

磁共振扩散加权成像应用于食管癌的最佳b值选择及放疗疗效评价

刘辉, 时高峰, 许茜, 李如迅, 贾丽涛, 邵娴

■背景资料

目前评价食管癌放疗疗效的手段中多以形态学的改变为主, 但磁共振扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)从形态学转变到功能代谢方面, b值作为重要参数如何选择对结果尤为重要。本研究探讨应用于食管癌的最佳b值, 并对放疗疗效进行评价。

刘辉, 时高峰, 许茜, 李如迅, 贾丽涛, 河北医科大学第四医院CT室 河北省石家庄市 050021
邵娴, 石家庄市第四医院麻醉科 河北省石家庄市 050021
刘辉, 主管技师, 主要从事磁共振成像技术方向的研究。
河北省2013年医学科学研究重点课题计划, No. 20130244
作者贡献分布: 此课题由刘辉与时高峰设计; 时高峰对课题中出现的问题进行指导; 研究过程由刘辉、许茜、李如迅及贾丽涛共同完成; 数据分析由刘辉与邵娴共同完成; 本论文写作由刘辉完成。
通讯作者: 邵娴, 主治医师, 050021, 河北省石家庄市中山路206号, 石家庄市第四医院麻醉科。liujiayi20080219@126.com
电话: 0311-86095716
收稿日期: 2015-07-06 修回日期: 2015-09-02
接受日期: 2015-09-08 在线出版日期: 2015-10-08

Optimization of b-value in diffusion-weighted imaging for evaluation of radiotherapy efficacy in esophageal cancer

Hui Liu, Gao-Feng Shi, Qian Xu, Ru-Xun Li, Li-Tao Jia, Xian Shao

Hui Liu, Gao-Feng Shi, Qian Xu, Ru-Xun Li, Li-Tao Jia, Department of CT Imaging, the Fourth Hospital of Hebei Medical University, Shijiazhuang 050021, Hebei Province, China
Xian Shao, Department of Anesthesiology, the Fourth Hospital of Shijiazhuang, Shijiazhuang 050021, Hebei Province, China
Supported by: 2013 Medical Scientific Research Key Project of Hebei Province, No. 20130244
Correspondence to: Xian Shao, Attending Physician, Department of Anesthesiology, The Fourth Hospital of Shijiazhuang, 206 Zhongshan Road, Shijiazhuang 050021, Hebei Province, China. liujiayi20080219@126.com
Received: 2015-07-06 Revised: 2015-09-02
Accepted: 2015-09-08 Published online: 2015-10-08

■同行评议者

肖恩华, 教授, 中南大学湘雅二医院放射教研室

Abstract

AIM: To optimize the b-value in diffusion-

weighted imaging (DWI) for evaluation of radiotherapy in esophageal carcinoma.

METHODS: Eighty-eight patients with esophageal cancer treated by radiotherapy at Hebei Tumor Hospital were included. They received routine magnetic resonance imaging (MRI) and DWI scans one day before and after radiotherapy. Different b values (600, 800 and 1000 s/mm²) were used. The differences in signal to noise ratio (SNR) and apparent diffusion coefficient (ADC) values, as well as the tumor length before and after radiotherapy were compared between groups with different b values.

RESULTS: Before radiotherapy when the b values were 600, 800 and 1000 s/mm², the SNRs measured in DWI were 11.60 ± 1.50, 11.18 ± 1.75 and 7.15 ± 0.91, respectively; the ADC values were 1.66 × 10⁻³ ± 0.49 × 10⁻³, 1.55 × 10⁻³ ± 0.41 × 10⁻³ and 1.39 × 10⁻³ ± 0.33 × 10⁻³ mm²/s. After radiotherapy the ADC values were 2.48 × 10⁻³ ± 0.58 × 10⁻³, 2.16 × 10⁻³ ± 0.46 × 10⁻³ and 1.93 × 10⁻³ ± 0.35 × 10⁻³ mm²/s, respectively, which were significantly higher than the values before radiotherapy (*P* = 0.001). When using the images with the b value of 800 s/mm² to measure the tumor length, the length of the lesion was 5.43 cm ± 1.25 cm before radiotherapy and 2.17 cm ± 0.95 cm after radiotherapy, which had a significant difference (*P* = 0.001).

CONCLUSION: The ADC values after radiotherapy were significantly higher than those before radiotherapy. After radiotherapy, the tumor length was significantly decreased

compared with that before radiotherapy. The b value of 800 s/mm² is a preferred value for evaluating the efficacy of radiotherapy.

© 2015 Baishideng Publishing Group Inc. All rights reserved.

Key Words: DWI; Esophagus cancer; Radiotherapy; b value

Liu H, Shi GF, Xu Q, Li RX, Jia LT, Shao X. Optimization of b-value in diffusion-weighted imaging for evaluation of radiotherapy efficacy in esophageal cancer. *Shijie Huaren Xiaohua Zazhi* 2015; 23(28): 4548-4552 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/23/4548.asp> DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wjcd.v23.i28.4548>

摘要

目的: 本研究探讨磁共振扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)应用于食管癌的最佳b值选择, 并用该b值下的DWI来评价食管癌的放疗疗效。

方法: 回顾性分析河北肿瘤医院行放疗治疗的食管癌患者88例, 于放疗治疗前1 d及放疗治疗结束后1 d分别行磁共振常规扫描(magnetic resonance imaging)和DWI扫描, b值选择为600、800、1000 s/mm², 比较不同b值下DWI图像的信噪比(signal to noise ratio, SNR)、放疗前后的表观扩散系数值(apparent diffusion coefficient, ADC)及病灶长度的变化。

结果: 放疗治疗前b值为600、800和1000 s/mm²时, 所测得DWI图像的SNR值分别是11.60±1.50、11.18±1.75、7.15±0.91; 所测得ADC值分别为1.66×10⁻³±0.49×10⁻³、1.55×10⁻³±0.41×10⁻³、1.39×10⁻³±0.33×10⁻³ mm²/s; 在b值为600、800和1000 s/mm²时, 放疗后平均ADC值是2.48×10⁻³±0.58×10⁻³、2.16×10⁻³±0.46×10⁻³、1.93×10⁻³±0.35×10⁻³ mm²/s, 放疗后ADC值较放疗前明显升高($P=0.001$)。选择b值为800 s/mm²时的图像, 治疗前后肿瘤病灶长度比较有统计学意义(5.43 cm±1.25 cm vs 2.17 cm±0.95 cm, $P=0.001$)。

结论: 食管癌放疗治疗后ADC值较放疗治疗前显著升高; 食管癌放疗治疗后病灶的长度较放疗治疗前显著缩短; b值取800 s/mm²时所得到的DWI图像及ADC图更利于食管癌放疗治疗疗效的评价。

© 2015版权归百世登出版集团有限公司所有。

关键词: 磁共振扩散加权成像; 食管癌; 放疗疗法; b值选择

核心提示: 本研究探讨了磁共振扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)应用于食管癌的最佳b值选择。结果显示b值取800 s/mm²时所得到的DWI图像及表观扩散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)图更利于食管癌放疗治疗疗效的评价。放疗治疗后较放疗治疗前ADC值显著升高, 病灶的长度显著缩短。

刘辉, 时高峰, 许茜, 李如讯, 贾丽涛, 邵娴. 磁共振扩散加权成像应用于食管癌的最佳b值选择及放疗疗效评价. *世界华人消化杂志* 2015; 23(28): 4548-4552 URL: <http://www.wjgnet.com/1009-3079/23/4548.asp> DOI: <http://dx.doi.org/10.11569/wjcd.v23.i28.4548>

0 引言

食管癌是危害公众健康的一种常见的消化系统肿瘤, 具有很高的发病率和死亡率^[1]。放疗治疗是非手术治疗食管癌的有效手段^[2]。目前应用于评价食管癌放疗治疗疗效的手段很多, 其中磁共振扩散加权成像(diffusion-weighted imaging, DWI)使我们的视野从形态学转变到功能代谢方面, 是目前评价食管癌放疗治疗疗效的新思路。b值是DWI中的重要参数, 如何选择b值对成像的结果尤为重要。本研究探讨应用于食管癌DWI中的最佳b值, 并应用此b值所测得的各种数据对食管癌患者的放疗疗效进行评价。

1 材料和方法

1.1 材料 回顾性分析河北肿瘤医院行放疗治疗的食管癌患者88例, 食管癌患者的选取标准: (1)该组食管癌患者均行镜检病例证实; (2)该组食管癌患者行磁共振扫描(magnetic resonance imaging, MRI)前禁食并且体温在正常范围内; (3)该组食管癌患者在放疗治疗过程中未应用化疗药物。

该组患者分别于放疗治疗前1 d及放疗治疗结束后1 d行MRI和DWI。DWI的b值选择为0、600、800、1000 s/mm², 所有b值均在同一序列中同时完成。

1.2 方法

1.2.1 MRI检查前准备: MRI检查前1 d尽量嘱咐患者低渣饮食, 避免食入富含脂肪的食物, 尽量避免食入巧克力等易引起MRI信号改变的

■ 研究前沿

DWI作为功能成像的一种, 应用于肿瘤治疗疗效的评价有广泛的研究, 结果显示是一种评价疗效的有效手段。但是在食管癌方面的报道较少, 尤其最佳b值的选择研究较少, 是亟待研究的问题。

■ 相关报道

曾治民等的研究表明, DWI在肺癌的应用中, 当b值选取为600 s/mm²时所得到的图像最佳。张晓鹏等的研究表明, DWI在胃癌的应用中, 当b值选取为1000 s/mm²时所得到的图像最佳。

■创新亮点

本研究表明DWI中b值取800 s/mm²时所得到的DWI及表观扩散系数值(apparent diffusion coefficient, ADC)图更利于食管癌放射治疗疗效的评价。并且放射治疗后较放射治疗前ADC值显著升高, 病灶的长度显著缩短。

食物。检查前禁食、禁水4 h, 测量患者体温以保证在正常范围内。嘱咐患者勿做吞咽动作, 防止食管运动的伪影。进入扫描室前给患者讲解注意事项以及可能发生的情况, 并训练患者呼吸。检查并除去患者身上所有金属物品。患者取头先入仰卧位, 双手置于身体两侧。安放线圈并配以心电及呼吸监测设备。

1.2.2 MRI扫描序列: 半傅立叶单次激发快速自旋回波(HASTE)序列扫描冠状位: TR/TE = 1900 ms/90 ms; 翻转角150°; FOV380 mm×380 mm; 矩阵256×320; 层厚5 mm; 层间隔1 mm。二维扰相梯度回波FLASH2D横轴位扫描: TR/TE = 150 ms/3 ms; 翻转角70°; FOV360 mm×360 mm; 矩阵256×256; 激励次数为2次; 层厚4 mm; 层间隔0.8 mm。快速自旋回波TSE2D横轴位扫描: TR/TE = 1700 ms/70 ms; 翻转角140°; FOV360 mm×360 mm; 矩阵384×384; 激励次数为2次; 层厚4 mm; 层间隔1.8 mm。DWI横轴位扫描: TR/TE = 6800 ms/70 ms; FOV360 mm×360 mm; 矩阵128×128; 激励次数为8次; 层厚4 mm; 层间隔0 mm。同时采集4个不同的b值分别为0、600、800、1000 s/mm²。

1.2.3 放射治疗技术: 应用真空体模技术使患者保持固定体位, 嘱咐患者平静均匀呼吸, 将各种影像资料通过局域网络输入Pinnacle8.0c治疗计划系统进行计划设计, 由放射科医师与放疗科医师共同勾画大体肿瘤体积(gross tumor volume, GTV)、临床靶体积(clinical target volume, CTV)、计划靶体积(planning target volume, PTV)。勾画原则如下: GTV的勾画应考虑各种影像学检查结果, 比如食管钡餐造影、食管镜、食管CT及食管MRI图像。参照病变密度、信号强度、尤其DWI图像上表现为高信号的区域行靶区的勾画。靶区勾画中危险器官(organs at risk, OARs)的勾画尤为重要, 应该由经验丰富的临床医师协同物理技师共同完成。脊髓、心脏都属于危险器官, 选取的照射剂量不得超过规定的耐受量。单次靶区的照射剂量为180-200 cGy, 照射总次数27-35次, 5次/wk, 1次/d, 治疗过程中对患者出现的症状做相应处理, 放射治疗过程中未使用化疗药物。

1.2.4 表观扩散系数值的计算: 将两个不同b值的DWI放入后处理工作站生成表观扩散系数值(apparent diffusion coefficient, ADC)图。结合

常规MRI图像确定病变位置。在ADC图上选取肿瘤显示最佳的层面作为感兴趣区, 每个感兴趣区测量3次ADC值。不同b值所得到的ADC图上感兴趣区的选取尽量一致。ADC值的测量中应尽量避免血管、气体、骨骼、钙化以及肿瘤内的坏死成分, 力求所测得的ADC值真实的反应肿瘤的实性成分。

1.2.5 DWI信噪比及病变长度的测量: MRI图像的信噪比(signal to noise ratio, SNR)是指MRI的信号强度与背景随机噪声强度之间的比值。图像信号强度是指所选区域内信号强度的均值。图像噪声强度是指所选噪声区域内信号强度的标准差。分别于不同b值的DWI上, 选取相同病变区测量并计算图像SNR。将b值选取800 s/mm²所得DWI上食管高信号区域界定为肿瘤范围。在DWI轴位图像上, 根据肿瘤的层数来计算肿瘤的长度。并且比较食管癌放疗前后肿瘤长度的变化。

统计学处理 本文应用了统计分析软件SPSS19.0对相关数据进行分析。在对食管癌放射治疗前后ADC值以及长度的变化是否具有显著差异性的分析中, 用显著性差异法进行比较, $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 不同b值下DWI的SNR 放射治疗前后食管癌DWI图像表现如图1所示。放射治疗前b值为600、800和1000 s/mm²时, 所测得扩散图像SNR值分别是11.60±1.50、11.18±1.75、7.15±0.91; b = 1000 s/mm²时DWI图像SNR较差。

2.2 放射治疗前后食管癌病灶ADC的变化 放疗前不同b值下所测量的病变ADC值, 随着b值的增加所测得的食管癌ADC值的变化范围逐渐变小。不同b值下放疗前后所测量的ADC值的比较, 放疗后ADC值较放疗前显著升高(表1)。

2.3 放射治疗前后食管癌病灶长度的变化 选择b值为800 s/mm²时的DWI, 治疗前肿瘤病灶长度为5.43 cm ± 1.25 cm, 治疗后肿瘤病灶长度为2.17 cm ± 0.95 cm, 治疗前后肿瘤长度有显著差异($P = 0.001$)。

3 讨论

DWI技术是通过监测细胞间隙水分子的扩散运动的变化, 反应组织结构信息、细胞密度

■应用要点

DWI可以作为一种评价食管癌放疗疗效的手段, 通过对照放疗前后食管癌病灶的ADC值及长度值, 可以早期对放疗疗效进行评价。并且将b值取800 s/mm²作为首选。

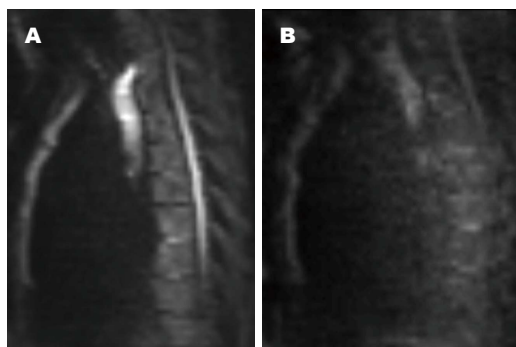


图1 放射治疗前后食管癌扩散加权图像表现. A: 食管癌放疗前表现; B: 食管癌放疗后表现.

表1 不同b值下放疗前后所测得的ADC值

ADC值 ($\text{mm}^2/\text{s} \times 10^{-3}$)	b值(s/mm^2)		
	600	800	1000
放疗前	1.66 ± 0.49	1.55 ± 0.41	1.39 ± 0.33
放疗后	2.48 ± 0.58	2.16 ± 0.46	1.93 ± 0.35
P值	0.0001	0.0001	0.0001

ADC: 表观扩散系数值.

信息, 进而评判组织的病理变化. 他将我们的视野从宏观带到了微观, 他能够早期的反应组织结构细微的变化. 利用这些特性, DWI可以做到早期发现疾病、诊断疾病并对治疗后的疗效做出早期评价. 韩书明等^[3]的研究表明, DWI技术在诊断骨转移瘤的敏感度为92%. 赵周社等^[4]的研究表明, DWI在前列腺癌和原发性肝癌的检出率要高于正电子发射断层扫描(positron emission tomography)和计算机断层扫描(computed tomography). 王瑞芳等^[5]的研究表明, DWI在外周带前列腺癌的早期诊断中有重要意义.

我们在应用DWI技术进行成像时发现多种因素会影响他的结果. 比如生理性的温度以及血流灌注等. 鉴于此我们常用ADC来定量评价扩散的结果. 扩散敏感因子称为b值, 他是ADC值测量中的关键参数. 他的大小影响组织内水分子扩散运动的检测. 选取小b值时, DWI主要反映组织灌注的变化, 未能反映出水分子真实的扩散状况. 刘玉品等^[6]的研究表明, DWI在肝脏的应用中, 当b值选取为100 s/mm^2 时所得到的图像受血流灌注以及T2穿透效应的影响较大, 所测得的ADC值不太真实. 随着b值的增加, 扩散的权重也随之增加, 但是DWI的信号也

会随之衰减. 李彩霞等^[7]的研究表明, DWI在骨肿瘤的应用中, 当b值选取为1500 s/mm^2 时所得到的图像的质量较差, 所测得的ADC值不太稳定.

不同的组织器官内水分子处的环境不同, 决定了组织器官内水分子扩散特点的差异. 因此没有哪一种b值适用于所有组织器官. 曾治民等^[8]的研究表明, DWI在肺癌的应用中, 当b值选取为600 s/mm^2 时所得到的图像最佳. 彭俊琴等^[9]的研究表明, DWI在小细胞肺癌及非小细胞肺癌的应用中, 当b值选取为600 s/mm^2 时所得到的图像最有价值. 张晓鹏等^[10]的研究表明, DWI在胃癌的应用中, 当b值选取为1000 s/mm^2 时所得到的图像最佳. 王萍等^[11]的研究表明, DWI在鉴别高级别胶质瘤瘤体、瘤周应用中, 当b值选取为3000 s/mm^2 时所得到的图像最适宜. 郭雪梅等^[12]的研究表明, DWI在前列腺的应用中, 当b值选取为800 s/mm^2 时, 所得到的图像最佳. 阳青松等^[13]的研究表明, 3T DWI在前列腺的应用中, 当b值选取为1500 s/mm^2 时, 所得到的图像具有最佳显示病灶的能力. 陈欣等^[14]的研究表明, DWI在乳腺的应用中, 当b值选取为800 s/mm^2 时, 所得到的图像最佳.

本研究发现当选取b值为1000 s/mm^2 时所得到的DWI的SNR较差. 当选取b值为600 s/mm^2 时所得到的ADC值的变化范围较大, 说明影响因素较多. 因此b值为600、1000 s/mm^2 所得到的图像均不适合作为评价食管癌放疗疗效的指标. b值为800 s/mm^2 所得到的DWI的SNR较高并且所测得ADC值较稳定, 可以作为评价食管癌放疗疗效的指标.

DWI在肿瘤方面的应用极为广泛. 肿瘤细胞较正常细胞密度增加, 并且形态表现为多形性, 这些都使细胞间隙内的水分子扩散受限, 因此在DWI上表现为高信号, 有利于肿瘤性病变的检出. 罗宁斌等^[15]的实验表明DWI在乳腺癌淋巴结转移的诊断中具有重要的价值. 张连华等^[16]的实验表明DWI在膀胱癌诊断的敏感度为92.3%、特异度为75.0%、准确度为90.4%. 陆军等^[17]的实验表明DWI技术应用于肺癌放疗前的靶区勾画, 能够明确判断出肿瘤勾画范围的占63.3%. 李莉等^[18]的实验表明DWI在恶性肿瘤诊断的敏感度为96.6%、特异度为53.5%, 准确度为88.1%. 本研究食管癌病变DWI图像上表现为高信号, 与相关研究相符.

肿瘤细胞在接受治疗后会凋亡、坏死. 组

■名词解释

扩散(diffusion): 分子热能激发而使分子发生一种微观、随机的平移运动并相互碰撞, 也称分子的热运动或布朗运动. 任何分子都存在扩散运动; b值: 或称扩散敏感系数, 指扩散成像技术中施加的扩散敏感梯度场参数. 在常用SE-EPI DWI序列中, $b\text{值} = \gamma^2 G^2 \delta^2 (\Delta - \delta/3)$.

同行评价

作者探讨应用于食管癌DWI的最佳b值, 并应用此b值所测得的各种数据对食管癌患者的放疗疗效进行评价。研究发现食管癌放疗治疗后ADC值较放疗前显著升高, b值取800 s/mm²时所得到的DWI及ADC图更利于食管癌放疗疗效的评价, 对临床应用有较好借鉴作用。

组织细胞密度减低, 细胞间隙增大, 水分子的扩散运动重新变得自由, 表现为DWI上信号较之前减低。基于此特性, DWI为评价肿瘤治疗的疗效提供了一种新的手段。微观的改变总是早于宏观的改变, 因此DWI可以作为一种早期评价肿瘤治疗疗效的手段。田霞等^[19]的研究表明, DWI在评价肺癌脑转移瘤放疗治疗的疗效应用中, 放疗治疗前后转移瘤实质区的ADC值存在显著差异, ADC值有助于肺癌脑转移瘤放疗疗效的评估。聂翔等^[20]的研究表明, DWI在评价鼻咽癌放疗治疗疗效的应用中, 放疗治疗前后鼻咽癌ADC值存在显著差异, 并且放疗治疗前ADC值与肿瘤体积消退百分比呈负相关, DWI能够早起预测肿瘤放疗治疗的效果。本研究发现, 食管癌放疗治疗后ADC值较放疗前显著升高, 食管癌放疗治疗后病灶的长度较放疗前显著缩短, 与相关研究相符。

总之, DWI对于食管癌的检出以及放疗疗效的评价有极大的临床应用价值。而且DWI避免了电离辐射的影响, 是一种值得大范围推广的技术。随着技术的不断进步, 相信DWI技术在食管癌的检出以及放疗疗效的评估方面会得到进一步的发展。

4 参考文献

- 中华医学会消化内镜学分会, 中国抗癌协会肿瘤内镜专业委员会. 中国早期食管癌筛查及内镜诊治专家共识意见. 胃肠病学 2015; 04: 220-240
- 孔雁, 高红梅. 食管癌放疗治疗10年生存分析及不同治疗方式的疗效比较. 肿瘤防治研究 2015; 42: 56-61
- 韩书明, 任进军, 赵宝宏, 郭志军, 张玉环, 王淑萍, 徐倩, 陈艳芳. 磁共振全身弥散技术诊断多发性骨转移瘤临床价值. 临床荟萃 2013; 28: 332-333
- 赵周社, 辛军, 郭启勇, 王爽, 陆喆. MRI弥散加权成像和PET/CT扫描在肿瘤检查应用的进展. 中国临床医学影像杂志 2010; 21: 413-418
- 王瑞芳, 任华, 廖威, 吴志远, 李真. MR弥散加权成像在外周带早期前列腺癌诊断中的应用研究. 武警后勤学院学报(医学版) 2013; 22: 529-531
- 刘玉品, 杨小庆. 肝占位病变扩散加权成像的图像质量评价. 实用放射学杂志 2006; 22: 962-966
- 李彩霞, 任仙, 任翠萍, 程敬亮, 李莹. MR扩散加权成像鉴别良恶性骨肿瘤及肿瘤样病变的价值. 实用放射学杂志 2012; 28: 1087-1091
- 曾治民, 廖琴, 蔡婧, 刘安文. 磁共振扩散加权成像及ADC值测量对非小细胞肺癌肺门纵膈淋巴结的鉴别诊断价值. 中国肿瘤临床 2012; 39: 706-710
- 彭俊琴, 汤日杰, 张海南, 周建伟. 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. 实用医学杂志 2015; 31: 969-972
- 张晓鹏, 唐磊, 孙应实, 李洁, 曹崑. 胃癌MR扩散加权成像扩散敏感因子的选择及其常规序列的对照研究. 中华放射学杂志 2007; 41: 1339-1343
- 王萍, 翟昭华, 唐光才, 韩福刚, 舒健. 不同b值对瘤体及瘤周水肿扩散加权成像的影响. 放射学实践 2015; 30: 224-227
- 郭雪梅, 王霄英, 吴冰, 蒋学祥. 前列腺外周带癌扩散加权成像诊断标准. 中国医学影像技术 2009; 25: 1235-1238
- 阳青松, 王振, 陈玉坤, 陈录广, 马超, 高旭, 王燕, 余勇伟, 陆建平. 3-T MR扩散加权成像诊断前列腺癌最优b值研究. 第二军医大学学报 2015; 36: 402-406
- 陈欣, 闫锐, 康华峰, 郭佑民, 赵暹, 贺长安, 张毅力. 不同扩散梯度因子值的乳腺MR扩散加权成像对比研究. 中华放射学杂志 2009; 43: 356-359
- 罗宁斌, 苏丹柯, 刘丽东, 金观桥, 朱旭娜, 谢东. 弥散加权成像对乳腺癌腋窝淋巴结转移的诊断价值. 实用放射学杂志 2012; 28: 1549-1552, 1568
- 张连华, 朱寅杰, 薄杰, 刘东明, 黄翼然. 磁共振扩散加权成像在膀胱肿瘤诊断中的应用价值. 肿瘤 2012; 32: 1025-1029
- 陆军, 赵海涛, 朱勇, 石梅, 魏丽春, 薛莹. 磁共振成像在肺癌放疗肿瘤区确认中的价值. 医疗卫生装备 2010; 31: 76-77, 80
- 李莉, 任转琴, 陈涛, 张雷, 苟晓光, 李杨. 大范围扩散加权成像和全身一体化MRI在恶性肿瘤及全身转移诊断中的应用. 实用放射学杂志 2010; 26: 1661-1665
- 田霞, 陆紫薇, 孙琪, 谢道海. MRI在肺癌脑转移瘤诊断和放疗疗效判定中的价值. 中国血液流变学杂志 2012; 22: 152-155
- 聂翔, 李金高. 鼻咽癌磁共振扩散加权成像与放疗疗效的相关性研究. 实用癌症杂志 2011; 26: 627-629

编辑: 于明茜 电编: 闫晋利

