

多 b 值扩散加权成像在缺血性脑卒中诊断中应用的研究进展

李娜¹, 柴梦琪², 陆玉敏³

(1. 右江民族医学院影像医学与核医学 2016 级研究生, 广西 百色 533000

E-mail: 147303772@qq.com;

2. 右江民族医学院影像医学与核医学 2017 级研究生, 广西 百色 533000;

3. 右江民族医学院附属医院放射科, 广西 百色 533000)

摘要: 多 b 值弥散加权成像 (multib-value diffusion weighted imaging, MB-DWI) 是磁共振功能成像方法之一, 在中枢神经系统病变诊断中具有优越性。本文主要对目前 MB-DWI 在缺血性脑卒中诊断中的应用进行综述。

关键词: 磁共振成像; 缺血性脑卒中; 多 b 值扩散加权成像; 综述

中图分类号: R743.3

文献标识码: A

文章编号: 1001-5817(2018)04-0380-04

doi:10.3969/j.issn.1001-5817.2018.04.023

Advance in the application of multi-b value diffusion weighted imaging in the diagnosis of ischemic stroke

Li Na¹, Chai Mengqi², Lu Yumin³

(1. Graduate Student of Grade 2016, Department of Imaging and Nuclear Medicine, Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi, China

E-mail: 147303772@qq.com;

2. Graduate Student of Grade 2017, Department of Imaging and Nuclear Medicine, Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi, China;

3. Department of Radiology, Affiliated Hospital of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise 533000, Guangxi, China)

Abstract: Multi-b value diffusion weighted imaging is one of the functional magnetic resonance imaging methods and it is superior in the diagnosis of central nervous system lesions. In this paper, the present application of MB-DWI in the diagnosis of ischemic stroke is reviewed.

Key words: magnetic resonance imaging; ischemic stroke; Multi-b value diffusion weighted imaging; review

近年来,磁共振在中枢神经系统病变检查中表现出的优越性已被越来越多的人所认可,除了惯例的 T₁WI 扫描和 T₂WI 扫描,弥散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI) 因其能在病理生理、物理特征、生物组织微小构造上以水分子的分子影像表现提供临床所需求的信息,而被临床广泛应用。其中多 b 值弥散加权成像 (multib-value diffusion weighted imaging, MB-DWI) 以其能够在分子水平提供组织的弥散、灌注及水分子蛋白通道等信息的特点^[1], 成为近几年来大家探讨与研究的热点。MB-DWI 为疾病的定位、定性、鉴别诊断及预后评估提供了新的检查办法及论据, 进一步增加诊断的准确性。本文主要就目前多 b 值 DWI 使用在缺血性脑卒中诊断中的研究成果进行综述。

1 多 b 值的成像原理

扩散加权成像 (diffusion weighted imaging, DWI) 是一种取决于水分子无规律热运动的成像技术, 表现扩散系数 (apparent diffusion coefficient, ADC) 为其定量参数。ADC 弥散加权成像参数的扩散信号强度值的变化计算公式为 $ADC = (\ln S_1/S_2)/b_1 - b_2$, b₁、b₂ 是分别使用的扩散敏感因子, S₁、S₂ 分别为同一部位应用双因子扩散敏感梯度场后的组织信号强度。提高扩散敏感梯度, 能够相应地增加水分子弥散的敏感性, MR 信号衰减的原因也是由扩散敏感梯度引起的水分子扩散造成的, 因此, 水分子的 ADC 值以及 b 值就决定了衰减的程度, 而 ADC 值的大小与 b 值呈反比, 为提高 DWI 对水分子弥散的敏感度, 就必须增加 b 值, 以此来减低 ADC 值^[2]。进行多个 b 值

DWI(multiple-b value diffusion weighted imaging, MB-DWI)扫描,能够计算出更多的ADC值,进而更准确地动态观察及描述组织MR信号的变化规律。但是ADC值不但受扩散和灌注的双重效应影响,而且受常规DWI水平的单指数模型影响,当人脑组织内的水分子运动呈非单指数模型时,即当b值扩展到4000 s/mm²时,ADC值对组织生理学的反映明显受限^[3]。亦有研究表明^[4],因大脑组织结构复杂,脑组织在DWI图像上的衰减与水分子扩散运动呈非指数相关性关系。Le Bihan D等^[5]最先使用体素内不相干运动(intravoxel incoherent motion, IVIM),即双指数及拉伸指数模型对DWI参数进行成像,很好地解决了这一问题,IVIM的公式为: $S_b/S_0 = (1-f) \times \exp(-bD) + f \times \exp[-b(D+D^*)]$, S_b 指扩散系数为b时的信号强度, S_0 指扩散系数为0时的信号强度; D^* 为灌注相关扩散系数; D 为纯扩散系数; f 为灌注相关体积分数,只要采集足够的b值进行分析,就可以得到水分子的弥散过程、血流灌注及水通道蛋白介导的主动转运的相应有关参数。此后关于磁共振多b值扩散加权成像的研究逐步开展,并得到了临床的认可和和使用。在IVIM之后,Agre P等^[6]提出的水通道蛋白分子成像理论及李加慧等^[7]提出的三指数模型,又使MB-DWI在临床上的研究得到进一步深入。

2 缺血性脑卒中定义

缺血性脑卒中(cerebral ischemic stroke, CIS)是由各种原因引起的脑血液供应障碍,导致脑缺血、缺氧、坏死和相应的神经功能缺损。随着医疗技术水平及人们健康意识的不断提高,近几年缺血性脑卒中的死亡率、患病率、发病率和残疾率呈逐年下降的趋势,但在受影响的人的绝对数量和仍处于残疾的人群中, CIS的总体负担在全球范围内还是以增加为主且出现年轻化表现^[8]。所以强化缺血性脑卒中CIS的认识,加强CIS的预防、诊断及治疗的研究,可尽早对CIS患者进行抗栓治疗^[9],这在一定程度上可以减轻因CIS导致的死亡及残疾对患者本人、家庭及社会的沉重压力。

在理论上MB-DWI较常规DWI能够更准确地阐述组织的弥散情况,能够更准确地区分梗死核心与缺血半暗带,这是其在CIS诊断中的优越性所在。

3 b值的选择

b值的准确选择对于DWI来说十分重要,因为b值的大小与水分子弥散运动的敏感性成正比,但是过高的b值会使得到的DWI信噪比(SNR)明显减低,周围神经也会受到极大的刺激;b值过低,又会使血流灌注影响下的ADC值显著增加。为了抵消血流对DWI及ADC值的测量值的影响,b值的选择应大于b值的

下限值500 s/mm²。因为目前并没有一个明确的b值标准,所以通过选择多个合理的b值,对于CIS的诊断是非常必要及重要的。现在临床上,对CIS的检查中选择的b值下限多为1000 s/mm²,上限多为3000 s/mm²。虽然Lemke A等^[10]认为,多b值DWI技术的应用,至少应选用10个b值,然而当使用多个b值进行扫描检查时,病人接受检查的时间过长,一般状况较差的病人无法完成检查,所以,现在临床上一般仅选用2~8个b值。陈晶等^[11]对40例梗塞明确且面积较大者进行常规MRI及b值为0 s/mm²、1000 s/mm²、2000 s/mm²、3000 s/mm²的多b值DWI扫描,分别计算ADC值及观察ROI(感兴趣区)信号强度变化情况,结果表明,在4个依次增大的b值中,ROI及ADC值逐次减低,差异有统计学意义,实验结果认为,当b值达到3000 s/mm²,脑梗死的早期DWI诊断灵敏度可以达到100%。但其实1000 s/mm²的b值对新发脑梗死的敏感性也比较高,可作为常规选择,没必要一开始就进行高b值的DWI扫描,只有当b值=1000 s/mm²为阴性而临床症状又很明显时,才应适当选择更高b值。刘梦琦等^[12]对7例急性脑梗死患者进行常规磁共振及b值为1000 s/mm²、3000 s/mm²的扩散加权成像扫描,通过对比信噪比(SNR)、对比噪声比(CNR)和ADC值,得出的结论为:①ADC值高于b值=3000 s/mm²,差异无统计学意义;②b值=1000 s/mm²时的SNR及CNR明显低于b值=3000 s/mm²,差异有统计学意义。实验结果认为与低b值DWI相比,较高b值DWI对脑部急性微梗死病变更为敏感。孟育飞等^[13]对44例TIA患者进行常规MRI及b值为1000 s/mm²、2000 s/mm²、3000 s/mm²的DWI扫描,分两组进行比较分析:①定性分析:比较三种b值条件下的DWI图像,谁能更直观地显示病灶,谁能得到更准确的病灶范围及谁的图像伪影更多;②定量分析:进行三种不同b值DWI的ADC值变化情况及责任病灶体积的大小比较。实验结果认为,当b值大于2500 s/mm²时,因图像产生较重的伪影,并不利于观察微小病灶;而b值为2000 s/mm²时,就可以发现潜在的微小病变了,这对早期发现TIA患者的责任病灶更有益。Lettau M等^[14]也认为b值为5000 s/mm²时对超急性梗死的检测和预测最终梗死大小方面优于b值为1000 s/mm²或3000 s/mm²,即高b值DWI在脑卒中诊断中更有优越性。但也有少数研究者认为低b值对部分缺血缺氧性卒中的诊断也有一定的优越性。比如Peckham ME等^[15]对65例心跳骤停患者进行常规MRI及DWI扫描,比较三者的ADC值,得到的结论为低b值DWI较高b值对鉴别心肺骤停缺血性脑卒中和脑死亡更有效。但

是总体来说,在临床工作中一般多选用较高 b 值,即 b 值为 1000 s/mm^2 ,但对于缺血性脑卒中潜在微小病变的最佳检出,仍需要在不影响图像信噪比的情况下适当提高 b 值。至于什么才是最佳的 b 值,还有待更加深入的探讨与研究。

4 多 b 值 DWI 在缺血性脑卒中诊断中的研究现状

卢瑞洁等^[16]对 35 例亚急性期脑梗死患者同时进行常规 DWI 及多 b 值 DWI 序列的扫描, b 值分别为 0 s/mm^2 、 20 s/mm^2 、 40 s/mm^2 、 80 s/mm^2 、 110 s/mm^2 、 140 s/mm^2 、 170 s/mm^2 、 200 s/mm^2 、 300 s/mm^2 、 400 s/mm^2 、 500 s/mm^2 、 600 s/mm^2 、 700 s/mm^2 、 800 s/mm^2 、 900 s/mm^2 、 1000 s/mm^2 。扫描得到的多 b 值数据经 IVIM 后处理得到 D 值、 D^* 值及 f 值。发现亚急性期脑梗死灶 ADC 值、 D 值、 D^* 值及 f 值均低于对照侧镜像区,差异有统计学意义。说明 IVIM 技术在获得的脑组织水分子弥散信息的同时,也获得了血流灌注的信息,这对进一步解析亚急性脑梗死的发生提供了有力的证据。Wong Sau May 等^[17]对 73 例脑小血管疾病患者(70 岁)和 39 例对照组(69 岁)行多 b 值 DWI 序列的扫描, b 值分别为 0 s/mm^2 、 5 s/mm^2 、 7 s/mm^2 、 10 s/mm^2 、 15 s/mm^2 、 20 s/mm^2 、 30 s/mm^2 、 40 s/mm^2 、 50 s/mm^2 、 60 s/mm^2 、 100 s/mm^2 、 200 s/mm^2 、 400 s/mm^2 、 700 s/mm^2 、 1000 s/mm^2 。采用多变量线性回归分析了灌注体积分数 f 和实质扩散系数 D 的组间差异,探讨 IVIM 与疾病严重程度的关系,结果表明 IVIM 成像显示在 f 值和 D 值中出现异常,可间接反映疾病的严重程度,这说明了 IVIM 成像在诊断脑卒中中具有一定的潜力。邢培秋等^[18]将 31 只成年雄性 SD 大鼠随机分成实验组和假手术组,行右侧大脑中动脉栓塞建立短暂性脑缺血模型,在恢复再灌注后 48 h 行 MRI 检查采集 T2、 b 值为 1000 s/mm^2 的常规 DWI 及 b 值为 2000 s/mm^2 、 2500 s/mm^2 、 3000 s/mm^2 、 3500 s/mm^2 、 4000 s/mm^2 、 4500 s/mm^2 的水通道蛋白的磁共振分子成像(AQP MRI)图像。结果表明。受影响的实验组中的大鼠患侧 AQP-ADC 值明显低于健侧,且实验组在双侧变化的百分比亦明显低于假手术组,差异有统计学意义,说明 AQP MRI 与 AQP 的表达具有一定的相关性;在色彩跨度上 AQP-ADC 伪彩图所呈现的也明显大于传统的 ADC 图。实验表明 AQP MRI 对缺血性脑卒中诊断有一定价值,但仍需要开展更多的应用研究。这跟孟繁峰等^[19]在 2004 年时的研究结果一致。

综上所述,目前 MB-DWI 在 CIS 诊断中的应用确实具有一定的优越性,但由于多 b 值 IVIM 的研究热点主要在于肿瘤性病变^[21-23],而多 b 值 AQP MRI 的

研究进展较慢,相关研究成果鲜少见报,所以国内外关于多 b 值在 CIS 上相关研究的报道数量仍很少,这也说明 MB-DWI 在 CIS 的研究上仍具有很大的空间。

5 多 b 值 DWI 的局限性及应用前景

现在国内外关于 MB-DWI 的研究以脑肿瘤、消化道病变、前列腺病变及子宫肿瘤为主^[20-24],对多 b 值 DWI 在脑血管病变中的相关研究鲜少见报,主要原因包括以下几个方面:①高 b 值 DWI 扫描对设备的要求高;②高 b 值 DWI 扫描时间较常规 MRI 扫描及低 b 值 DWI 明显延长,这使脑卒中患者在检查过程中必须承担更高的风险;③大脑组织里复杂的水分子运动及环境变化,令需动态检测的点较多,难以一一检测。尽管如此,多 b 值 DWI 较常规 MRI 对微小病变的敏感性及对缺血半暗带观察更具优越性,为 MRI 的分子影像学研究开辟了一条新的路径,为实现精准医学夯实好基础,随着磁共振技术的发展,医疗设备的不断改进,其应用前景将会更加宽广。

参考文献:

- [1] Federau C, Maeder P, O'Brien K, et al. Quantitative measurement of brain perfusion with intravoxel incoherent motion MR imaging[J]. Radiology, 2012, 265(3): 874-881.
- [2] 杨正汉,冯逢,王霄英. 磁共振成像技术指南[M]. 北京:人民军医出版社,2010:263-265.
- [3] 张顺,张妍,朱文珍. 急性缺血性脑卒中的磁共振研究进展[J]. 放射学实践,2013,28(4):473-476.
- [4] Kwee TC, Galbán CJ, Tsien C, et al. Comparison of apparent diffusion coefficients and distributed diffusion coefficients in high-grade gliomas[J]. J Magn Reson Imaging, 2010, 31(3):531-537.
- [5] Le Bihan D, Breton E, Lallemand D, et al. MR imaging of intravoxel incoherent motions; application to diffusion and perfusion in neurologic disorders[J]. Radiology, 1986, 161(2):401-407.
- [6] Agre P, Sasaki S, Chrispeels MJ. Aquaporins: a family of water channel proteins[J]. Am J Physiol, 1993, 265(3 Pt 2):F461.
- [7] 李加慧,李秋菊,于兵,等. DWI-MRI 多 b 值水通道蛋白分子成像机理和方法学研究[J]. 中国临床医学影像杂志,2014,25(3):186-189.
- [8] Mensah GA, Norrving B, Feigin VL. The global burden of stroke[J]. Neuroepidemiology, 2015, 45(3):143-145.
- [9] 卢运康,凌政,吴显儒,等. 北流市村医对缺血性脑卒中抗栓治疗相关知识认知现状分析[J]. 右江民族医学院学报,2016,38(5):519-520.
- [10] Lemke A, Stieltjes B, Schad LR, et al. Toward an optimal distribution of b values for intravoxel incoherent motion imaging[J]. Magnetic Resonance Imaging, 2011,

29(6):766-776.

- [11] 陈晶,张武,李香营,等.不同 b 值 DWI 成像在早期脑梗死中的应用[J]. 医疗卫生装备,2017,38(6):91-93.
- [12] 刘梦琦,武雷,臧秀娟,等.高 b 值扩散加权成像在脑部急性微梗死病变中的诊断价值[J]. 中国医学影像学杂志,2017,25(5):340-343.
- [13] 孟育飞,周存和,贺丹,等.TIA 患者不同 b 值磁共振弥散加权成像研究[J]. 脑与神经疾病杂志,2017,25(5):281-286.
- [14] Lettau M,Laible M. 3-T high-b-value diffusion-weighted MR imaging of hyperacute ischemic stroke in the vertebrobasilar territory[J]. Journal of Neuroradiology. Journal De Neuroradiologie,2012,39(4):243-253.
- [15] Peckham ME, Anderson JS, Rassner UA, et al. Low b-value diffusion weighted imaging is promising in the diagnosis of brain death and hypoxic-ischemic injury secondary to cardiopulmonary arrest[J]. Critical Care(London, England),2018,22(1):165.
- [16] 卢瑞沾,张俊成,黄飞文,等.亚急性期脑梗死的体素内不相干运动扩散加权成像[J]. 中国医学影像技术,2017,33(8):1181-1184.
- [17] Wong SM, Zhang CE, van Bussel FC, et al. Simultaneous investigation of microvasculature and parenchyma in cerebral small vessel disease using intravoxel incoherent motion imaging[J]. NeuroImage: Clinical,2017,14:216-221.
- [18] 邢培秋,陈秋雁,吴富淋,等.短暂性脑缺血大鼠模型的水通道蛋白磁共振分子成像研究[J]. 磁共振成像,2017,8(1):51-56.
- [19] 孟繁峥,宋丽君,朱辉,等.局灶性脑缺血大鼠水通道蛋白 4 的变化[J]. 中国临床康复,2004,8(28):6246-6247.
- [20] 陈亚晗,李娜,柴梦琪,等.多模态 MRI 在脑胶质瘤边界区分中的研究进展[J]. 右江民族医学院学报,2018,40(1):72-74,86.
- [21] Togao O,Hiwatashi A,Yamashita K, et al. Differentiation of high-grade and low-grade diffuse gliomas by intravoxel incoherent motion MR imaging[J]. Neuro-oncology,2016,18(1):132-141.
- [22] Shinmoto H,Tamura C,Soga S, et al. An intravoxel incoherent motion diffusion-weighted imaging study of prostate cancer[J]. AJR Am J Roentgenol,2012,199(4):W496-500.
- [23] Woo S, Lee JM, Yoon JH, et al. Intravoxel incoherent motion diffusion-weighted MR imaging of hepatocellular carcinoma: correlation with enhancement degree and histologic grade[J]. Radiology,2014,270(3):758-767.
- [24] 张洁,王艳萍,林瑞贞,等.多 b 值磁共振扩散加权成像及动态增强扫描在宫颈癌临床分期及疗效评价中的初步研究[J]. 临床放射学杂志,2017,36(8):1150-1155.

收稿日期:2018-05-27;修回日期:2018-08-13

(上接第 379 页)

- [26] Lin Y,Chen Q,Liu QX ,et al. High expression of DJ-1 promotes growth and invasion via the PTEN-AKT pathway and predicts a poor prognosis in colorectal cancer [J]. Cancer Med,2018,7(3):809-819.
- [27] 周立荣,刘彧.老年三阴性乳腺癌 PTEN、DJ-1 表达及其与临床病理的相关性研究[J]. 实用预防医学,2014,21(10):1242-1244.
- [28] Kubota T,Yagi T,Tomonari H,et al. Influence of surgical orthodontic treatment on masticatory function in skeletal Class III patients[J]. J Oral Rehabil,2015,42(10):733-741.
- [29] Choi SK,Hong YO, Lee WM, et al. Overexpression of PI3K -p110 α in the progression of uterine cervical neoplasia and its correlation with pAkt and DJ-1[J]. Eur J Gynaecol Oncol,2015,36(4):389-393.
- [30] Ismail IA, Kang HS, Lee HJ, et al. DJ-1 upregulates breast cancer cell invasion by repressing KLF17 expression[J]. Br J Cancer,2014,110(5):1298-1306.
- [31] Ismail IA,El-Sokkary GH,Saber SH. Low doses of Paclitaxel repress breast cancer invasion through DJ-1/KLF17 signaling pathway [J]. Clin Exp Pharmacol Physiol,2018. doi:10.1111/1440-1681.12960.

收稿日期:2017-12-22;修回日期:2018-08-06