

弥散加权成像不同 b 值对急性脑梗死 ADC 变化趋势的分析

陈一鸣¹, 刘 阳², 任 何¹, 梅秀婷¹, 周培华^{1△}

(1. 重庆市中医院放射科 400021; 2. 重庆医药高等专科学校药学院 400030)

[摘要] **目的** 探讨急性脑梗死患者弥散加权成像(DWI)不同 b 值下表观弥散系数(ADC)值的变化趋势。**方法** 选取急性脑梗死患者为病例组,健康志愿者为对照组,使用 5 个不同的弥散梯度,即 $b=200, 400, 600, 800, 1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$ 对 20 例急性脑梗死患者及 20 例健康志愿者进行 DWI 扫描,测量不同 b 值下的 ADC 值。使用单因素方差分析对两组 ADC 值进行统计学分析。**结果** 在 5 个不同 b 值下,病例组 ADC 值分别为 0.64、0.59、0.55、0.47、0.41,对照组 ADC 值分别为 1.04、0.99、0.92、0.85、0.78;两组差异具有统计学意义($P<0.01$),且随着 b 值升高,ADC 值具有降低趋势($P<0.01$)。**结论** 急性脑梗死患者 ADC 值明显降低;DWI 不同 b 值下 ADC 值不同,二者呈负相关。

[关键词] 脑梗死;磁共振成像,弥散;b 值;表观弥散系数**[中图分类号]** R743.34**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2016)20-2775-02

Preliminary study on change trends of apparent diffusion coefficient under different b values of diffusion-weighted imaging in acute cerebral infarction

Chen Yiming¹, Liu Yang², Ren He¹, Mei Xiuting¹, Zhou Peihua^{1△}

(1. Department of Radiology, Chongqing Municipal Hospital of Traditional Chinese Medicine,

Chongqing 400021, China; 2. College of Pharmacy, Chongqing Medical and Pharmaceutical College, Chongqing 400030, China)

[Abstract] **Objective** To investigate the change trends of apparent diffusion coefficient(ADC) values under different b values of diffusion-weighted imaging(DWI) in acute cerebral infarction. **Methods** The patients with acute cerebral infarction were selected as the experimental group and the normal volunteers as the control group. The 5 different diffusion gradients were used, including $b=200\ \text{s}/\text{mm}^2, b=400\ \text{s}/\text{mm}^2, b=600\ \text{s}/\text{mm}^2, b=800\ \text{s}/\text{mm}^2$ and $b=1\ 000\ \text{s}/\text{mm}^2$. The two pairs of 20 cases of acute cerebral infarction and 20 healthy volunteers were performed the DWI scanning for detecting the ADC value under different b values. The ADC values in the two groups were statistically analyzed by using one-way anova. **Results** In 5 different b values, the ADC values in the case group was 0.64, 0.59, 0.55, 0.47 and 0.41 respectively, which in the control group were 1.04, 0.99, 0.92, 0.85 and 0.78 respectively, the differences between the two groups were statistically significant, moreover with the b value increase, the ADC value had a decreasing trend($P<0.01$). **Conclusion** The ADC value in the patients with acute cerebral infarction is significantly decreased, the ADC values are different under different b values of DWI, moreover which shows the significantly negative correlation trend.

[Key words] brain infarction; diffusion magnetic resonance imaging; b-value; ADC

磁共振弥散加权成像(diffusion weighted imaging, DWI)是常用的功能成像手段之一,对分子运动具有高度敏感性^[1],在反映活体组织功能状态方面,具有无创、直观、快速的优点,因此成为临床上最为常用的功能成像序列。表观弥散系数(apparent diffusion coefficient, ADC)值的测定是评价脑缺血性疾病的一个重要指标,而扩散敏感系数(b 值)能影响扩散权重程度,使 ADC 发生变化^[2]。本文将急性脑梗死患者与健康志愿者进行对照研究,探讨不同 b 值对 ADC 值的影响趋势以及规律。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取重庆市中医院 2014 年 4 月至 2015 年 4 月进行磁共振扫描,并被诊断为急性或超急性脑梗死的患者 20 例,其中男 9 例,女 11 例,年龄 55~87 岁,平均 67.5 岁。另外对 20 例志愿者进行磁共振扫描,分别取双侧基底节、放射冠、桥脑共 6 个点位,计算其平均值。

1.2 方法 采用德国 Siemens 1.5T 磁共振扫描仪,应用头部正交线圈,受检者取仰卧位,扫描范围自颅底至颅顶。所有研究对象均进行常规 T1WI、T2WI、FLAIR 序列, DWI 采用 SE/EPI 序列,采取轴位扫描,层厚 4 mm,层距 1 mm。扩散梯度同时取前后、左右、头脚 3 个方向, b 值分别取 200、400、600、800、

1 000 s/mm^2 , 参数 TR 3 300 ms, TE 97 ms, 矩阵 128, FOV 230 mm, NEx 2, 扫描时间 51 s。ADC 图由机器自配软件自动生成, ADC 值在 ADC 图上直接测量。

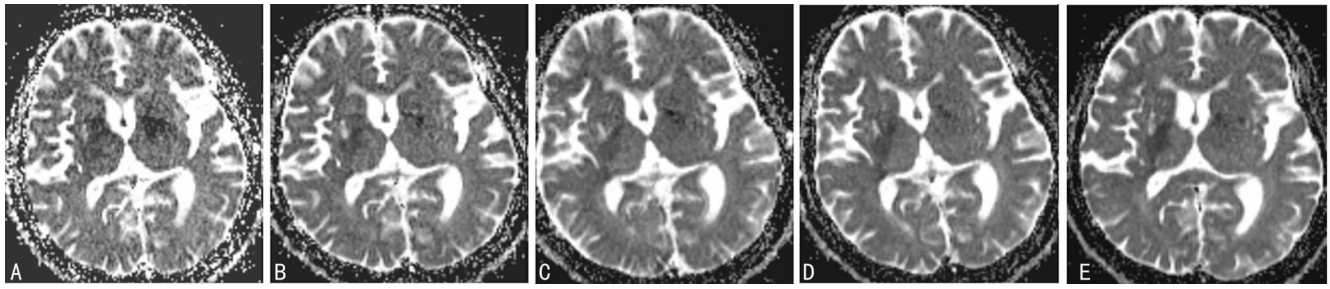
1.3 图像分析 急性脑梗死患者 ADC 值测定感兴趣区(region of interest, ROI)选用病灶最大层面,然后选取病灶中心,避开血管和脑沟测定 ADC 值。健康志愿者选取双侧基底节区、放射冠区、桥脑 6 处急性脑梗死常见位置,测得 ADC 值后取平均值。

1.4 统计学处理 采用 SPSS11.0 进行统计分析,两组 ADC 值在方差齐性检验后采用单因素方差分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 病例组 共纳入 20 例患者,发现 20 个病灶,其中基底节区 9 例,放射冠区 5 例(同时累及基底节及放射冠病灶以病灶主体所在位置为准),大脑半球 3 例,桥脑 3 例。20 例患者均在发病 6~12 h 内进行磁共振检查,在 DWI 上显示为不同程度的高信号, ADC 图上显示为低信号,阳性率为 100%,而且 DWI 上病灶的功能定位与患者临床症状、体征相符,见图 1。

2.2 对照组 纳入 20 例健康志愿者,无神经系统症状,男 10 例,女 10 例,平均年龄 42 岁。磁共振图像上均未发现异常信号。



A: $b=200 \text{ s/m}^2$; B: $b=400 \text{ s/m}^2$; C: $b=600 \text{ s/m}^2$; D: $b=800 \text{ s/m}^2$; E: $b=1000 \text{ s/m}^2$ 。

图 1 右侧基底节区急性脑梗死磁共振图像

2.3 ADC 值比较 $b=200, 400, 600, 800, 1000 \text{ s/mm}^2$ 时病例组及对照组 ADC 值见表 1。使用单因素方差分析, 得出两组 ADC 值随着 b 值的升高而逐渐降低, 差异具有统计学意义 ($P < 0.01$), 见图 2。

表 1 5 种不同 b 值下病例组及对照组 ADC 值比较 ($\times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$)

组别	200	400	600	800	1000
病例组	0.639 8	0.594 8	0.551 2	0.474 4	0.408 6
对照组	1.044 3	0.985 1	0.922 3	0.850 3	0.777 7

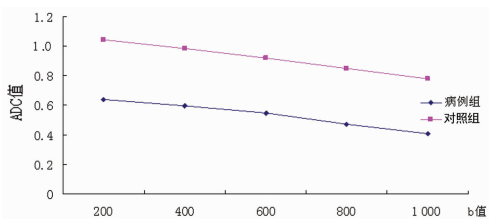


图 2 病例组与对照组 ADC 值随 b 值升高的变化趋势

3 讨论

弥散是分子或质子的微观平移运动, 在人体组织中, 细胞内水分子扩散的距离和方向反映了水分子在扩散过程中所遇到的各种障碍。弥散是体内重要的物质转运的方式^[3], 同时也是反映细胞功能的重要指标。Hahn 在 1950 年首次注意到水分子弥散对磁共振信号的影响, 之后 Stejskal 和 Tanner 将之发展为可测量的磁共振技术^[4]。

磁共振弥散成像是目前在活体上进行水分子弥散测量与成像的唯一方法。在物理学中, 分子弥散程度用弥散系数 D 表示^[5]。在活体中, 分子弥散受许多生理及病理因素的影响, 如血流、脑脊液流动, 脉搏搏动和细胞内外的膜状结构等, 通常采用综合了上述因素的 ADC 值来代替 D 值, 虽然 ADC 值还受到局部磁场均匀性、组织结构的 T2 信号的影响, 但是在目前还是最客观反映 D 值的参数。在 DWI 的成像技术中, 还涉及 b 值的设置, 通过不同 b 值两次以上的扩散加权成像即可计算出 ADC 值。 b 值是关于外加梯度场 (G 值) 的参数, 多数临床所使用的 MRI 机都是通过增加 G 值而使 b 值增大^[1]。

在正常颅脑磁共振检查中, 李德军等^[6]认为, 无论灰质还是白质, 平均 ADC 值随着 b 值的增加而降低。另外在 $b < 1000$ 之前衰减很快, 当 $b > 1000$ 之后, 衰减就变得平缓, 故本试验采用的 b 值为 200、400、600、800、1000 s/mm^2 。本试验在健康志愿者对照组中测定了临床工作中急性脑梗死最常发生的 3 个区域, 取其平均值, 得出的 ADC 值随 b 值的变化趋势也与李德军、叶瑞心等^[7]的结论一致。

急性脑梗死是临床常见病, 降低其致残率、致死率的重要途径是早期诊断, 为患者争取治疗的时间窗, 挽救缺血半暗带。现在超急性脑梗死的影像诊断, 需要经验丰富的影像医师以及需进行复杂操作、分析的脑灌注成像。DWI 由于分析简单、直观, 是早期诊断急性脑梗死的敏感技术之一^[8], 如能找到脑梗死患者 b 值对 ADC 值的影响规律, 或可使单独使用弥散技术诊断超急性脑梗死成为现实。

现在多数关于脑梗死的弥散实验的结果都认为, 在缺血早期, 由于细胞外大量水分子进入细胞内, 造成细胞外间隙变小, 再加上细胞肿胀, 细胞外间隙曲度增大, 因此, 缺血脑组织总的弥散程度减少, ADC 值降低^[9]。在动物模型和临床研究中, 实质弥散在梗死后几分钟到几小时就已显示降低^[10]。

本研究中, 急性脑梗死患者病灶 ADC 值, 同样有随着 b 值增加而逐渐降低的趋势, 说明无论在正常组织, 还是在缺血组织中, ADC 值随 b 值改变的趋势相同。这种趋势是不受脑组织细胞状态影响的, 而且这种趋势不仅存在于脑组织中, 在腹部脏器^[11]、前列腺^[12-13]的研究中同样存在。有文献报道, 当 b 值增加时, 脑组织的信号衰减偏离单指数曲线, 推测这是由于具有不同弥散系数的多种脑组织成分造成的^[14-15]。

急性脑梗死患者在不同 b 值下, ADC 值均较正常脑组织呈明显降低; 在急性脑梗死及健康志愿者 DWI 中, 不同 b 值下 ADC 值不同, 且具有显著负相关趋势。

参考文献

- 王宏清, 杨运俊, 陈伟建, 等. 超急性期脑梗死不同高 b 值磁共振扩散加权成像的实验研究[J]. 中国实用神经疾病杂志, 2008, 11(7): 41-42.
- 金辉, 张树桐, 刘松, 等. 多 b 值扩散加权成像对急性期脑梗死的诊断价值探讨[J]. 临床放射学杂志, 2012, 31(8): 1091-1093.
- 倪建明, 沈天真, 陈星荣. 脑组织 ADC 值定量研究的影响因素分析[J]. 中国医学计算机成像杂志, 2005, 11(1): 1-5.
- 何杰, 刘怀军, 黄勃源, 等. 正常成人脑组织弥散成像的定量研究[J]. 河北医科大学学报, 2006, 27(4): 267-270, 323.
- 李保权, 赵林, 李林芳, 等. MRI 弥散加权成像 (DWI) 诊断急性、亚急性脑梗死及相关定量参数的应用[J]. 脑与神经疾病杂志, 2006, 14(3): 210-212, 186.
- 李德军, 包尚联, 马林. 不同 b 值和扩散张量成像导出量的定量关系研究[J]. 中华放射学杂志, 2004, 38(12): 6-10.

裂,从而制订有利的治疗方案。需要指出的是远端桡尺韧带深层于尺骨小凹处的损伤,常规桡腕关节镜不易发觉,需要进行 Hook 试验^[4]。Hook 试验为诊断 TFCC 深部尺骨小凹撕脱的可靠指标,当其阳性时不可不行下尺桡关节镜探查。本组病例常规进行 Hook 试验检查,没有进行下尺桡关节镜探查,从而减少了手术难度和手术时间。笔者使用关节镜检查的目的也主要是佐证 TFCC 损伤的诊断,虽然镜下进行 TFCC 的修复也有报道,但其主要应用于急性的 TFCC 损伤,对合并有不能修复的韧带损伤,还是需要进行开放的韧带重建手术。

重建桡尺韧带的目的是最大限度恢复下尺桡关节的功能,如果 TFCC 组织破坏严重无法修复,行韧带重建就是较好的选择。一些学者采用肌腱固定术,如利用尺侧腕伸肌腱,但这种方法为间接的固定方法,效果不佳,且下尺桡关节的活动受到限制^[5]。现在越来越多的学者主张解剖重建远端桡尺韧带^[6-7],只有解剖重建才能获得最好临床效果,恢复下尺桡关节原始的生物力学状态,保留下尺桡关节的旋转和前后移动的功能。如果 TFCC 尺骨小凹附着处撕脱,而桡骨端附着完整,可以做单纯的修复和重建^[8-9],但单纯的修复缝线存在切割 TFCC 致其破裂,手术失败的风险;取肌腱穿过 TFCC 经尺骨骨隧道固定手术技术要求高,操作困难,同样存在 TFCC 破裂的风险,且仅限于桡骨端附着完整的患者。Adams 等^[10]推荐的术式经过 1 年多的随访取得了非常好的临床效果,14 例患者中 12 例不稳定问题得以解决,腕关节活动度和握力较术前都有明显恢复,而且该术式无论对何种类型的 TFCC 损伤都适合,手术失败风险低,操作相对容易。本组病例采用这一术式的 1 年随访结果也表明其临床效果可靠。笔者认为采用该术式治疗下尺桡关节不稳的适应证为:保守治疗 6 个月以上无效,症状持续存在或加重者,但如系桡骨远端骨折后存在畸形愈合者则不宜采用此术式。

下尺桡关节脱位或半脱位临床上也经常遇到,这种损伤已向背侧脱位多见,受伤机制为前臂极度旋前和过伸,很容易误诊,且多发展成慢性损伤。治疗慢性下尺桡关节不稳是对医务工作者的挑战,由于下尺桡关节解剖复杂,对其诊断和治疗目前也缺乏金标准,在开放之前先行关节镜检查,可以提高诊断的准确率,避免了手术的盲目性,因此笔者提倡有条件者先行关节镜探查术。本研究的不足之处在于样本量小,随访时间短,因此应加强对该病种的资料收集和随访工作。

(上接第 2776 页)

- [7] 叶瑞心,张卫东,梁碧玲. b 值强度和数目对脑组织 ADC 值测定的影响[J]. 影像诊断与介入放射学,2004,13(1): 3-6.
- [8] 龙响云,方向军,罗祖孝,等. 不同 b 值对脑扩散加权成像影响的研究[J]. 中国现代医学杂志,2011,2(11):1391-1393.
- [9] 黄力,王秀河,刘斯润. DWI、ADC 图对急性脑梗死诊断的应用及病理生理基础[J]. 中国病理生理杂志,2002,18(6):92-95.
- [10] Lansberg MG, Thijs VN, O'Brien MW, et al. Evolution of apparent diffusion coefficient, diffusion-weighted, and T2-weighted signal intensity of acute stroke [J]. AJNR, 2001,22(4):637-644.
- [11] 史丽静,郭勇,林伟. MR 扩散加权成像使用不同 b 值测量腹部脏器 ADC 值的比较[J]. 放射学实践,2008,23

参考文献

- [1] Nakamura T, Yabe Y. Histological anatomy of the triangular fibrocartilage complex of the human wrist[J]. Ann Anat 2000,182:567-572.
- [2] Hagert CG. Distal radius fracture and the distal radioulnar joint--anatomical considerations[J]. Handchir Mikrochir Plast Chir,1994,26(1):22-26.
- [3] Bednar JM, Osterman AL. The role of arthroscopy in the treatment of traumatic triangular fibrocartilage injuries [J]. Hand Clin,1994,10(4):605-614.
- [4] Atzei A. New trends in arthroscopic management of type 1-B TFCC injuries with DRUJ instability[J]. J Hand Surg Eur Vol,2009,34(5):582-591.
- [5] Breen TF, Jupiter JB. Extensor carpi ulnaris and flexor carpi ulnaris tenodesis of the unstable distal ulna[J]. J Hand Surg Am,1989,14(4):612-617.
- [6] Seo KN, Park MJ, Kang HJ. Anatomic reconstruction of the distal radioulnar ligament for posttraumatic distal radioulnar joint instability[J]. Clin Orthop Surg, 2009, 1(3):138-145.
- [7] Atzei A, Luchetti R. Foveal TFCC tear classification and treatment[J]. Hand Clin,2011,27(3):263.
- [8] Atzei A, Luchetti R, Braidotti F. Arthroscopic foveal repair of the triangular fibrocartilage complex[J]. J Wrist Surg,2015,4(1):22-30.
- [9] Bain GI, Mcguire D, Lee YC, et al. Anatomic foveal reconstruction of the triangular fibrocartilage complex with a tendon graft[J]. Tech Hand Up Extrem Surg,2014, 18(2):92-97.
- [10] Adams BD, Berger RA. An anatomic reconstruction of the distal radioulnar ligaments for posttraumatic distal radioulnar joint instability[J]. J Hand Surgery,2002,27(2): 243-251.

(收稿日期:2016-01-11 修回日期:2016-03-18)

(3):316-319.

- [12] 张方琼,朱记超,陈燕萍. 不同 b 值时正常前列腺 ADC 值变化与年龄相关性研究[J]. 中国临床医学影像杂志, 2015,26(1):34-37.
- [13] 杨磊,张凤翔,袁建军,等. 3.0 T 多 b 值弥散加权成像在前列腺癌与前列腺良性增生鉴别中的临床应用价值[J]. 现代中西医结合杂志,2015,24(27):3045-3047.
- [14] Assaf Y, Cohen Y. Non-mono-exponential attenuation of water and N-acetyl aspartate signals due to diffusion in brain tissue[J]. J Magn Reson,1998,131(1):69-85.
- [15] 王健,钱银锋,杨奇芳,等. 多 b 值 DWI 鉴别高级别胶质瘤及脑转移瘤[J]. 临床放射学杂志,2015,34(10):1540-1543.

(收稿日期:2016-01-08 修回日期:2016-03-16)