

• 头颈部影像学 •

MR 扩散加权成像在眼眶肿块中 b 值选择

蒯新平, 王胜裕, 陶晓峰, 刘士远, 胡蓓西, 丁庆国

【摘要】 目的:探讨不同扩散敏感因子(b 值)MR 扩散加权成像对眼眶肿块图像质量及 ADC 值影响。**方法:**对 81 例眶内肿块术前 DWI 检查和 MRI 常规扫描。每次取 2 个扩散敏感因子即 $b=0$ 和/或 400、700、1000 s/mm², 利用固定参数组合的自旋回波-平面回波(SE-EPI)序列进行 DWI 检查。计算不同 b 值(400、700、1000 s/mm²)下病灶信号-噪声比(SNR)、病灶-对侧颞叶脑白质对比噪声比(CNR)、病灶的 ADC 值、病灶与对侧颞叶脑白质 ADC 的比值(ADCR)。**结果:**眼眶肿块在 DWI₄₀₀、DWI₇₀₀、DWI₁₀₀₀ 的 SNR 分别为(85.10±48.90)、(61.46±37.00)、(42.92±25.53), 差异有统计学意义($\chi^2=125.654, P=0.000$); CNR 分别为(28.36±26.67)、(20.11±17.19)、(16.59±15.29), 差异有统计学意义($\chi^2=14.519, P=0.000$); ADC 值分别为(1.42±0.44)×10⁻³、(1.25±0.43)×10⁻³和(1.16±0.40)×10⁻³ mm²/s, 差异有统计学意义($F=7.932, P=0.000$); ADCR 值分别为(1.47±0.45)、(1.39±0.46)、(1.37±0.46), 差异无统计学意义($F=1.199, P=0.303$)。**结论:**b=700 s/mm² 是眼眶肿块扩散加权成像的较佳 b 值, 可以得到良好显示眼眶肿块 DWI 图像。

【关键词】 眼眶疾病; 眼眶假瘤; 磁共振成像

【中图分类号】 R777.5; R771; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)10-1006-05

Determination of b value in diffusion weighted imaging of orbital masses KUAI Xin-ping, WANG Sheng-yu, TAO Xiao-feng, et al. Department of Radiology, the Changshu Second People's Hospital, Jiangsu 215500, P. R. China

【Abstract】 Objective: To study the influences of different b values on the image quality of DWI and ADC value of orbital mass. **Methods:** Routine MRI and DWI were performed in 81 subjects with intra-orbital mass before surgery with the b value=0 and/or 400, 700, 1000s/mm². SE-EPI sequence with fixed parameters combination was used for DWI. The signal noise ratio (SNR) of lesion, contrast-to-noise ratio (CNR) of lesion/white matter of contra-lateral temporal lobe, ADC value of lesion, ADC ratio (ADCR) of lesion/white matter of contra-lateral temporal lobe were calculated with different b values (400, 700, 1000s/mm²). **Results:** The SNR of intra-orbital tumor on DWI ($b=400\text{s/mm}^2, 700\text{s/mm}^2, 1000\text{s/mm}^2$) was 85.10±48.90, 61.46±37.00, 42.92±25.53 respectively ($\chi^2=125.654, P=0.000$), with significant statistic differences. The CNR between the mass and white matter of contra-lateral temporal lobe with different b values was 28.36±26.67, 20.11±17.19, 16.59±15.29 respectively ($\chi^2=14.519, P=0.000$), with significant statistic differences. The ADC values were (1.42±0.44)×10⁻³ mm²/s, (1.25±0.43)×10⁻³ mm²/s and (1.16±0.40)×10⁻³ mm²/s with $b=400\text{s/mm}^2, 700\text{s/mm}^2$ and 1000s/mm², respectively ($F=7.932, P=0.000$), with significant statistic differences. The ADCR was (1.47±0.45), (1.39±0.46) and (1.37±0.46) with $b=400\text{s/mm}^2, 700\text{s/mm}^2$ and 1000s/mm², respectively ($F=1.199, P=0.303$), with no statistic difference. **Conclusion:** The optimal b value in demonstrating orbital mass on DWI was 700s/mm².

【Key words】 Eye-orbital diseases; Orbital pseudotumor; Magnetic resonance imaging

MR 扩散加权成像是目前检测活体水分子运动的唯一无创性方法^[1]。随着 MRI 技术的发展尤其是并行采集技术的开发, 使平面回波时间大大减少, 提高了眼眶区域 DWI 图像质量。本研究旨在对眼眶肿块 DWI 图像进行定量评价, 筛选 DWI 检查时合适的扩散敏感因子(b 值)。

材料与方法

搜集上海长征医院 2011 年 2 月—2012 年 1 月的眼眶肿块 81 例(男 31 例, 女 50 例), 年龄 7~80 岁, 平

均年龄 45 岁。临床表现: 突眼, 视力下降, 眼球运动障碍, 复视, 视乳头水肿等。72 例有明确的病理结果(淋巴瘤 16 例, 血管性病变 20 例, 炎性病变 9 例, 脑膜瘤 8 例, 混合瘤 3 例, 神经鞘瘤 3 例, 颗粒细胞瘤 1 例, 视神经胶质瘤 1 例, 神经纤维瘤 1 例, 恶性肿瘤 10 例)。9 例中 5 例炎性假瘤, 2 例血管畸形伴出血, 2 例甲状腺相关性眼病。

MRI 扫描序列及参数: 采用 GE 1.5T 超导型 MR 成像仪(型号: Signa EXCITE), 8 通道头线圈(Brain coil)。眼眶肿块 MRI 检查包括: 常规 MR 平扫、DWI 及常规 Gd-DTPA 增强扫描。扫描体位包括横轴面、冠状面及斜矢状面。81 例肿块均进行 3 种 b 值轴位 DWI 扫描, 分 3 次采集, 参数如下: 采用单次激发回波平面成像序列(single-shot spin-echo echo-planar ima-

作者单位: 215500 江苏, 常熟市第二人民医院影像中心(蒯新平、王胜裕、胡蓓西、丁庆国); 200011 上海, 上海交通大学附属第九人民医院放射科(陶晓峰); 200003 上海, 第二军医大学附属长征医院影像科(刘士远)

作者简介: 蒯新平(1982—), 女, 江苏淮安人, 硕士, 主治医师, 主要从事中枢神经系统影像诊断工作。

ging, SE-EPI), 并行采集因子 2, TR 3363 ms, 最短 TE, 层厚 3 mm, 层间距 0.5 mm, 视野 20 cm×20 cm, 激励次数 8, 矩阵 128×128, 带宽 62.5, 扩散方向为全部方向, 扩散敏感系数(b 值)分别取 b=0 和/或 400、700、1000 s/mm²。

图像分析与处理: 由 2 名具有 5 年以上神经影像诊断经验的医师, 在 ADW4.3 后处理工作站中, 使用 Function tool 2 软件进行图像分析及测值。

不同 b 值(400、700、1000 s/mm²)下病灶信号强度、病灶对侧颞叶脑白质信号强度和背景噪声的测量: 根据病灶的形状勾画感兴趣区时, 去除病灶最上和最下层(去除其部分容积效应), 在剩下的层面中手工绘制 ROI, 尽量包括该层面病灶最大径 2/3 以上, 记录信号值, 取其平均值; 以病灶对侧颞叶脑白质作为参照物, 同样记录其信号值; 背景噪声兴趣区置于图像以外的前或后外侧、无伪影处, ROI 大小约 50 mm², 记录标准差。

病灶组织的信噪比(SNR)按以下公式计算:

$$SNR = \frac{SI_{\text{病灶}}}{SD}$$

病灶-对侧颞叶白质对比噪声比(CNR)按以下公式计算:

$$CNR = \frac{|SI_{\text{病灶}} - SI_{\text{白质}}|}{SD}$$

公式中 SI 病灶表示病灶信号强度, SI 白质表示对侧颞叶白质信号强度, SD 表示背景噪声标准差。

不同 b 值(400、700、1000 s/mm²)下病灶 ADC 值、病灶对侧颞叶脑白质 ADC 值测量: 步骤大致为先调节阈值, 使全部眼眶及脑组织均被绿线覆盖, 背景图像尽量无绿线覆盖, 以增强图像作为病灶的定位参考, 避开肉眼可见的出血、坏死及囊变区, 设定感兴趣区(ROI), 进行 ADC 值的测量, 病灶的 ROI 设定方法同上, 记录每层病灶 ADC 值, 取平均值。同时可以测定同侧颞叶白质的 ADC 值, ADC 值单位为 mm²/s。

病灶与对侧颞叶白质 ADC 的比值(ADCR)按下公式计算:

$$ADCR = \frac{ADC_{\text{病灶}}}{ADC_{\text{白质}}}$$

公式中 ADC 病灶表示病灶的 ADC 值, ADC 白质表示对侧颞叶白质的 ADC 值。

主观图像质量评价: 评分 3 分(病灶、泪腺、眼肌、视神经、眼球显示清楚, 无明显磁敏感伪影); 2 分(病灶、泪腺、眼肌、视神经、眼球显示尚可, 磁敏感伪影可); 1 分(病灶显示尚可, 泪腺、眼肌、视神经、眼球部分显示, 磁敏感伪影较重, 但尚能图像分析和测量); 0 分(病灶、泪腺、眼肌、视神经、眼球均显示不清, 磁敏感伪影严重, 不能行图像分析和测量)。

采用 SPSS 16.0 软件包不同 b 值下的 SNR、CNR 采用非参数检验多个相关样本比较的 Friedman M 检验, 两两比较采用 q 检验; 不同 b 值下 ADC、ADCR 值采用方差分析, 两两比较采用 LSD 检验; 主观图像质量评价, 采用 Kruskal Wallis 检验。检验水准以 $P < 0.05$ 有统计学意义。

结 果

1. 三组 b 值的 SNR 与 CNR 以及 ADC 和 ADCR 值比较

SNR 由高到低依次是 DWI₄₀₀、DWI₇₀₀、DWI₁₀₀₀, 经统计学分析差异有统计学意义($\chi^2 = 125.654, P = 0.000$), 组间两两比较差异均有统计学意义($P < 0.05$, 表 1)。CNR 由高到低依次是 DWI₄₀₀、DWI₇₀₀、DWI₁₀₀₀, 经统计学分析差异有统计学意义($\chi^2 = 14.519, P = 0.001$), 组间两两比较 DWI₄₀₀ 的 CNR 与 DWI₇₀₀、DWI₁₀₀₀ 之间差异有统计学意义($P < 0.05$), DWI₇₀₀ 的 CNR 与 DWI₁₀₀₀ 差异无统计学意义($P = 0.272$, 表 2)。ADC 值由高到低依次是 DWI₄₀₀、DWI₇₀₀、DWI₁₀₀₀, 分别为 $(1.42 \pm 0.44) \times 10^{-3}$ 、 $(1.25 \pm 0.43) \times 10^{-3}$ 和 $(1.16 \pm 0.40) \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 差异有统计学意义($F = 7.932, P = 0.000 < 0.05$), 组间两两比较 DWI₄₀₀ 的 ADC 值与 DWI₇₀₀、DWI₁₀₀₀ 间差异有统计学意义($P = 0.01, 0.000 < 0.05$), DWI₇₀₀ 的 ADC 与 DWI₁₀₀₀ 差异无统计学意义($P = 0.194$, 图 1)。ADCR 值分别为 (1.47 ± 0.45) 、 (1.39 ± 0.46) 和 (1.37 ± 0.46) , 差异无统计学意义($F = 1.199, P = 0.303$)。

表 1 三组 b 值 SNR 比较

b 值(s/mm ²)	SNR	中位数	QR 值
400	85.10±48.90	71.99	55.59
700	61.46±37.00	54.19	32.64
1000	41.92±25.53	36.64	29.82

注: $\chi^2 = 125.654, P = 0.000$ 。

表 2 三组 b 值 CNR 比较

b 值(s/mm ²)	SNR	中位数	QR 值
400	28.36±26.67	21.28	30.17
700	20.11±17.19	17.77	21.55
1000	16.59±15.29	13.21	13.82

注: $\chi^2 = 14.519, P = 0.001$ 。

2. 主观图像质量评价

3 组图像评分, DWI₄₀₀、DWI₇₀₀、DWI₁₀₀₀ 平均秩次分别为 133.80、126.71、105.49。经统计学分析, 组间有统计学差异($\chi^2 = 9.193, P = 0.01$), DWI₄₀₀ 和 DWI₇₀₀ 之间无统计学差异($\chi^2 = 0.572, P = 0.449$), DWI₁₀₀₀ 与 DWI₄₀₀、DWI₇₀₀ 均有统计学差异(P 分别为 0.004, 0.031, 图 2~4)。

讨 论

绝大多数眼眶肿块扩散加权成像研究采用 SE-EPI 序列^[2-5]。仅 1 位学者^[6]运用非 EPI 的 HASTE-DWI 序列研究 17 例视网膜母细胞瘤,测量病灶的强化区、非强化区、玻璃体、视网膜下液体的 ADC 值,与组织学对照,结果表明 HASTE-DWI 序列用于球内病灶是可行的,与 EPI-DWI 序列相比,眼球变形伪影较小,空间分辨率高;肿瘤的活性部分 ADC 值低于坏死区;肿瘤坏死区的 ADC 值低于玻璃体及视网膜下液体;在 ADC 图上活肿瘤活性部分呈低信号,坏死区呈中等信号;作者提出 DWI 对于保眼治疗的视网膜母细胞瘤疗效评估有一定应用价值。但该序列同 EPI 相比,扫描时间较长,扩散加权采集时间需要 7.5 min^[6]。本研究扩散加权成像采用的是 SE-EPI 序列加并行采集技术,提高了成像速度,减少磁敏感伪影,提高图像质量,基本满足诊断要求,采集时间为 1 min 48 s。

检测活体组织的 ADC 值宜选用较高的 b 值和较大的 b 值差,这样所得到的数值稳定性较好,测定的 ADC 值也越准确^[1,7]。用小 b 值进行 DWI 在一定程度上反映了局部组织的微循环灌注,但所测得的

ADC 值稳定性较差,且易受其他生理运动的影响,不能有效反映水分子的扩散运动^[7-8]。小 b 值图像信噪比高、图像失真小,但扩散加权的权重减少,高 b 值(500~1200 s/mm²)扩散加权成像对检出细胞密度高(T₂ 时间长)的病灶敏感。但是随着 b 值的增加,意味着需要较长的 TE 成像,图像信噪比(SNR)下降^[9],所得的图像的伪影增多,图像质量差甚至难以观察。一般认为 b 值>500 s/mm² 方可基本消除血流灌注对 DWI 及 ADC 值测量的影响^[7]。为了兼顾图像质量和减少血流灌注对 ADC 值的影响,需选择合适的 b 值。

本研究选用 400、700 和 1000 s/mm² 3 个 b 值,发现对于病灶的 SNR 而言,随着 b 值的增加,SNR 降低,当 b=1000 s/mm² 病灶的信号明显衰减;对于病灶-对侧颞叶白质 CNR,随着 b 值的增加,CNR 降低;3 组图像质量主观评价,DWI₄₀₀ 与 DWI₇₀₀ 图像质量分类无统计学差异(P=0.328),DWI₁₀₀₀ 与 DWI₄₀₀、DWI₇₀₀ 均有统计学差异,所以,从病灶的 SNR、病灶-对侧颞叶白质 CNR 及图像质量主观评价分析,最佳 b 值应选择 400 s/mm²,b=700 s/mm² 次之。

但是,由于在 b 值或 b 值差越大的图像测得的 ADC 值越准确,本研究也比较不同 b 值时病灶 ADC

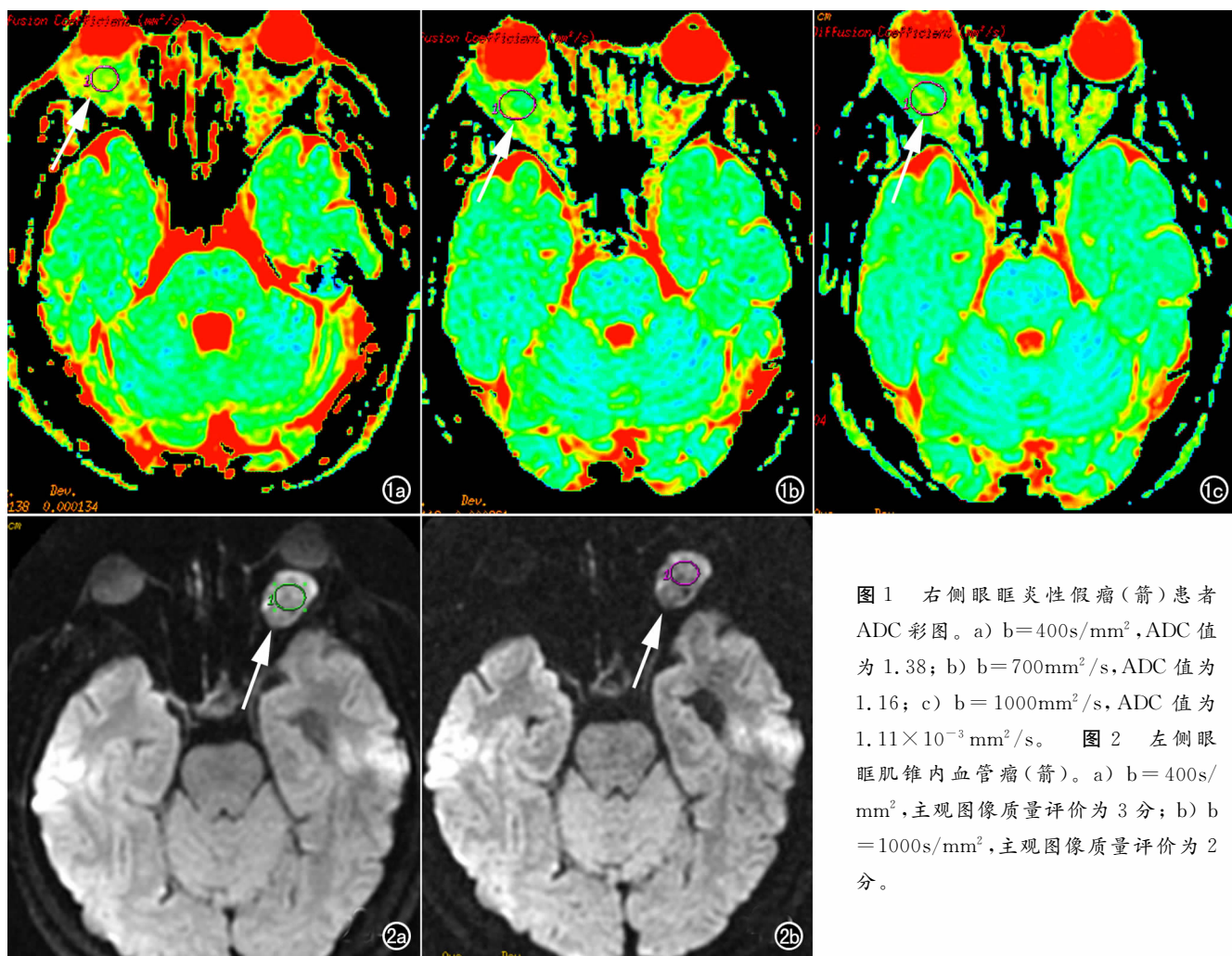


图 1 右侧眼眶炎性假瘤(箭)患者 ADC 彩图。a) $b=400\text{s/mm}^2$, ADC 值为 1.38; b) $b=700\text{s/mm}^2$, ADC 值为 1.16; c) $b=1000\text{s/mm}^2$, ADC 值为 $1.11 \times 10^{-3} \text{mm}^2/\text{s}$ 。图 2 左侧眼眶肌锥内血管瘤(箭)。a) $b=400\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 3 分; b) $b=1000\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 2 分。

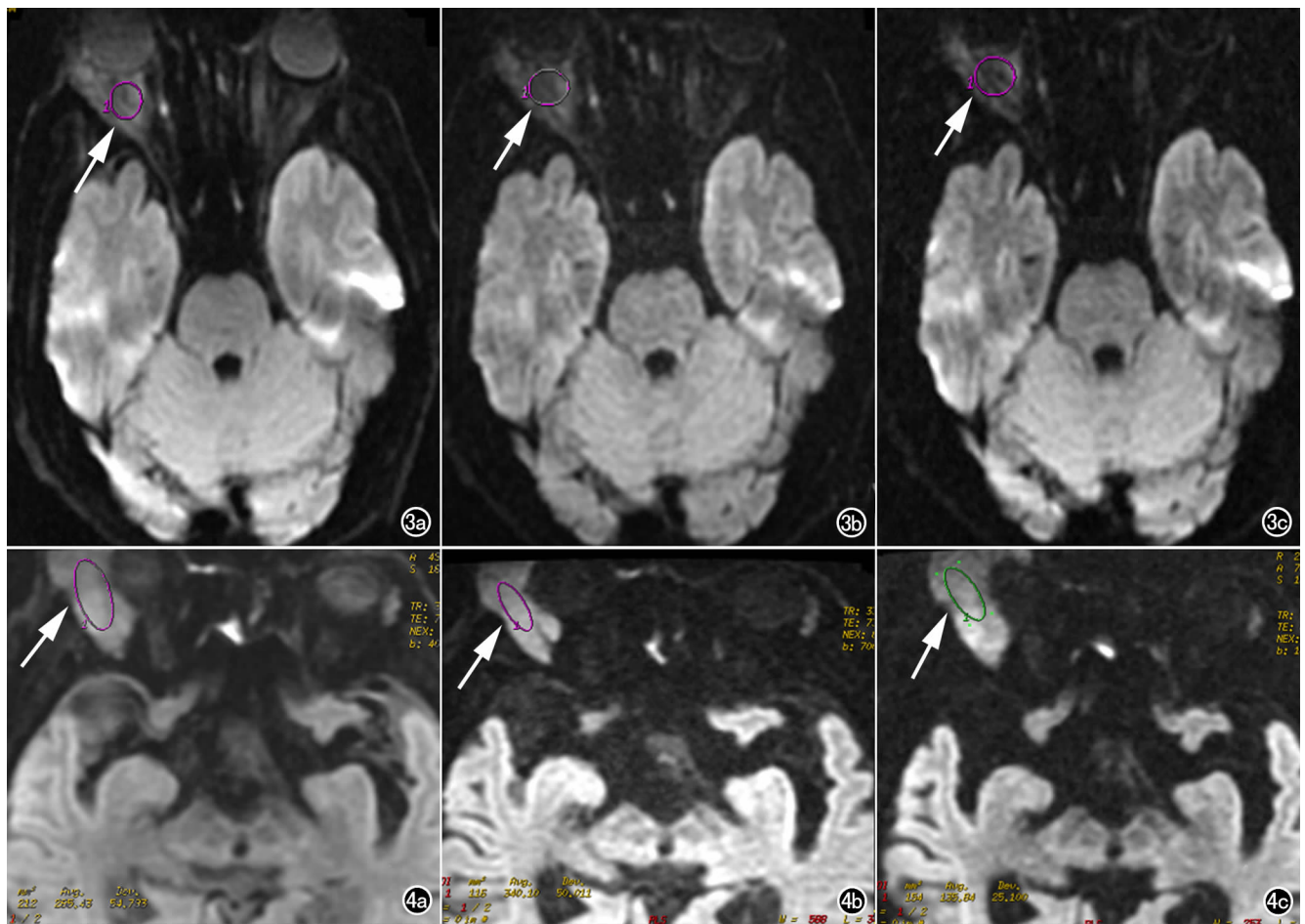


图 3 右侧眼眶肌锥内炎性假瘤(箭)。a) $b=400\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 3 分; b) $b=700\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 2 分; c) $b=1000\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 2 分。图 4 右侧泪腺淋巴瘤(箭)。a) $b=400\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 3 分; b) $b=700\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 2 分; c) $b=1000\text{s/mm}^2$, 主观图像质量评价为 1 分。

值的变化情况,对于眼眶肿块的 ADC 值,随着 b 值的增加,ADC 值降低,标准差也逐渐变小,组间两两比较 DWI_{400} 的 ADC 值与 DWI_{700} 、 DWI_{1000} 之间差异有统计学意义, DWI_{700} 的 ADC 与 DWI_{1000} 差异无统计学意义。研究结果表明随着 b 值的加大,血流灌注等影响越小,更能反映病灶内水分子的扩散状况,从 ADC 值考虑,应该选用较大的 b 值。本组研究表明 $b=700\text{s/mm}^2$ 是眼眶肿块扩散加权成像的较佳 b 值,兼顾 ADC 值亦可以得到良好显示眼眶肿块 DWI 图像。

本研究不足的是眼眶 DWI 应用受到邻近骨质结构和含气副鼻窦造成磁敏感伪影的限制。

参考文献:

- [1] Bammer R. Basic principles of diffusion-weighted imaging[J]. Eur J Radiol, 2003, 45(3): 169-184.
- [2] 郭建,王振常,鲜军舫,等. MR 扩散加权成像在眼眶良恶性肿瘤鉴别诊断中的应用[J]. 中华放射学杂志, 2007, 41(12): 1326-1330.

- [3] Politi LS, Forghani R, Godi, et al. Ocular adnexal lymphoma; diffusion-weighted MR imaging for differential diagnosis and therapeutic monitoring[J]. Radiology, 2010, 256(2): 565-574.
- [4] Sepahdari AR, Aakalu VK, Setabutr P, et al. Indeterminate orbital masses; restricted diffusion at MR imaging with echo-planar diffusion-weighted imaging predicts malignancy[J]. Radiology, 2010, 256(2): 564-564.
- [5] Sepahdari AR, Kapur R, Aakalu VK, et al. Diffusion-weighted imaging of malignant ocular masses; initial results and directions for further study[J]. AJNR, 2012, 33(2): 314-319.
- [6] de Graaf P, Pouwels PJ, Rodjan F, et al. Single-shot turbo spin-echo diffusion-weighted imaging for retinoblastoma; initial experience[J]. AJNR, 2012, 33(1): 110-118.
- [7] 杨正汉,冯逢,王霄英. 磁共振成像技术指南-检查规范、临床策略及新技术应用[M]. 北京:人民军医出版社, 2011: 263-293.
- [8] Koh DM, Collins DJ. Diffusion-weighted MRI in the body: applications and challenges in oncology[J]. AJR, 2007, 188(6): 1622-1635.
- [9] 袁正,许立超,叶晓丹,等. MR 扩散加权成像在肝癌介入治疗后随访中的图像评价[J]. 放射学实践, 2009, 24(11): 1223-1227.

(收稿日期:2012-12-04 修回日期:2013-05-28)