

颈脑一体化超声对颈内动脉颅内段狭窄或闭塞颅内 血流动力学特征分析

李志勇¹, 李星², 杨子江³

(1. 景德镇市第二人民医院超声科; 2. 景德镇市第二人民医院心电功能科;
3. 中国人民武装警察部队江西总队景德镇支队勤务保障大队卫生队, 江西 景德镇 333000)

摘要:目的:分析颈内动脉颅内段(Intracranial internal carotid artery, IICA)狭窄或闭塞患者颅内血流动力学特征,并探讨颈脑一体化超声的临床价值。方法:选取2022年1月—2023年8月景德镇市第二人民医院收治的单纯IICA中重度狭窄或闭塞患者60例,IICA狭窄或闭塞侧为研究组,健侧为对照组。采用颈脑一体化超声(即颈动脉超声联合经颅彩色多普勒超声)检测颈内动脉颅外段(Extracranial internal carotid artery, EICA)的管径(Diameter, D)、收缩期峰值流速(Peak systolic velocity, PSV)、舒张期末流速(End diastolic velocity, EDV)、阻力指数(Resistance index, RI),以及大脑中动脉(Middle cerebral artery, MCA)的PSV、EDV、搏动指数(Pulse index, PI),分析2组间上述参数的差异、患侧EICA和MCA超声特征,以及颈动脉超声与颈脑一体化超声对IICA中重度狭窄或闭塞的诊断效能。结果:研究组EICA的D、PSV、EDV均低于对照组,RI高于对照组。研究组MCA的PSV和PI低于对照组,研究组MCA的EDV高于对照组,2组比较差异有统计学意义($P < 0.05$)。以计算机断层成像血管造影(Computed tomography angiography, CTA)为诊断标准,颈脑一体化超声诊断IICA狭窄或闭塞的敏感度、特异度、准确性均高于颈动脉超声,差异有统计学意义($P < 0.05$)。一致性检验结果显示,颈动脉超声与CTA一致性中等,颈脑一体化超声与CTA一致性较高,Kappa值分别为0.533、0.833。ROC曲线表明颈脑一体化超声诊断效能高于颈动脉超声,差异有统计学意义($P < 0.05$)。结论:IICA中重度狭窄或闭塞时,患侧EICA的D、PSV、EDV、RI,以及患侧MCA的PSV、EDV、PI都有特征性变化。颈脑一体化超声可以客观评价这种特征性变化,具有较高诊断效能。

关键词:颈内动脉;颅内段狭窄;颈脑一体化超声;超声特征

中图分类号:R445.1 文献标志码:A 文章编号:2097-7174(2026)03-0217-05

DOI:10.3969/j.issn.2097-7174.2026.03.004

Analysis of intracranial and extracranial hemodynamic characteristics of carotid artery intracranial stenosis or occlusion by integrated carotid brain ultrasound

LI Zhiyong¹, LI Xing², YANG Zijiang³

(1. Department of Ultrasound, The Second People's Hospital of Jingdezhen; 2. Department of Electrocardiogram, The Second People's Hospital of Jingdezhen; 3. The Health Team of the Service Support Brigade of the Jingdezhen Branch of the Jiangxi Corps of the Chinese People's Armed Police Force, Jingdezhen, Jiangxi 333000)

Abstract: Objective: To analyze the hemodynamic characteristics of intracranial and extracranial blood flow in patients with intracranial internal carotid artery (IICA) stenosis or occlusion, and to explore the clinical value of integrated cervical cerebral ultrasound. **Methods:** Sixty patients with moderate to severe stenosis or occlusion of unilateral IICA admitted to the Second People's Hospital of Jingdezhen from January 2022 to August 2023 were selected, with the affected side as the study group and the healthy side as the control group. Integrated carotid brain ultrasound was used, which combines carotid artery ultrasound with transcranial color doppler ultrasound, to detect the diameter (D), peak systolic velocity

基金项目:景德镇市科技计划项目(20221SFZC028)

作者简介:李志勇,男,本科,副主任医师,研究方向:超声医学。E-mail:448132882@qq.com

(PSV), end diastolic velocity (EDV), resistance index (RI), and middle cerebral artery (MCA) PSV, EDV, and pulsatility index (PI) of the extracranial internal carotid artery (EICA). The differences were analysed in these parameters between the two groups, the ultrasound characteristics of the affected side EICA and MCA, and the diagnostic efficacy of carotid artery ultrasound and integrated carotid brain ultrasound for moderate to severe stenosis or occlusion in IICA.

Results : The D, PSV, and EDV of EICA in the study group were lower than those in the control group, while RI was higher than that in the control group. The PSV and PI of MCA in the study group were lower than those in the control group, and the EDV of MCA in the study group was higher than that in the control group, the difference between the two groups was statistically significant ($P < 0.05$). Using computed tomography angiography as the diagnostic criterion, the sensitivity, specificity, and accuracy of integrated cervical brain ultrasound in diagnosing IICA stenosis or occlusion were higher than those of carotid artery ultrasound, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). The consistency test results showed that the consistency between carotid artery and CTA was moderate, while the consistency between integrated carotid brain ultrasound and CTA was high, with Kappa values of 0.533 and 0.833, respectively. The ROC curve indicated that the diagnostic efficiency of integrated cervical brain ultrasound was higher than that of carotid artery ultrasound, and the difference is statistically significant ($P < 0.05$). **Conclusion** : When IICA stenosis or occlusion occurs, there are characteristic changes in the D, PSV, EDV, RI of the affected EICA, as well as the PSV, EDV, PI of the affected MCA. Cervical brain integrated ultrasound can objectively evaluate these characteristic changes and has high diagnostic efficacy.

Key words : Internal carotid artery; Intracranial segment stenosis; Integrated neck brain ultrasound; Ultrasonic characteristics

随着人们生活方式的改变,脑血管疾病的发病率、死亡率均呈上升趋势,已成为我国成人致死、致残的首位病因^[1]。有研究^[2-3]表明,颈内动脉颅内段(Intracranial internal carotid artery, IICA)钙化、狭窄,甚至闭塞,是缺血性脑卒中发病、复发,甚至死亡的危险因素。目前,临床诊断IICA狭窄或闭塞主要依赖数字减影血管造影、计算机断层成像血管造影(Computed tomography angiography, CTA)、磁共振血管成像,但存在费用高、有创伤、有辐射等缺点,无法广泛开展。

随着临床医师及广大患者对脑卒中防治认识的加深,颈动脉超声检查已广泛应用于临床。由于扫查范围有限,颈动脉超声仅能评估颈内动脉颅外段(Extracranial internal carotid artery, EICA)形态学和血流动力学,无法直接评估IICA。EICA血流动力学改变对评估IICA重度狭窄或闭塞具有一定的临床价值^[4],但多局限于采用颈动脉超声单一模式,缺乏颈脑一体化超声的研究。大脑中动脉(Middle cerebral artery, MCA)是颈内动脉的直接延续,可通过经颅彩色多普勒超声(Transcranial color doppler, TCCD)进行血流动力学评估。依据MCA血流动力学变化可推测上游动脉病变,但无法明确病变部位是EICA,还是IICA,亦或是其他。而颈脑一体化超声可全面评估EICA、MCA,有效解决单一模式的不足之处。为尽早诊断IICA狭窄或闭塞,本研究回顾

性分析以CTA为诊断标准的单侧IICA狭窄或闭塞患者EICA、MCA超声特征,旨在总结经验,并探讨颈脑一体化超声的临床价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2022年1月—2023年8月景德镇市第二人民医院收治的经CTA诊断单侧IICA中重度狭窄或闭塞患者60例作为研究对象^[5],其中男44例,女16例,年龄47~67岁,平均年龄(57.95±4.57)岁。IICA狭窄或闭塞侧为研究组,健侧为对照组。所有患者均接受颈脑一体化超声检查。纳入标准:(1)颞窗透声良好、图像清晰者;(2)临床资料完整者。排除标准:(1)TCCD诊断为MCA、大脑前动脉狭窄或闭塞者;(2)合并主动脉缩窄、肥厚型心肌病、主动脉狭窄、甲状腺功能亢进、心力衰竭等影响血流动力学的疾病;(3)心房颤动等心律失常者。

1.2 仪器 超声检查采用Philips EPIQ 7C、Siemens ACUSON SC2000及GE Vivid 7彩色多普勒超声诊断仪;CTA采用西门子SOMATOM Definition Flash CT系统。

1.3 方法 (1)颈动脉超声:患者取仰卧位,灰阶超声显示EICA平直处纵断面,观察管腔情况并测量管径(Diameter, D)。随后切换至彩色多普勒模式,测量并记录收缩期峰值流速(Peak systolic velocity, PSV)、舒张期末流速(End diastolic velocity, EDV)及

阻力指数(Resistance index, RI);(2)颈脑一体化超声:按上述方法完成颈动脉超声后,由同一名超声医师使用同一台彩色多普勒超声诊断仪进行TCCD检查。经颞窗探查,灰阶超声显示中脑和蝶骨小翼后,切换至彩色多普勒超声显示MCA,测量并记录其PSV、EDV及搏动指数(Pulse index, PI)。所有操作均参照《中国脑卒中血管超声检查指导规范》完成^[6]。

1.4 颈动脉超声及颈脑一体化超声诊断 IICA 中重度狭窄或闭塞标准 颈动脉超声诊断 IICA 中重度狭窄或闭塞标准为颈动脉超声测得双侧 EICA 的 D、PSV、EDV、RI 数值不一致^[7]。颈脑一体化超声诊断 IICA 中重度狭窄或闭塞标准为颈动脉超声测得双侧 EICA 的 D、PSV、EDV、RI 数值不一致,同时存在 MCA 血流频谱呈低速低搏动改变^[8-9]。

1.5 统计学处理 数据采用 SPSS 25.0 软件进行

分析,计量资料采用 Kolmogorov-Smirnov 检验进行正态性检验,非正态分布计量资料以 $M(P25, P75)$ 表示,组间比较采用配对样本的秩和检验。计数资料组间比较采用 χ^2 检验。一致性检验采用 Kappa 检验, Kappa 值 ≤ 0.4 为一致性一般, $0.41 \leq \text{Kappa 值} \leq 0.6$ 为一致性中等, Kappa ≥ 0.61 为一致性较高。采用受试者工作特征曲线(Receiver operating characteristic, ROC)分析评估颈动脉、颈脑一体化超声的诊断效能,并计算曲线下面积(Area under curve, AUC), AUC 之间的比较采用 Z 检验。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 2 组 EICA 超声特征比较 研究组 EICA 的 D、PSV、EDV 均低于对照组, RI 高于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表 1。

表 1 2 组 EICA 超声特征比较 [$M(P25, P75)$]

组别	n	D(mm)	PSV(m/s)	EDV(m/s)	RI
对照组	60	4.80(4.50~5.40)	0.74(0.67~0.84)	0.24(0.21~0.26)	0.66(0.64~0.71)
研究组	60	3.60(3.40~3.80)	0.38(0.27~0.47)	0.09(0.06~0.17)	0.69(0.63~0.93)
Z		-8.932	-9.413	-7.774	-2.093
P		<0.001	<0.001	<0.001	0.036

注: D: 内径; PSV: 收缩期峰值流速; EDV: 舒张期末流速; RI: 阻力指数。

2.2 2 组 MCA 超声特征比较 研究组 MCA 的 PSV 和 PI 低于对照组, 研究组 MCA 的 EDV 高于对照组, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表 2。

表 2 2 组 MCA 超声特征比较 [$M(P25, P75)$]

组别	n	PSV(m/s)	EDV(m/s)	PI
对照组	60	0.73(0.61~0.83)	0.26(0.22~0.29)	0.84(0.75~0.87)
研究组	60	0.35(0.23~0.46)	0.38(0.27~0.47)	0.65(0.58~0.70)
Z		-9.312	-7.654	-8.341
P		<0.001	<0.001	<0.001

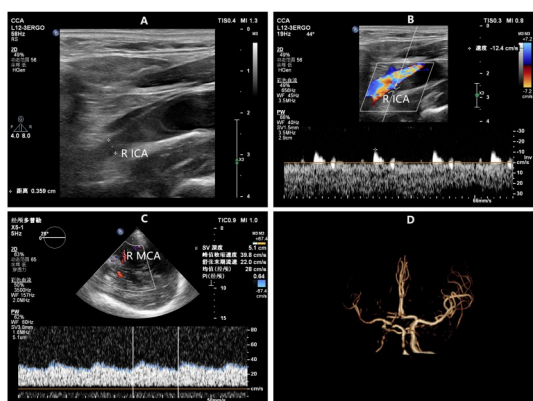
注: PSV: 收缩期峰值流速; EDV: 舒张期末流速; PI: 搏动指数。

2.3 颈脑一体化超声特征 本组病例中, IICA 狭窄或闭塞侧 EICA 超声特征为 D、PSV 和 EDV 降低, RI 增高, 其中 16 例尚可见云雾样改变。IICA 狭窄或闭塞侧 MCA 超声特征为 PSV、PI 降低, 呈低速低搏动性频谱, 典型病例见图 1。

2.4 颈动脉超声与颈脑一体化超声诊断效能比较

以 CTA 为标准, 颈动脉超声诊断 IICA 中重度狭窄或闭塞 44 例, 漏诊 16 例。颈脑一体化超声诊断 IICA 中重度狭窄或闭塞 54 例, 漏诊 6 例。颈脑一体

化超声的敏感度、特异度、准确性均高于颈动脉超声, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 一致性检验结果显示, 颈动脉超声与 CTA 一致性中等, 颈脑一体化超声与 CTA 一致性较高, Kappa 值分别为 0.533、0.833; ROC 曲线表明颈脑一体化超声诊断效能高于颈动脉超声, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见图 2 和表 3。



A: 右侧颈内动脉颅外段内径3.5 mm,并可见云雾影;B: 右侧颈内动脉颅外段呈敲桩样血流频谱,显示PSV 12.4 cm/s (RICA:右侧颈内动脉);C: 右侧大脑中动脉呈低速低搏动血流频谱,显示PSV 39.8 cm/s, EDV 22.0 cm/s, PI 0.64 (RMCA:右侧大脑中动脉);D: CTA示右侧颈内动脉颅内段闭塞。

图1 右侧颈内动脉颅内段闭塞患者颈脑一体化超声特征

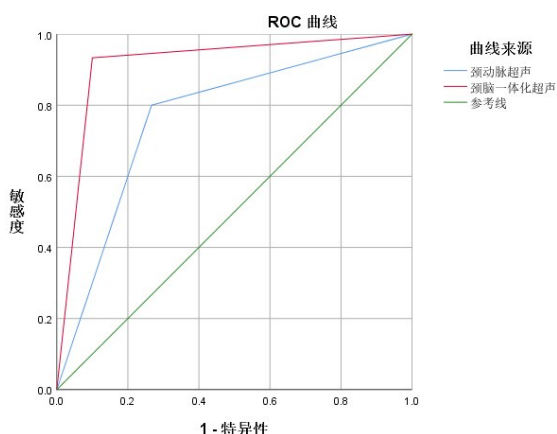


图2 颈动脉超声、颈脑一体化超声诊断 ICA 中重度狭窄或闭塞的 ROC 曲线

表3 颈动脉超声与颈脑一体化超声诊断效能比较

检查方法	AUC	敏感度	特异度	准确性
颈动脉超声	0.767	0.733	0.800	0.766
颈脑一体化超声	0.917	0.900	0.933	0.916
Z/χ^2	2.802	5.566	4.615	10.130
P	0.002	0.018	0.032	0.001

3 讨论

IICA 是颅内动脉狭窄或闭塞的好发部位^[10]。受 IICA 走行弯曲、颅骨对超声波的衰减等因素影响,超声难以直接评估 IICA,这会影响 IICA 狭窄或闭塞的诊断。研究发现,超声可通过分析上、下游动脉血流动力学变化来评估动脉狭窄或闭塞^[11]。

EICA、MCA 是 IICA 的上、下游动脉,可分别通过颈动脉超声、TCCD 进行评估。基于此,本研究采用颈脑一体化超声检查综合分析 IICA 狭窄或闭塞患者 EICA、MCA 的超声特征,期望为临床诊断 IICA 狭窄或闭塞提供依据,避免延误诊断。

本研究中,研究组 EICA 的 D、PSV、EDV 均低于对照组,RI 高于对照组 ($P < 0.05$)。当一侧 IICA 发生狭窄或闭塞,其血流量减少。根据血流量计算公式,即血流量 = $\pi \times (D/2)^2 \times$ 平均流速,因此作为上游动脉的 EICA 可出现不同程度管径缩小、平均流速减低。这些改变可以在血流频谱形态上得以体现,即 PSV、EDV 降低。RI 代表血流阻力大小,反映血管的顺应性、血流量等信息,故当 IICA 发生狭窄或闭塞时 EICA 的 RI 会增高。当大脑 Willis 环侧支循环代偿情况较好时,健侧颈内动脉血流量将会出现不同程度的代偿性增加,进而导致双侧 EICA 血流动力学参数不对称现象更明显^[12-14]。

与以往研究不同^[8],本研究联合 TCCD 检查 MCA 血流动力学改变,结果表明研究组 MCA 的 PSV 和 PI 低于对照组,研究组 MCA 的 EDV 高于对照组 ($P < 0.05$)。IICA 狭窄或闭塞时,作为直接延续的 MCA 出现低灌注改变,TCCD 表现为低速低搏动改变,即 PSV 和 PI 减低,与其他研究基本一致^[15]。研究组 MCA 的 EDV 较高,这可能与大脑 Willis 环侧支循环代偿有关。IICA 狭窄或闭塞时,为维持一定的脑灌注,机体可发生一些代偿性改变,如颅内血管扩张、前交通动脉开放等。由于舒张期时间长于收缩期,为维持 MCA 一定的血流量,健侧代偿性供血在舒张期更为明显。

本研究中,ROC 曲线表明颈脑一体化超声诊断效能高于颈动脉超声,AUC 分别为 0.917、0.767,差异有统计学意义 ($P < 0.05$),且与 CTA 一致性较高,Kappa 值分别为 0.533、0.833。造成这种差异性的主要原因可能与颈内动脉迂曲有关。颈内动脉迂曲是指颈内动脉过度伸长、扭曲等形态异常现象。研究表明,血管几何形态可引起血流动力学变化^[16]。当血液流经迂曲的颈内动脉时,血流速度剖面将会发生改变,引起血流加速或减慢,从而干扰判断^[17]。颈脑一体化超声通过 TCCD 检测分析 MCA 血流动力学参数可有效降低误诊漏诊率,进而提高诊断准确率。研究表明,经颅多普勒超声联合颈动脉血管彩色多普勒超声检查可提高颈内动脉闭塞或狭窄的诊断准确率^[18],与本研究结论一致。

本研究中,颈脑一体化超声漏诊6例患者,其原因与 Willis 环代偿情况有关,若患者代偿情况良好,MCA 并不会出现低速低搏动改变,从而干扰判断。

综上所述,IICA 狭窄或闭塞时,患侧 EICA 的 D、PSV、EDV、RI,以及患侧 MCA 的 PSV、EDV、PI 都有特征性变化。颈脑一体化超声可以客观评价这种特征性变化,具有较高诊断效能。

所有作者均声明不存在利益冲突关系。

参考文献:

- [1] 张谦,刘改改,黄志华. 调节性 T 淋巴细胞在缺血性脑卒中的作用研究进展[J]. 赣南医学院学报,2023,43(5):449-454.
- [2] 杨月君,孙坤钰,余兰,等. 缺血性脑卒中患者血清 dp-ucMGP、骨钙素水平与颈内动脉颅内段钙化的相关性[J]. 疑难病杂志,2023,22(7):708-713.
- [3] 徐敬轩,杨岩,张勛,等. CT 血管造影与磁共振诊断颈内动脉颅内段血管狭窄的价值[J]. 中外医学研究,2020,18(6):79-81.
- [4] 叶小翠,贾秀芬. 超声评估颈内动脉颅内段重度狭窄或闭塞[J]. 医学影像学杂志,2017,27(6):1049-1051.
- [5] 鲁强,杨瑞山,王可. CTA 对脑梗塞性颈内动脉斑块性质的评价[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2023,21(5):18-20.
- [6] 国家卫生计生委脑卒中防治工程委员会. 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.
- [7] 万登敏,韩兴权,雷劲松. 彩色多普勒超声在颈内动脉颅内段重度狭窄及闭塞评估中的应用[J]. 重庆医学,2016,45(10):1385-1387.
- [8] 杨靖雯,惠晶晶,丁亚芳,等. 颈动脉多普勒超声评估颈内动脉颅内段重度狭窄性疾病的应用价值[J]. 中华医学超声杂志(电子版),2021,18(6):597-604.
- [9] 周琛云,谭知芝,范红霞,等. 床旁经颅彩色多普勒超声在大脑中动脉支架置入术围手术期的价值初探[J]. 四川医学,2023,44(9):952-956.
- [10] 赵彤,赵诚. 颈动脉超声联合眼动脉超声对颈内动脉颅内段病变的定位诊断价值[J]. 国际医学放射学杂志,2023,46(6):659-665.
- [11] 方永涵,熊华花. 基于血流频谱波形及血流参数分析评估动脉狭窄性病变的研究进展[J]. 深圳中西医结合杂志,2022,32(4):117-120.
- [12] 薛恒,王金锐. 颅外颈动脉血流动力学改变的超声评估与颅内动脉狭窄的相关性研究[J]. 中华超声影像学杂志,2016,25(6):491-495.
- [13] 李晓慧,皇甫卫忠,郭海东,等. TCD 联合 CTA 及 CT 灌注成像在评估颈动脉狭窄或闭塞患者脑血流动力学变化中的价值分析[J]. 中国 CT 和 MRI 杂志,2016,14(12):16-18.
- [14] 张昭杰,杨军. 超声检查颈动脉血流动力学变化对预测颅内动脉狭窄的价值研究[J]. 中国医学装备,2022,19(2):101-105.
- [15] 张萍淑,吴小英,钱琳琳,等. 慢性单侧颈内动脉闭塞患者脑动脉血流动力学变化观察[J]. 中国综合临床,2019,35(3):199-203.
- [16] 刘畅,张弛,侯晓旭,等. 人体两侧椎动脉形态差异及其对血流动力学的影响[J]. 现代仪器与医疗,2022,28(5):30-37.
- [17] 国家卫生健康委员会脑卒中防治专家委员会血管超声专业委员会. 头颈部血管超声若干问题的专家共识(颈动脉部分)[J]. 中国脑血供病杂志,2020,17(6):346-352.
- [18] 苟显娜,赵丽莉,陈黎艳,等. TCD 联合 CDFI 应用对颈内动脉狭窄的诊断价值[J]. 贵州医科大学学报,2021,46(8):949-953.

(收稿:2025-01-26)(修回:2025-06-14)

(责任编辑:刘仰斌)