

• 胸部影像学 •

食管癌扩散加权成像的 b 值选取及其在恶性程度评估中的应用

陈伟, 朱艳, 徐青青, 周胜利, 柏根基, 王亚婷, 陆洋

【摘要】 目的:探讨食管癌扩散加权成像的最佳 b 值及 ADC 值在预测食管癌恶性程度中的价值。**方法:**对 45 例经病理证实的食管癌患者行常规 MRI 及多 b 值 DWI 扫描,分别采用 b 值 500、800 和 1000 s/mm²。**结果:**随着 b 值的升高, DWI 图像上食管癌病变的信号噪声比(SNR)、对比噪声比(CNR)逐渐下降(SNR 分别为 55.79±27.74、42.05±22.74、30.38±17.30;CNR 分别为 31.85±19.82、22.35±13.57 和 17.35±14.49)。经受试者工作特征(ROC)曲线分析,各 b 值下病变的 ADC 值均可作为评估肿瘤分化程度的有效指标,但以选取 b 值为 500 s/mm² 时诊断效能最高,曲线下面积最大(AUC=0.902),ADC 值的最佳阈值为 1.72×10⁻³ mm²/s。**结论:**使用 b 值为 500 s/mm² 的 DWI 检查有利于食管癌病变的检出。DWI 及 ADC 值在一定程度上能够反映肿瘤的分化情况,有助于食管癌的术前评估。

【关键词】 食管癌; 扩散加权成像; 表观扩散系数; 信号噪声比; 对比噪声比

【中图分类号】 R445.2; R735.1 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2016)12-1182-04

DOI:10.13609/j.cnki.1000-0313.2016.12.017

Appropriate b factor selection of DWI and evaluating the malignant degree in esophageal cancer CHEN Wei, ZHU Yan, XU Qing-qing, et al. Department of Radiology, the First Huaian Hospital, Nanjing Medical University, Jiangsu 223300, China

【Abstract】 Objective: To explore the appropriate b value of DWI for esophageal cancer and to assess the value of ADC in the prognosis of malignant degree of esophageal cancer. **Methods:** Forty-five patients with esophageal cancer proved by pathology were enrolled in this study. After conventional MRI, DWI was performed using three different b values (0, 500, 800 and 1000 s/mm²). **Results:** With the increase of b value, the signal-to-noise ratio (SNR) and contrast noise ratio (CNR) of esophageal lesions gradually decreased (SNR = 55.79±27.74, 42.05±22.74 and 30.38±17.30; CNR = 31.85±19.82, 22.35±13.57 and 17.35±14.49). The result of analyzing with receiver operating characteristic (ROC) curve showed that with each b value, ADC value was effective index for evaluating the degree of tumor differentiation, especially with b value of 500 s/mm², the area under ROC curve (AUC) was the largest, the optimal threshold values of ADC was 1.72×10⁻³ mm²/s. **Conclusion:** The optimal b value on DWI for the early diagnosis of esophageal cancer is 500 s/mm² in this study. Features on DWI and ADC values of esophageal cancer can reflect the degree of differentiations to some extent, they are helpful for evaluation of esophageal cancer before operation.

【Key words】 Esophageal cancer; Diffusion weighted imaging; Apparent diffusion coefficient; Signal noise ratio; Contrast noise ratio

食管癌是我国高发的恶性肿瘤之一,术前准确诊断对食管癌手术方式的选择及预后至关重要。扩散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)可以从细胞及分子水平上诊断疾病,近年来 DWI 在食管癌中的应用已有了初步研究^[1-4],但对于食管癌 DWI 检查 b 值的选取尚无统一标准。本研究通过对食管癌患者选取不同 b 值行 DWI 扫描,旨在探讨食管癌 DWI 扫描的最佳 b 值及表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值在评估食管癌恶性程度方面的价值。

材料与方法

1. 临床资料

作者单位: 223300 江苏,南京医科大学附属淮安第一医院影像中心

作者简介: 陈伟(1984—),男,江苏灌南人,硕士,主治医师,主要从事腹部影像诊断工作。

通讯作者: 周胜利, E-mail: zsl2413@sina.com

对确诊为食管癌的 45 例患者进行 MRI 研究,病例入选标准为 MRI 检查前经内镜下活检确诊为食管癌、且术前未行放疗或化疗等辅助治疗者。45 例中,男 28 例,女 17 例,年龄 45~71 岁,平均 56.8 岁,术后病理诊断均为鳞癌,其中低分化 15 例、中分化 18 例、高分化 12 例。

2. 检查方法

使用 GE Signa HDxt 3.0T 磁共振扫描仪和 8 通道体部相控阵线圈。所有病例先进行常规平扫,检查前训练患者行胸式呼吸,并于双侧髂前上棘上方加压放置腹带,在不影响患者呼吸的情况下尽量拉紧腹带以减少呼吸运动影响。采用单次激发 SE-EPI 序列行 DWI 扫描,分别采用 4 种 b 值(0、500、800 和 1000 s/mm²),扫描参数:TR 8000 ms,TE 50.8~67.4 ms,层厚 5 mm,层间距 0 mm,视野 44 cm×44 cm~48 cm×48 cm,矩阵 96×130,激励次数 3,获得各 b 值下食管

癌病灶的 DWI 及 ADC 图。

3. 图像分析

将所得 DWI 图像传输至 GE ADW4.5 后处理工作站,应用 Functool 软件包对图像资料进行后处理。分别测量 T₂WI 图像及不同 b 值 DWI 图像肿瘤病灶信号强度及背景噪声强度,根据系统自行生成的 ADC 图,计算肿瘤 ADC 值,每个数值测量三次取其平均值。

4. 数据分析

计算并比较 DWI 图像上肿瘤病灶的信噪比(signal-to-noise ratio, SNR)及对比噪声比(contrast-to-noise ratio, CNR):

$$SNR = \frac{S_{\text{肿瘤}}}{SD_{\text{噪声}}} \tag{1}$$

$$CNR = \frac{S_{\text{肿瘤}} - S_{\text{肌肉组织}}}{SD_{\text{噪声}}} \tag{2}$$

S_{肿瘤}为肿瘤病灶的信号强度, S_{肌肉组织}为正常食管壁的信号强度, SD_{噪声}为相应层面背景组织信号强度的标准差。

使用 SPSS 16.0 统计软件包进行分析。本研究中所有数据均满足正态分布,不同 b 值图像及 T₂WI 上病变的 SNR 和 CNR 的比较采用单因素方差分析;在同一 b 值下,对不同分化程度间肿瘤 ADC 值的比较亦采用单因素方差分析,并进一步进行受试者工作特征(ROC)曲线分析。P<0.05 为差异有统计学意义。

结 果

1. 不同 b 值 DWI 的图像质量

不同 b 值 DWI 上病灶的 SNR 和 CNR 测量结果见表 1。随着 b 值增加, DWI 上食管癌病灶的 SNR 及 CNR 逐渐下降。当 b 值为 500 s/mm² 时, DWI 图像上食管癌病灶的 SNR 高于 T₂WI,但两组间差异无统计学意义(P=0.113);当 b 值为 800、1000 s/mm² 时,食管癌 DWI 图像上病灶的 SNR 均低于 T₂WI,差异有统计学意义(P<0.05)。在不同 b 值下 DWI 图像

病灶 CNR 均高于 T₂WI 图像的 CNR,且两两比较差异有统计学意义(P<0.05);而 b=500 s/mm² 与 b=800 s/mm² 两者病灶 CNR 间比较差异有统计学差异(P=0.002), b=800 s/mm² 与 b=100 s/mm² 时,两者病灶 CNR 间比较差异无统计学差异(P=0.103)。

2. 不同分化程度食管癌的 ADC 值比较

不同 b 值下不同分化程度食管癌的 ADC 值测量结果及比较见表 2。各个 b 值下,病灶的 ADC 值均随着肿瘤分化程度的增高而升高,三组间差异有统计学意义(P<0.05)。进一步两两比较结果显示, b=500 s/mm² 时,各分化组间差异均有统计学意义(P<0.05); b=800 s/mm² 时,低分化组与中分化组间差异无统计学意义(P=0.078),而低分化组与高分化组、中分化组与高分化组之间差异有统计学意义(P<0.05); b=1000 s/mm² 时,低分化组与中分化组间差异无统计学意义(P=0.594),而低分化组与高分化组、中分化组与高分化组之间差异有统计学意义(P<0.05)。

3. ADC 值的 ROC 曲线分析

将食管癌分为低分化组和中高分化组,应用 ROC 曲线分析各 b 值组 ADC 值的鉴别诊断效能。结果显示,3 组 b 值所取得的 ADC 值均具有诊断意义,其中 b 值取 500 s/mm² 时 ROC 曲线下面积(Az)最大,诊断效能最高(图 2)。依 ROC 曲线分析结果选择各 b 值下对低分化与中高分化食管癌肿块鉴别的 ADC 值最佳诊断阈值,并确定各自的敏感度、特异度(表 3)。其中取 b 值为 500 s/mm² 时,选取 ADC 值 1.72 作为诊断阈值,其敏感度和特异度均较高,分别为 85.7% 和 82.4%。

表 3 不同 b 值下 ADC 值的 ROC 曲线分析结果

b 值 (s/mm ²)	Az	P 值	ADC 阈值*	敏感度 (%)	特异度 (%)
500	0.902	0.000	1.72	85.7	82.4
800	0.836	0.000	1.64	60.7	88.2
1000	0.807	0.001	1.42	64.3	94.1

注:ADC 值的单位为×10⁻³mm²/s。

表 1 不同 b 值下食管癌 DWI 及 T2WI 的 SNR 及 CNR

指标	b 值(s/mm ²)			T ₂ WI
	500	800	1000	
SNR	55.79±27.74	42.05±22.74	30.38±17.30	47.08±23.71
CNR	31.85±19.82	22.35±13.57	17.35±14.49	9.19±7.00

表 2 不同 b 值及不同分化程度间食管癌 ADC 值比较

b 值 (s/mm ²)	ADC(×10 ⁻³ mm ² /s)			F 值	P 值
	低分化 (n=17)	中分化 (n=10)	高分化 (n=18)		
500	1.55±0.17	1.70±0.10	2.03±0.16	44.302	0.000
800	1.41±0.16	1.58±0.25	1.82±0.27	14.019	0.000
1000	1.24±0.17	1.28±0.12	1.60±0.21	19.256	0.000

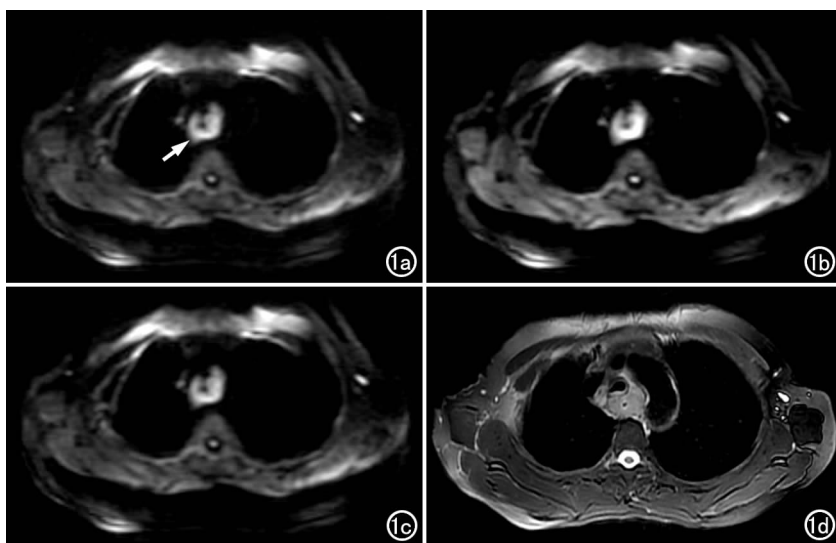


图1 女,69岁,食管上段鳞癌。a) $b=500\text{s/mm}^2$ DWI 图像,显示食管上段管壁明显不规则增厚,病变区呈高信号(箭),SNR 和 CNR 均较高; b) $b=800\text{s/mm}^2$ 图像,病灶的 SNR 和 CNR 稍下降; c) $b=1000\text{s/mm}^2$ 图像,病灶的 SNR 和 CNR 明显下降; d) $T_2\text{WI}$ 图像,显示病灶的 SNR 较高,但 CNR 低于 DWI 图像。

讨论

DWI 在中枢神经系统疾病中的应用已经较为成熟,目前已有关于其在胸腹部成像研究中的应用^[5]。但是,DWI 在食管成像方面的应用尚处于初步研究阶段^[3,6],目前对于食管癌 DWI 检查中 b 值的选取尚无统一标准。

1. 食管癌 DWI 中 b 值的选择

DWI 的理想目标是在能够清晰分辨病变与周围组织器官的基础上获得准确反映组织扩散特性的图像, b 值的选择原则是应采用尽可能高的 b 值,并且能够清晰显示和分辨被检组织。国内有学者认为在食管癌 DWI 检查中最佳 b 值为 500s/mm^2 ,获得的 DWI

图像不仅能较好地克服灌注、 T_2 穿透效应等对图像质量的影响,而且能较准确地反映肿瘤组织的扩散特性^[7]。

本研究中对 b 值为 500 、 800 和 1000s/mm^2 的 DWI 及 $T_2\text{WI}$ 的图像质量进行对比,结果显示 b 值在 $500\sim 1000\text{s/mm}^2$ 时,DWI 图像上食管癌病灶的 CNR 均高于 $T_2\text{WI}$,两两比较差异均有统计学意义($P<0.05$)。 b 值从 500s/mm^2 升高至 1000s/mm^2 时病灶的 CNR 逐渐下降,即随着 b 值的增高,DWI 对食管癌病灶的分辨能力将会逐渐降低,且随着噪声信号在图像中比重的增加,DWI 对于食管癌的分辨能力随 b 值的增加终将低于 $T_2\text{WI}$ 。同时,本研究中对各组图像中肿瘤的 SNR 值进行了比较,结果显示肿瘤的 SNR 随着 b 值增加逐渐下降,表明 DWI 的图像质量随 b 值的增高而逐渐下降;但 b 值为

500s/mm^2 时的 DWI 图像上肿瘤的 SNR 高于 $T_2\text{WI}$,但两组间差异无统计学意义($P=0.113$);而当 b 值为 800 、 1000s/mm^2 时,食管癌 DWI 图像病灶 SNR 均低于 $T_2\text{WI}$ 图像上病灶的 SNR,且两两比较差异有统计学意义($P=0.001$); b 值 500s/mm^2 的 DWI 图像上肿瘤的 SNR 明显高于 b 值 800 和 1000s/mm^2 的 DWI 图像,且差异有统计学意义($P<0.05$)。

2. DWI 对不同分化程度食管癌的鉴别诊断价值

DWI 能够从分子水平上早期检测组织与器官的病理生理学改变。ADC 值可以定量评估肿瘤组织微结构的变化,目前已被广泛应用于良恶性肿瘤的鉴别诊断及恶性肿瘤的疗效评价^[8-10]。

有研究表明肿瘤组织中水分子自由扩散能力是影响 ADC 值大小的主要因素^[11]。在病理学上,食管癌分化程度越低,肿瘤细胞越大,肿瘤细胞增多且排列紧密,肿瘤组织内细胞外间隙减小,水分子自由扩散受限,因而 ADC 值减低,即理论上分化程度不同的食管癌之间 ADC 值应该不同。本研究中根据食管癌细胞分化程度将患者分为 3 组,在 b 值分别为 500 、 800 和 1000s/mm^2 时,以 b 值 $=500\text{s/mm}^2$ 时曲线下面积最大($A_z=0.902$),因此笔者认为 ADC 值可以作为鉴别食管癌恶性程度的定量指标,这与上述理论相符,且以 b 值取 500s/mm^2 时 ADC 值的诊断效能最高,在该 b 值下取 ADC 值 $1.72\times 10^{-3}\text{mm}^2/\text{s}$ 作为鉴别低分化与中高分化食管癌的诊断阈值时,其敏感度和特异度均较高(分别为 85.7% 和 82.4%)。

综上所述,通过选取合适的 b 值进行食管癌 DWI

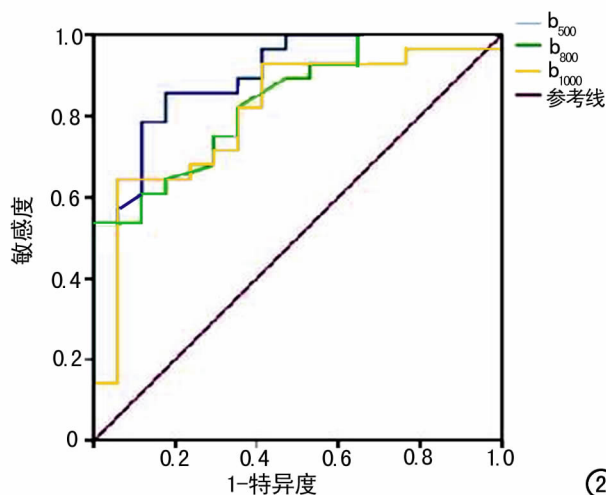


图2 不同 b 值下 ADC 值鉴别食管癌分化程度的 ROC 曲线,以 $b=500\text{s/mm}^2$ 的 ROC 曲线下面积最大,诊断效能最高。

检查,可以清晰显示病灶范围及大小,并能通过测量 ADC 值来预测肿瘤的分化程度,DWI 检查可作为食管癌的常规扫描序列在临床工作中推广应用。

参考文献:

- [1] 侯栋梁,时高峰,高献书,等. 磁共振弥散加权成像在食管癌大体肿瘤靶区勾画中的应用价值[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2012,21(4):343-347.
- [2] 田华,王澜,韩春,等. 磁共振弥散加权成像在食管癌精确放疗中的应用价值[J]. 中华放射肿瘤学杂志,2012,21(3):223-226.
- [3] Sakurada A, Takahara T, Kwee TC, et al. Diagnostic performance of diffusion-weighted magnetic resonance imaging in esophageal cancer[J]. Eur Radiol, 2009, 19(6):1461-1469.
- [4] Aoyagi T, Shuto K, Okazumi S. Apparent diffusion coefficient values measured by diffusion-weighted imaging predict chemoradiotherapeutic effect for advanced esophageal cancer[J]. Dig Surg, 2011, 28(4):252-257.
- [5] 张晰,邢伟,陈杰,等. DWI 在肺癌淋巴结定性诊断中的临床研究[J]. 中国医学计算机成像杂志,2013,19(3):213-216.
- [6] Aoyagi T, Shuto K, Okazumi S, et al. Apparent diffusion coefficient correlation with oesophageal tumour stroma and angiogenesis[J]. Eur Radiol, 2012, 22(6):1172-1177.
- [7] 汪宁,张晓鹏,唐磊,等. 食管肿瘤扩散加权成像序列参数优化及相关影像病理对照研究[J]. 中国医学影像技术, 2005, 21(12):1826-1829.
- [8] 陈玉芳,程红岩. DWI 在肝癌 TACE 后疗效评价的研究进展[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2011, 17(5):451-455.
- [9] 尚全良,肖恩华,贺忠,等. 肝癌经导管动脉灌注化疗栓塞术疗效的 MR 扩散加权成像动态研究[J]. 中华放射学杂志, 2006, 40(3):235-240.
- [10] de Cobelli F, Giganti F, Orsenigo E, et al. Apparent diffusion coefficient modifications in assessing gastro-oesophageal cancer response to neoadjuvant treatment: comparison with tumour regression grade at histology[J]. Eur Radiol, 2013, 23(8):2165-2174.
- [11] Liu Y, Ye Z, Sun H, et al. Grading of uterine cervical cancer by using the ADC difference value and its correlation with microvascular density and vascular endothelial growth factor[J]. Eur Radiol, 2013, 23(3):757-765.

(收稿日期:2016-04-05 修回日期:2016-07-15)

《放射学实践》杂志微信公众平台开通啦!

2015 年 6 月,《放射学实践》杂志入选北京大学和北京高校图书馆期刊工作研究会共同主持的国家社会科学基金项目“学术期刊评价及文献计量学研究”研究成果——《中国核心期刊要目总览》。这是继 1999,2008 年之后的第 3 次入选临床医学/特种医学类核心期刊。

《放射学实践》杂志微信公众平台立足于准确地传递医学影像领域的最新信息,为关注医学影像领域的广大人士服务,也欢迎大家通过微信平台,以文字、图片、音频和视频等形式与我们互动,分享交流最新的医学影像资讯。您还可以通过微信平台免费阅读及搜索本刊所有发表过的论文,投稿作者可以查询稿件状态等。

您可以通过以下方式关注《放射学实践》杂志微信公众平台:

1. 打开微信,通过“添加朋友”,在搜索栏里直接输入“放射学实践”进行搜索。
2. 或者在“查找微信公众号”栏里,输入“放射学实践”,即可找到微信公众号,点击“关注”,添加到通讯录。
3. 打开微信,点击“扫一扫”,将手机镜头对准下面的二维码,扫出后点击关注即可。



期待您的加入!