

· 论著 ·

中青年偏头痛患者脑血管反应性影响因素分析

扫描二维码
查看更多陈小玮¹, 李琼², 刘坤³

作者单位: 1.410007湖南省长沙市, 湖南省第二人民医院 湖南省脑科医院超声医学科 2.410007湖南省长沙市, 湖南省第二人民医院 湖南省脑科医院心电图诊断科 3.410007湖南省长沙市, 湖南省第二人民医院 湖南省脑科医院脑血管神经外科

通信作者: 刘坤, E-mail: 330256@hnucm.edu.cn

【摘要】 目的 分析中青年偏头痛患者脑血管反应性(CVR)的影响因素。**方法** 收集2022年7月—2023年12月在湖南省第二人民医院超声医学科就诊的108例中青年偏头痛患者为研究对象。收集患者的临床资料, 根据经颅多普勒(TCD)屏气试验结果, 将患者分为CVR受损组(57例)和CVR正常组(51例)。采用多因素Logistic回归分析探讨中青年偏头痛患者CVR的影响因素。**结果** CVR受损组有失眠症、抑郁症、焦虑症、卵圆孔未闭(PFO)者占比高于CVR正常组, P波最大时限(Pmax)、P波离散度(Pd)长于CVR正常组($P < 0.05$)。多因素Logistic回归分析结果显示, 失眠症[OR=5.421, 95%CI(1.088~26.995)]、抑郁症[OR=4.369, 95%CI(1.022~18.679)]、焦虑症[OR=8.529, 95%CI(1.480~49.143)]、Pd[OR=1.168, 95%CI(1.067~1.279)]、PFO[OR=5.137, 95%CI(1.189~22.190)]是中青年偏头痛患者CVR受损的影响因素($P < 0.05$)。**结论** 失眠症、抑郁症、焦虑症、Pd、PFO是中青年偏头痛患者CVR受损的影响因素。

【关键词】 偏头痛; 中年人; 青年人; 脑血管反应性; 影响因素分析**【中图分类号】** R 747.2 **【文献标识码】** A DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2024.00.298

Influencing Factors of Cerebral Vascular Reactivity in Young and Middle-Aged Patients with Migraine

CHEN Xiaowei¹, LI Qiong², LIU Kun³

1.Department of Ultrasound Medicine, the Second People's Hospital of Hunan Province/Brain Hospital of Hunan Province, Changsha 410007, China

2.Department of Electrocardiography, the Second People's Hospital of Hunan Province/Brain Hospital of Hunan Province, Changsha 410007, China

3.Department of Cerebrovascular Neurosurgery, the Second People's Hospital of Hunan Province/Brain Hospital of Hunan Province, Changsha 410007, China

Corresponding author: LIU Kun, E-mail: 330256@hnucm.edu.cn

【Abstract】 Objective To analyze the influencing factors of cerebral vascular reactivity (CVR) in young and middle-aged patients with migraine. **Methods** A total of 108 young and middle-aged patients with migraine admitted to the Department of Ultrasound Medicine of the Second People's Hospital of Hunan Province from July 2022 to December 2023 were selected as the study subjects. Clinical data of the patients were collected. Based on the results of the transcranial doppler (TCD) breath-holding test, patients were divided into the CVR-impaired group (57 cases) and the CVR-normal group (51 cases). Multivariate Logistic regression analysis was used to explore the influencing factors of CVR in young and middle-aged patients with migraine. **Results**

The proportion of patients with insomnia, depression, anxiety, and patent foramen ovale (PFO) was higher in the CVR-impaired group than in the CVR-normal group, the maximum P-wave duration (Pmax) and P-wave dispersion (Pd) were longer in the CVR-impaired group than in the CVR-normal group ($P < 0.05$). Multivariate Logistic regression analysis showed that insomnia [OR=5.421, 95%CI(1.088-26.995)], depression [OR=4.369, 95%CI(1.022-18.679)], anxiety [OR=8.529, 95%CI(1.480-49.143)], Pd [OR=1.168, 95%CI(1.067-1.279)], and PFO [OR=5.137, 95%CI(1.189-22.190)] were influencing factors of CVR impairment in young and middle-aged patients with migraine ($P < 0.05$). **Conclusion** Insomnia, depression, anxiety, Pd, and PFO are influencing factors of CVR impairment in young and middle-aged patients with migraine.

【Key words】 Migraine disorders; Middle aged; Young adult; Cerebral vascular reactivity; Root cause analysis

偏头痛是一种原发性头痛,常表现为反复发作的中度至重度单侧搏动性头痛^[1]。偏头痛的发作机制至今尚未阐明,其中血管源学说认为偏头痛与脑血管舒缩功能障碍有关^[2-3]。脑血管反应性(cerebral vascular reactivity, CVR)指脑血管在生理或病理因素刺激下(如血压变化、二氧化碳浓度变化、药物作用等),通过改变其收缩和舒张的状态来维持脑血流稳定性^[4]。目前,国内关于中青年偏头痛患者CVR影响因素的研究较少。鉴于此,本研究旨在分析中青年偏头痛患者CVR的影响因素,以期为偏头痛的临床治疗提供参考。

1 对象与方法

1.1 研究对象

收集2022年7月—2023年12月在湖南省第二人民医院超声医学科就诊的108例中青年偏头痛患者为研究对象。纳入标准:(1)符合《中国偏头痛诊治指南(2022版)》^[5]中偏头痛的诊断标准;(2)年龄20~50岁;(3)临床资料完整;(4)经颅多普勒(transcranial doppler, TCD)检查显示双侧颞窗透声良好。排除标准:(1)伴有心律失常、心肌病、心脏瓣膜病、心力衰竭及其他先天性心脏病者;(2)伴有严重的肺部疾病(如急性肺栓塞)、急性感染及肝脏、肾脏、血液系统、内分泌系统疾病(糖尿病除外)者;(3)伴有脑卒中、脑肿瘤、帕金森病、肝豆状核变性病、多系统萎缩等神经系统疾病者;(4)因双侧颞窗闭合或听力、智力、言语发音、认知障碍,无法进行TCD屏气试验者;(5)伴有躁郁症、精神分裂症及物质相关障碍者。本研究已获得湖南省第二人民医院伦理委员会批准(2024k037),患者均签署了知情同意书。

1.2 资料收集

收集患者的临床资料,包括年龄、性别、高血压史、糖尿病史、高脂血症史、冠心病史、吸烟史、饮酒史、失眠症情况、抑郁症情况〔采用汉密尔顿抑郁量表(Hamilton Depression Scale, HAMD)^[6]评估,其中得分 ≥ 7 分为有抑郁症〕、焦虑症情况〔采用贝克焦虑量表(Beck Anxiety Inventory, BAI)^[7]评估,其中得分 ≥ 45 分为有焦虑症〕及入院时心电图(electrocardiogram, ECG)检查指标〔ST-T段下移情况、PR间期、QTc间期、 $R_{V5}+S_{V1}$ 振幅、P波最大时限(maximum P-wave duration, Pmax)、P波离散度(P-wave dispersion, Pd)、心率〕、超声心动图检查指标〔卵圆孔未闭(patent foramen ovale, PFO)发生情况、主动脉瓣口前向峰值流速(forward peak velocity of aortic valve, AVmax)、肺动脉瓣口前向峰值流速(forward peak velocity of pulmonary valve, PVmax)〕、TCD屏气试验结果。

选用RE04A型心电图采集端及心电图自动分析系

统〔迪姆软件(北京)有限公司生产〕进行ECG检查,系统参数调整为增益10 mm/mV,走纸速度25 mm/s。由1名心电诊断学副主任医师参照《心电图测量技术指南》^[8]分析ECG检查指标。

采用GE-logiqE20彩色多普勒超声仪〔通用电器医疗系统(中国)有限公司生产〕进行超声心动图及经胸右心声学造影(contrast transthoracic echocardiography, c-TTE)检查,采用2.0~5.0 MHz的相控阵心脏探头。患者取左侧卧位,由同一名超声科医生将涂有耦合剂的超声探头贴近患者皮肤,先通过观察心尖五腔心切面测量AVmax、通过胸骨旁肺动脉长轴切面来测量PVmax^[9],之后通过c-TTE检查诊断有无PFO。PFO诊断标准:c-TTE检查期间3~5个心动周期内左心房出现微气泡^[10]。

选择患者头痛侧的大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)为靶血管,并于患者平静2 min后开始TCD屏气试验,在获得稳定血流信号后,嘱患者屏住呼吸约30 s,记录屏气前后MCA的平均血流速度(mean blood flow velocity, MBFV),计算屏气指数(breath holding index, BHI)。BHI=(屏气后MBFV-屏气前MBFV)/屏气前MBFV $\times$ (100/屏气时间)。每例患者需进行两次TCD屏气试验,且两次试验间隔5 min,取其平均值作为最终结果。以BHI <0.69 为CVR受损^[11]。根据TCD屏气试验结果,将患者分为CVR受损组(57例)和CVR正常组(51例)。

1.3 统计学方法

采用SPSS 26.0统计学软件进行数据分析。采用Kolmogorov-Smirnov检验进行正态性检验,符合正态分布的计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,两组间比较采用独立样本 t 检验;偏态分布的计量资料以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,组间比较采用Mann-Whitney U 检验;计数资料以相对数表示,组间比较采用 χ^2 检验;采用多因素Logistic回归分析探讨中青年偏头痛患者CVR的影响因素。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组临床资料比较

两组年龄、性别、有高血压史、有糖尿病史、有高脂血症史、有冠心病史、有吸烟史、有饮酒史、ST-T段下移者占比,PR间期、QTc间期、 $R_{V5}+S_{V1}$ 振幅、心率、AVmax、PVmax比较,差异无统计学意义($P>0.05$);CVR受损组有失眠症、抑郁症、焦虑症、PFO者占比高于CVR正常组,Pmax、Pd长于CVR正常组,差异有统计学意义($P<0.05$),见表1。

2.2 中青年偏头痛患者CVR影响因素的多因素Logistic回归分析

以失眠症(赋值:有=1,无=0)、抑郁症(赋

值：有=1，无=0）、焦虑症（赋值：有=1，无=0）、Pmax（实测值）、Pd（实测值）、PFO（赋值：有=1，无=0）为自变量，中青年偏头痛患者CVR情况为因变量（赋值：受损=1，正常=0），进行多因素Logistic回归分析，结果显示，失眠症、抑郁症、焦虑症、Pd、PFO是中青年偏头痛患者CVR受损的影响因素（ $P<0.05$ ），见表2。

3 讨论

数据显示，2019年，全球偏头痛病例增至8 760万

表1 两组临床资料比较

Table 1 Comparison of clinical data between the two groups

项目	CVR正常组 (n=51)	CVR受损组 (n=57)	检验统计量	P值
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	40.0 $\pm$ 5.5	38.5 $\pm$ 6.3	1.353 ^a	0.179
性别 (男/女)	25/26	30/27	0.141 ^b	0.708
高血压史 [n (%)]	7 (13.7)	8 (14.0)	0.002 ^b	0.963
糖尿病史 [n (%)]	5 (9.8)	6 (10.5)	0.015 ^b	0.901
高脂血症史 [n (%)]	5 (9.8)	4 (7.0)	0.030 ^b	0.862
冠心病史 [n (%)]	3 (5.9)	2 (3.5)	0.016 ^b	0.899
吸烟史 [n (%)]	7 (13.7)	6 (10.5)	0.260 ^b	0.610
饮酒史 [n (%)]	5 (9.8)	3 (5.3)	0.283 ^b	0.595
失眠症 [n (%)]	3 (5.9)	25 (43.9)	20.215 ^b	<0.001
抑郁症 [n (%)]	4 (7.8)	26 (45.6)	19.141 ^b	<0.001
焦虑症 [n (%)]	2 (3.9)	23 (40.4)	20.079 ^b	<0.001
ST-T段下移 [n (%)]	3 (5.9)	10 (17.5)	3.457 ^b	0.063
PR间期 ($\bar{x} \pm s$, ms)	154.5 $\pm$ 20.6	154.1 $\pm$ 17.8	0.099 ^a	0.921
QTc间期 ($\bar{x} \pm s$, ms)	409.6 $\pm$ 25.7	401.8 $\pm$ 23.9	1.635 ^a	0.105
R _{VS} +S _{VT} 振幅 ($\bar{x} \pm s$, mV)	2.24 $\pm$ 0.78	2.19 $\pm$ 0.62	0.367 ^a	0.714
Pmax [M (P ₂₅ , P ₇₅), ms]	96 (90, 102)	98 (96, 104)	-1.974 ^c	0.048
Pd [M (P ₂₅ , P ₇₅), ms]	8 (6, 10)	20 (15, 23)	-6.749 ^c	<0.001
心率 ($\bar{x} \pm s$, ms)	92.7 $\pm$ 7.5	91.0 $\pm$ 5.7	1.297 ^a	0.198
PFO [n (%)]	5 (9.8)	15 (26.3)	4.863 ^b	0.027
AVmax ($\bar{x} \pm s$, ms)	1.18 $\pm$ 0.16	1.12 $\pm$ 0.15	1.719 ^a	0.088
PVmax ($\bar{x} \pm s$, ms)	0.95 $\pm$ 0.13	0.93 $\pm$ 0.16	0.641 ^a	0.523

注：^a表示t值，^b表示 χ^2 值，^c表示Z值；CVR=脑血管反应性，Pmax=P波最大时限，Pd=P波离散度，PFO=卵圆孔未闭，AVmax=主动脉瓣口前向峰值流速，PVmax=肺动脉瓣口前向峰值流速。

表2 中青年偏头痛患者CVR影响因素的多因素Logistic回归分析

Table 2 Multivariate Logistic regression analysis of influencing factors of CVR in young and middle-aged patients with migraine

自变量	β	SE	Wald χ^2 值	P值	OR值	95%CI
失眠症	1.690	0.819	4.258	0.039	5.421	1.088 ~ 26.995
抑郁症	1.475	0.741	3.957	0.047	4.369	1.022 ~ 18.679
焦虑症	2.143	0.894	5.754	0.016	8.529	1.480 ~ 49.143
Pmax	-0.012	0.040	0.089	0.766	0.988	0.915 ~ 1.068
Pd	0.155	0.046	11.331	0.001	1.168	1.067 ~ 1.279
PFO	1.636	0.747	4.804	0.028	5.137	1.189 ~ 22.190
常数项	-2.266	3.704	0.374	0.541	0.104	

例，比1990年增加了40.1%；其中中国全年龄段偏头痛发病率居全球第二^[12]。表明偏头痛已成为严重影响我国居民健康的重要疾病之一。相关研究表明，偏头痛能增加中青年患者脑卒中发生风险，推测可能与CVR受损有关^[13-14]。故分析中青年偏头痛患者CVR的影响因素，能为临床实践提供重要指导。

KIM等^[15]研究报道，偏头痛患者的失眠症发生率25.9%。鲁明等^[16]研究报道，偏头痛患者抑郁症发生率高达41%~47%。HUNG等^[17]报道，偏头痛患者焦虑症发生率高达51%~58%。本研究结果显示，CVR受损组失眠症、抑郁症、焦虑症发生率分别为43.9%、45.6%、40.4%，均高于CVR正常组；且多因素Logistic回归分析结果显示，失眠症、抑郁症、焦虑症是中青年偏头痛患者CVR受损的影响因素。失眠症可能通过抑制内皮细胞分泌NO及低级别炎症状态、交感神经功能亢进等途径损伤CVR^[18]。抑郁症可能通过过度活跃小胶质细胞、改变细胞因子、过度活化下丘脑-垂体-肾上腺（hypothalamic-pituitary-adrenal, HPA）轴、增强氧化应激、促进单胺类神经递质紊乱等机制损伤CVR^[19]。焦虑症可改变激素和细胞因子的水平，从而引发内皮功能损伤^[20-21]，进而导致CVR受损。

CELIKBILEK等^[22]研究发现，偏头痛患者Pd长于健康对照者。本研究结果也显示，CVR受损组Pd长于CVR正常组，且多因素Logistic回归分析结果显示，Pd是中青年偏头痛患者CVR受损的影响因素。分析原因可能为Pd延长时机体交感神经系统兴奋，导致自主神经系统紊乱，进而导致神经内分泌活动异常^[23]，同时还会增强脑血管收缩甚至诱发脑血管痉挛，进而导致血管壁内的高搏动性血流和剪切应力的增加，而这种剪贴应力的增加会损伤内皮细胞^[24-25]，最终导致CVR受损。

本研究结果显示，CVR受损组有PFO者占比为26.3%，低于罗国刚^[26]研究结果（51.61%），这可能与PFO检测方法不同有关。本研究多因素Logistic回归分析结果显示，PFO是中青年偏头痛患者CVR受损的影响因素，其机制可能为PFO可导致右向左分流，促使静脉系统微栓子、血管活性物质、内皮素进入脑血管，损伤内皮细胞，引起内皮功能障碍，进而导致CVR受损^[27-28]。

4 结论

综上所述，失眠症、抑郁症、焦虑症、Pd、PFO是中青年偏头痛患者CVR受损的影响因素。但本研究样本量较小，且为单中心的回顾性研究，可能存在选择偏倚，尚需要大样本量的前瞻性研究进一步验证其结论。

作者贡献：陈小玮进行文章的构思与设计、研究的实施与可行性分析、数据整理、统计学处理、结果的分析与解释，撰写论文；李琼进行数据收集；陈小玮、李琼进行论文的修订；刘坤负责文章的质量控制及审校，

对文章整体负责、监督管理。

本文无利益冲突。

© Editorial Office of Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease. This is an open access article under the CC BY-NC-ND 4.0 license.

参考文献

- [1] GBD Diseases and Injuries Collaborators. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the global burden of disease study 2019 [J]. *Lancet*, 2020, 396 (10258): 1204–1222. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30925-9.
- [2] 常露露, 刘顶鼎, 曾贵荣, 等. 肠道微生物参与偏头痛发病机制的研究进展 [J]. *中国现代应用药学*, 2022, 39 (4): 560–565. DOI: 10.13748/j.cnki.issn1007-7693.2022.04.022.
- [3] 韩雅婷, 郭淮莲. 偏头痛的代谢组学研究进展 [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2021, 27 (9): 682–687. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9852.2021.09.008.
- [4] ALWATBAN M, MURMAN D L, BASHFORD G. Cerebrovascular reactivity impairment in preclinical Alzheimer's disease [J]. *J Neuroimaging*, 2019, 29 (4): 493–498. DOI: 10.1111/jon.12606.
- [5] 中国医师协会神经内科医师分会, 中国研究型医院学会头痛与感觉障碍专业委员会. 中国偏头痛诊治指南 (2022版) [J]. *中国疼痛医学杂志*, 2022, 28 (12): 881–898. DOI: 10.3969/j.issn.1006-9852.2022.12.001.
- [6] 赵靖平, 郑延平. Hamilton抑郁量表的信度和效度 [J]. *中国心理卫生杂志*, 1992, 6 (5): 214–216, 238.
- [7] BECK A T, EPSTEIN N, BROWN G, et al. An inventory for measuring clinical anxiety: psychometric properties [J]. *J Consult Clin Psychol*, 1988, 56 (6): 893–897. DOI: 10.1037//0022-006x.56.6.893.
- [8] 《心电图测量技术指南》编写专家组. 心电图测量技术指南 [J]. *实用心电学杂志*, 2019, 28 (2): 77–86. DOI: 10.13308/j.issn.2095-9354.2019.02.001.
- [9] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组. 中国成年人超声心动图检查测量指南 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25 (8): 645–666. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2016.08.001.
- [10] 张玉顺, 蒋世良, 朱鲜阳. 卵圆孔未闭相关卒中预防中国专家指南 [J]. *心脏杂志*, 2021, 33 (1): 1–10. DOI: 10.12125/j.chj.202101022.
- [11] 陈小玮, 刘友员, 徐彩娟, 等. 抑郁症患者的中缝核回声与脑血管反应性的相关性分析 [J]. *国际精神病学杂志*, 2024, 51 (3): 763–768. DOI: 10.13479/j.cnki.jip.2024.03.027.
- [12] FAN L Y, WU Y H, WEI J H, et al. Global, regional, and national time trends in incidence for migraine, from 1990 to 2019: an age-period-cohort analysis for the GBD 2019 [J]. *J Headache Pain*, 2023, 24 (1): 79. DOI: 10.1186/s10194-023-01619-9.
- [13] 季荣霞, 叶剑虹. 中青年偏头痛性脑卒中48例临床分析 [J]. *中国实用神经疾病杂志*, 2013, 16 (20): 77. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5110.2013.20.047.
- [14] HOOGEVEEN E S, PELZER N, GHARIQ E, et al. Cerebrovascular reactivity to hypercapnia in patients with migraine: a dual-echo arterial spin labeling MRI study [J]. *Headache*, 2024, 64 (3): 276–284. DOI: 10.1111/head.14680.
- [15] KIM J, CHO S J, KIM W J, et al. Impact of migraine on the clinical presentation of insomnia: a population-based study [J]. *J Headache Pain*, 2018, 19 (1): 86. DOI: 10.1186/s10194-018-0916-5.
- [16] 鲁明, 樊东升. 偏头痛与情绪及情感障碍共病的研究进展 [J]. *中国脑血管病杂志*, 2017, 14 (3): 164–168. DOI: 10.3969/j.issn.1672-5921.2017.03.011.
- [17] HUNG C I, LIU C Y, CHEN C Y, et al. The impacts of migraine and anxiety disorders on painful physical symptoms among patients with major depressive disorder [J]. *J Headache Pain*, 2014, 15 (1): 73. DOI: 10.1186/1129-2377-15-73.
- [18] HE Y T, GU M, ZHANG H, et al. Effect of insomnia after acute ischemic stroke on cerebrovascular reactivity: a prospective clinical study in China [J]. *Sleep Med*, 2019, 63: 82–87. DOI: 10.1016/j.sleep.2019.07.005.
- [19] LIU M, HE E L, FU X Y, et al. Cerebral blood flow self-regulation in depression [J]. *J Affect Disord*, 2022, 302: 324–331. DOI: 10.1016/j.jad.2022.01.057.
- [20] WENZEL J, HANSEN C E, BETTONI C, et al. Impaired endothelium-mediated cerebrovascular reactivity promotes anxiety and respiration disorders in mice [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 2020, 117 (3): 1753–1761. DOI: 10.1073/pnas.1907467117.
- [21] BELEM DA SILVA C T, VARGAS DA SILVA A M, COSTA M, et al. Increased anxiety levels predict a worse endothelial function in patients with lifetime panic disorder: results from a naturalistic follow-up study [J]. *Int J Cardiol*, 2015, 179: 390–392. DOI: 10.1016/j.ijcard.2014.10.170.
- [22] CELIKBILEK A, SARIKAYA S, ZARARSIZ G, et al. Assessment of atrial electromechanical delay in patients with migraine [J]. *Acta Neurol Belg*, 2014, 114 (4): 261–267. DOI: 10.1007/s13760-013-0273-8.
- [23] 吕翊君, 唐守义, 张敏, 等. 老年高血压患者脑小血管病影像总负荷与心率变异性的相关性研究 [J]. *中华老年心脑血管病杂志*, 2023, 25 (12): 1297–1301. DOI: 10.3969/j.issn.1009-0126.2023.12.016.
- [24] 魏兴梅, 窦宁宁, 仲骏. 交感神经在脑血管疾病中作用机制的研究 [J]. *国际神经病学神经外科学杂志*, 2013, 40 (S1): 446–449. DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.2013.z1.015.
- [25] TIAN D Y, ZHANG L J, ZHUANG Z H, et al. A two-sample Mendelian randomization analysis of heart rate variability and cerebral small vessel disease [J]. *J Clin Hypertens*, 2021, 23 (8): 1608–1614. DOI: 10.1111/jch.14316.
- [26] 罗国刚. 偏头痛与卵圆孔未闭研究进展 [J]. *中国现代神经疾病杂志*, 2022, 22 (2): 90–98. DOI: 10.3969/j.issn.1672-6731.2022.02.006.
- [27] 李苗, 王丽丽, 常冰梅. 血管内皮细胞功能损伤机制的研究进展 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2019, 27 (8): 730–736. DOI: 10.3969/j.issn.1007-3949.2019.08.016.
- [28] LEE M J, CHO S, WOO S Y, et al. Paradoxical association between age and cerebrovascular reactivity in migraine: a cross-sectional study [J]. *J Neurol Sci*, 2019, 398: 204–209. DOI: 10.1016/j.jns.2019.01.039.

(收稿日期: 2024-03-09; 修回日期: 2024-07-01)

(本文编辑: 崔丽红)