

• 脑功能成像影像学专题 •

颈动脉狭窄患者脑部磁共振扩散加权成像研究

方慧, 周勇, 伍建林

【摘要】 目的:联合应用磁共振扩散加权成像(DWI)及血管成像(MRA),探讨颈动脉狭窄者及健康志愿者双侧颈动脉对应脑区 ADC 值的差异性。**方法:**搜集经颈动脉三维对比增强 MRA 证实的颈动脉狭窄者 87 例[男 44 例,女 43 例,年龄 38~89 岁,平均(65.17±11.56)岁]作为研究组,健康志愿者 21 例[男 9 例,女 12 例,年龄 39~80 岁,平均(61.76±10.63)岁]作为对照组,均行 T₂ FLAIR 和 DWI 检查,测量 9 个脑区 ADC 值并分析双侧对应脑区 ADC 值的差异。**结果:**中重度颈动脉狭窄组狭窄侧的侧脑室前部、后部、前角、后角周围脑白质及颞枕交界区较对侧升高且差异有统计学意义($P<0.05$),各组的颞叶、颞颥交界区、尾状核头部及丘脑区的 ADC 值双侧差异无统计学意义($P>0.05$)。**结论:**中重度颈动脉狭窄患者前循环供血脑区 ADC 值变化提示 DWI 可能对反映脑组织的慢性低灌注状态有帮助。

【关键词】 颈动脉狭窄; 扩散加权成像; 磁共振血管成像; 白质病变

【中图分类号】 R445.2; R743; R543.4 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-0313(2013)03-0272-04

Cerebral diffusion-weighted imaging for patients with carotid stenosis FANG Hui, ZHOU Yong, WU Jian-lin, Department of Radiology, the Fifth People's Hospital of Dalian, 116021 Dalian, P. R. China

【Abstract】 Objective: To investigate the alterations of subtle cerebral structures caused by carotid stenosis by using diffusion-weighted imaging and MR angiography. **Methods:** 87 cases of carotid stenosis (44 males, 43 females, age range 38~89 years, mean age: 65.17 years) and 21 cases of matched healthy controls (9 males, 12 females, age range 39~80 years, mean age: 61.76 years) were recruited in this study on the basis of three-dimensional contrast enhanced MR angiography (MRA) of carotid artery. All cases were measured and compared with bilateral cerebral ADC values. $P<0.05$ is of statistical significance. **Results:** In moderate and severe groups the ADC values of the white matter around the anterior part and horn, posterior part and horn of lateral ventricular and temporal occipital junction regions of the narrow side were higher than that of the normal side ($P<0.05$); in normal and mild groups there were no significance between bilateral ADC values of temporal lobe, frontal temporal junction regions, head of caudate nucleus and thalamus ($P>0.05$). **Conclusion:** Changes of the ADC values can be observed in many cerebral regions with moderate and severe groups indicating that DWI may be helpful to reflect chronic hypoperfusion of the brain tissue supplying by anterior circulation.

【Key words】 Carotid stenosis; Diffusion weighted imaging; Magnetic resonance angiography; White matter diseases

慢性脑缺血(chronic cerebral ischemia, CCI)常继发于多种脑血管病病理过程中,可导致持久性或进展性认知及神经功能障碍^[1],颈动脉狭窄是其重要病因。目前低灌注脑损伤的诊断手段主要是 CT 和 MRI^[2],然而其形态学变化相对于细微结构的变化较为迟滞。本研究通过对 87 例颈动脉狭窄者和 21 例健康志愿者行颅脑 DWI 检查,分析不同狭窄程度颈动脉对应脑区 ADC 值的差异,旨在探讨磁共振成像技术对慢性脑缺血的诊断价值。

材料与方法

选取 2010 年 12 月—2012 年 2 月本院经 CE-MRA 证实为颈动脉狭窄且有完整临床资料的住院患者作为研究组,另选取年龄相匹配经颈动脉的健康志愿者 CE-MRA 证实无颈动脉狭窄者的作为正常对照

组。所有受试者均行颅脑 T₂ FLAIR 及 DWI 检查,2 种检查间隔时间不超过两周,且其间相关临床症状无明显进展。依据大脑前、中动脉及主要分支的 MRA 结果排除非颈内动脉颅内动脉狭窄,同时排除以下情况:①颈部外伤、肿瘤、放疗后、血管畸形、夹层动脉瘤及有血管杂音及非特异性临床症状,临床拟诊为大动脉炎者;②心源性因素致颅内缺血;③急性脑出血;④大面积脑梗死;⑤特定原因引起的脑白质脱髓鞘改变。入组者签署知情同意书;⑥排除双侧颈动脉狭窄程度相同及狭窄程度较轻侧颈动脉达中度狭窄的病例。

采用 Philips Intera 1.5T MRI 机,使用 8 通道头颈联合线圈。头颈部三维对比增强 MRA: TR 5.4 ms, TE 1.96 ms, 矩阵 508×508。以 2.3~2.5 ml/s 流速经肘静脉注入钆喷酸葡胺,剂量 0.02 mmol/kg,继之以相同流率注射等量生理盐水,扫描范围自主动脉弓至大脑 Willis 环,包括大脑前、中动脉主要分支; FSE T₂ FLAIR: TR 11000 ms, TE 140 ms, TI 2800 ms; EPI-DWI: TR 2943 ms, TE 85 ms, b=0 和 1000 s/mm², 层厚 7 mm, 间距 0.7~

作者单位: 116021 辽宁, 大连市第五人民医院核磁介入科(方慧、周勇); 116001 大连, 大连大学附属中山医院影像中心(伍建林)

作者简介: 方慧(1978—), 女, 辽宁新民人, 硕士, 主治医师, 主要从事中枢神经系统影像诊断工作。

通讯作者: 伍建林, E-mail: cjr_wujianlin@vip.163.com

1.0 mm,矩阵 268×192~192×153。

颈动脉狭窄程度的测量根据北美症状性颈动脉内膜切除协作组(North American Symptomatic Carotid Earterectomy Trial,NASCET)的标准进行分级:轻度狭窄 0%~29%;中度狭窄 30%~69%;重度狭窄 70%~99%;完全闭塞 100%。本研究将完全闭塞者亦归于重度狭窄组,多处狭窄者取狭窄最显著处作为其狭窄程度入组。

在 9 个部位选取兴趣区:前、后部侧脑室旁脑白质(以下简称侧脑室前部、后部)、侧脑室前角、后角旁脑白质(以下简称侧脑室前、后角)、额颞交界区、颞枕交界区及颞叶这 7 个部位的相邻呈三角形排列的 3 个面积为 0.6cm² 作为兴趣区;另在尾状核头部、丘脑中心区域取呈线状排列的 3 个相邻面积为 0.6 cm² 的点作为兴趣区。ROI 应避免开急性慢性脑梗死灶、血管、钙化灶及脑脊液。

狭窄组和对照组双侧脑区 ADC 值采用 Wilcoxon 秩和检验进行分析, $P<0.05$ 为差异有统计学意义。测量者间隔一个月以上随机抽取 20 例受检者重复测量,ADC 值以正常对照组平均值为中间值,以两倍标准差为间隔进行分级,分级结果进行 Kappa 检验。

结 果

正常对照组及颈动脉狭窄组对应脑区 ADC 值测量结果见表 1。

表 1 不同狭窄程度颈动脉对应脑区 ADC 值 (×10⁻³mm²/s)

部位	ADC 值			
	正常	轻度	中度	重度
侧脑室前部	0.76±0.07	0.81±0.15	0.87±0.20	0.83±0.11
侧脑室后部	0.78±0.17	0.78±0.10	0.82±0.13	0.81±0.14
侧脑室前角	0.90±0.22	0.92±0.23	0.98±0.22	0.98±0.17
侧脑室后角	0.85±0.10	0.90±0.16	1.00±0.25	0.92±0.16
额颞交界区	0.83±0.14	0.81±0.13	0.86±0.21	0.90±0.22
颞叶	0.88±0.11	0.87±0.10	0.90±0.10	0.91±0.07
颞枕交界区	0.78±0.07	0.79±0.22	0.80±0.09	0.80±0.14
尾状核头	0.76±0.05	0.78±0.11	0.79±0.07	0.77±0.06
丘脑	0.78±0.06	0.80±0.10	0.81±0.07	0.82±0.06

正常对照组双侧对应脑区 ADC 值的差异性分析结果见表 2。

表 2 正常对照组双侧脑区 ADC 值 Wilcoxon 秩和检验结果

部位	Z 值	P 值
侧脑室前部	-0.469	0.639
侧脑室后部	-0.330	0.741
侧脑室前角	-1.721	0.085
侧脑室后角	-0.817	0.414
额颞交界区	-0.643	0.520
颞叶	-0.939	0.348
颞枕交界区	-1.755	0.079
尾状核头	-1.755	0.079
丘脑	-1.860	0.063

注:检验水准 $\alpha=0.05$ 。

双侧各对应脑区 ADC 值行 Wilcoxon 秩和检验,各脑区双侧 ADC 值的差异无统计学意义($P>0.05$)。

狭窄组双侧脑区 ADC 值比较结果(表 3):轻度狭窄组仅双侧尾状核头部 ADC 值的差异有统计学意义($P<0.05$);中度组双侧侧脑室前部、后部、前角、后角以及颞枕交界区和颞叶 ADC 值的差异有统计学意义($P<0.05$);重度组双侧侧脑室前部、后部、前角、后角以及额颞交界区、颞枕交界区和尾状核头部 ADC 值的差异有统计学意义($P<0.05$)。总体上,中、重度颈动脉狭窄同侧的侧脑室前部、后部、前角、后角、颞枕交界区 ADC 值较对侧升高(图 1、2)且差异有统计学意义($P<0.05$),轻度组及正常组双侧 ADC 值差异无统计学意义($P>0.05$)。

表 3 狭窄组双侧颈动脉对应脑区 ADC 值检验结果

部位	P 值		
	轻度	中度	重度
侧脑室前部	0.057	<0.001 ^a	0.002 ^a
侧脑室后部	0.512	<0.001 ^a	0.034 ^b
侧脑室前角	0.330	<0.001 ^a	0.034 ^b
侧脑室后角	0.394	<0.001 ^a	0.028 ^b
额颞交界区	0.357	0.096	0.010 ^b
颞叶	0.120	0.001 ^a	0.695
颞枕交界区	0.228	0.001 ^a	0.002 ^a
尾状核头	0.048 ^b	0.072	0.008 ^a
丘脑	0.688	0.847	0.060

注:^a: $P<0.01$,^b $P<0.05$ 。

对不同研究者的诊断结果的一致性检验结果见表 1,显示两次测量结果间有较高的一致性(Kappa 值均 >0.75)。

表 4 研究者一致性的 Kappa 检验结果

部位	Kappa 值 [*]
侧脑室前部	0.932
侧脑室后部	0.932
侧脑室前角	0.932
侧脑室后角	0.932
额颞交界区	0.799
颞叶	0.799
颞枕交界区	0.932
尾状核头	0.932
丘脑	0.932

注:^{*} $P<0.01$ 。

讨 论

DWI 是目前检测活体组织中水分子扩散运动的最佳方法,ADC 用于描述扩散加权成像中不同方向水分子扩散的速度和范围。脑组织低灌注损伤时,轴突损伤、神经元核仁消失或变小、神经元脱失、髓鞘脱失、血脑屏障破坏和血管新生等^[3],这些改变可使细胞内外、跨膜及微循环水分子的运动更加自由,可推测 ADC 值升高。有研究表明脑血流灌注与血管狭窄程度呈负相关关系^[4],脑白质的低灌注脑损伤可能与血管狭窄程度相关。本研究结果显示,中、重度颈动脉狭

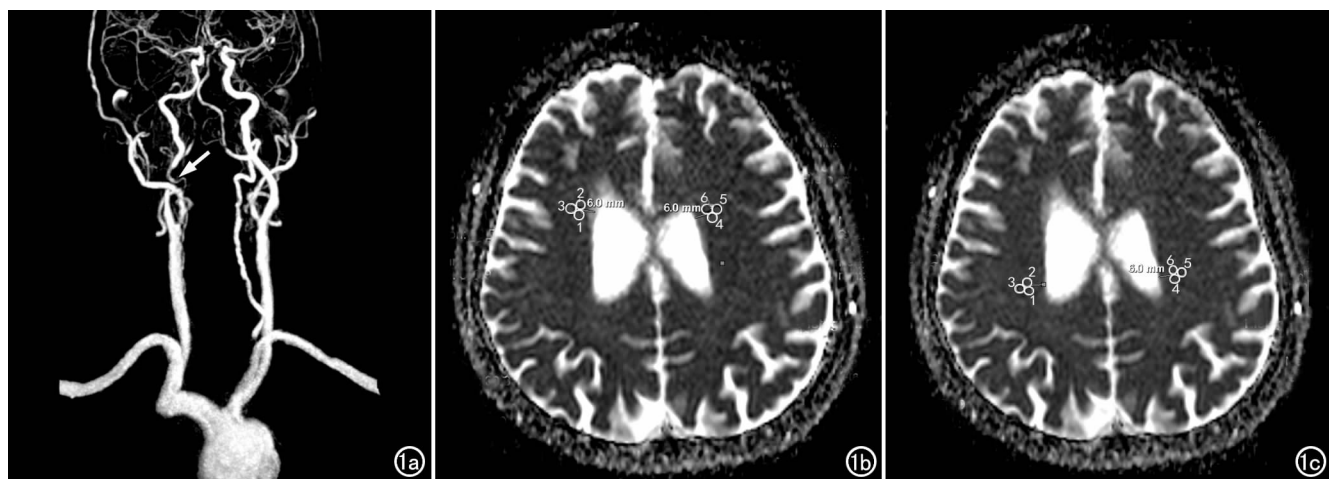


图 1 CCI 慢性脑供血不足患者。a) MRA 示右侧颈内动脉颅外段管腔重度狭窄(箭); b) 双侧侧脑室前部周围脑白质区 ADC 值, 右侧 3 点(1~3)分别为 0.85×10^{-3} 、 0.83×10^{-3} 和 $0.78 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 左侧 3 点(4~6)分别为 0.75×10^{-3} 、 0.75×10^{-3} 和 $0.78 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; c) ADC 图上双侧侧脑室后部周围脑白质 ADC 值, 右侧 3 点(1~3)分别为 0.81×10^{-3} 、 0.75×10^{-3} 和 $0.79 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$, 左侧(4~6)依次为 0.77×10^{-3} 、 0.67×10^{-3} 和 $0.73 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

窄患者狭窄侧的侧脑室体前部、后部、前角和后角旁白质、颞叶及尾状核头 ADC 值较对侧脑区有显著升高。同时正常对照组各脑区双侧 ADC 值差异无统计学意义, 因而 ADC 值升高可能间接反映了上述脑区低灌注状态。Rentsch-Granges 等^[5]对颈动脉狭窄程度相近的 26 例无症状者及 59 例有症状者利用 DWI 的 ADC 图进行研究后认为, 颈动脉斑块与前循环供血区 ADC 值的升高有相关性, 可能反映有症状及无症状患者脑组织慢性低灌注状态, 与本研究结果一致。

本研究中以相同患者较重一侧颈动脉为基准分组, 比较狭窄程度不同的双侧颈动脉对应脑区的 ADC 值, 避免了因个体差异引起的脑 ADC 值的变化。但动脉粥样硬化为全身性疾病, 狭窄对侧颈动脉仍可能存在不同程度的狭窄, 单纯按照狭窄较重侧分组, 其狭

窄程度不能完全代表颈动脉狭窄造成的血流动力学差异, 研究结果可能发生偏倚。为减小偏倚、同时保证样本数量, 本研究中排除了双侧颈动脉狭窄程度相同及对侧颈动脉中度狭窄的病例, 尽量控制对侧颈动脉狭窄对结果的影响。

研究中发现, 中重度狭窄颈动脉侧脑室体旁白质区 ADC 值与对侧有显著差异, 侧脑室前角旁白质区仅在重度狭窄组有显著差异。究其原因, 笔者考虑侧脑室前角旁脑白质区为前分水岭区, 双侧大脑前动脉的灌注减低可通过前交通支开放这一初级侧支循环途径进行代偿, 可能其与其它大脑半球的分水岭区相比更不易发生脑缺血。

尾状核头为灰质核团, 在本研究中, 轻度及重度狭窄组此部位的 ADC 值亦有显著差异, 可能反映了颈

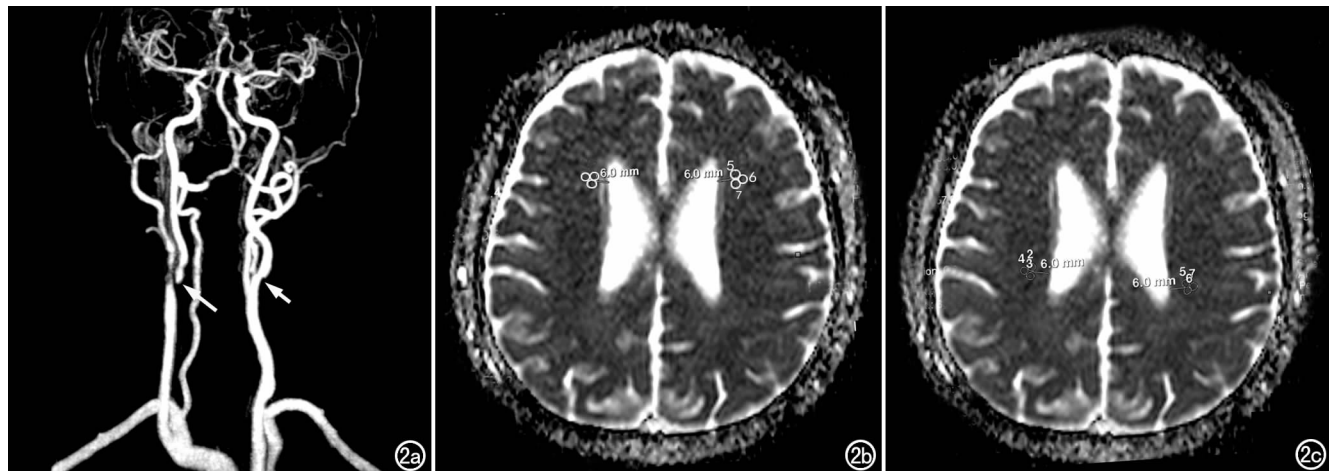


图 2 CCI 慢性脑缺血患者。a) MRA 示右侧颈内动脉起始部管腔重度狭窄(长箭), 左侧颈内动脉起始部管腔轻度狭窄(短箭); b) 双侧侧脑室前角周围脑白质区 ADC 值, 右侧 3 点分别为 0.83×10^{-3} 、 0.97×10^{-3} 、 $0.82 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; 左侧 3 点依次为 0.78×10^{-3} 、 0.69×10^{-3} 、 $0.77 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; c) 双侧侧脑室后角周围脑白质 ADC 值, 右侧 3 点分别为 0.78×10^{-3} 、 0.69×10^{-3} 、 $0.77 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$; 左侧 3 点依次为 0.66×10^{-3} 、 0.68×10^{-3} 、 $0.73 \times 10^{-3} \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

动脉狭窄尾状核头部血流灌注减低,这一结果与文献报道一致^[6]。但值得注意的是,轻度狭窄组双侧脑白质区 ADC 值差异无明显统计学意义,但狭窄侧尾状核头的 ADC 值较对侧升高且差异,有统计学意义,似乎尾状核头比白质区对于缺血更敏感,这一发现与以往文献报道不同^[7]。因此,尾状核头部在反映早期低灌注性脑实质异常中的作用有待于扩大样本量进一步研究。另外,仅中度狭窄组双侧颞叶 ADC 值差异有统计学意义,重度组无明显差异,可能与双侧颞叶结构不完全对称、脑萎缩及本组病例数量较少等原因有关。

与额顶叶及枕叶白质相比,海马更容易受到低灌注脑损伤的影响^[8],对海马的低灌注脑损伤的研究有重要意义,遗憾的是本研究为回顾性研究,通过所获得的有限的影像信息对海马进行研究可能会导致结果有较大偏差,故未选择海马作为兴趣区。另外,DSA 为诊断血管病变的金标准,不过近年来有大量研究表明 CE-MRA 对颈动脉狭窄的检出效能接近 DSA,故本研究中采用了 CE-MRA 作为血管狭窄的评价手段,此亦有可能为本研究的不足之处^[9]。

综上所述,联合应用 MRA 和 DWI 及 ADC 值的测量,不仅可以直观显示颈动脉狭窄的有无及其程度,还可能间接反映颈动脉狭窄患者脑组织的慢性低灌注状态,有利于对脑组织慢性低灌注状态的早期发现及诊疗,因而具有一定的临床应用前景。

参考文献:

- [1] van Oijen M, de Jong FJ, Witteman JC, et al. Atherosclerosis and risk for dementia[J]. *Ann Neurol*, 2007, 61(5): 403-410.
- [2] 中国脑血管病防治指南编写委员会. 中国脑血管病防治指南[M]. 北京: 卫生部疾病控制司, 中华医学会神经病学分会, 2005: 1-3.
- [3] 林琅. 白质疏松缺血损伤机制的神经病理与神经影像学[D]. 重庆: 第三军医大学, 2009: 19398.
- [4] Jongen LM, van der Worp HB, Waaijer A, et al. Interrelation between the degree of carotid stenosis, collateral circulation and cerebral perfusion[J]. *Cerebrovasc Dis*, 2010, 30(3): 277-284.
- [5] Rentsch-Granges V, Assal F, Pereira VM, et al. ADC mapping of chronic cerebral hypoperfusion induced by carotid artery stenosis[J]. *J Neuroradiol*, 2011, 38(4): 232-237.
- [6] Otori T, Katsumata T, Murumatsu H, et al. Long-term measurement of cerebral blood flow and metabolism in a rat chronic hypoperfusion model[J]. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 2003, 30(4): 266-272.
- [7] Tomimoto H, Ihara M, Wakita H, et al. Chronic cerebral hypoperfusion induces white matter lesions and loss of oligodendroglia with DNA fragmentation in the rat[J]. *Acta Neuropathol*, 2003, 106(6): 527-534.
- [8] Macri MA, DAlessandro N, Di Giulio C, et al. Regional changes in the metabolite profile after long-term hypoxia-ischemia in brains of young and aged rats: a quantitative proton MRS study[J]. *Neurobiol Aging*, 2006, 27(1): 98-104.
- [9] Schuster L, Hauser T, Essig M. Significance of MR angiography for imaging diagnostics of carotid artery diseases[J]. *Radiologe*, 2010, 50(7): 597-606.

(收稿日期: 2012-08-11 修回日期: 2012-11-14)

欢迎订阅 2013 年《放射学实践》

《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期刊, 由国内著名影像专家郭俊渊教授担任主编, 创刊至今已 28 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、专家荐稿、研究生展版、图文讲座、本刊特稿、实验研究、传染病影像学、影像技术学、外刊摘要、学术动态、请您诊断、病例报道、知名产品介绍、信息窗等。

本刊为月刊, 120 页, 每册 15 元, 全年定价 180 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.fsxsj.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