信号;6 例小细胞肺癌、11 例鳞状细胞癌、13 例低分化腺癌均呈明显高信号。24 例良性病变均呈等或略低信号。见图 1、2。

2.2 不同 b 值下不同病理类型肺部肿块的 ADC 值比较

62 例肺部病变按病理分为良性病变、高分化腺癌、鳞癌、低分化腺癌及小细胞肺癌,其不同 b 值下的 ADC 值。见表 1。

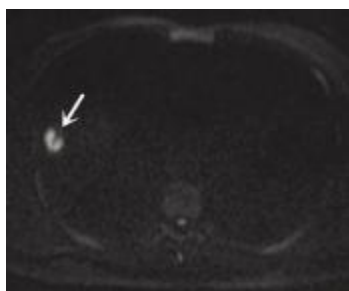
由表 1 可见,3 组 b 值下 (分别取 200 s/mm²、500 s/mm² 和 800 s/mm²)5 组病变类型的 ADC 均值间差异有统计学意义;中低分化肺癌组 (鳞癌、低分化腺癌及小细胞癌) 的 ADC 均值低于肺良性病变及高分化腺癌组的 ADC 均值;但良性病变、高分化腺癌及鳞癌的 ADC 均值在 3 组 b 值条件下皆高于小细胞肺癌的 ADC 均值。另中低分化腺癌的 ADC 均值略高于小细胞肺癌的 ADC 均值。

将 24 例良性病变与 38 例恶性病变在 3 组 b 值下分别进行两组独立样本的 *t* 检验,表 2 统计分析结果表明,良性病变的 ADC 值区间明显高于恶性病变的 ADC 值区间,良性病变与恶性病变组之间差异有统计学意义。



小细胞肺癌,左下肺门肿块(A、B、C 箭头所示)伴纵膈淋巴结(D 箭头所示)转移;B、C、D 图分别为 b=500 s/mm²、800 s/mm²、200 s/mm² 时 DWI 图像。随着 b 值升高,DWI 信号强度逐渐增强;DWI 图像显示肿瘤范围较 T₂WI 清晰。E:小细胞肺癌(HE10 \times 40),癌细胞弥漫分布,核染色质深染,胞浆稀少,境界不清

图 1 肺恶性病变 T₂WI、DWI 图像表现及其病理图片



透明细胞瘤,病变位于右下肺近胸膜处,边缘光整,b=800 s/mm²时 DWI 信号强度低于恶性病变

图 2 肺良性病变 DWI 图

表 1 b 值分别取 200 s/mm²、500 s/mm² 和 800 s/mm² 时不同病理类型病变的 ADC 值 ($\bar{x} \pm s$)

病理类型	ADC 值 (b=200 s/mm ²)	ADC 值 (b=500 s/mm ²)	ADC 值 (b=800 s/mm ²)
良性病变(n=24)	2.18 ± 0.27	2.06 ± 0.16	1.84 ± 0.21
高分化腺癌(n=8)	2.06 ± 0.20	1.93 ± 0.25	1.80 ± 0.14
中低分化腺癌(n=13)	1.31 ± 0.21	1.12 ± 0.20	1.09 ± 0.15
小细胞肺癌(n=6)	1.19 ± 0.19	1.04 ± 0.14	0.80 ± 0.10
鳞癌(n=11)	1.44 ± 0.16	1.28 ± 0.19	1.19 ± 0.18
F 值	50.813	85.462	74.957
P 值	0.000	0.000	0.000

表 2 b 值分别取 200 s/mm²、500 s/mm² 和 800 s/mm² 时良、恶性病变的 ADC 值 ($\bar{x} \pm s$)

病理类型	ADC 值 (b=200 s/mm ²)	ADC 值 (b=500 s/mm ²)	ADC 值 (b=800 s/mm ²)
良性病变(n=24)	2.18 ± 0.27	2.06 ± 0.16	1.84 ± 0.21
恶性病变(n=38)	1.49 ± 0.36	1.33 ± 0.38	1.22 ± 0.36
t 值	-8.044	-10.457	-8.412
P 值	0.000	0.000	0.000

将小细胞肺癌与非小细胞肺癌(鳞癌、腺癌)在 3 组 b 值下分别进行两组独立样本的 t 检验,表 3 结果表明,小细胞肺癌和非小细胞肺癌组间 ADC 值差异皆有统计学意义,且非小细胞肺癌的 ADC 值高于小细胞肺癌。

当 b 值分别为 200 s/mm²、500 s/mm² 和 800 s/mm² 时,高分化腺癌及中低分化腺癌的 ADC 值对应的 ROC 曲线下面积(area under curve,AUC)分别为 0.746、0.767 及 0.825;肺部良、性病变及恶性病变的 ADC 值对应的 AUC 分别为 0.806、0.843 和 0.898;小细胞肺癌及非小细胞肺癌的 ADC 值对应的 AUC 分别为 0.818、0.807 和 0.875,均有诊断学意义。其中 b 值取 800 s/mm² 时 AUC 最大,鉴别诊断效能最高;高分化腺癌及中低分化腺癌的 ADC 值

界值为 $1.65 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 敏感性及特异性分别为 72.4%和 76.7%;肺部良、恶性病变的 ADC 界值为 $1.71 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 敏感性及特异性分别为 95.8%和 80.0%;小细胞肺癌及非小细胞肺癌的 ADC 界值为 $0.98 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 敏感性及特异性分别为 83.3%和 84.4%。见图 3。

表 3 b 值分别取 200 s/mm²、500 s/mm² 和 800 s/mm² 时小细胞肺癌与非小细胞肺癌(鳞癌、腺癌)的 ADC 值

病理类型	ADC 值 (b=200 s/mm ²)	ADC 值 (b=500 s/mm ²)	ADC 值 (b=800 s/mm ²)
小细胞肺癌(n=6)	1.19 ± 0.18	1.04 ± 0.14	0.80 ± 0.11
非小细胞肺癌(n=32)	1.54 ± 0.36	1.38 ± 0.39	1.30 ± 0.33
t 值	2.321	3.736	7.082
P 值	0.026	0.001	0.000

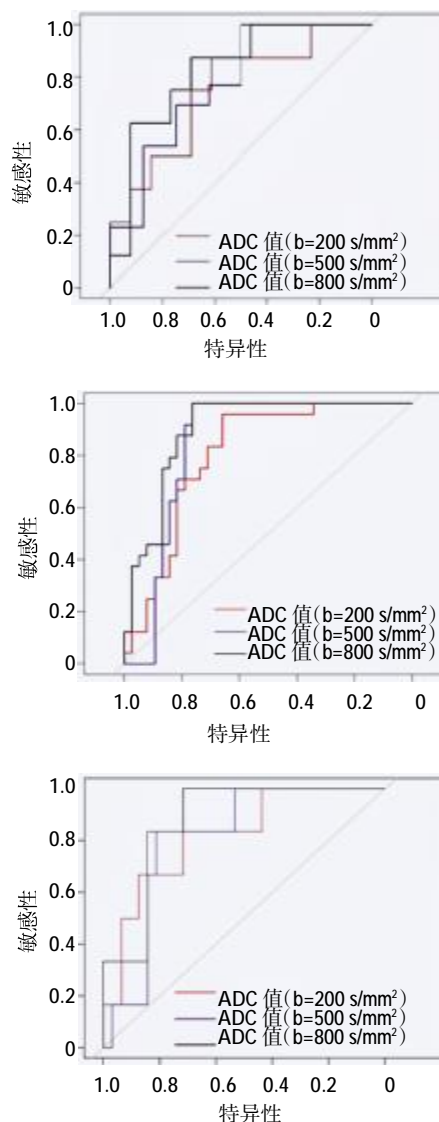


图 3 肺不同病变组在 3 组 b 值下的 ADC 值对应的 ROC 曲线

3 讨论

磁共振扩散加权成像通过探测活体组织内水分子的布朗运动为基础进行成像。水分子的扩散状态主要受细胞外空间及细胞结构影响^[7],其扩散程度可以通过 ADC 值进行量化;恶性肿瘤具有比良性病变更致密的细胞结构及更高的细胞密度,其 ADC 值低于良性病变。以此为基础,临床已对神经系统、体部其他系统病变的探测、定位、形态描述、肿瘤的良恶性鉴别取得很大成功^[8-10];但呼吸、心脏跳动、血管搏动及空气肺组织交界处的磁敏感效应等因素限制了 DWI 早期在肺部中的应用;近年来,随着快速磁共振技术(如平面回波成像等)、更高的梯度场强及相控阵线圈的应用,上述影响肺部 DWI 图像质量的限制因素得以克服,快速回波技术已能够清晰显示肺部解剖结构^[11]。既然 DWI 对肺部以外其他脏器的病变具有很高的诊断价值,或许其在肺部病变也具有同样的临床意义。已有人对 ADC 值在肺部病变的诊断效能进行了前瞻性研究^[12]。

CAKIR^[13]对患者共 48 个肺部结节研究发现, T₂WI 图像上,肺部良恶性结节信号强度差异无明显统计学意义;而在 DWI 图像上,恶性结节的 ADC 值低于良性结节, b=1 000 s/mm² 时,良、恶性结节的界值为 $1.5 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$,敏感性和特异性分别为 86.7% 和 88.9%。彭俊琴^[14]研究发现,小细胞肺癌的平均 ADC 值低于非小细胞肺癌, b=600 s/mm² 时, ADC 值的诊断效能 AUC 最大(0.892)。本研究发现,肺部良性病变的 ADC 值高于肺癌,小细胞肺癌的 ADC 值低于非小细胞肺癌,非小细胞肺癌的 ADC 值明显低于良性病变的 ADC 值,与 CAKIR 和彭俊琴的研究结果一致。但高分化腺癌与肺良性病变之间以及肺癌各亚型 ADC 值之间出现了部分重叠,如 b=800 s/mm² 时,良性病变、高分化腺癌、中低分化腺癌、小细胞肺癌及鳞癌的 ADC 值分别为 $(1.84 \pm 0.21) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(1.80 \pm 0.14) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(1.09 \pm 0.15) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(0.80 \pm 0.10) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 、 $(1.19 \pm 0.18) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。由此可见,虽然各型肺癌间 ADC 值没有明确的界限,但高分化腺癌的 ADC 值明显高于其他各型肺癌;良性病变与恶性肿瘤间 ADC 值的差异较大。

本研究发现,扩散敏感系数 b 值越大,病变 ADC 值越小, DWI 图像信号强度越高;由其计算公

式 $b = \gamma 2G \delta^2 (\Delta - \delta/3)$ 可知 (γ : 磁旋比; δ : 梯度脉冲持续时间; G : 梯度脉冲强度; Δ : 两梯度脉冲间隔时间), b 值越小,其 ADC 值中反应微循环的灌注成分越大,图像的解剖结构显示越清晰;反之, ADC 值中反应水分子扩散的程度越大,图像的解剖结构越模糊, DWI 信号下降越明显。钟丽^[15]对 40 例肺部肿块患者研究发现,随着 b 值增加, DWI 图像信号逐渐增高, ADC、信噪比及对比噪声比值逐渐下降;当 b=600 s/mm² 时,图像对比噪声比虽有所减低,但病变感兴趣区域组织结构及病变形态仍能清晰显示,诊断效能最大。本研究综合考虑图像质量及 ADC 值准确性, b 值分别取 200 s/mm², 500 s/mm² 和 800 s/mm² 时分别进行两组独立样本的 t 检验,结果表明,在 3 组不同 b 值下,良恶性病变组间差异有统计学意义;应用 ROC 曲线分析不同 b 值下 ADC 值对高分化腺癌与中低分化腺癌的鉴别诊断效能, b=200 s/mm², 500 s/mm² 和 800 s/mm² 下对应的 AUC 分别为 0.746, 0.767 及 0.825, AUC 均 >0.5, 故认为 3 组不同 b 值下所取得的 ADC 值均有诊断学意义。其中以 b=800 s/mm² 时 AUC 最大,鉴别诊断效能最高。所以,本研究认为 b=800 s/mm² 时, DWI 图像既能兼顾图像质量,又能确保 ADC 值的可靠性,是比较理想的鉴别肺部良恶性病变的 b 值取值。钟丽^[15]研究中 b 值取 600 s/mm² 时 AUC 最大,考虑可能与磁共振机器不同有关,不同品牌、型号核磁共振对肺部病变鉴别诊断最佳 b 值的确定有待进一步研究。

本研究的不足之处:本次研究仅能初步探讨将 DWI 及 ADC 值用于肺部良恶性病变的鉴别诊断的可行性及价值,病例数收集有限。另未进行更高 b 值取值对肺部良恶性肿瘤及不同病理分型鉴别效能统计,是否存在更佳 b 值尚待进一步研究。

总之, DWI 能够为肺部良恶性病变特别实性病变的鉴别诊断提供重要信息。 b 值取 800 s/mm² 时鉴别效能较大。

参 考 文 献:

- [1] PAKZAD R, MOHAMMADIAN-HAFSHEJANI A, GHONCHEH M, et al. The incidence and mortality of lung cancer and their relationship to development in Asia[J]. *Transl Lung Cancer Res*, 2015, 4(6): 763-774.
- [2] GALEA A, ADLAN T, GAY D, et al. Comparison of digital tomosynthesis and chest radiography for the detection of noncalcified pulmonary and hilar lesions[J]. *J Thorac Imaging*, 2015, 30(5): 328-335.

- [3] 张曙光, 宋平平, 张百江. PET/CT 在肺癌治疗应用价值研究的现状[J]. 中华肿瘤防治杂志, 2013, 20(5): 392-395.
- [4] 何鑫, 朱丽娜, 刘艳, 等. 3.0T 磁共振在直肠癌术前评估中扫描序列的优选[J]. 实用放射学杂志, 2014, 30(5): 841-844.
- [5] 张卫, 苏丹柯, 罗宁斌, 等. MR 表观扩散系数不同测量方法对乳腺良恶性病变的鉴别诊断价值[J]. 实用放射学杂志, 2015, 31(2): 215-218.
- [6] 陈光祥, 屈春晖, 郑婷, 等. MR 扩散加权成像鉴别肺良恶性病变[J]. 放射学实践, 2013, 28(7): 763-766.
- [7] KISHIMOTO K, TAJIMA S, MAEDA L, et al. Endometrial cancer: correlation of apparent diffusion coefficient (ADC) with tumor cellularity and tumor grade [J]. Acta Radiol, 2015, 45: DOI: 10.1177/0284185115612249.
- [8] KOVAC J D, TERZIC M, MIRKOVIC M, et al. Endometrioid adenocarcinoma of the ovary: MRI findings with emphasis on diffusion-weighted imaging for the differentiation of ovarian tumors[J]. Acta Radiol, 2015, 24: DOI: 10.1177/0284185115599805.
- [9] SUFANA IANCU A, COLIN P, PUECH P, et al. Significance of ADC value for detection and characterization of urothelial carcinoma of upper urinary tract using diffusion-weighted MRI [J]. World J Urol, 2013, 31(1): 13-19.
- [10] 叶靖, 肖芹, 山姆, 等. 超高 b 值扩散加权成像鉴别前列腺中央腺体癌和良性增生结节[J]. 临床放射学杂志, 2015, 34(6): 939-943.
- [11] GHARAGOUZLOO C A, MCMAHON P N, SRIDHAR S. Quantitative contrast-enhanced MRI with superparamagnetic nanoparticles using ultrashort time-to-echo pulse sequences [J]. Magn Reson Med, 2015, 74(2): 431-441.
- [12] 杨蕊梦, 罗良平, 李龙, 等. DWI-MR 在鉴别中央型肺癌与继发阻塞性肺炎变中的价值[J]. 临床放射学杂志, 2013, 32(6): 817-821.
- [13] CAKIR C, GENCHELLAC H, TEMIZOZ O, et al. Diffusion weighted magnetic resonance imaging for the characterization of solitary pulmonary lesions[J]. Balkan Med J, 2015, 32(4): 403-409.
- [14] 彭俊琴, 汤日杰, 张海南, 等. 高场 MR 扩散加权成像在小细胞肺癌及非小细胞肺癌鉴别诊断中的应用与 b 值优化[J]. 实用医学杂志, 2015, 31(6): 969-972.
- [15] 钟丽, 孙玲玲. 1.5T DWI 在肺内良、恶性病变鉴别诊断中最适 b 值的探讨[J]. 放射学实践, 2015, 30(2): 141-144.

(张西倩 编辑)