

· 脑血管疾病脑网络认识及功能保护专题 ·

无脑梗死重度颈动脉狭窄患者伴血管性认知障碍的特点

及影响因素

朱桓 李文杰 王培炯 张启航 张岩

100070 首都医科大学附属北京天坛医院神经外科 国家神经系统疾病临床医学研究中心

通信作者: 张岩, Email: yanzhang135@163.com

DOI: 10.3969/j.issn.1009-6574.2023.02.002

【摘要】目的 探索伴血管性认知障碍(VCI)的无脑梗死重度颈动脉狭窄(CAS)患者的认知受损情况及特点,并分析患者伴VCI的危险因素。**方法** 选取2020年9月至2021年12月就诊于首都医科大学附属北京天坛医院的55例重度CAS患者为研究对象。根据《2019年中国血管性认知障碍诊治指南》评估患者是否合并VCI。采用连线试验-A(TMT-A)、连线试验-B(TMT-B)、波士顿命名测试第2版(BNT-2)、中文版霍普金斯语言学习测试(HVLT)、画钟试验(CDT)和蒙特利尔认知评估量表(MoCA)比较伴或不伴VCI患者的认知功能。采用多因素Logistic回归分析无脑梗死重度CAS患者合并VCI的影响因素。**结果** 55例无脑梗死重度CAS患者中,40例(72.7%)患者伴VCI。67.5%(27/40)的伴VCI患者的认知受损维度>3个。单因素分析结果显示,伴或不伴VCI患者的年龄[(64.00±6.61)岁比(58.13±6.66)岁]、受教育年限[9(9,12)年比12(12,16)年]、有椎动脉狭窄占比[65.0%(26/40)比5/15]比较,差异有统计学意义($P<0.05$)。多因素Logistic回归分析显示,高龄($OR=1.165$, 95% CI : 1.019~1.332, $P<0.05$)是CAS患者伴VCI的危险因素,而受教育年限长($OR=0.681$, 95% CI : 0.490~0.947, $P<0.05$)和Willis环有效代偿($OR=5.531$, 95% CI : 1.027~29.797, $P<0.05$)是伴VCI的保护因素。**结论** 无脑梗死重度CAS伴VCI患者存在认知功能下降,受教育年限长、Willis环有效代偿是认知功能受损的保护因素,高龄是认知功能受损的危险因素。

【关键词】 颈动脉狭窄; 血管性认知障碍; 影响因素

基金项目: 国家自然科学基金(81870833); 国家科技支撑计划(2015bai12b04)

Characteristics and influencing factors of infarct-free severe carotid artery stenosis patients with vascular cognitive impairment Zhu Huan, Li Wenjie, Wang Peijiong, Zhang Qihang, Zhang Yan

Department of Neurosurgery, Beijing Tiantan Hospital, Capital Medical University, National Center for Clinical Medical Research of Neurological Diseases, Beijing 100070, China

Corresponding author: Zhang Yan, Email: yanzhang135@163.com

【Abstract】Objective To study the cognitive function and characteristics of infarct-free severe carotid artery stenosis (CAS) patients with vascular cognitive impairment (VCI), and to analyze the risk factors for VCI in these patients. **Methods** A total of 55 severe CAS patients who were treated in Beijing Tiantan Hospital Affiliated to Capital Medical University from September 2020 to December 2021 were included. The patients were assessed by 2019 Chinese Guidelines for Diagnosis and Treatment of VCI. The cognitive function of patients with or without VCI was compared using the Trail Making Test-A (TMT-A), Trail Making Test-B (TMT-B), Boston Naming Test Version 2 (BNT-2), Chinese version of Hopkins Verbal Learning Test (HVLT), Clock Drawing Test (CDT) and Montreal Cognitive Assessment Scale (MoCA). The influencing factors of VCI in patients with severe CAS without cerebral infarction were analyzed by multivariate Logistic regression analysis. **Results** Among 55 patients with severe CAS without cerebral infarction, 40 patients (72.7%) were complicated with VCI. 67.6% (27/40) of patients with VCI had more the 3 dimensions of cognitive impairment. The results of univariate analysis showed that there was significant difference in the age [(64.00±6.61) years old vs (58.13±6.66) years old], years of education [9 (9, 12) years vs 12 (12, 16) years] and vertebral artery stenosis [65.0% (26/40) vs 5/15] of patients with or without VCI ($P<0.05$). When multifactor correction was applied, advanced age ($OR=1.165$, 95% $CI=1.019-1.332$) was a risk factor for VCI in patients with carotid stenosis, while higher education ($OR=0.681$, 95% $CI=0.490-0.947$) and effective Willis loop compensation ($OR=5.531$, 95% $CI=1.027-29.797$)

were then protective factors. **Conclusions** Severe CAS patients with VCI have extensive cognitive function impairment, higher education and effective Willis loop compensation are protective factors for cognitive function, and advanced age is a risk factor for cognitive impairment.

【Key words】 Carotid artery stenosis; Vascular cognitive impairment; Influencing factor

Fund programs: National Natural Science Foundation of China (81870833); National Science and Technology Supporting Program (2015bai12b04)

血管性认知障碍(vascular cognitive impairment, VCI)是指由于血管因素造成的认知功能受损,包括一系列病因不同、认知受损程度各异的疾病,最严重的类型为血管性痴呆^[1]。VCI的病情进展多变,患者的认知受损以执行能力、反应速度和记忆力受损为特点^[2]。颈动脉狭窄(carotid artery stenosis, CAS)是缺血性卒中的常见病因,CAS患者的认知能力较健康人群明显下降^[3]。CAS是造成患者出现VCI的病因之一,但目前研究CAS患者合并VCI的概率以及认知受损特点的报道较少,对于CAS患者出现明显认知受损的危险因素的研究结论也存在较大异质性。因此,本研究拟对重度CAS患者的认知状况进行评估,了解CAS患者合并VCI的情况以及此类患者认知功能的具体改变情况,并进一步探索患者认知障碍的影响因素,旨在为改善患者认知功能、延缓认知下降提供依据。

一、对象与方法

1. 研究对象: 选取2020年9月至2021年12月就诊于首都医科大学附属北京天坛医院的55例重度CAS患者为研究对象,所有患者术前完成弓上CT血管造影、颈部血管超声造影、CT头部平扫+血管成像+颅内灌注成像和(或)头部MRI等检查。纳入标准: 单侧或双侧CAS发生率>70%。排除标准: (1)有陈旧或新发脑梗死;(2)既往有颈动脉剥脱或支架手术史;(3)存在神经功能缺失、精神行为异常、生活自理能力受损;(4)拒绝接受认知评估。本研究已通过首都医科大学附属北京天坛医院医学伦理委员会审批(批号: KYSQ2018-156-01、KY2022-053-02),所有研究对象自愿参与本研究并签署知情同意书。

2. 研究方法: (1)收集患者的一般资料。包括性别、年龄、受教育年限、首发症状、既往史(包括高血压病史、糖尿病史、高脂血症史、吸烟史和饮酒史)、本次手术侧及对侧重度CAS情况、椎动脉狭窄情况以及Willis环代偿是否有效。首发症状根据主诉分为无症状、TIA和非特异性症状(包括头痛、头晕、感觉异常等);CAS诊断依照北美症状性颈动脉内膜剥脱术试验标准,70%~99%的狭窄为重度狭窄,50%~69%的狭窄为中度狭窄^[4-5];患者前交通动脉开放并至少有1侧后交通动脉存在,为有效代偿的Willis环^[6]。(2)VCI诊断。采用《2019年中国

血管性认知功能障碍诊治指南》^[7]中VCI的诊断标准: 存在认知损害(主诉或临床医生判断有认知障碍并存在至少1个认知域损害)、存在血管性脑损伤的证据(包括血管危险因素)和明确血管性脑损害在认知损害中占主导地位,排除AD等其他影响认知功能的疾病。(3)认知功能评估。对入组患者的注意与处理速度、执行功能、语言功能、学习记忆力、视空间能力和整体认知共6个认知维度进行评估,评估工具包括连线试验-A(Trail Making Test-A, TMT-A)、中文版连线试验-B(Trail Making Test-B, TMT-B)、波士顿命名测试第2版(Boston Naming Test 2nd Edition, BNT-2)、中文版霍普金斯语言学习测试(Hopkins Verbal Learning Test, HVLT)、画钟试验(Clock Drawing Test, CDT)和MoCA。参考相关文献^[7],以对应维度认知损害与否划分阈值。MoCA阈值: 文盲为13分,受教育年限1~6年为19分,受教育年限≥7年为24分;CDT阈值为3分;HVLT阈值为18.5分;BNT阈值为22分;TMT-A阈值为77.5 s;TMT-B阈值为147.5 s。得分高于阈值为存在相应维度的认知损害,得分低于阈值为不存在对应维度的认知损害。

3. 统计学方法: 采用SPSS 25.0统计学软件进行数据分析。符合正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较采用独立样本 t 检验;非正态分布的计量资料以中位数和四分位数 $[M(P_{25}, P_{75})]$ 表示,组间比较采用Wilcoxon秩和检验。计数资料用频数、百分数(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验,并依据数据分布进行连续性矫正或Fisher精确检验。以伴或不伴VCI为因变量,以单因素分析中 $P < 0.1$ 的变量为自变量纳入多因素Logistic回归模型,分析CAS患者伴VCI的影响因素。双侧检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

二、结果

1. 无脑梗死重度CAS患者伴VCI危险因素的单因素分析: 55例无脑梗死的中重度CAS患者中,40例(72.7%)出现了VCI。伴或不伴VCI患者的年龄、受教育年限、椎动脉狭窄情况比较,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表1。

2. 无脑梗死重度CAS伴VCI患者的认知功能特点: 伴VCI患者的整体认知、视空间能力、学习记忆

表1 无脑梗死重度CAS患者伴VCI危险因素的单因素分析

项目	无VCI (n=15)	伴VCI (n=40)	t/Z/ χ^2 值	P值
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	58.13 \pm 6.66	64.00 \pm 6.61	-2.923	0.005
受教育年限[年, $M(P_{25}, P_{75})$]	12(12, 16)	9(9, 12)	3.199	0.001
性别[例(%)]				
男	13(13/15)	32(80.0)	0.032	0.858
女	2(2/15)	8(20.0)		
首发症状[例(%)]				
无症状	12(12/15)	24(60.0)	1.649	0.525
TIA	2(2/15)	11(27.5)		
非特异	1(1/15)	5(12.5)		
吸烟史[例(%)]				
无	6(6/15)	23(57.5)	1.340	0.247
有	9(9/15)	17(42.5)		
饮酒史[例(%)]				
无	9(9/15)	32(80.0)	1.366	0.242
有	6(6/15)	8(20.0)		
糖尿病史[例(%)]				
无	10(10/15)	28(70.0)	0.000	1.000
有	5(5/15)	12(30.0)		
高血压病史[例(%)]				
无	7(7/15)	14(35.0)	0.629	0.428
有	8(8/15)	26(65.0)		
高脂血症史[例(%)]				
无	11(11/15)	32(80.0)	0.028	0.868
有	4(4/15)	8(20.0)		
本次手术侧及对侧重度 颈动脉狭窄[例(%)]				
无	10(10/15)	24(60.0)	0.205	0.650
有	5(5/15)	16(40.0)		
椎动脉狭窄[例(%)]				
无	10(10/15)	14(35.0)	4.448	0.035
有	5(5/15)	26(65.0)		
Willis环有效代偿[例(%)]				
无	5(5/15)	24(60.0)	3.112	0.078
有	10(10/15)	16(40.0)		

注: CAS颈动脉狭窄; VCI血管性认知障碍; TIA短暂性脑缺血发作; 分母小于20, 以分数表示

能力、语言功能、注意与处理速度和执行功能维度得分低于无VCI患者, 差异有统计学意义($P < 0.05$), 见表2。伴VCI患者中, 38例的MoCA得分、24例的CDF得分、32例的HVLTL得分、35例的TMT-B得分低于阈值, 见图1。27例(67.5%)重度CAS伴VCI患者的认知受损维度 > 3 个, 见图2。

3. 重度CAS患者伴VCI的影响因素: 高龄是CAS患者伴VCI的危险因素($OR > 1, P < 0.05$), 受教育年限较长和有效的Willis环代偿是保护因素($OR < 1, P < 0.05$), 见表3。

讨论 动脉粥样硬化性CAS与认知受损和卒中密切相关, 但既往对CAS的关注点多集中在缺血性卒中事件的预防, 对CAS造成认知功能减退的关注较少^[8]。Mathiesen等^[9]对CAS患者的横断面研究表明, 相较于健康人, CAS患者的执行能力和记忆力受损。虽然卒中会导致认知能力下降, 但后续的研究表明CAS本身也是认知受损的独立危险因素。Lal等^[10]对无症状中重度CAS患者认知功能的研究显示, 患者的学习记忆能力、运动/处理速度能力、执行能力和复合认知得分均降低, 而且近一半的CAS伴VCI患者至少在2个认知维度方面有明显的下降。本研究也得到了相似的结论, 67.5%的伴VCI患者的受损认知维度超过3个, 进一步证实了CAS可以造成认知受损。

CAS导致认知受损的具体机制尚不清楚。既往研究发现, CAS患者的大脑前循环区域的灰质结构较同龄健康人有明显萎缩^[11], 脑白质结构也存在明显受损^[12]; 而与执行、记忆等功能相对应的功能网络, 包括额颞网络、默认网络和注意网络的功能连接均显著下降^[13]; 从图论的角度来看, CAS患者的功能网络的度、集群系数、特征路径长度和小世界等参数有明显改变, 且这些改变与患者的认知能力下降相关^[14]。以上研究表明, CAS对大脑的结构、功能以及作为一个复杂网络整体的效率均有明显损害, 并可能通过这些途径介导认知能力的下降。

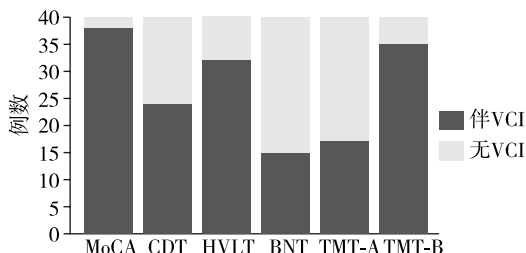
VCI认知受损程度各异, 与大脑病变程度及是否合并AD相关, 严重可表现为痴呆, 轻者仅可出现主观认知下降^[7], 其病因包括脑卒中、脑小血管病以及由于动脉狭窄造成的低灌注等。对于CAS患者, 其出现VCI的可能机制有缺血缺氧、血-脑积液屏障被破坏、微栓塞等^[2, 15-16]。有观点认为对比其他影响认知功能的疾病, CAS患者的认知功能相对保留。Takaiwa等^[17]对105例无症状CAS患者合并轻度认知功能障碍的情况进行评估, 发现认知功能未受影响者仅占小部分。在本研究中, 无脑梗死重度CAS患者出现VCI的概率高达72.7%, 这表明即便在没有明显的病理损害的情况下, CAS患者仍易合并VCI, 这一结论与既往的研究结果相吻合^[18-19]。

CAS患者的认知能力与诸多因素相关。既往研究表明, 低灌注、颈内动脉内膜中层厚度、斑块钙化、脑血流自动调节能力降低等与CAS患者认知功能障碍相关^[6, 20-22], 而社交活动、体力/脑力运动和较高的教育程度等是认知功能的保护因素^[2, 6]。本研究结果显示, 受教育年限较高的患者不易出现VCI。此外, 有效的Willis环代偿也是认知功能的保护因素, 高龄则是合并VCI的危险因素。认知功能会随

表2 无脑梗死重度CAS伴或不伴VCI患者的认知功能比较(分, $\bar{x} \pm s$)

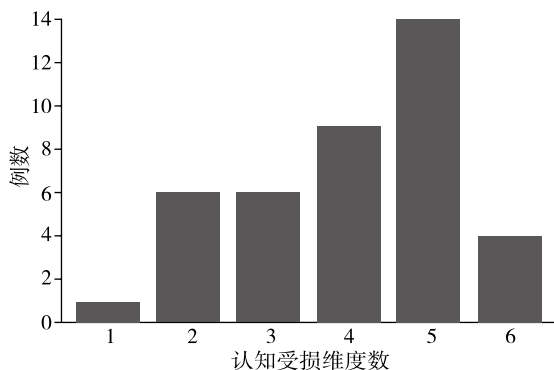
组别	例数	MoCA	CDT	HVLT	BNT	TMT-A	TMT-B
无VCI	15	25.53 ± 0.74	4.00 ± 0.00	22.00 ± 3.59	26.33 ± 2.13	6.93 ± 9.79	120.00 ± 25.04
伴VCI	40	19.68 ± 3.15	2.88 ± 1.11	14.95 ± 4.51	22.90 ± 4.04	86.08 ± 47.90	234.25 ± 88.73
t值		7.081	3.885	5.433	3.117	-3.124	-4.888
P值		< 0.001	< 0.001	< 0.001	0.003	0.003	< 0.001

注: CAS 颈动脉狭窄; VCI 血管性认知障碍; MoCA 蒙特利尔认知评估量表; CDT 画钟试验; HVLT 霍普金斯语言学习测试中文版; BNT 波士顿命名测试; TMT-A 连线试验-A; TMT-B 连线试验-B



注: CAS 颈动脉狭窄; VCI 血管性认知障碍; MoCA 蒙特利尔认知评估量表; CDT 画钟试验; HVLT 霍普金斯语言学习测试中文版; BNT 波士顿命名测试; TMT-A 连线试验-A; TMT-B 连线试验-B

图1 无脑梗死重度CAS伴VCI患者的认知功能受损情况



注: VCI 血管性认知障碍; CAS 颈动脉狭窄

图2 无脑梗死重度CAS伴VCI患者的认知受损维度数

个体老化而降低^[23], 而低灌注则被认为是此类患者认知功能下降的更重要的因素。相关研究证明, 当一侧颈内动脉狭窄时, 对侧颈内动脉血流量会代偿性增加^[24]。此外, 椎动脉为后循环区域提供血运的同时, 还可以通过颅内侧支循环对前循环区域进行代偿, 当CAS患者合并椎动脉狭窄时, 其远期卒中和

病死率均会升高^[25]。因此, 推测患者手术侧及对侧的颈内动脉狭窄情况、椎动脉的狭窄情况以及是否具备完整的颅内侧支循环对认知功能存在影响。但本研究结果显示, 在以上推测因素中, 仅Willis环有效代偿是重度CAS患者伴VCI的保护因素, 提示颅内侧支循环对大脑灌注的代偿作用可能更为重要。Willis环是颅内首要的侧支循环途径^[26], 其代偿作用迅速且高效。危薇等^[27]发现, 在颈内动脉重度狭窄或闭塞患者中, 前交通动脉开放患者的脑血管反应性和注意网络的损害性较低, 这表明Willis环的有效代偿作用可以保护脑功能, 对于延缓患者的认知功能受损进程有一定意义。

本研究存在不足之处: 首先, 本研究的样本量较小, 且为横断面研究, 仅能探究部分危险因素, 无法明确这些因素对患者认知功能的动态影响及因果关系。此外, 基于本研究的初步结论, 其他侧支循环代偿途径如颅内外吻合支、软膜支等对重度CAS患者认知功能的影响还有待继续研究。最后, 本研究未深入研究患者认知受损的具体机制, 后续将结合MRI技术进一步分析。

综上所述, 即使未出现脑梗死等结构损害, 仍有较高比例的重度CAS患者合并VCI, 而且此类患者的认知功能受损维度较为广泛, 以整体认知、视空间能力、学习记忆能力和执行能力损害为特征。另外, 受教育年限长和Willis环有效代偿是重度CAS患者伴VCI的保护因素, 而高龄患者更易出现VCI。

利益冲突 文章所有作者共同认可文章无相关利益冲突

作者贡献声明 试验构思与设计为朱桓、李文杰, 研究实施、资料收集为李文杰、张启航, 论文撰写、文献收集为朱桓、李文杰、王培炯, 论文修订、审核为王培炯、张岩

表3 无脑梗死重度CAS患者伴VCI影响因素的多因素Logistic回归分析

项目	回归系数	标准误	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
常数项	-4.452	4.588	0.941	0.332	0.012	-
年龄	0.153	0.068	5.018	0.025	1.165	1.019 ~ 1.332
受教育年限	-0.385	0.168	5.227	0.022	0.681	0.490 ~ 0.947
椎动脉狭窄(以存在狭窄为参照)	-0.545	0.844	0.416	0.519	0.580	0.111 ~ 3.035
Willis环代偿(以存在有效代偿为参照)	1.710	0.859	3.962	0.047	5.531	1.027 ~ 29.797

注: CAS 颈动脉狭窄; VCI 血管性认知障碍; - 无数据

参 考 文 献

- [1] van der Flier WM, Skoog I, Schneider JA, et al. Vascular cognitive impairment[J]. *Nat Rev Dis Primers*, 2018, 4: 18003. DOI: 10.1038/nrdp.2018.3.
- [2] Iadecola C, Duering M, Hachinski V, et al. Vascular cognitive impairment and dementia: JACC scientific expert panel[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2019, 73(25): 3326-3344. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.04.034.
- [3] Chang XL, Zhou HQ, Lei CY, et al. Association between asymptomatic carotid stenosis and cognitive function: a systematic review[J]. *Neurosci Biobehav Rev*, 2013, 37(8): 1493-1499. DOI: 10.1016/j.neubiorev.2013.05.011.
- [4] Barnett HJ, Taylor DW, Eliasziw M, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators[J]. *N Engl J Med*, 1998, 339(20): 1415-1425. DOI: 10.1056/NEJM19981123392002.
- [5] 中华医学会外科学分会血管外科学组. 颈动脉狭窄诊治指南[J]. *中国血管外科杂志(电子版)*, 2017, 9(3): 169-175. DOI: 10.3969/j.issn.1674-7429.2017.03.003.
- [6] Luo RT, Wang PJ, Deng XF, et al. An integrated analysis of risk factors of cognitive impairment in patients with severe carotid artery stenosis[J]. *Biomed Environ Sci*, 2018, 31(11): 797-804. DOI: 10.3967/bes2018.107.
- [7] 中国医师协会神经内科分会认知障碍专业委员会.《中国血管性认知障碍诊治指南》编写组. 2019年中国血管性认知障碍诊治指南[J]. *中华医学杂志*, 2019, 99(35): 2737-2744. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.35.005.
- [8] Wang T, Mei B, Zhang J. Atherosclerotic carotid stenosis and cognitive function[J]. *Clin Neurol Neurosurg*, 2016, 146: 64-70. DOI: 10.1016/j.clineuro.2016.03.027.
- [9] Mathiesen EB, Waterloo K, Joakimsen O, et al. Reduced neuropsychological test performance in asymptomatic carotid stenosis: the tromsø study[J]. *Neurology*, 2004, 62(5): 695-701. DOI: 10.1212/01.wnl.0000113759.80877.1f.
- [10] Lal BK, Dux MC, Sikdar S, et al. Asymptomatic carotid stenosis is associated with cognitive impairment[J]. *J Vasc Surg*, 2017, 66(4): 1083-1092. DOI: 10.1016/j.jvs.2017.04.038.
- [11] Wang P, Cai H, Luo R, et al. Measurement of cortical atrophy and its correlation to memory impairment in patients with asymptomatic carotid artery stenosis based on VBM-DARTEL[J]. *Front Aging Neurosci*, 2021, 13: 620763. DOI: 10.3389/fnagi.2021.620763.
- [12] Baradaran H, Mtui EE, Richardson JE, et al. White matter diffusion abnormalities in carotid artery disease: a systematic review and Meta-analysis[J]. *J Neuroimaging*, 2016, 26(5): 481-488. DOI: 10.1111/jon.12347.
- [13] Cheng HL, Lin CJ, Soong BW, et al. Impairments in cognitive function and brain connectivity in severe asymptomatic carotid stenosis[J]. *Stroke*, 2012, 43(10): 2567-2573. DOI: 10.1161/STROKEAHA.111.645614.
- [14] Chang TY, Huang KL, Ho MY, et al. Graph theoretical analysis of functional networks and its relationship to cognitive decline in patients with carotid stenosis[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2016, 36(4): 808-818. DOI: 10.1177/0271678X15608390.
- [15] 霍然, 刘颖, 邬海博, 等. 颈动脉狭窄认知功能障碍机制及颈动脉血运重建术对认知功能影响的研究进展[J]. *中华脑血管病杂志(电子版)*, 2020, 14(4): 194-198. DOI: 10.11817/j.issn.1673-9248.2020.04.002.
- [16] Washida K, Hattori Y, Ihara M. Animal models of chronic cerebral hypoperfusion: from mouse to primate[J]. *Int J Mol Sci*, 2019, 20(24): 6176. DOI: 10.3390/ijms20246176.
- [17] Takaiwa A, Kuwayama N, Akioka N, et al. Discrepancy analysis between crystallized and fluid intelligence tests: a novel method to detect mild cognitive impairment in patients with asymptomatic carotid artery stenosis[J]. *Eur J Neurol*, 2018, 25(2): 313-319. DOI: 10.1111/ene.13504.
- [18] 李锦, 袁栋才, 张俊领, 等. 血管狭窄与血管性认知功能障碍的相关性[J]. *中国老年学杂志*, 2011, 31(20): 4020-4021. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2011.20.067.
- [19] 付慧霄, 张雁. 颈动脉狭窄对老年血管性认知障碍患者认知功能的影响[J]. *中国老年学杂志*, 2016, 36(14): 3431-3433. DOI: 10.3969/j.issn.1005-9202.2016.14.036.
- [20] Romero JR, Beiser A, Seshadri S, et al. Carotid artery atherosclerosis, MRI indices of brain ischemia, aging, and cognitive impairment: the Framingham study[J]. *Stroke*, 2009, 40(5): 1590-1596. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.535245.
- [21] Chu Z, Cheng L, Tong Q. Carotid artery calcification score and its association with cognitive impairment[J]. *Clin Interv Aging*, 2019, 14: 167-177. DOI: 10.2147/CIA.S192586.
- [22] Avrame K, Lesemann A, List J, et al. Cerebral autoregulation and brain networks in occlusive processes of the internal carotid artery[J]. *J Cereb Blood Flow Metab*, 2015, 35(2): 240-247. DOI: 10.1038/jcbfm.2014.190.
- [23] Sachdev PS. Social health, social reserve and dementia[J]. *Curr Opin Psychiatry*, 2022, 35(2): 111-117. DOI: 10.1097/YCO.0000000000000779.
- [24] Zarrinkoob L, Wählin A, Ambarki K, et al. Blood flow lateralization and collateral compensatory mechanisms in patients with carotid artery stenosis[J]. *Stroke*, 2019, 50(5): 1081-1088. DOI: 10.1161/STROKEAHA.119.024757.
- [25] Qureshi AI, Chaudhry SA, Eckstein H, et al. Asymptomatic extracranial vertebral artery disease in patients with internal carotid artery stenosis[J]. *Neurosurgery*, 2017, 81(3): 531-536. DOI: 10.1093/neuros/nyx092.
- [26] Shuaib A, Butcher K, Mohammad AA, et al. Collateral blood vessels in acute ischaemic stroke: a potential therapeutic target[J]. *Lancet Neurol*, 2011, 10(10): 909-921. DOI: 10.1016/S1474-4422(11)70195-8.
- [27] 危薇, 黄家俊, 罗华, 等. 侧支循环对颈内动脉重度狭窄或闭塞患者脑血管反应性和注意网络的影响[J]. *中风与神经疾病杂志*, 2016, 33(6): 529-532. DOI: 10.19845/j.cnki.zfysjbjzz.2016.06.012.
- Wei W, Huang JJ, Luo H, et al. The influence of collateral circulation on cerebrovascular reactivity and attention network after severe stenosis or occlusion of internal carotid artery[J]. *Journal of Apoplexy and Nervous Diseases*, 2016, 33(6): 529-532.

(收稿日期: 2022-02-12)

(本文编辑: 赵金鑫)