

# 缺血性脑卒中椎动脉颅外段血流动力学与颅内段狭窄性病变的相关性

崔贤炉 程娟

**摘要** **目的** 分析缺血性脑卒中患者椎动脉颅外段血流动力学参数与颅内段狭窄性病变的相关性,探讨其临床诊断价值。**方法** 选取单侧椎动脉颅内段狭窄患者90例,根据头颈部CTA或DSA结果分为轻度狭窄25例、中度狭窄37例及重度狭窄28例。应用彩色多普勒超声检测椎动脉V2段的收缩期峰值流速(PSV)、舒张期末流速(EDV)、血流阻力指数(RI)、时间平均峰值流速(TAPV),计算椎动脉血流量(Q),分析PSV、EDV、RI、Q与椎动脉颅内段狭窄程度的相关性。绘制ROC曲线分析PSV、EDV、RI、Q对椎动脉颅内段狭窄的诊断价值。**结果** 中、重度狭窄患者PSV、EDV、Q均低于轻度狭窄患者,且重度狭窄患者低于中度狭窄患者(均 $P<0.05$ );中、重度狭窄患者RI均高于轻度狭窄患者,且重度狭窄患者高于中度狭窄患者(均 $P<0.05$ )。相关性分析显示,PSV与轻、中、重度狭窄均呈中度负相关( $r=-0.613$ 、 $-0.607$ 、 $-0.621$ ,均 $P<0.05$ );EDV与轻、中度狭窄均呈中度负相关( $r=-0.617$ 、 $-0.601$ ,均 $P<0.05$ ),与重度狭窄呈高度负相关( $r=-0.828$ , $P=0.001$ );RI与轻、中、重度狭窄均呈中度正相关( $r=0.527$ 、 $0.604$ 、 $0.753$ ,均 $P<0.05$ );Q与轻、中度狭窄均呈中度负相关( $r=-0.609$ 、 $-0.624$ ,均 $P<0.05$ ),与重度狭窄呈高度负相关( $r=-0.813$ , $P<0.05$ )。ROC曲线分析显示,PSV、EDV、RI、Q联合诊断椎动脉颅内段狭窄的AUC为0.893(95%CI:0.821~0.965),敏感性为92.8%,特异性为96.7%,高于各参数单独应用的诊断效能。**结论** 缺血性脑卒中患者椎动脉颅外段血流动力学参数与颅内段狭窄均有一定相关,PSV、EDV、RI、Q联合诊断颅内段狭窄性病变具有较高价值。

**关键词** 超声检查,多普勒,彩色;脑卒中,缺血性;椎动脉  
[中图分类号]R445.1 [文献标识码]A

## Correlation of extracranial hemodynamic parameters of vertebral artery with intracranial stenosis in ischemic stroke

CUI Xianlu, CHENG Juan

Department of Ultrasound, Tongling People's Hospital, Anhui 244000, China

**ABSTRACT Objective** To analyze the correlation of extracranial hemodynamic parameters and intracranial stenosis in patients with ischemic stroke, and to explore its clinical diagnostic value. **Methods** Ninety patients with different degrees of stenosis in the intracranial segment of unilateral vertebral artery were selected retrospectively. According to the results of CTA or DSA of head and neck, 25 cases were classified as mild stenosis, 37 cases as moderate stenosis, 28 cases as severe stenosis. The peak systolic velocity (PSV), end diastolic velocity (EDV), resistance index (RI) and time average peak velocity (TAPV) of vertebral artery V2 segment were measured and recorded by color Doppler ultrasound. Meanwhile, the blood flow of vertebral artery (Q) was calculated and the correlation between PSV, EDV, RI, Q and the degree of intracranial stenosis of vertebral artery was analyzed. ROC curve was drawn to analyze the value of PSV, EDV, RI, Q in the diagnosis of intracranial vertebral artery stenosis. **Results** PSV, EDV and Q of patients with moderate and severe stenosis were lower than those of patients with mild stenosis, and those with severe stenosis were lower than those of patients with moderate stenosis (all  $P<0.05$ ). RI of patients with moderate and severe stenosis was higher than those of patients with mild stenosis, and that with severe stenosis was higher than that of patients with moderate stenosis (all  $P<0.05$ ). Correlation analysis showed that PSV were negatively correlated with mild, moderate and severe stenosis ( $r=-0.613$ ,  $-0.607$ ,  $-0.621$ , all  $P<0.05$ ). EDV were negatively correlated with mild,

moderate and severe stenosis ( $r=-0.617, -0.601, -0.828$ , all  $P<0.05$ ). RI were positively correlated with mild, moderate and severe stenosis ( $r=0.527, 0.604, 0.753$ , all  $P<0.05$ ). Q were negatively correlated with mild, moderate and severe stenosis ( $r=-0.609, -0.624, -0.813$ , all  $P<0.05$ ). The area under ROC curve of combined diagnosis of PSV, EDV, RI and Q was 0.893 (95%CI: 0.821~0.965), the sensitivity was 92.8%, the specificity was 96.7%, which were higher than those of single diagnosis of vertebral artery stenosis. **Conclusion** The hemodynamic parameters of the extracranial vertebral artery in patients with ischemic stroke are correlated with different degrees of intracranial stenosis, and the combined diagnosis of PSV, EDV, RI, Q has a high diagnostic value.

**KEY WORDS** Ultrasonography, Doppler, color; Cerebral ischemic stroke; Vertebral artery

缺血性脑卒中是由于颈动脉或椎动脉因动脉粥样硬化等原因出现狭窄甚至闭塞,导致脑部供血不足的脑组织坏死性疾病。椎动脉颅内段是缺血性脑卒中患者除颈动脉分叉部外最易发生狭窄和闭塞的部位,也是导致后循环缺血的重要原因<sup>[1]</sup>。CTA、DSA均能完整显示整条血管及骨性结构,在诊断颅内段血管狭窄时具有较高的敏感性和特异性,但其不能显示椎动脉内血流量(Q)的变化,且价格昂贵<sup>[2]</sup>。彩色多普勒超声可以直观显示椎动脉血流变化,通过血流动力学参数间接反映管腔狭窄情况,具有无创、实时、可动态监测的优势<sup>[3]</sup>。目前应用颅外段椎动脉血流动力学参数分析颅内段狭窄病变程度的研究较少。本研究通过分析颅外段椎动脉血流动力学参数的变化,探讨其与缺血性脑卒中患者颅内段狭窄性病变的相关性。

## 资料与方法

### 一、临床资料

选取2016年1月至2019年12月在我院和安徽省立医院经头颈部CTA或DSA确诊的后循环缺血性脑卒中或短暂性脑缺血发作(TIA)患者90例,男56例,女34例,年龄52~71岁,平均(61.27±8.64)岁;均为单侧椎动脉颅内段狭窄,其中轻度狭窄25例,中度狭窄37例,重度狭窄28例。纳入标准:后循环缺血性脑卒中或TIA诊断参照中国后循环缺血专家共识<sup>[4]</sup>中的标准;均无双侧椎动脉颅内段狭窄或先天性发育不全;CTA或DSA检查资料完整;未合并脑肿瘤、严重心血管疾病等影响脑血流疾病的患者。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患者均知情同意。

### 二、仪器与方法

1. 超声检查:使用Philips iE 33彩色多普勒超声诊断仪,浅表线阵血管探头,频率3~12 MHz。患者取平卧位,参照《中国脑卒中血管超声检查指导规范》<sup>[5]</sup>检测椎动脉V2段收缩期峰值流速(peak systolic velocity, PSV)、舒张末期流速(end diastolic velocity, EDV)、血流阻力指数(resistance index, RI)、时间平均峰值流速(time average peak velocity, TAPV),计算Q。所有数据由同一超声医师测量3次,取平均值。

2. 头颈部CTA检查:使用Philips 256层螺旋CT扫描仪。行CT平扫后注入对比剂,嘱咐患者休息5 min,待血管对比剂排除后,再行头颈部双能量CTA扫描,从颅顶扫描至主动脉弓,采用最大密度投影法和容积再现法图像后处理技术进行血管重组,并由两名经验丰富的影像科医师进行诊断。狭窄

率=(狭窄处远端正常内径-狭窄处残余内径)/狭窄处远端正常内径×100%。

3. 头颈部DSA检查:使用Philips Integris V 5000 DSA血管造影机,对患者行主动脉弓及全脑血管造影。采用常规正侧位和双斜位,对病变狭窄处行放大造影,由两名经验丰富的介入医师根据NASCET法计算椎动脉狭窄率。

4. 椎动脉狭窄程度分级<sup>[6]</sup>:轻度狭窄,狭窄率<50%;中度狭窄,狭窄率50%~69%;重度狭窄,狭窄率70%~99%。

### 三、统计学处理

应用SPSS 22.0统计软件,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,多组间比较采用方差分析,两两比较行 $t$ 检验;计数资料以百分比表示,行 $\chi^2$ 检验。相关性分析采用Pearson相关分析法, $r\geq 0.8$ 为高度相关, $0.5\leq r<0.8$ 为中度相关, $0.3\leq r<0.5$ 为低度相关。绘制受试者工作特征(ROC)曲线评估血流动力学参数对椎动脉颅内段狭窄性病变的诊断价值,计算曲线下面积(AUC);各参数诊断椎动脉颅内段狭窄的AUC比较行 $Z$ 检验。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

## 结果

### 一、超声检查结果

中、重度狭窄患者PSV、EDV、Q均低于轻度狭窄患者,且重度狭窄患者低于中度狭窄患者(均 $P<0.05$ );中、重度狭窄患者RI均高于轻度狭窄患者,且重度狭窄患者高于中度狭窄患者(均 $P<0.05$ )。见表1和图1,2。

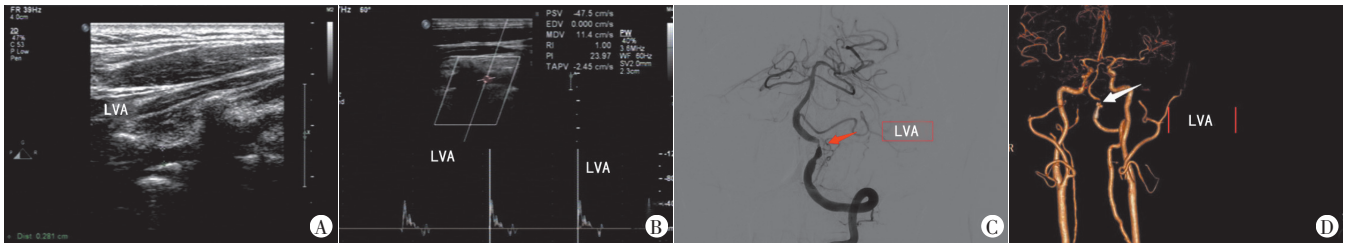
表1 不同狭窄程度患者血流动力学参数比较( $\bar{x}\pm s$ )

狭窄程度	PSV(cm/s)	EDV(cm/s)	RI	Q(ml/min)
轻度	34.16±4.07	10.57±3.62	0.69±0.11	57.83±9.42
中度	25.14±3.29*	6.72±2.13*	0.73±0.03*	41.39±7.32*
重度	11.47±2.27**	2.61±1.24**	0.77±0.04**	19.41±4.06**

与轻度狭窄患者比较,\* $P<0.05$ ;与中度狭窄患者比较,\*\* $P<0.05$ 。PSV:收缩期峰值流速;EDV:舒张末期流速;RI:血流阻力指数;Q:椎动脉内血流量

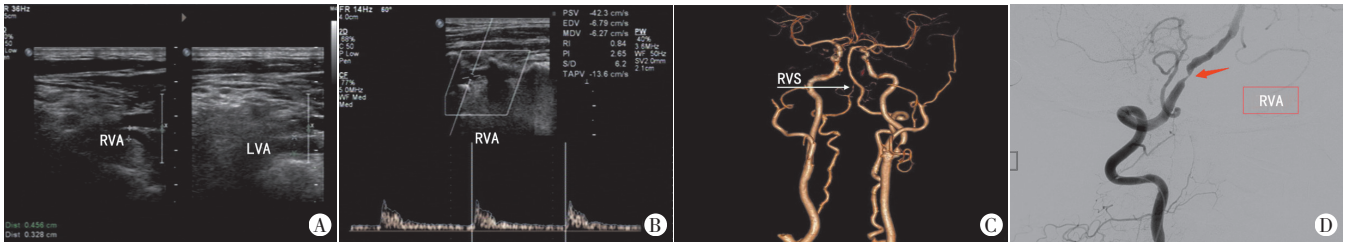
### 二、血流动力学参数与椎动脉颅内段狭窄的相关性

相关性分析显示,PSV与轻、中、重度狭窄均呈中度负相关;EDV与轻、中度狭窄均呈中度负相关,与重度狭窄呈高度负相关;RI与轻、中、重度狭窄均呈中度正相关;Q与轻、中度均呈中度负相关,与重度狭窄呈高度负相关。见表2。



A: 二维超声示左侧椎动脉管径为 2.81 mm; B: CDFI 示左侧椎动脉椎间段 PSV 为 47.5 cm/s, EDV 为 0 cm/s, RI 为 1.0, 呈“单峰型”血流频谱; C: CTA 示左侧椎动脉颅内段重度狭窄(箭头示); D: DSA 示左侧椎动脉颅内段重度狭窄(箭头示)

图1 同一左侧椎动脉颅内段重度狭窄患者超声、CTA及DSA图(LVA:左侧椎动脉)



A: 二维超声示右侧椎动脉管径为 3.28 mm; B: CDFI 示右侧椎动脉 PSV 为 42.3 cm/s, EDV 为 6.8 cm/s, RI 为 0.84, 呈“高阻型”血流频谱; C: CTA 示右侧椎动脉颅内段重度狭窄(箭头示); D: DSA 示右侧椎动脉颅内段重度狭窄(箭头示)

图2 同一右侧椎动脉颅内段重度狭窄患者超声、CTA及DSA图(RVA:右侧椎动脉;LVA:左侧椎动脉)

表2 血流动力学参数与椎动脉颅内段狭窄的相关性

参数	轻度狭窄		中度狭窄		重度狭窄	
	r值	P值	r值	P值	r值	P值
PSV	-0.613	0.023	-0.607	0.026	-0.621	0.014
EDV	-0.617	0.021	-0.601	0.029	-0.828	0.001
RI	0.527	0.031	0.604	0.027	0.753	0.009
Q	-0.609	0.025	-0.624	0.012	-0.813	0.003

三、ROC曲线分析

不同血流动力学参数单独及联合应用对椎动脉颅内段狭窄的诊断效能见表3和图3。各参数联合应用的敏感性、特异性及AUC均高于其单独应用,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。

表3 不同血流动力学参数单独及联合应用对椎动脉颅内段狭窄的诊断效能

参数	最佳截断值	敏感性	特异性	AUC	95%可信区间
PSV	0.556	70.3%	85.3%	0.656	0.537~0.775
EDV	0.590	72.3%	86.7%	0.659	0.539~0.779
RI	0.595	69.4%	90.1%	0.676	0.559~0.794
Q	0.610	73.4%	87.6%	0.672	0.553~0.791
联合诊断	0.895	92.8%	96.7%	0.893	0.821~0.965

AUC:曲线下面积

讨论

缺血性脑卒中致死率及致残率均较高,后循环缺血是常见的缺血性脑卒中类型。Jia等<sup>[7]</sup>研究显示,引起后循环缺血的重要原因是椎动脉颅内段,即两侧椎动脉入颅后至汇合成基底动脉之前的部分,出现狭窄甚至阻塞等病变。当椎动脉颅内段血管出现狭窄性病变时,血管内阻力明显增大,引起血流速度降低,导致椎动脉颅外段血流动力学参数发生变化<sup>[8]</sup>。本研究结

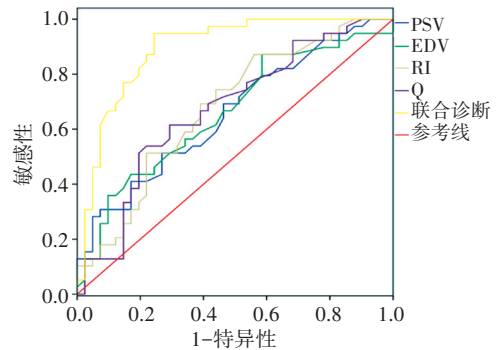


图3 各血流动力学参数诊断椎动脉颅内段狭窄的ROC曲线图结果显示,椎动脉颅内段狭窄性病变程度越严重,颅外段PSV、EDV、Q越低,RI越高。椎动脉颅内段狭窄性病变在椎动脉V2段的血流动力学参数存在明显差异,表现为低流速高阻力频谱,说明当椎动脉颅内段出现狭窄或闭塞时,血管阻力逐渐增高,根据血流动力学原理,血流速度与远端的血管阻力成反比,血流速度减慢,导致脑部呈现低灌注缺血缺氧状态。因此临床应用中,颈部彩色多普勒超声虽难以探查颅内段椎动脉血流变化,但能通过观察椎动脉颅外段血流动力学参数变化初步判断椎动脉颅内段狭窄性病变程度。

本研究相关性分析显示,PSV、EDV、Q与缺血性脑卒中患者颅内段不同狭窄程度均呈负相关,与RI呈正相关(均 $P<0.05$ )。椎动脉颅内段狭窄或闭塞越严重,相应的血管内径减小,血流受到阻力不断升高,血流速度随之减低。PSV受颅外段血流灌注压的影响较大,而EDV主要反映来自椎动脉颅内段血管床的压力,RI和Q则是反映椎动脉血管阻力、供血情况的重要指标<sup>[9]</sup>。颈部彩色多普勒超声利用超声脉冲回波的原理,对椎动脉血管形态、内径等进行测量,可以直观显示椎动脉血流变化状态,通过监测PSV、EDV、RI、Q的变化,以及颅外段血流频谱

的异常和涡流的出现,可为间接诊断颅内段椎动脉管腔狭窄阻塞情况提供参考<sup>[10]</sup>。

本研究ROC曲线分析显示,PSV、EDV、RI、Q联合应用对椎动脉颅内段狭窄病变诊断的AUC为0.893(95%CI:0.821~0.965),敏感性(92.8%)和特异性(96.7%)均较单一指标应用有较大提升,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$ )。研究<sup>[11]</sup>显示,PSV和EDV均易受血液黏滞性的影响,且血管长期处于狭窄或闭塞状态,导致脑血管自动调节功能受损,此时脑血流量会随血压变化而变化,椎动脉PSV、EDV、Q会随血压升高而升高,以配合供血区和侧支血流的灌注。因此,PSV、EDV、RI及Q联合诊断椎动脉颅内段狭窄病变的价值更高。临床上可应用颈部彩色多普勒超声检查监测椎动脉颅外段血流动力学情况,初步筛查患者颅内段狭窄病变情况及严重程度,为是否进一步行临床干预提供依据。

综上所述,缺血性脑卒中患者椎动脉颅外段血流动力学参数与颅内段狭窄性病变均有一定相关,PSV、EDV、RI、Q联合诊断颅内段狭窄性病变具有较高的敏感性和特异性,能够准确判断颅内段狭窄性病变,为临床提供可靠依据。

参考文献

[1] Feng H, Xie Y, Mei B, et al. Endovascular vs. medical therapy in symptomatic vertebral artery stenosis: a Meta-analysis[J]. J Neurol, 2017, 264(5): 829-838.  
 [2] Rozeman AD, Hund H, Westein M, et al. Duplex ultrasonography for the detection of vertebral artery stenosis: a comparison with CT

angiography[J]. Brain Behav, 2017, 7(8): 750.  
 [3] Okamura M, Takekawa H, Okabe R, et al. Vertebral artery Doppler waveform patterns for exclusive diagnosis of basilar artery stenosis and occlusion[J]. J Med Ultrason (2001), 2016, 43(1): 83-89.  
 [4] 李焰生. 中国后循环缺血的专家共识[J]. 中华内科杂志, 2006, 45(9): 786-787.  
 [5] 华扬, 惠品晶, 邢瑛琦. 中国脑卒中血管超声检查指导规范[J]. 中华医学超声杂志(电子版), 2015, 12(8): 599-610.  
 [6] Samuels OB, Joseph GJ, Lynn MJ, et al. A standardized method for measuring intracranial arterial stenosis[J]. Am J Neuroradiol, 2000, 21(4): 643-646.  
 [7] Jia R, Xu X, Liu X, et al. Value of 3D pseudo-continuous arterial spin labeling magnetic resonance perfusion imaging in evaluating posterior circulation ischemia in the elderly[J]. Zhongguo Yi Xue Ke Xue Yuan Xue Bao, 2017, 39(2): 272-279.  
 [8] 赵雅培, 王利花, 田晖, 等. 急性缺血性脑血管综合征患者颈椎动脉彩色多普勒超声分析[J]. 河北医药, 2010, 32(7): 787-789.  
 [9] Chen SP, Hu YP. Waveform patterns and peak reversed velocity in vertebral arteries predict severe subclavian artery stenosis and occlusion[J]. Ultrasound Med Biol, 2015, 41(5): 1328-1333.  
 [10] 原雪军, 张全斌, 崔艳华, 等. 椎动脉近段血流动力学参数与远段狭窄程度之间的相关性研究[J]. 实用医学影像杂志, 2019, 20(4): 344-347.  
 [11] Rafailidis V, Charitanti A, Tegos T, et al. Contrast-enhanced ultrasound of the carotid system: a review of the current literature[J]. J Ultrasound, 2017, 20(2): 97-109.

(收稿日期:2020-01-06)

(上接第537页)

化和病理学检查,至少有一种横纹肌分化标志物(Myogenin或MyoD1)呈阳性或弱阳性<sup>[2]</sup>,本例患儿标志物MyoD1和Myogenin均呈弱阳性。该病应与海绵状血管瘤、淋巴瘤等鉴别诊断,临床多采取手术、放化疗等综合治疗方法,预后欠佳。

参考文献

[1] Walterhouse D, Watson A. Optimal management strategies for

rhabdomyosarcoma in children [J]. Paediatr Drugs, 2007, 9(6): 391-400.

[2] Morotti RA, Nicol KK, Parham DM, et al. An immunohistochemical algorithm to facilitate diagnosis and subtyping of rhabdomyosarcoma: the Children's Oncology Group Experience [J]. Am J Surg Pathol, 2006, 30(8): 962-968.

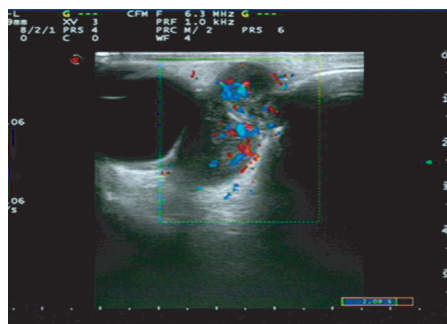


图1 术前CDFI示右眼球内侧肿块内可探及丰富血流信号

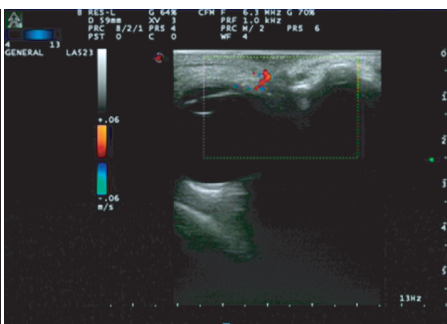


图2 术后6个月超声检查示局部未见明显肿块回声

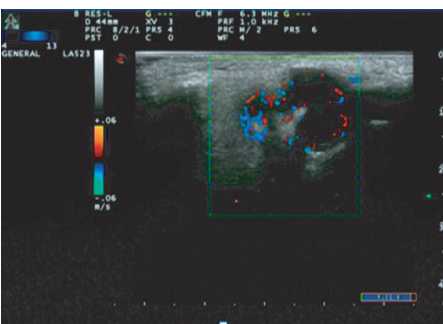


图3 术后7个月超声检查示原肿块位置见实性团块,形态欠规则;CDFI于肿块内探及丰富血流信号,周边见低回声结节

(收稿日期:2019-07-20)