

缺血型烟雾病脑血管搭桥术后并发症危险因素分析

刘恺宁 孙涛 韩孟桃 张平 赵鹏 王东海 李刚

【摘要】目的 分析缺血型烟雾病患者术前相对血糖比值与脑血管搭桥术安全性之间的关系。**方法** 以 2016 年 12 月至 2019 年 12 月在山东大学齐鲁医院神经外科住院治疗的 178 例缺血型烟雾病患者为观察对象,共行 186 例次颞浅动脉-大脑中动脉搭桥术。收集患者入院时空腹血糖和糖化血清白蛋白数据、计算相对血糖比值,记录术后并发症发生率;单因素与多因素 Logistic 回归分析筛查术后并发症危险因素。**结果** 术后并发症发生率为 28.49% (53/186),其中,重型占 8.60% (16/186),均为症状性脑梗死;轻型占 19.89% (37/186),其中短暂性神经功能障碍 97.30% (36/37)、硬膜下出血 2.70% (1/37)。Logistic 回归分析显示,高血压($OR = 3.696, 95\%CI: 1.805 \sim 7.569; P = 0.000$)、手术间隔 < 2 个月($OR = 2.186, 95\%CI: 1.041 \sim 4.590; P = 0.039$)、相对血糖比值升高($OR = 1.484, 95\%CI: 1.071 \sim 2.058; P = 0.018$)是术后并发症的危险因素。**结论** 烟雾病患者急性缺血性发作后脑血管搭桥术时间可延长至 2 个月,同时关注术前相对血糖比值、严格控制围手术期血压,以降低术后并发症发生风险。

【关键词】 脑底异常血管网病; 卒中; 脑缺血; 血糖; 脑血管重建术; 手术后并发症; Logistic 模型

Risk factors analysis of complications after cerebrovascular bypass in patients with moyamoya disease

LIU Kai-ning, SUN Tao, HAN Meng-tao, ZHANG Ping, ZHAO Peng, WANG Dong-hai, LI Gang
Department of Neurosurgery, Qilu Hospital of Shandong University, Ji'nan 250012, Shandong, China
Corresponding author: LI Gang (Email: dr.ligang@sdu.edu.cn)

【Abstract】Objective To analyze the relationship between the preoperative relative blood glucose ratio and the safety of cerebrovascular bypass of ischemic moyamoya disease (MMD) patients. **Methods** A total of 178 patients with ischemic MMD who were hospitalized in Department of Neurosurgery of Qilu Hospital of Shandong University from December 2016 to December 2019. A total of 186 cases underwent superficial temporal artery - middle cerebral artery (STA - MCA) bypass. The fasting blood glucose and glycated albumin of all patients at admission were recorded to calculate the relative blood glucose ratio. After STA - MCA bypass, the incidence of postoperative complications was counted. Univariate and multivariate Logistic regression were used to analyze the risk factors of postoperative complications of ischemic MMD. **Results** 186 cases were divided into 4 groups based on relative blood glucose ratio, Q1 < 0.404, Q2 0.404-, Q3 0.456-, Q4 ≥ 0.534 . The proportion of right surgery side in Q1 group was higher than that in Q3 group ($\chi^2 = 4.762, P = 0.029$) and Q4 group ($\chi^2 = 22.087, P = 0.000$), while the proportion of right surgery side in Q2 group ($\chi^2 = 16.331, P = 0.000$) and Q3 group ($\chi^2 = 7.355, P = 0.007$) was higher than that in Q4 group. The incidence of mild complications in Q1 group ($\chi^2 = 6.389, P = 0.011$) and Q2 group ($\chi^2 = 4.040, P = 0.044$) was higher than that in Q4 group. The incidence of postoperative complications was 28.49% (53/186), of which 8.60% (16/186) were severe type and 19.89% (37/186) were mild type, including transient neurological dysfunction 97.30% (36/37), subdural hemorrhage 2.70% (1/37). Logistic regression

doi:10.3969/j.issn.1672-6731.2022.05.009

基金项目:国家自然科学基金资助项目(项目编号:81874083);国家自然科学基金资助项目(项目编号:82072776);国家自然科学基金资助项目(项目编号:82072775);国家自然科学基金资助项目(项目编号:81702468);国家自然科学基金资助项目(项目编号:81802966);国家自然科学基金青年科学基金资助项目(项目编号:81902540)

作者单位:250012 济南,山东大学齐鲁医院神经外科

通讯作者:李刚,Email:dr.ligang@sdu.edu.cn

analysis showed that the relative blood glucose ratio increased ($OR = 1.484$, 95%CI: 1.071–2.058; $P = 0.018$), hypertension ($OR = 3.696$, 95%CI: 1.805–7.569; $P = 0.000$), operative interval < 2 months ($OR = 2.186$, 95%CI: 1.041–4.590; $P = 0.039$) was risk factors for postoperative complications. **Conclusions** In order to reduce the incidence of postoperative complications in patients with ischemic MMD, the operation interval after infarction can be extended to 2 months, and the preoperative relative blood glucose ratio should be closely monitored and the perioperative blood pressure should be controlled.

【Key words】 Moyamoya disease; Stroke; Brain ischemia; Blood glucose; Cerebral revascularization; Postoperative complications; Logistic models

This study was supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 81874083, 82072776, 82072775, 81702468, 81802966), and the National Natural Science Foundation of China for Young Scientists (No. 81902540).

Conflicts of interest: none declared

烟雾病(MMD)是一种罕见的脑血管病,主要以颅内大动脉进行性闭塞、脑底微小血管代偿增加逐渐形成的异常血管网为病理学特征^[1];临床表现为头痛、癫痫发作、短暂性脑缺血发作(TIA)、颅内出血、缺血性卒中、不随意运动、晕厥以及认知功能障碍等^[2],尤以缺血性卒中首发的烟雾病最为常见。脑血管搭桥术为其主要治疗方法,可以有效降低脑缺血复发风险^[3],并改善缺血区脑灌注。但是血管吻合引起的血流动力学改变以及所诱发的并发症是不容忽视的问题,如短暂性神经功能障碍(TND)、复发性缺血性卒中,以及发生风险高达15%~50%的脑过度灌注综合征(CHS)^[4-5]。因此,寻找一种可以反映与其相关的血管稳定性指标,结合最佳手术时机,有利于提高脑血管搭桥术的安全性。研究显示,烟雾病脑血管搭桥术后并发症与高血压、饮酒、手术侧别、高血脂、术前改良 Rankin 量表(mRS)评分、术后脑血流量(CBF)增加或围手术期血压升高等因素相关^[6-8];此外,相对血糖水平升高亦可能是缺血性卒中进展和不良预后的预测指标^[9-10]。本研究拟对近年在山东大学齐鲁医院行颞浅动脉-大脑中动脉(STA-MCA)搭桥术的178例(186例次)缺血性烟雾病患者的临床资料进行回顾分析,以筛查发生术后并发症的危险因素,探讨缺血性烟雾病的最佳手术时机。

对象与方法

一、研究对象

1. 纳入标准 (1)DSA显示颈内动脉(ICA)末端和(或)大脑中动脉起始部狭窄,并伴有脑底“烟雾”状血管。(2)术前头部MRI证实存在脑梗死,且DWI未发现新发梗死灶。(3)接受直接或者联合搭

桥术治疗,且发病距手术时间 > 1 个月。(4)采用STA-MCA直接搭桥术,联合或不联合颞肌贴敷术、硬膜翻转术等间接搭桥术。

2. 排除标准 (1)出血型烟雾病。(2)未行手术治疗或单纯行颞肌贴敷术、硬膜翻转术等间接搭桥术。(3)缺乏空腹血糖及糖化血清白蛋白(GA)等实验室资料。

3. 一般资料 选择2016年12月至2019年12月在我院神经外科住院治疗的178例缺血性烟雾病患者,共计行186例次STA-MCA搭桥术,其中170例行单侧搭桥术、8例行双侧搭桥术;男性77例,女性101例;年龄22~65岁,平均 (44.78 ± 9.26) 岁。不良嗜好吸烟35例占19.66%、饮酒36例占20.22%;既往高血压79例占44.38%、糖尿病16例占8.99%、高脂血症51例占28.65%。Suzuki分期为2~4期,平均 (3.23 ± 0.54) 期;手术间隔为发病后1~12个月,中位值为2(1,3)个月。

二、研究方法

1. 相对血糖比值计算 收集患者入院时空腹血糖和糖化血清白蛋白实验室数据,计算相对血糖比值(相对血糖比值=入院时空腹血糖/糖化血清白蛋白)。根据参考文献[11]标准,将相对血糖比值按照四分位数由低至高分分为4组:Q1组 < 0.404 ,Q2组 $0.404 \sim$,Q3组 $0.456 \sim$,Q4组 ≥ 0.534 。

2. STA-MCA搭桥术 根据术前DSA选择合适的颞浅动脉分支走行在颞顶投影区进行标记。患者仰卧位、全身麻醉,头稍向对侧倾斜,沿颞浅动脉走行做长约10 cm的弧形切口、游离、显露颅骨,于颞浅动脉两端下方制备 $3 \text{ cm} \times 6 \text{ cm} \sim 3 \text{ cm} \times 8 \text{ cm}$ 骨窗;剪开硬脑膜,分离皮质表面蛛网膜和软脑膜,充分显露皮质血管,垫入橡皮条,根据颞浅动脉直径

设计直切口或鱼口状切口、亚甲蓝染色, STA-MCA 吻合后吲哚菁绿荧光血管造影术(ICGA)证实吻合口通畅,再附着于骨瓣的颞浅动脉入口及出口处做扩大处理,还纳颅骨骨瓣、固定、关颅。麻醉清醒后进行神经功能检查,术后次日行头部CT检查;术后收缩压控制 120 mm Hg(1 mm Hg=0.133 kPa)以下。

3. 术后并发症评估 (1)重型并发症(重型):术后1周内出现缺血性或出血性卒中症状与体征,并经CT和MRI证实存在新发梗死灶或出血灶。(2)轻型并发症(轻型):轻型患者包括3种情况,其一,术后1周内出现短暂性神经功能障碍,如肢体活动度受限、癫痫发作、意识障碍或失语,但影像学检查排除新发脑梗死或颅内出血;其二,术后2周内神经功能障碍症状与体征消失,影像学检查未见明显异常;最后一种情况为硬膜下出血,即术后次日复查CT显示“新月”形高密度影,覆盖于脑表面,伴或不伴神经功能障碍。

4. 统计分析方法 采用SPSS 25.0统计软件进行数据处理与分析。采用Kolmogorov-Smirnova检验数据正态性。呈正态分布的计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,多组间的比较采用单因素方差分析,两组间比较采用两独立本样的 t 检验;呈非正态分布的计量资料以中位数和四分位数间距[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,多组间的比较采用Kruskal-Wallis(H)检验,两组间比较采用Mann-Whitney U 检验。计数资料以相对数构成比(%)或率(%)表示,采用 χ^2 检验或Kruskal-Wallis(H)检验,组间两两比行 χ^2 检验。缺血型烟雾病术后发生并发症危险因素的筛查行单因素和多因素前进法Logistic回归分析($\alpha_{\lambda} = 0.05, \alpha_{\text{出}} = 0.05$)。以 $P \leq 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

根据相对血糖比值将所纳入患者进行分组,其中Q1组42例(46例次)、Q2组44例(47例次)、Q3组47例(47例次)、Q4组45例(46例次)。共计49例(53例次)出现术后并发症,重型16例(16例次),均为症状性脑梗死,其中2例死于术后第2和9天;轻型33例(37例次),其中短暂性神经功能障碍32例(36例次)、硬膜下出血1例(1例次)。不同组别患者手术侧别($P = 0.000$)、轻型并发症发生率($P = 0.050$)比较差异具有统计学意义;进一步两两比较, Q1组右侧手术比例分别高于Q3组($P = 0.029$)以及Q4组($P = 0.000$), Q2组($P = 0.000$)和Q3组($P =$

0.007)右侧手术比例高于Q4组,而Q1组($P = 0.011$)和Q2组($P = 0.044$)轻型并发症发生率高于Q4组;其余各项指标组间差异无统计学意义(均 $P > 0.05$;表1,2)。

单因素Logistic回归分析显示,高血压($P = 0.000$)、手术间隔 < 2 个月($P = 0.039$)、相对血糖比值升高($P = 0.011$)是缺血型烟雾病脑血管搭桥术后发生并发症的危险因素(表3,4)。结合既往研究结果^[8-10]和经验(手术侧别、糖尿病、Suzuki分期),将单因素Logistic回归分析 $P < 0.05$ 的参数纳入多因素Logistic回归方程,结果显示,高血压($OR = 3.696, 95\%CI: 1.805 \sim 7.569; P = 0.000$)、手术间隔 < 2 个月($OR = 2.186, 95\%CI: 1.041 \sim 4.590; P = 0.039$)、相对血糖比值升高($OR = 1.484, 95\%CI: 1.071 \sim 2.058; P = 0.018$)是术后并发症的危险因素(表5)。

对重型并发症(16例次)与轻型并发症(37例次)患者手术间隔、相对血糖比值之间的差异进行比较,重型患者相对血糖比值高于轻型患者($P = 0.038$),而两组患者手术间隔时间差异无统计学意义($P = 0.527$,表6)。

讨 论

既往有关相对血糖比值的研究主要集中在非糖尿病性缺血性卒中及其预后,认为相对血糖比值升高可以影响神经功能恢复并增加住院期间病死率^[11-13],以及3个月内脑卒中复发风险^[14];而较少关注表现为缺血性卒中的烟雾病患者相对血糖比值变化的影响。本研究结果提示,入院时相对血糖比值升高可增加缺血型烟雾病患者术后并发症的发生风险,且这种相关性与既往糖尿病病史不存在关联性,进一步补充缺血型烟雾病患者相对血糖比值与手术安全性的相关证据;此外高血压亦是术后并发症发生的危险因素,与既往研究相一致^[15-17],尤其是伴重型高血压或者未曾接受规律抗高血压药物治疗的烟雾病患者大多预后不良^[16]。研究显示,合并高血压的缺血型烟雾病患者术后发生并发症的风险较高^[17],究其原因可能与术后脑组织过度灌注有关。

脑血管搭桥术是治疗烟雾病尤其是缺血型烟雾病的主要方式,但是由于血流动力学骤然改变常引起多种术后并发症,包括脑梗死、脑过度灌注综合征、急性血栓形成、短暂性神经功能障碍等^[18-19];少数(4.3%)患者还可发生出血性转化(HT),即脑实

表1 相对血糖比值分组的缺血型烟雾病患者临床资料的比较

Table 1. Comparison of clinical data among patients with ischemic MMD grouped by relative blood glucose ratio

观察指标	Q1组(n=46*)	Q2组(n=47*)	Q3组(n=47*)	Q4组(n=46*)	χ^2 或F值	P值
性别[例次(%)]					6.283	0.099
男性	13(28.26)	19(40.43)	25(53.19)	21(45.65)		
女性	33(71.74)	28(59.57)	22(46.81)	25(54.35)		
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	44.39 \pm 8.63	44.44 \pm 9.39	44.11 \pm 9.06	45.26 \pm 10.01	0.131	0.941
吸烟史[例次(%)]	11(23.91)	6(12.77)	7(14.89)	11(23.91)	6.164	0.367
饮酒史[例次(%)]	8(17.39)	10(21.28)	9(19.15)	8(17.39)	0.312	0.958
高血压[例次(%)]	19(41.30)	18(38.30)	22(46.81)	19(41.30)	0.729	0.866
糖尿病[例次(%)]	4(8.70)	3(6.38)	3(6.38)	6(13.04)	1.734	0.629
高脂血症[例次(%)]	15(32.61)	11(23.40)	11(23.40)	14(30.43)	1.594	0.661
手术侧别[例次(%)]					24.966	0.000
左侧	17(36.96)	21(44.68)	28(59.57)	39(84.78)		
右侧	29(63.04)	26(55.32)	19(40.43)	7(15.22)		
Suzuki分期($\bar{x} \pm s$,期)	3.28 \pm 0.54	3.23 \pm 0.56	3.20 \pm 0.62	3.20 \pm 0.45	0.260	0.854
手术间隔[M(P_{25} , P_{75}),月]	2.50(1.50,4.00)	3.00(1.50,4.00)	2.00(1.00,3.00)	2.00(1.00,3.00)	3.522	0.318
重型并发症[例次(%)]	2(4.35)	3(6.38)	3(6.38)	8(17.39)	6.134	0.105
轻型并发症[例次(%)]	5(10.87)	7(14.89)	10(21.28)	15(32.61)	7.811	0.050

*The surgical side was included,纳入对象为手术侧别数。One-way ANOVA for comparison of age and Suzuki grade, Kruskal-Wallis (H) test for comparison of diabetes, operation time interval and critical complications, and χ^2 test for comparison of others,年龄、Suzuki分期的比较行单因素方差分析,糖尿病、手术间隔、重型并发症的比较行Kruskal-Wallis(H)检验,其余项目的比较行 χ^2 检验

表2 相对血糖比值分组的缺血型烟雾病患者手术侧别和轻型并发症的两两比较

Table 2. Pairwise comparison between groups of patients with ischemic MMD grouped by relative blood glucose ratio in surgical side and mild complications

组间两两比	手术侧别		轻型并发症		组间两两比	手术侧别		轻型并发症	
	χ^2 值	P值	χ^2 值	P值		χ^2 值	P值	χ^2 值	P值
Q1组:Q2组	0.574	0.449	0.335	0.563	Q2组:Q3组	2.089	0.148	0.646	0.421
Q1组:Q3组	4.762	0.029	1.861	0.172	Q2组:Q4组	16.331	0.000	4.040	0.044
Q1组:Q4组	22.087	0.000	6.389	0.011	Q3组:Q4组	7.355	0.007	1.519	0.218

质出血^[20]。本组病例术后并发症包括脑梗死、脑出血、短暂性神经功能障碍或硬膜下出血,但无一例发生脑实质出血;由于缺乏手术前后脑血流量数据,故未纳入术后脑过度灌注综合征病例,仅根据入组病例的临床表现和影像学所见分为脑梗死或脑出血以及短暂性神经功能障碍等并发症。

烟雾病患者脑底“烟雾”状血管的脑血流自动调节(CA)能力较差,但是急性缺血性发作后立即施行脑血管搭桥术极易引起脑过度灌注综合征,加重脑组织损伤。目前,有关缺血型烟雾病患者发病后手术时机的选择尚未形成明确共识,大多数研究表明,烟雾病患者急性缺血性发作后3个月时再行脑血管重建术预后更佳^[14],本组病例中急性缺血性发作后2个月内接受脑血管重建手术的患者术后并发

症发生风险是间隔超过2个月者的2.186倍,与既往研究结果基本一致^[14,21],提示烟雾病患者待病情稳定后再行手术治疗可降低术后并发症的发生率^[21]。然而,时至今日对烟雾病急性缺血性发作的稳定期尚无明确的评价方法,本研究通过计算相对血糖比值以反映患者病情恢复情况,相对血糖比值低于0.404说明病情处于稳定期,在此阶段行脑血管重建术后并发症较少,而术前相对血糖比值控制欠佳(高于0.534)的患者,术后极易发生并发症,且高于术前相对血糖比值控制良好者,说明相对血糖比值升高与脑血管搭桥术后并发症及严重程度存在一定关联性。鉴于相对血糖比值可以在一定程度上反映脑组织与血管稳定性以及手术安全性,可作为缺血型烟雾病患者选择手术时机的重要参考指标。

表 3 脑血管搭桥术后并发症影响因素的变量赋值表

Table 3. Variable assignment of risk factors for complications after cerebrovascular bypass

变量	赋值	
	0	1
性别	女性	男性
吸烟史	无	有
饮酒史	无	有
高血压	无	有
糖尿病	无	有
高脂血症	无	有
手术侧别	右侧	左侧
手术间隔	≥2 个月	<2 个月

表 4 脑血管搭桥术后并发症危险因素的单因素 Logistic 回归分析

Table 4. Univariate Logistic regression analysis of risk factors for complications after cerebrovascular bypass

变量	<i>b</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	<i>OR</i> 值	<i>OR</i> 95%CI
男性	0.084	0.328	0.065	0.799	1.087	0.574 ~ 2.069
年龄增大	-0.010	0.018	0.340	0.560	0.990	0.965 ~ 1.025
吸烟史	0.336	0.400	0.706	0.401	1.400	0.639 ~ 3.068
饮酒史	-0.172	0.426	0.163	0.686	0.842	0.365 ~ 1.941
高血压	1.253	0.340	13.569	0.000	3.499	1.797 ~ 6.815
糖尿病	0.451	0.544	0.688	0.407	1.570	0.541 ~ 4.562
高脂血症	0.062	0.362	0.029	0.865	1.064	0.365 ~ 1.941
手术侧别为左侧	-0.068	0.325	0.043	0.835	0.935	0.494 ~ 1.767
Suzuki 分期升高	-0.455	0.307	2.192	0.139	0.634	0.347 ~ 1.159
手术间隔 <2 个月	0.690	0.335	4.241	0.039	1.995	1.034 ~ 3.848
相对血糖比值升高	0.389	0.152	6.547	0.011	1.476	1.095 ~ 1.988

本研究尚存在以下局限,为单中心、回顾性数据分析,对可能影响术后并发症的资料收集不够全面,如术前梗死灶面积、术前脑血流量,术中血管选择及血压控制等因素,导致研究结果存在一定偏倚;此外,未知的混杂因素也可能影响结果,需通过前瞻性研究进一步探讨。由于受限于回顾性分析,无法通过随机分组进行对照研究以进一步探讨相对血糖比值对术后并发症的预测价值,需多中心、随机对照研究分析缺血型烟雾病脑血管搭桥术前相对血糖比值的安全范围,以及对手术安全性的预测价值。

综上所述,烟雾病患者急性缺血性发作后手术时间低于 2 个月、相对血糖比值升高,以及高血压病史等因素可使脑血管搭桥术后并发症发生风险增加;对于急性缺血性发作的烟雾病患者,应建议及

表 5 脑血管搭桥术后并发症危险因素的多因素前进法 Logistic 回归分析

Table 5. Multivariate forward Logistic regression analysis of risk factors for complications after cerebrovascular bypass

变量	<i>b</i>	<i>SE</i>	Wald χ^2	<i>P</i> 值	<i>OR</i> 值	<i>OR</i> 95%CI
高血压	1.307	0.366	12.778	0.000	3.696	1.805 ~ 7.569
糖尿病	0.273	0.629	0.189	0.664	1.314	0.383 ~ 4.504
手术侧别为左侧	-0.068	0.371	0.033	0.855	0.934	0.452 ~ 1.933
Suzuki 分期升高	-0.607	0.344	3.112	0.078	0.545	0.278 ~ 1.070
手术间隔 <2 个月	0.782	0.378	4.274	0.039	2.186	1.041 ~ 4.590
相对血糖比值升高	0.395	0.167	5.611	0.018	1.484	1.071 ~ 2.058
常数项	-0.539	0.167	0.222	0.638		

表 6 重型组与轻型组患者手术间隔和相对血糖比值的比较

Table 6. Comparison of operation interval and relative blood glucose ratio in patients with different severity complications

组别	例次	手术间隔 [$M(P_{25}, P_{75})$, 月]	相对血糖比值 ($\bar{x} \pm s$)
重型并发症	16	3.00(1.50, 3.00)	0.59 ± 0.16
轻型并发症	37	2.00(1.00, 3.50)	0.50 ± 0.12
<i>Z</i> 或 <i>t</i> 值		-0.632	2.128
<i>P</i> 值		0.527	0.038

Mann-Whitney *U* test for comparison of operation time interval, and two-independent-sample *t* test for comparison of relative blood glucose ratio, 手术间隔的比较采用 Mann-Whitney *U* 检验, 相对血糖比值的比较采用两独立样本的 *t* 检验

时复查头部 MRI,待 2 个月后梗死灶较为稳定时行脑血管搭桥术;需进一步研究更加严谨的划分术前相对血糖比值的安全范围,对于术前相对血糖比值升高患者可考虑延迟手术定期复查血液生化,当其相对血糖比值恢复至正常范围时再行脑血管搭桥术;合并高血压的患者术前应采取预防性血压控制措施,术后应严格监控血压,将围手术期血压控制在 110 ~ 130 mm Hg。

利益冲突 无

参 考 文 献

- [1] Shang S, Zhou D, Ya J, Li S, Yang Q, Ding Y, Ji X, Meng R. Progress in moyamoya disease[J]. Neurosurg Rev, 2020, 43:371-382.
- [2] Zhang H, Zheng L, Feng L. Epidemiology, diagnosis and treatment of moyamoya disease [J]. Exp Ther Med, 2019, 17: 1977-1984.
- [3] Sun Y, Wang BL, Li Q, Tong XG. Clinical analysis of low flow bypass in the treatment of chronic symptomatic middle cerebral artery occlusion [J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2021, 21:547-552.[孙杨, 王本琳, 李琪, 佟小光. 低流量血管搭桥术治疗慢性症状性大脑中动脉闭塞疗效分析[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2021, 21:547-552.]

- [4] Yu GD, Tong ZY, Liu Y, Wang G, Zhang JS, Chu JG. The controlled trial of superficial temporal artery - anterior cerebral artery and superficial temporal artery - middle cerebral artery double barrel bypass in patients with moyamoya disease [J]. Zhongguo Xian Dai Shen Jing Ji Bing Za Zhi, 2021, 21:537-546. [余冠东, 佟志勇, 刘源, 王刚, 张劲松, 初金刚. 颞浅动脉-大脑前动脉和颞浅动脉-大脑中动脉双搭桥术治疗烟雾病的对照研究[J]. 中国现代神经疾病杂志, 2021, 21:537-546.]
- [5] Hayashi K, Horie N, Suyama K, Nagata I. Incidence and clinical features of symptomatic cerebral hyperperfusion syndrome after vascular reconstruction [J]. World Neurosurg, 2012, 78:447-454.
- [6] Li X, Qing ZZ, Niu JX, He X, Wang ZZ. The analysis of postoperative complications and the influencing factors during the treatment of revascularization of moyamoya disease [J]. Yi Xue Yu Zhe Xue, 2016, 37:53-57. [李鑫, 秦至臻, 牛建星, 何心, 王建祯. 血管重建术治疗烟雾病术后并发症发生及其影响因素分析[J]. 医学与哲学, 2016, 37:53-57.]
- [7] Fujimura M, Niizuma K, Endo H, Sato K, Inoue T, Shimizu H, Tominaga T. Quantitative analysis of early postoperative cerebral blood flow contributes to the prediction and diagnosis of cerebral hyperperfusion syndrome after revascularization surgery for moyamoya disease [J]. Neurol Res, 2015, 37:131-138.
- [8] Li F, Li C, Sun Y, Bao Y, Jiang W, Song Z, Wang Y, Liu M, Wang W, Li T, Li L. Cerebral ischemic complications after surgical revascularization for moyamoya disease: risk factors and development of a predictive model based on preoperative nutritional blood parameters [J]. Front Nutr, 2022, 9:842838.
- [9] Ngiam JN, Cheong CWS, Leow AST, Wei YT, Thet JKK, Lee IYS, Sia CH, Tan BYQ, Khoo CM, Sharma VK, Yeo LLL. Stress hyperglycaemia is associated with poor functional outcomes in patients with acute ischaemic stroke after intravenous thrombolysis [J]. QJM, 2022, 115:7-11.
- [10] Pan Y, Cai X, Jing J, Meng X, Li H, Wang Y, Zhao X, Liu L, Wang D, Johnston SC, Wei T, Wang Y; CHANCE Investigators. Stress hyperglycemia and prognosis of minor ischemic stroke and transient ischemic attack: the CHANCE study (Clopidogrel in high-risk patients with acute nondisabling cerebrovascular events) [J]. Stroke, 2017, 48:3006-3011.
- [11] Shimoyama T, Kimura K, Uemura J, Saji N, Shibasaki K. Elevated glucose level adversely affects infarct volume growth and neurological deterioration in non-diabetic stroke patients, but not diabetic stroke patients [J]. Eur J Neurol, 2014, 21:402-410.
- [12] Roberts GW, Quinn SJ, Valentine N, Alhawassi T, O'Dea H, Stranks SN, Burt MG, Doogue MP. Relative hyperglycemia, a marker of critical illness: introducing the stress hyperglycemia ratio [J]. J Clin Endocrinol Metab, 2015, 100:4490-4497.
- [13] Lee TF, Drake SM, Roberts GW, Bersten A, Stranks SN, Heilbronn LK, Mangoni AA, Burt MG. Relative hyperglycemia is an independent determinant of in-hospital mortality in patients with critical illness [J]. Crit Care Med, 2020, 48:e115-122.
- [14] Xu S, Zhang J, Wang S, Li Z, Xiong Z, Wu X, Xin C, Wang H, Wang Y, Chen J. The optimum operative time of revascularization for patients with moyamoya disease following acute onset [J]. World Neurosurg, 2018, 114:e412-416.
- [15] Ma Y, Zhao M, Deng X, Zhang D, Wang S, Zeng Z, Zhang Q, Zhao J. Comparison of clinical outcomes and characteristics between patients with and without hypertension in moyamoya disease [J]. J Clin Neurosci, 2020, 75:163-167.
- [16] Chen Y, Ma L, Lu J, Chen X, Ye X, Zhang D, Zhang Y, Wang R, Zhao Y. Postoperative hemorrhage during the acute phase after direct or combined revascularization for moyamoya disease: risk factors, prognosis, and literature review [J]. J Neurosurg, 2019, 18:1-10.
- [17] Liming Z, Weiliang S, Jia J, Hao L, Yang L, Ludtka C, Jahromi BR, Goehre F, Zemmar A, Tianxiao L, Hernesniemi J, Andrade-Barazarte H, Chaoyue L. Impact of blood pressure changes in cerebral blood perfusion of patients with ischemic moyamoya disease evaluated by SPECT [J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2021, 41:1472-1480.
- [18] Uchino H, Kazumata K, Ito M, Nakayama N, Kuroda S, Houkin K. Crossed cerebellar diaschisis as an indicator of severe cerebral hyperperfusion after direct bypass for moyamoya disease [J]. Neurosurg Rev, 2021, 44:599-605.
- [19] Nielsen TH, Abhinav K, Sussman ES, Han SS, Weng Y, Bell-Stephens T, Heit JJ, Steinberg GK; CNRN. Direct versus indirect bypass procedure for the treatment of ischemic moyamoya disease: results of an individualized selection strategy [J]. J Neurosurg, 2020, 134:1578-1589.
- [20] Lu J, Li Z, Zhao Y, Chen X, Shi G, Zhao J. Hemorrhagic transformation in ischemic moyamoya disease: clinical characteristics, radiological features, and outcomes [J]. Front Neurol, 2020, 11:517.
- [21] Gupta SK, Narayanan R, Aggarwal A, Mohanty M, Ahuja C, Verma N, Praneeth K, Agarwal V. Outcome following surgical revascularization in patients of moyamoya disease with focus on graft patency and angiographic changes [J]. Neurol India, 2021, 69:620-627.

(收稿日期:2022-05-24)

(本文编辑:袁云)