

颈髓 MR 扩散加权成像优化 b 值初步研究

王新良, 李玉欣, 周晓琳

【摘要】 目的:探讨 1.5T 磁共振颈髓扩散加权成像(DWI)b 值的选择及获取正常脊髓表观扩散系数(ADC 值)。方法:50 例健康志愿者进行颈髓 DWI 检查,采用单次激发平面回波(SSH-EPI-DWI)序列,扩散梯度因子 b 值分别取 300、500 和 1000 s/mm²,分 3 组进行扫描,测量正常人颈髓 ADC 值并分析各组 DWI 图像及 ADC 图像质量,对比不同 b 值对成像效果的影响。**结果:**50 例受检者均获得较满意的 DWI 和 ADC 图像并测得正常人颈髓 ADC 值。随着 b 值由 300 s/mm² 升高到 1000 s/mm²,图像信号强度逐渐降低。以 b 值为 500 s/mm² 时成像效果较好,信噪比和对比度较高,伪影较少。在 500s/mm² 时测得的 50 例正常颈髓的平均 ADC 值为 $(95.70 \pm 11.01) \times 10^{-5}$ mm²/s。**结论:**利用 SSH-EPI-DWI 序列,正常人颈髓在 b 值为 500 s/mm² 时可获得颈髓较满意的 DWI 和 ADC 图像。

【关键词】 脊髓; 扩散加权成像; 磁共振成像

【中图分类号】 R744; R445.2 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2010)05-0485-04

Preliminary study of the optimal b values on diffusion weighted MR imaging of cervical cord WANG Xin-liang, LI Yu-xin, ZHOU Xiao-ling, Department of Radiology, the First Hospital of Changsha, Changsha 410005, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the optimal b value on diffusion weighted imaging (DWI) of cervical cord at a 1.5T MR scanner and to obtain the apparent diffusion coefficient (ADC) value of normal spinal cord. **Methods:** Fifty healthy volunteers were included in this study. Single shot echo-planar pulse sequence was employed for DWI of cervical cord, according to different gradient factors b values = 300, 500 and 1000s/mm² were selected and image qualities of the 3 groups were evaluated and their ADC values of cervical cord were measured. The influences of image qualities by various b values were analyzed. **Results:** Satisfactory DWI and ADC images of the 50 volunteers and ADC values were acquired. As b value increased from 300s/mm² to 1000s/mm², the signal intensities of images gradually decreased. The image quality was better as the b value = 500s/mm², with relative high signal noise ratio and contrast, lesser artifacts were found as well. The mean ADC values of the normal cervical cord in these 50 volunteers was $(95.7 \pm 11.01) \times 10^{-5}$ mm²/s. **Conclusion:** Using the single-shot echo-planar DWI pulse sequence with b value = 500s/mm², satisfactory DWI images and ADC values of normal cervical cord could be obtained.

【Key words】 Spinal cord; Diffusion weighted imaging; Magnetic resonance imaging

脊髓磁共振扩散加权成像(diffusion weighted MRI, DWI)可为早期诊断脊髓疾病提供影像学依据。由于脊髓形态细长,伴有明显的脑脊液搏动效应,因此,扩散加权成像时的扩散敏感系数(b 值)的选择非常重要。本文采用 1.5T 磁共振成像系统,利用单次激发平面回波成像(echo planar imaging, EPI)序列技术,比较不同 b 值在正常志愿者颈髓扩散加权成像的图像质量,旨在选择合适的 b 值及获取正常颈髓的 ADC 值。

材料与方法

1. 一般资料

健康志愿者 50 例,年龄 24~35 岁,平均 28.7 岁。均无神经系统疾患。

采用 1.5T 超导型磁共振成像系统(Syngo MR 2002B, Siemens),使用正交颈部线圈。全部受检者行

常规 MRI 及 DWI。先行常规 MRI,包括矢状面 T₁WI、T₂WI,采用快速自旋回波(TSE)序列, T₂WI: TR 2800 ms, TE 98 ms; T₁WI: TR 510 ms, TE 11 ms。视野 28 cm × 28 cm,层厚 3.0 mm,间隔 0.3 mm,矩阵 224 × 320,层数为 9 层。

DWI 采用单次激发自旋回波-平面回波(SSH-spin echo-echo planar imaging, SSH-SE-EPI)序列,全部使用自动匀场和抑脂技术。TR 2000 ms, TE 66 ms,视野 30 cm × 30 cm,矩阵 128 × 128,带宽 1.860 kHz,层厚 5 mm,层间距 1 mm,层数为 5 层,采集次数为 2 次,每组 DWI 时间分别为 32 s。成像方位均为矢状面,分别在层面选择(S)、相位编码(P)和读出梯度即频率编码(M)方向上加扩散敏感梯度,取扩散敏感系数即 b = 300, 500 和 1000 s/mm² 三组值并分别获取图像数据。

2. 图像质量评价

将 DWI 原始图像数据输入工作站(Leonardo-the medical work station)获得 ADC 图。所获得 DWI 图像及 ADC 图像在工作站由 2 名有经验的磁共振诊断

作者单位:410005 湖南,长沙市第一医院放射科

作者简介:王新良(1968—),男,湖南人,硕士,副主任医师,主要从事神经系统影像诊断工作。

通讯作者:周晓琳, E-mail: zxl_0701@sina.com

医师分别采用双盲法进行图像清晰度、对比度,伪影轻重评价。

首先对 DWI 图进行评分,将所有图像质量分 3 个方面进行评价:伪影轻重,脊髓轮廓是否光整、边缘是否清晰,脊髓内信号是否均匀。每一方面分 3 级并分别记分:伪影轻或无、脊髓边界清晰、信号均匀各为 3 分,伪影重,掩盖脊髓、脊髓边界模糊,脊髓内信号明显不均各为 1 分,介于两者之间者各为 2 分,由两名诊断医师评分后取各自平均值进行方差分析。

3. 定量分析

在所得 DWI 图像上测量信噪比(SNR)的计算公式(1)为:

$$\text{SNR} = \frac{\text{SI}}{\text{SD}} \quad (1)$$

其中 SI 为脊髓的信号强度均值,它的测量是选择脊髓正中矢状面的 DWI 图像的 2 个兴趣区(regions of interest, ROI)(避开伪影及脑脊液信号)的平均信号值;SD 为背景噪声均值(避开伪影在背景中取 3 个兴趣区将所得值求均值)。

正常脊髓 ADC 值测量:选择正中矢状面 ADC 图,避开脑脊液和伪影的影响,在自动生成的 ADC 图中直接测量兴趣区的 ADC 值,每个受检者选择两个 ROI,即第 3 和第 5 颈椎平面的颈髓,每个 ROI 的最小面积包括 27 mm²,分别测量 ADC 值,取其平均值。

4. 数据处理

统计分析采用 SPSS 12.0 版统计软件,进行方差分析,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

1. 图像效果评价

根据不同 b 值对成像效果的影响,对图像进行评分:b 值取 300 s/mm²、500 s/mm²、1000 s/mm² 时所得图像平均分分别为 5.60 ± 1.43, 8.00 ± 1.05, 3.80 ± 0.91,以 b 值为 500 s/mm² 分值最高。随着 b 值由 300 s/mm²、500 s/mm² 升至 1000 s/mm²,图像信号强度逐渐降低,b 值为 1000 s/mm² 时,图像信号衰减明显且对比度差,以 b 值为 500 s/mm² 的图像效果最好(图 1)。

2. 图像质量定量分析

施加不同 b 值扩散敏感梯度场时的 DWI 图像所测得 SNR 值(表 1)。

表 1 不同 b 值下 DWI 图像的 SNR 值

b 值(s/mm ²)	范围	均值±标准差
300(SNR1)	9.58~14.30	11.60±1.50
500(SNR2)	9.35~14.92	11.18±1.75
1000(SNR3)	4.12~7.45	6.15±0.91

从表中看出,b 值取 300 s/mm²、500 s/mm² 时

SNR 较高,随着 b 值的增加,其信噪比降低。两两间比较,SNR1 与 SNR3、SNR2 与 SNR3 比较, $P < 0.001$,差异有统计学意义;SNR1 与 SNR2 比较, $P = 0.520 > 0.05$,差异无统计学意义。

3. 不同 b 值对 ADC 值测量的影响

施加不同 b 值扩散敏感梯度场时的 ADC 图像中颈髓的 ADC 值(表 2)。

表 2 不同 b 值下所测得 ADC 值($\times 10^{-5}$ mm²/s)

b 值(s/mm ²)	范围	均值±标准差
300(SNR1)	83.6~132.0	102.50±15.77
500(SNR2)	77.6~112.6	95.70±11.01
1000(SNR3)	74.8~103.8	90.00±8.47

b 值分别为 300 s/mm²、500 s/mm² 及 1000 s/mm² 时所测得的 ADC 值通过方差齐性分析, $P = 0.086 > 0.05$ 差异无统计学意义。

从表或图中看出,b 值取 500 s/mm² 时所测得的 ADC 值变化范围较小,而 b 值取 300 s/mm² 时,ADC 值间的差异最大。

4. 正常脊髓 ADC 值测量结果

本组在 500 s/mm² 时测得的 50 例正常颈髓的平均 ADC 值为 $(95.70 \pm 11.01) \times 10^{-5}$ mm²/s。

讨 论

MRI 中对水分子的扩散敏感性随着 b 值的增加而增加,但图像的信噪比则相应的下降,因此 DWI 中 b 值的选择尤为重要,特别是脊髓体积小,比脑实质要求有更高的成像矩阵和空间分辨力;其次,受周围组织结构的影响在 DWI 成像中容易产生部分容积效应(尤其是脑脊液影响),并且影响 ADC 值测量;最重要的是,在 DWI 成像时一系列生理运动如脑脊液、血管搏动、吞咽、呼吸等导致的运动伪影影响了脊髓 DWI 成像质量。

脊髓 DWI 在目前应用较为普遍的是 FSE 序列和 EPI 序列。本组实验参考近年来国外相关文献报道的技术条件^[1,2],通过比较成像效果选用 EPI 序列。SE-DWI 序列,虽可做 ADC 值的精确计算,但该序列成像时间相对较长,信噪比差,对运动伪影敏感。EPI 是目前 DWI 成像技术中速度最快的技术。虽然它的分辨力相对于 SE 序列要低,但可以做多方向扩散成像,比 SE 序列更具优势^[3]。其中,SS-EPI 扩散序列扫描时间极短,数秒内即可完成一组扫描,且不需要依赖周围脉搏门控,对硬件要求相对较低。

随着 b 值由 300 s/mm²、500 s/mm² 升至 1000 s/mm²,图像信号强度逐渐降低。当 b 值为 500 s/mm²,图像清晰度、对比度适中,伪影较少,分辨力较好,DWI 图像质量稳定,明显优于其它两组。从定量分析看,从

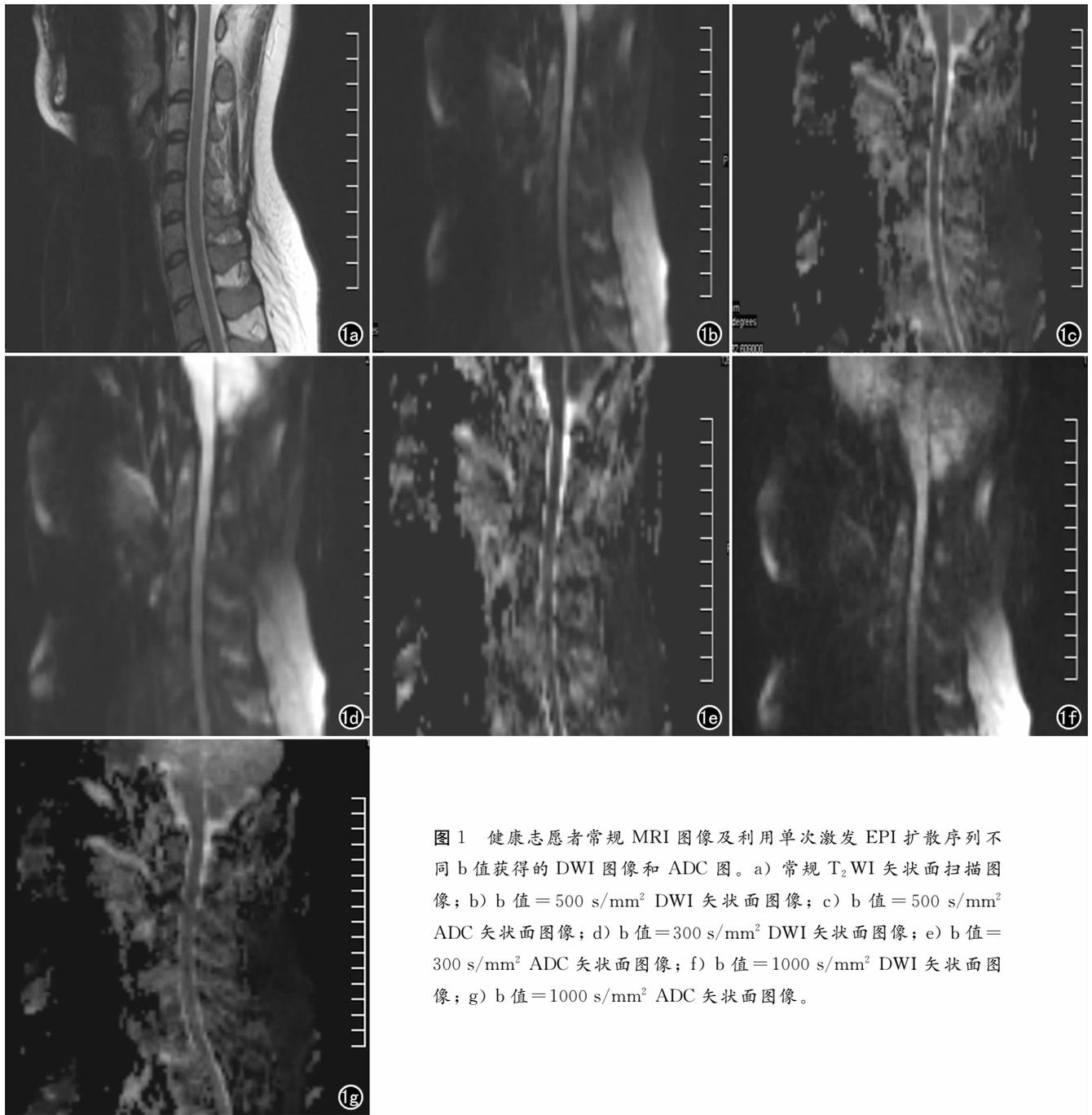


图1 健康志愿者常规MRI图像及利用单次激发EPI扩散序列不同b值获得的DWI图像和ADC图。a) 常规T₂WI矢状面扫描图像; b) b值=500 s/mm² DWI矢状面图像; c) b值=500 s/mm² ADC矢状面图像; d) b值=300 s/mm² DWI矢状面图像; e) b值=300 s/mm² ADC矢状面图像; f) b值=1000 s/mm² DWI矢状面图像; g) b值=1000 s/mm² ADC矢状面图像。

表1中看出,b值取300 s/mm²及500 s/mm²时SNR较高,随着b值的增加,其信噪比降低,图像质量随之下降。从表2也可看出,b值取300 s/mm²时DWI图像质量不稳定,测量ADC值时变化范围较大,故笔者认为在本序列中选择b值=500 s/mm²为最优参数。

高b值可以增加EPI扩散成像序列对扩散运动的敏感性,增加了ADC图上灰白质的对比度,使扩散受限的区域更容易检出。由于颈髓的扩散过程要快于大脑,按照公式 $\ln S_0/S_1 = -b \times ADC$,在颈髓DWI过程中,要适当降低扩散梯度强度(低于大脑的b值1000 s/mm²),但如果b值过小,易受T₂加权的影响,产生所谓的T₂透射效应不能很好反映水分子扩散运

动。扩散加权图像的信号强度不仅与受检组织表观扩散系数(ADC值)有关系,而且与组织的T₂值相关,即扩散加权图像的信号正比于T₂值。当受检组织的T₂值明显增高,在DWI上有明显的T₂图像对比存在时,称之为T₂透射效应^[4]。在临床实践中,DWI图像常和ADC图像联合应用,以去除这一现象。本研究中b值为300 s/mm²时扩散梯度较小,T₂因素不能被完全剔除,故不能很好反映水分子扩散运动,测得的ADC值变异较大;b值为1000 s/mm²时,图像信号衰减明显,SNR明显减小且对比度差,图像质量差。本组研究表明颈髓DWI以b值为500 s/mm²左右为宜,与其它研究结果一致^[5]。

另外, b 值对 ADC 值的测量有一定影响, 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, 测得的 ADC 值较准确, 故测 ADC 值时宜选较高 b 值和较大 b 值差^[6]。如本研究中 b 值为 300 s/mm² 时虽有较高的 SNR, 但测得的 ADC 值稳定性差, 同时结合 DWI 图象质量, 故 b 值应取为 500 s/mm²。另外, 在测量时强调避开伪影、脑脊液信号干扰; 避免选择椎间盘层面。

综上所述, 选择合适的扩散敏感梯度(b 值)对 DWI 图像及 ADC 值的测量都是至关重要的。选择 b 值为 500 s/mm² 可以保证 DWI 图像的质量。

本组正常人颈髓 ADC 图, 显示脊髓信号较均匀, 对比度较好。在 b 值 = 500 s/mm² 时颈髓 ADC 值为 $(95.7 \pm 11.01) \times 10^{-5}$ mm²/s, 可为鉴别病理改变提供基础对照。

参考文献:

[1] 郑奎宏, 马林. 脊髓弥散加权成像的研究及应用现状[J]. 中国医学影像学杂志, 2004, 12(2): 244-245.

- [2] 张劲松, 宦怡, 葛雅丽, 等. 扩散加权成像在脊髓型颈椎病中的应用[J]. 放射学实践, 2005, 20(9): 757-760.
- [3] Fujikawa A, Tsuchiya K, Koppera P, et al. Spinal cord infarction demonstrated on diffusion-weighted MR imaging with a single-shot fast spin-echo sequence[J]. J Comput Assist Tomogr, 2003, 27(3): 415-419.
- [4] Bammer R, Augustin M, Prokesch R, et al. Diffusion weighted imaging of the spinal cord: interleaved echo-planar imaging is superior to fast spin-echo[J]. J Magn Reson Med, 2002, 15(4): 364-373.
- [5] Burdette JH, Elster AD, Ricci PE. Acute cerebral infarction: quantification of spin-density and T₂ shine-through phenomena on diffusion-weighted MR images[J]. Radiology, 1999, 212(2): 333-339.
- [6] 张劲松, 葛雅丽, 宦怡, 等. 正常颈髓磁共振弥散加权成像的初步研究[J]. 临床放射学杂志, 2003, 22(6): 470-474.
- [7] Yang ZH, Xie JX, Zhang YW, et al. Study on diffusion weighted imaging in cirrhotic liver[J]. Chin J Med Imaging Technol, 2002, 18(9): 907-909.

(收稿日期: 2009-06-16 修回日期: 2009-11-26)

欢迎订阅 2010 年《放射学实践》

2009 年《放射学实践》再次入选北京大学图书馆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”成果——《中国核心期刊要目总览》特种医学类核心期刊。

《放射学实践》是由国家教育部主管, 华中科技大学同济医学院主办, 与德国合办的全国性影像学学术刊物, 由国内著名影像专家郭俊渊教授担任主编, 创刊至今已 25 周年。本刊坚持服务广大医学影像医务人员的办刊方向, 关注国内外影像医学的新进展、新动态, 全面介绍 X 线、CT、磁共振、介入放射及放射治疗、超声诊断、核医学、影像技术学等医学影像方面的新知识、新成果, 受到广大影像医师的普遍喜爱。

本刊为国家科技部中国科技论文统计源期刊、中国科学引文数据库统计源期刊, 在首届《中国学术期刊(光盘版)检索与评价数据规范》执行评优活动中, 被评为《CAJ—CD 规范》执行优秀期刊。

主要栏目: 论著、继续教育园地、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、影像技术学、外刊摘要、学术动态、读片追踪、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊, 120 页, 每册 12 元, 全年定价 144 元。

国内统一刊号: ISSN 1000-0313/CN 42-1208/R 邮政代号: 38-122

电话: (027) 83662875 传真: (027) 83662887

E-mail: fsxsj@yahoo.cn radio@tjh.tjmu.edu.cn 网址: <http://www.chmed.net>

编辑部地址: 430030 武汉市解放大道 1095 号 同济医院《放射学实践》编辑部