

磁共振灌注成像评估蛛网膜下腔出血后  
脑血管痉挛的价值

郎胜坤 许厚银 董月青 马铁柱 孙 艳 郝芊芊 王慧敏

**【摘要】目的** 观察磁共振灌注成像(MR-PWI)对动脉瘤性蛛网膜下腔出血(aSAH)后脑血管痉挛(CVS)脑血流动力学的评估价值。**方法** 2014 年 1~12 月收治 aSAH 80 例,根据 CVS 程度分为无血管痉挛组(23 例),轻度痉挛组(19 例),中度痉挛组(19 例)和重度痉挛组(19 例),选取同期收治的颅内未破裂动脉瘤 20 例作为对照组。均进行 DSA 和磁共振灌注成像检查,MR-PWI 检测的区域包括大脑前动脉(ACA)供血区、大脑中动脉(MCA)供血区以及基底节区(BSGL),分析 MR-PWI 相对脑血容量(rCBV)、相对脑血流量(rCBF)、平均通过时间(MTT)以及达峰时间(TTP)等参数与 CVS 的相关性。**结果** 重度痉挛 ACA 供血区、MCA 供血区以及 BSGL 的 rCBF、rCBV 较对照组明显下降( $P<0.05$ ),而无血管痉挛组、轻度痉挛组、中度痉挛组 BSGL 的 rCBF 以及 ACA 供血区的 rCBF 均明显低于对照组( $P<0.05$ );中度痉挛组 ACA 供血区、MCA 供血区、BSGL 的 TTP 以及 MTT 均明显高与对照组( $P<0.05$ ),且随着痉挛程度的加重,变化更加明显( $P<0.05$ )。CVS 程度和 rCBV、rCBF 呈负相关( $P<0.05$ ),但是其相关度较低( $r<0.4$ );CVS 程度与 TTP、MTT 呈正相关( $P<0.05$ ),为中度相关( $0.308<r<0.744$ )。**结论** MR-PWI 检查能够定量提供脑组织血流灌注的信息,指导 CVS 的临床诊疗。

**【关键词】** 动脉瘤性蛛网膜下腔出血;脑血管痉挛;磁共振灌注成像;血流动力学

**【文章编号】** 1009-153X(2016)09-0517-04 **【文献标志码】** A **【中国图书资料分类号】** R 743.9; R 455.2

Evaluation of cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage by magnetic resonance perfusion weighted imaging

LANG Sheng-kuan, XU Hou-yin, DONG Yue-qing, MA Tie-zhu, SUN Yan, HAO Qian-qian, WANG Hui-min. Department of Critically ill patients, Brain Branch, Affiliated Hospital, Armed Police Logistics College, Tianjin 300162, China

**【Abstract】 Objective** To explore the value of magnetic resonance perfusion weighted imaging (MR-PWI) to assessment of the cerebral hemodynamics after cerebral vasospasm (CVS) in the patients with aneurysmal subarachnoid hemorrhage (aSAH). **Methods** There were 80 patients with CVS after aSAH in observed group. There were 20 patients with unruptured intracranial aneurysms in the control group. The cerebral digital subtraction angiography (DSA) was performed in all the patients, in whom the relative cerebral blood volume (rCBV), relative cerebral blood flow (rCBF), mean transit time (MTT) and time to peak (TTP) were observed by MR-PWI. The correlationship was analyzed between CVS degree and MR PWI parameters. **Results** Of 80 patients in the observed group, 19 had severe CVS, 19 medial CVS, 19 mild CVS and 23 no CVS. The rCBF and rCBV were significantly lower in the cerebral regions supplied by bilateral anterior cerebral arteries (ACA) and medial cerebral arteries (MCA), and bilateral basal ganglia (BSGL) region in 19 patients with severe CVS than those in the control group. The rCBF in BSGL and rCBV in the cerebral regions supplied by ACA were significantly lower in the observed group than control group ( $P<0.05$ ). TTP and MTT in the cerebral regions supplied by ACA and MCA, and BSGL region were significantly longer in the patients with severe CVS than those in the patients with medial CVS, which were significantly longer than those in the control group ( $P<0.05$ ). The degree of CVS was negatively correlated with rCBV and rCBF ( $r<0.4$ ), but the degree of CVS was positively correlated with TTP and MTT ( $0.308<r<0.744$ ) in the above-mentioned cerebral regions. **Conclusion** MR-PWI examination can provide quantitative information of cerebral tissue blood perfusion, and guide the clinical diagnosis and treatment of CVS after aSAH.

**【Key words】** Aneurysms subarachnoid hemorrhage; Cerebral vasospasm; Hemodynamics; MR; Perfusion weighted imaging

动脉瘤性蛛网膜下腔出血 (aneurysmal subarachnoid hemorrhage, aSAH) 合并脑血管痉挛 (cerebral vasospasm, CVS) 临床常见<sup>[1-3]</sup>。动脉瘤破裂后, DSA 发现血管狭窄率为 70%~90%<sup>[4]</sup>。DSA 是诊断 CVS 的金标准,但是这是一种有创的方法,存在一定的风险<sup>[5]</sup>。研究发现,磁共振灌注成像 (magnetic resonance perrfusion weighted imaging, MR-PWI) 能够

doi:10.13798/j.issn.1009-153X.2016.09.002  
基金项目:国家自然科学基金(81401067)  
作者单位:300162 天津,武警后勤学院附属医院脑科医院神经危重症科(郎胜坤、许厚银、董月青、马铁柱、孙 艳、郝芊芊、王慧敏)

快速准确的对 aSAH 合并 CVS 做出诊断<sup>[6]</sup>。本研究将 MR-PWI 与 DSA 相结合诊断 aSAH 合并 CVS, 探讨 MR-PWI 对 aSAH 后 CVS 脑血流动力学的评估价值。

1 资料与方法

1.1 研究对象 2014 年 1 月至 2014 年 12 月收治 aSAH 合并 CVS 80 例(观察组), 其中男 43 例, 女 37 例; 年龄 45~76 岁, 平均(54.8±8.9)岁; 术前 Hunt-Hess 分级 I 级 17 例, II 级 33 例, III 级 19 例, IV 级 9 例, V 级 2 例。所有患者均在 SAH 后 7~9 d 进行 MR-PWI 与 DSA 检查。同期收治颅内未破裂动脉瘤 20 例(对照组), 其中男 12 例, 女 8 例; 年龄 47~74 岁, 平均(55.3±8.2)岁。患者均知情同意, 且经我院伦理委员会批准。

1.2 检查方法 所有患者入院后, 均静脉注射尼莫通, 低钠血症、尿崩症等给予相应药物处理。然后, 行 DSA 检查, 测量大脑前动脉(anterior cerebral artery, ACA; 包括双侧前额叶段、A<sub>1</sub>段、A<sub>2</sub>段)、大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA; 包括双侧 M<sub>1</sub>段、M<sub>2</sub>段)、颈内动脉(包括 C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>段)的直径, 测量时以近段为主。血管痉挛程度以血管直径的减少值与其血管直径平均值的比值为标准, 参照 Weidauer 法进行分级, 降低≤10%为无血管痉挛, 11%~34%为轻度痉挛,

35%~66%为中度痉挛, ≥67%为重度痉挛。

MR-PWI 检查采用美国 GE 1.5 T SIGNA 成像系统。首先将头部置于线圈中心, 肘静脉位置入 18G 或 20G 静脉插管, 然后进行多层采集, 层距 1 mm, 层厚 5 mm, 连续扫描 50 次; 第 5 次扫描后立即静脉注射喷酸葡甲胺(5 ml/s, 0.1 mmol/kg)进行扫描, 在每一个扫描层面连续采集 50 幅图像, 将这些图像应用于脑血流的灌注分析。根据采集的数据计算相对脑血容量(relative cerebral blood volume, rCBV)、相对脑血流量(relative cerebral blood flow, rCBF)、平均通过时间(mean transit time, MTT)以及达峰时间(time to peak, TTP)。选取 ACA 供血区、MCA 供血区、双侧基底节区(basal ganglia, BSG), 每个区域选取 1~3 个感兴趣区域(regions of interest, ROI), 其中每侧 MCA 灌注区选取 3 个 ROI, 每侧前额叶和 BSG 选取 1 个 ROI; 所有 ROI 均采用圆形或椭圆形, 利用镜像对称方法取对侧 ROI 以减少系统误差, 最终获得 TTP、MTT、rCBF、rCBV。见图 1。

1.3 统计学方法 应用 SPSS 19.0 软件进行处理; 计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示, 采用方差分析; 非正态分布资料采用 Kruskal-Wallis H 检验; CVS 程度与 MR-PWI 参数相关性采用 Spearman 等级相关分析, 以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

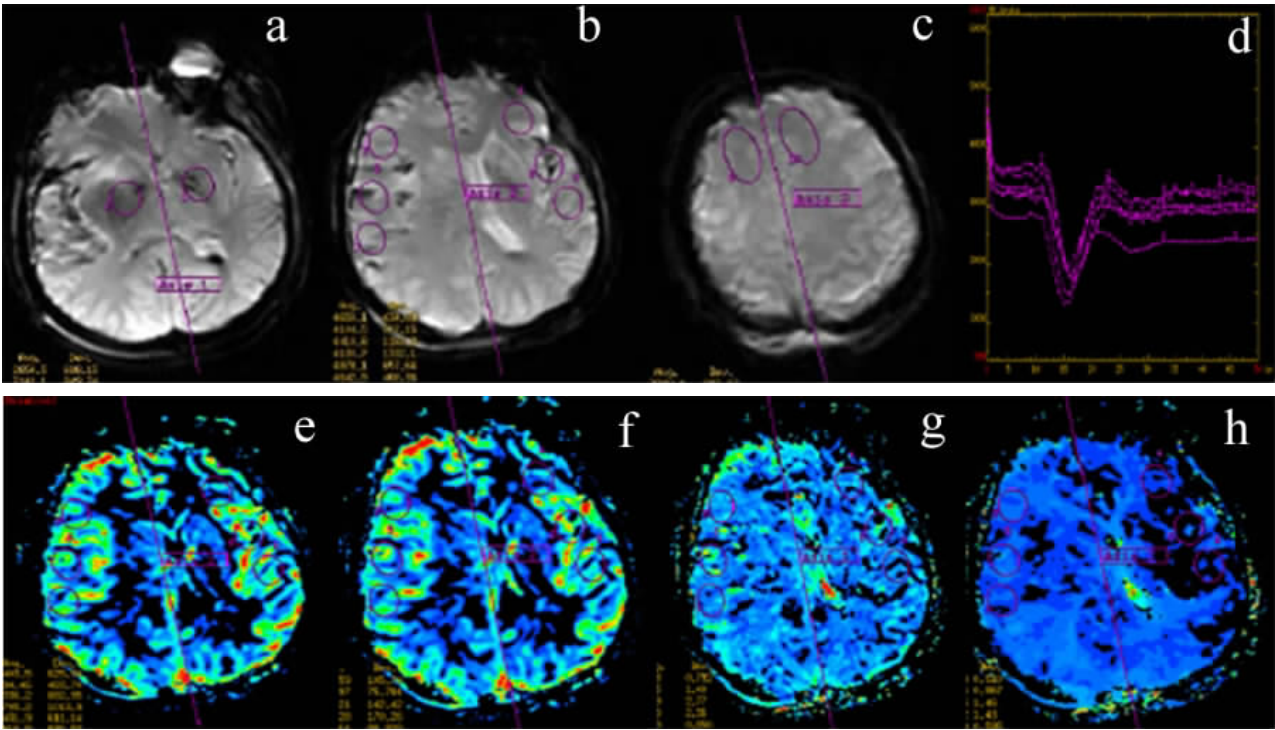


图1 磁共振灌注成像ROI的选择及其表现

a. 基底节区选取ROI;b. 大脑中动脉供血区所选ROI;c. 大脑前动脉供血区所选ROI;d. 大脑中动脉区选取ROI的时间-信号强度曲线;e. 相对脑血流量参数图;f. 相对脑血容量参数图;g. 平均通过时间参数图;h. 达峰时间参数图;ROI:感兴趣区域

2 结果

2.1 观察组 DSA 检查结果 DSA 检查发现,61 例有 1 支以上血管发生 CVS,其中轻度 23 例,中度 19 例,重度 19 例;有症状 37 例,无症状 24 例。其余 19 例未发现 CVS。80 例在完成 MR-PWI 与 DSA 检查后,57 例行栓塞治疗,18 例行动脉瘤夹闭术,5 例未接受手术治疗。

2.2 各组 MR-PWI 参数比较 重度痉挛组 ACA 供血区、MCA 供血区、BSGL 的 rCBF 和 rCBV 较对照组均明显下降( $P<0.05$ ),而无痉挛组、轻度痉挛组、中度痉挛组 BSGL 的 rCBF 以及 ACA 供血区 rCBF 均明显低于对照组( $P<0.05$ ),中度痉挛组 ACA 供血区、MCA 供血区、BSGL 的 TTP 和 MTT 均明显高于对照组,而且重度痉挛组又明显高于中度痉挛组( $P<0.05$ ),见表 1。

2.3 CVS 程度与 MR-PWI 参数的相关分析 CVS 程度和 rCBV、rCBF 呈负相关( $P<0.05$ ),但是其相关度较低( $r<0.4$ );CVS 程度与 TTP、MTT 呈正相关( $P<0.05$ ),为中度相关( $0.308<r<0.744$ )。ACA 供血区 rCBV、rCBF、TTP、MTT 与 CVS 程度均有显著相关性( $r$  分别为  $-0.395$ 、 $-0.348$ 、 $0.673$ 、 $0.479$ ;  $P<0.05$ );MAC 供血区仅 TTP 与 CVS 程度有显著相关性( $r=0.480$ ;  $P<0.05$ ),而 BCSL 的 rCBF、TTP、MTT 均与 CVS 程度有显著相关性( $r$  分别为  $-0.342$ 、 $0.585$ 、 $0.744$ ;  $P<0.05$ )。

3 讨论

DSA 作为诊断 CVS 的金标准,评估准确性较高,在进行检查的同时能够对血管病变进行治疗,但是受到空间分辨率的影响,临床上,一般只能对直径  $>300\text{ }\mu\text{m}$  动脉进行评价,而无法对较小的微小脑血管灌注情况作出评价<sup>[7]</sup>。MR-PWI 因梯度回波、多重回波、平面回波等新成像方式在近些年来得到飞速的发展,随着技术的不断更新,扫描时间缩短近 100 倍,明显增强磁共振信噪比,提高其空间分辨率;特别是脑组织血流动力学灌注定量测量技术,能获取更加完整的诊断信息<sup>[8]</sup>。MR-PWI 检查可以应用的观察指标有 rCBF、rCBV、TTP、MTT,通过分析以上参数变化,可了解脑组织血液的供给情况。当脑组织局部灌注压下降后,可以通过自我调节机制促使局部血管发生扩张,进而增加血管的血容量进行代偿,此时,可以通过 MTT 以及 rCBF 评估局部脑组织的灌注情况。研究发现,在生理状态下,局部脑血管循环

表 1 各组患者磁共振灌注成像参数比较 ( $\bar{x}\pm s$ )

组别	rCBF(ml/100 g·min)			rCBV(ml)			TTP(s)			MTT(s)		
	ACA	MCA	BSGL	ACA	MCA	BSGL	ACA	MCA	BSGL	ACA	MCA	BSGL
对照组	915±28	854±21	799±29	114±31	155±8	158±8	20.4±2.2	19.9±1.5	19.3±1.6	8.3±0.5	8.2±0.5	7.6±0.6
无痉挛组	902±27	827±28	538±27*	68±15*	145±32	131±4	20.4±2.2	19.8±1.5	19.8±1.9	8.3±0.6	8.2±0.5	7.8±0.4
轻度痉挛组	799±47	842±76	565±87*	75±15*	111±31	123±14	21.5±2.5	21.4±1.8	21.3±1.6	8.5±0.7	8.3±0.9	7.9±1.1
中度痉挛组	891±37	792±22	642±75*	78±8*	112±8	145±15	25.3±2.8*	27.2±3.5*	27.2±1.6*	10.4±1.4*	10.8±1.7*	10.2±2.7*
重度痉挛组	664±83*	668±29*	438±73*	87±9*	95±15*	91±16*	29.3±2.8* <sup>△</sup>	31.3±1.6* <sup>△</sup>	39.8±1.7* <sup>△</sup>	11.5±2.9* <sup>△</sup>	18.2±0.6* <sup>△</sup>	16.4±1.5* <sup>△</sup>

注:与对照组相应值比,\* $P<0.05$ ;与中度痉挛组相应值比, $\Delta$   $P<0.05$ ;rCBF:相对脑血流量;rCBV:相对脑血容量;TTP:达峰时间;MTT:平均通过时间;ACA:大脑前动脉;MCA:大脑中动脉;BSGL:基底节区



的阻力以及局部脑动脉灌注压可以决定 rCBF, 当局部脑动脉灌注压下降后, 脑血管开始发生代偿性的扩张, 以便降低血液循环阻力, 从而保持正常的 rCBF。由于脑组织拥有大量侧支循环网, 如果发生血管痉挛, 侧支循环网就开始发生代偿, 导致 TTP 延长, 因此, TTP 可作为一个敏感的脑缺血指征<sup>[9]</sup>。

本研究发现, 重度痉挛组 ACA 供血区、MCA 供血区、BSGL 的 rCBF 以及 rCBV 比对照组明显下降 ( $P<0.05$ ), 而无痉挛组、轻度痉挛组、中度痉挛组仅 BSGL 的 rCBF 以及 ACA 供血区 rCBF 明显低于对照组 ( $P<0.05$ )。这说明, 发生 CVS 后存在过度灌注的情况, 可能是发生 CVS 后, 脑血管开始进入失代偿期, 同时自身的扩张性代偿导致脑血管出现多样性灌流<sup>[10]</sup>。另外, 中度痉挛组 ACA 供血区、MCA 供血区、BSGL 的 TTP 以及 MTT 均明显高于对照组, 而且随着痉挛程度的加重, 变化更加明显 ( $P<0.05$ )。这说明发生 CVS 后, 可出现 TTP 以及 MTT 延长, 可能是脑血管扩张而脑血流量不出现改变时, 血流速度则势必下降, MTT 明显升高。所以, MTT 为一类比较敏感的脑缺血指标, 同时 TTP 相对于脑缺血症状来说也比较敏感。本研究 24 例 (39.3%) DSA 检查显示 CVS, 但是并没有临床症状, BSGL rCBF 以及 rCBV 出现下降, 而 TTP 以及 MTT 没有出现变化, 可能是 BSGL 微血管直径细小, 临床上无法观察是否发生血管痉挛, 而 rCBF 和 rCBV 却能够很好地判断是否出现 CVS<sup>[11]</sup>。另外, 本研究相关性分析发现, CVS 程度和 rCBV、rCBF 呈负相关 ( $P<0.05$ ), 但是其相关度较低 ( $r<0.4$ ); 而 CVS 程度与 TTP、MTT 呈正相关 ( $P<0.05$ ), 为中度相关 ( $0.308<r<0.744$ )。ACA 供血区 MR-PWI 参数与 CVS 程度均有相关性 ( $P<0.05$ ); MAC 供血区仅 TTP 与 CVS 程度有相关性 ( $P<0.05$ ); 而 BGSGL 除 rCBV 以外均与 CVS 程度有相关性 ( $P<0.05$ )。这与冯宝海等<sup>[12]</sup>的研究一致。但是由于此次研究的样本数量不足, 且只在部分位置的血管进行分析, 因此后期还需要进一步的深入研究。

综上所述, MR-PWI 检查能够定量提供脑组织血流灌注的信息, 指导 CVS 的临床诊疗。

【参考文献】

[1] 张斌飞, 宋锦宁, 张 明, 等. 二十碳五烯酸预防动脉瘤

性蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛的 meta 分析[J]. 中国临床神经外科杂志, 2014, 19: 294-296.

[2] 邹志鹏, 杨 海, 夏军勇, 等. 行血管内治疗的高龄颅内动脉瘤患者脑血管痉挛的临床分析[J]. 中国临床神经外科杂志, 2015, 20: 401-402, 442.

[3] 廖驭国, 刘胜初, 钟云天, 等. 腰大池引流术防治颅内动脉瘤栓塞术后脑血管痉挛的临床疗效[J]. 中国临床神经外科杂志, 2016, 219: 89-91.

[4] 屠明锋, 殷 勤. 自发性蛛网膜下腔出血全脑血管造影分析[J]. 中华老年心脑血管病杂志, 2012, 14(1): 14-16.

[5] Woo SW, Kim JH, Kang HI, *et al.* High-dose simvastatin is effective in preventing cerebral vasospasm after aneurysmal subarachnoid hemorrhage: a prospective cohort study in Korean patients [J]. J Korean Neurosurg Soc, 2015, 58(4): 328-333.

[6] Levitt MR, Morton RP, David R, *et al.* Angiographic perfusion imaging: real-time assessment of endovascular treatment for cerebral vasospasm [J]. J Neuroimaging, 2014, 24(4): 387-392.

[7] 易 梅, 赵一平, 李松柏, 等. CT 灌注与 CT 血管成像对蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛诊断价值的 Meta 分析[J]. 现代生物医学进展, 2015, 15(29): 5670-5673.

[8] Bacigaluppi S, Zona G, Secci F, *et al.* Diagnosis of cerebral vasospasm and risk of delayed cerebral ischemia related to aneurysmal subarachnoid haemorrhage: an overview of available tools [J]. Neurosurg Rev, 2015, 38(4): 1-16.

[9] 曹文杰, 董 强. 氩 CT 测定合并脑血管狭窄的缺血性脑血管病患者局部脑血流量的研究[J]. 中国卒中杂志, 2011, 6(9): 705-710.

[10] 白雪菲, 牛广明, 韩晓东, 等. PWI 和 DWI 技术在鉴别脑胶质瘤复发与放射性脑损伤中的价值[J]. 磁共振成像, 2014, 15(1): 7-10.

[11] 赵一平, 刘国锋, 李松柏, 等. CT 灌注成像对动脉瘤性蛛网膜下腔出血术后脑血管痉挛的研究[J]. 实用放射学杂志, 2013, 29(6): 867-871, 879.

[12] 冯宝海, 周 政, 刘 俊, 等. 磁共振灌注加权成像对蛛网膜下腔出血后脑血管痉挛患者脑血流动力学的评估[J]. 中国脑血管病杂志, 2011, 8(3): 119-124.

(2016-04-04 收稿, 2016-05-18 修回)