

## ·论著·

## 烟雾病血运重建期间输血指征对患者近期预后的影响

赵清源, 胡强夫

郑州大学第五附属医院麻醉科, 河南 郑州 450052

**摘要:**目的 探讨烟雾病血运重建期间优化输血指征对患者近期预后的影响。方法 选取该院神经外科择期行颅内内外血管搭桥术 78 例, 最终顺利实施搭桥 54 例。根据血红蛋白(Hb)水平以及输血与否分为 A 组(Hb 60~120 g/L, 输血), B 组(Hb>120 g/L, 输血), C 组(Hb>120 g/L, 不输血)。选取旁路移植前(T1)、清醒拔管 30 min(T2)、术后第 3 天(T3)、术后第 7 天(T4)为观察点。结果 ①T1~T3 时点 3 组颞浅动脉(STA)主干血流最大速度(V<sub>max</sub>)、最小速度(V<sub>min</sub>)、平均速度(V<sub>m</sub>)、阻力指数(RI)及内径(ID)有差别(F 值分别为 10.877、16.396、19.723、9.683 及 16.348, P 值均为 0.000); ②3 组间比较, V<sub>min</sub> 有差别(F=3.237, P=0.047)、RI 有差别(F=3.818, P=0.029), 但组间两两比较, 无差异(P>0.05); ③3 组 V<sub>max</sub>、V<sub>min</sub>、V<sub>m</sub>、RI 及 ID 变化趋势无差别(均 P>0.05); ④与 T1 时点相比, 3 组患者 T4 时点颈静脉球部血氧饱和度(SjvO<sub>2</sub>)增高(P<0.05), 血清 S100β 蛋白含量降低(P<0.05); ⑤3 组 T1、T4 时点 HCT、Hb 均有差异(P<0.05)。T4 时点 B、C 组患者 HCT、Hb 较 T1 时点降低(P<0.05); T4 时点 A、B 组之间相比, B 组患者 HCT、Hb 增高(P<0.05); T4 时点 B、C 组之间相比, C 组患者 HCT、Hb 增高(P<0.05)。结论 烟雾病合并贫血患者血运重建期间, 输血治疗对提高脑部血流量和改善脑氧供有促进作用; 未合并贫血患者其输血指征取决于烟雾病病理解剖所致脑缺血损害程度。

[国际神经病学神经外科学杂志, 2021, 48(1): 32-36]

关键词: 烟雾病; 输血指征; 颈静脉球部血氧饱和度; S100β 蛋白

中图分类号: R743

DOI: 10.16636/j.cnki.jinn.1673-2642.2021.01.008

## Effect of blood transfusion indication on the short-term prognosis of patients with moyamoya disease during revascularization

ZHAO Qing-Yuan, HU Qiang-Fu

Department of Anesthesiology, The Fifth Affiliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou, Henan 450052, China

Corresponding author: HU Qiang-Fu, Email: huli2004803@sina.com

**Abstract:** **Objective** To investigate the effect of optimizing blood transfusion indication during revascularization on the short-term prognosis of patients with moyamoya disease. **Methods** A total of 78 patients who underwent elective intracranial and extracranial vascular bypass in Department of Neurosurgery were enrolled, among whom 54 underwent successful vascular bypass. According to hemoglobin (Hb) level and whether blood transfusion was performed, these patients were divided into group A (Hb 60-120 g/L, blood transfusion), group B (Hb >120 g/L, blood transfusion), and group C (Hb >120 g/L, no blood transfusion). Observation was performed before bypass transplantation (T1), at 30 minutes after recovery of consciousness and extubation (T2), on day 3 after surgery (T3), and on day 7 after surgery (T4). **Results** ①There were statistically significant differences in superficial temporal artery (STA) blood flow indexes which were V<sub>max</sub>, V<sub>min</sub>, V<sub>m</sub>, RI and ID between the three groups at T1-T3 (P<0.05); ②There were statistically significant differences in V<sub>min</sub> (F=3.237, P=0.047) and RI (F=3.818, P=0.029) among the three groups, but no statistically significant differences in pairwise comparison among the three groups (P>0.05); ③There was no significant difference in V<sub>max</sub>, V<sub>min</sub>, V<sub>m</sub>, RI and ID among the three groups (all P>0.05); ④Compared with T1, SjvO<sub>2</sub> of jugular bulb increased at T4 in three groups (P<

收稿日期: 2020-09-18; 修回日期: 2021-02-24

通信作者: 胡强夫, Email: huli2004803@sina.com

0.05), and S100  $\beta$  protein decreased ( $P < 0.05$ ); ⑤ There were significant differences in Hct and Hb at T1 and T4 among the three groups ( $P < 0.05$ ); HCT and Hb in group B and C at T4 were lower than those at T1 ( $P < 0.05$ ); Compared with group A and B at T4, HCT and Hb in group B were increased ( $P < 0.05$ ); Compared with group B and C at T4, HCT and Hb in group C were higher ( $P < 0.05$ ). **Conclusions** For moyamoya disease patients with anemia during revascularization, blood transfusion therapy can improve cerebral blood flow and cerebral oxygen supply, and for moyamoya disease patients without anemia, blood transfusion indication depends on the degree of cerebral ischemia caused by moyamoya disease.

[Journal of International Neurology and Neurosurgery, 2021, 48(1): 32-36]

**Keywords:** moyamoya disease; blood transfusion indication; Jugular bulb oxygen saturation; S100 $\beta$  protein

烟雾病(moyamoya disease, MMD)是一种在颅内形成细小密集的吻合血管网为特征的慢性进展性脑血管疾病<sup>[1]</sup>,主要表现为双侧颈内动脉(internal carotid artery, ICA)远端、大脑中动脉(middle cerebral artery, MCA)、大脑前动脉(anterior cerebral artery, ACA)起始部位发生进行性狭窄或闭塞<sup>[2-3]</sup>。该病在1957年被日本学者首次报道,描述为“双侧颈内动脉发育不良”<sup>[4]</sup>,因其异常扩张的脑血管网在脑血管造影上像“一团香烟”<sup>[5]</sup>,又被称为烟雾病。儿童以缺血型为主,成人以出血型为主<sup>[6]</sup>。MMD内科治疗收效甚微,颞浅动脉-大脑中动脉旁路移植术(superficial temporal artery-middle cerebral artery bypass, STA-MCA bypass)是外科主流术式<sup>[7-8]</sup>。部分患者术后会出现动脉血压降低、贫血等并发症,可能是由于术中失血、血管应激等原因。对于预防术后脑缺血性损伤,多依据蛛网膜下腔出血治疗策略,即“3H”疗法(升压、扩容和血液稀释)。该疗法虽然可以提高平均动脉压,但并不能有效降低缺血性损伤严重程度<sup>[9]</sup>。有研究证明,搭桥期间输注红细胞、血浆对预防术后近期脑缺血损伤有一定疗效<sup>[10]</sup>。本研究旨在探讨MMD手术中优化输血指征对预防术后脑缺血性损伤的临床价值。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

搜集郑州大学第五附属医院神经外科择期行STA-MAC bypass 78例,成功入组54例,分为3组,各18例。A组(Hb 60~120 g/L,输血),B组(Hb>120 g/L,输血),C组(Hb>120 g/L,不输血)。其中,男30例,女24例;年龄23~65岁。诊断标准依据2012年在《Neural Med Chir(Tokyo)》杂志上的烟雾病诊断与治疗指南<sup>[11]</sup>。排除标准:①严重心肺疾病;②高血压Ⅲ级;③有严重颅内高压发生脑疝而致昏迷;④患有精神疾病;⑤颅脑恶性肿瘤;⑥因血管条件或者其他原因所致未能成功实施STA-MAC bypass术;⑦开放性颅脑损伤;⑧其他疾患所致严重凝血功能不全。3组患者一般资料比较无统计学意义( $P > 0.05$ )。见表1。

### 1.2 麻醉方法

麻醉前30 min肌内注射阿托品(0.5 mg/mL,批号:H41020324,河南瑞弘制药股份有限公司)0.5 mg以及苯

巴比妥(0.1 g/mL,批号:H12020381,天津金耀药业有限公司)0.1 g,入室吸氧、常规监测生命体征,局部麻醉下行桡动脉穿刺以及颈内静脉穿刺置管并测压,完善血流动力学监测。咪达唑仑(2 mg/2 mL,批号:97F08021,人福药业有限责任公司)0.1 mg/kg,舒芬太尼(50  $\mu$ g/mL,批号:91A11071,人福药业有限责任公司)0.5~1.0  $\mu$ g/kg,依托咪酯(20 mg/10 mL,批号:H20020511,江苏恩华药业集团有限公司)0.15~0.30 mg/kg,顺苯磺酸阿曲库铵(10 mg/10 mL,批号:191225BL,江苏恒瑞医药股份有限公司)0.10~0.40 mg/kg进行麻醉诱导,成功后行气管插管开始机械通气,60%氧浓度持续给氧,使 $P_{ET}CO_2$ 维持在35~45 mmHg。术中以瑞芬太尼(1 mg,批号:90A11131,人福药业有限责任公司)、异丙酚(500 mg/50 mL,批号:PX918,ASPEN)、顺苯磺酸阿曲库铵以及吸入七氟烷(120 mL,批号:20022531,上海恒瑞医药有限公司)维持麻醉。

表1 3组患者一般资料的比较

组别	例数/例	性别比(男/女)	年龄/岁	MAP/mmHg
A组	18	10/8	47.889 $\pm$ 8.844	97.278 $\pm$ 4.142
B组	18	12/6	50.222 $\pm$ 10.316	96.889 $\pm$ 5.422
C组	18	11/7	50.833 $\pm$ 11.799	98.389 $\pm$ 4.779
$\chi^2/F$ 值		0.468	0.403	0.475
$P$ 值		0.433	0.671	0.627

### 1.3 手术步骤

①扩大翼点入路开颅;②充分剥离颞浅动脉额支或者顶支;③游离骨瓣;④选择受体血管并开始吻合血管;⑤贴敷颞肌;⑥骨瓣复位固定;⑦置引流管,逐层关闭头皮。

### 1.4 观察指标

于T1(旁路移植前)、T2(清醒拔管30 min)、T3(术后第3天)用超声测量颞浅动脉(superficial temporal artery, STA)主干血流最大速度(maximum velocity,  $V_{max}$ )、最小速度(minimum velocity,  $V_{min}$ )、平均速度(mean velocity,  $V_m$ )、阻力指数(resistance index, RI)、内径(inside diameter, ID);T1、T4(术后第7天)监测颈静脉球部血氧饱和度(juglar bulb venous oxygen saturation,  $S_{jvO_2}$ )、S-100 $\beta$ 蛋白、

红细胞压积 (Hematocrit, HCT)、血红蛋白 (Hemoglobin, Hb); T2 时刻监测平均动脉压 (mean arterial pressure, MAP)、中心静脉压 (central venous pressure, CVP)、心率 (heart rate, HR)。

术后 1 周以改良 mRS 评分进行评估, 并电话随访 (术后 3 个月)。将患者临床预后分为 4 级: I 级, 术前症状消失而且无神经功能障碍; II 级, 术前症状消失但存在神经功能障碍; III 级, 症状有所缓解; IV 级, 症状无缓解甚至加重。将 I 级、II 级定义为预后优良, III 级、IV 级定义为预后差。

### 1.5 统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行数据处理, 计量资料以均数±标准差 ( $\bar{x} \pm s$ ) 表示, 各组间不同时点比较采用重复测量设计的方差分析, 多组间比较采用单因素方差分析, 计数资料以例表示, 比较采用  $\chi^2$  检验,  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 T1~T3 时间点 3 组 STA 血流指标情况

3 组 T1~T3 时间点 STA 血流指标比较, 采用重复测量数据的方差分析, 结果: ①T1~T3 时点  $V_{\max}$ 、 $V_{\min}$ 、 $V_m$ 、RI 及 ID 有差别 ( $F$  值为 10.877、16.396、19.723、9.683 及 16.348,  $P$  值均为 0.000); ②3 组间比较,  $V_{\min}$  有差别 ( $F = 3.237$ ,  $P = 0.047$ )、RI 有差别 ( $F = 3.818$ ,  $P = 0.029$ ), 但组间两两比较, 无差异 ( $P > 0.05$ ); ③3 组 STA 血流指标变化趋势无差别,  $V_{\max}$  ( $F = 0.167$ ,  $P = 0.954$ ),  $V_{\min}$  ( $F = 0.381$ ,  $P = 0.817$ ),  $V_m$  ( $F = 0.194$ ,  $P = 0.934$ ), RI ( $F = 0.463$ ,  $P = 0.758$ ), ID ( $F = 0.616$ ,  $P = 0.651$ )。见表 2。

表 2 STA 血流指标的比较 ( $n=18$ )

指标	组别	T1	T2	T3
$V_{\max}$ /(cm/s)	A	70.152±17.802	73.213±11.552	83.189±17.323
	B	71.427±14.478	77.151±15.017	85.042±13.405
	C	74.969±15.131	83.758±16.727	89.566±22.728
$V_{\min}$ /(cm/s)	A	14.903±6.698	19.406±9.633	23.374±7.657
	B	18.169±6.415	25.824±16.827	29.066±17.328
	C	18.776±6.777	27.884±15.900	32.548±13.523
$V_m$ /(cm/s)	A	43.439±8.828	46.617±5.128	51.019±6.942
	B	44.801±7.635	50.473±11.068	54.891±8.622
	C	46.986±8.543	51.256±7.291	55.253±8.917
RI	A	0.777±0.041	0.781±0.104	0.724±0.093
	B	0.788±0.062	0.764±0.113	0.718±0.084
	C	0.758±0.068	0.709±0.119	0.667±0.112
ID /cm	A	0.175±0.039	0.191±0.056	0.208±0.032
	B	0.196±0.039	0.219±0.046	0.234±0.040
	C	0.181±0.047	0.201±0.059	0.237±0.048

### 2.2 各组在 T2 时刻血流动力学的比较

T2 时刻各组患者的血流动力学指标比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ )。见表 3。

### 2.3 各组在 T1、T4 时点 $S_jvO_2$ 、血清 S100 $\beta$ 蛋白含量、HCT、Hb 的比较

与 T1 时点相比, T4 时点各组患者  $S_jvO_2$  增高 ( $P < 0.05$ ), 血清 S100 $\beta$  蛋白含量降低 ( $P < 0.05$ )。3 组 T1、T4 时点 HCT、Hb 均有差异 ( $P < 0.05$ )。T4 时点 B、C 组患者 HCT、Hb 降低 ( $P < 0.05$ ); T4 时点 A、B 组之间相比, B 组患者 HCT、Hb 增高 ( $P < 0.05$ ); T4 时点 B、C 组之间相比, C 组患者 HCT、Hb 增高 ( $P < 0.05$ )。见表 4。

表 3 各组血流动力学的比较

组别	例数	MAP/mmHg	CVP/cmH <sub>2</sub> O	HR/(次/min)
A 组	18	95.611±8.892	8.722±1.841	78.278±7.568
B 组	18	97.056±8.299	9.389±1.461	76.833±6.913
C 组	18	97.778±7.480	10.111±1.451	78.389±8.965
$F$ 值		0.322	2.588	0.219
$P$ 值		0.726	0.085	0.804

表 4 3 组患者  $S_jvO_2$ 、血清 S100 $\beta$  蛋白含量、HCT、Hb 情况 ( $n=18$ )

指标	组别	T1	T4
$S_jvO_2$ /%	A 组	60.944±6.699	66.056±4.633 <sup>①</sup>
	B 组	62.944±6.812	67.833±5.193 <sup>①</sup>
	C 组	63.944±6.769	67.722±4.944 <sup>①</sup>
$F$ 值		0.919	0.735
$P$ 值		0.405	0.485
S100 $\beta$ 蛋白/ (mg/mL)	A 组	2.133±0.674	1.039±0.445 <sup>①</sup>
	B 组	2.039±0.640	1.268±0.511 <sup>①</sup>
	C 组	2.012±0.650	1.159±0.556 <sup>①</sup>
$F$ 值		0.168	0.923
$P$ 值		0.846	0.404
HCT/%	A 组	30.917±3.121	29.378±2.449
	B 组	38.139±2.587	32.161±3.251 <sup>①②</sup>
	C 组	40.139±3.160	34.767±3.311 <sup>①③</sup>
$F$ 值		48.102	14.246
$P$ 值		0.000	0.000
Hb/(g/L)	A 组	105.361±11.630	101.578±7.378
	B 组	136.378±8.883	114.028±10.904 <sup>①②</sup>
	C 组	142.539±9.749	124.583±13.000 <sup>①③</sup>
$F$ 值		69.334	20.918
$P$ 值		0.000	0.000

注: ①与 T1 相比,  $P < 0.05$ ; ②与 A 组相比,  $P < 0.05$ ; ③与 B 组相比,  $P < 0.05$

### 2.4 各组在术后 (3 个月) 的神经功能评估和临床疗效评估

3 组患者术后临床预后比较, 差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 5。

表5 各组术后神经功能预后的比较 (n=18,例)

组别	例数	优	差
A组	18	15	3
B组	18	16	2
C组	18	17	1
$\chi^2$ 值		1.156	
P值		0.861	

### 3 讨论

MMD患者脑氧供需平衡失调,脑组织不同程度缺血缺氧, $S_{\text{vO}_2}$ 可以反映全脑组织氧供需状况<sup>[12]</sup>。 $S_{100\beta}$ 蛋白是常用的评估早期脑缺血损害严重程度的实验指标<sup>[13]</sup>,MMD患者缺血缺氧的病理基础决定了 $S_{100\beta}$ 蛋白水平较正常人群水平表达增高,其浓度检测有助于判断MMD搭桥治疗后脑血流改善程度,以及随之造成的神经系统临床预后。脑组织对缺血缺氧耐受性较差,而MMD患者脑血流量(cerebral blood flow, CBF)下降,从而导致脑缺氧性功能损害,因此MMD治疗原则上应尽早明确诊断、并改善供血<sup>[14]</sup>。目前MMD发病机制尚无定论,但造影检查及脑标本病理学提示,这些闭塞性病变是由平滑肌细胞(smooth muscle cells, SMC)过度增殖引起的,与脑动脉粥样硬化不同;在烟雾血管中,未观察到巨噬细胞和脂质沉积等细胞成分的浸润<sup>[12]</sup>。

RI反映脑部远端小动脉的阻力。颅内血管为低阻力血管,颈外STA为高阻力血管,MMD患者经搭桥治疗后,STA频谱由高阻力变为低阻力,血流速度较旁路移植前增加,说明桥血管通畅,手术疗效较好。当RI增大,血流前向速度减慢,说明血运重建效果不理想,其原因在于桥血管痉挛和/或吻合口出现血栓。

临床输血指南<sup>[15]</sup>认为Hb $\geq 100$  g/L无需输血,但基于MMD病理特征所致严重程度,更注重桥血管通畅度,尤其术前反复脑梗死或者脑出血病史患者,理论上应放宽输血指征。鉴于MMD患者前、后脑循环缺血缺氧的特征性病理改变,即颅内异常血管网形成、脑自我调节能力受损、不同程度脑缺血缺氧乃至脑梗死发生,研究是否调整MMD患者围术期输血指征(即维持较高的Hb水平)具有重要的临床价值,而不能简单依据临床输血指南所推荐的限制性输血策略指导输血,因为MMD病理解剖严重程度是决定临床预后的最关键因素,而输血治疗只是该诊疗过程中必须加以考虑的重要因素之一。MMD患者常常表现为脑缺血性损伤,而贫血所致携氧能力下降、脑组织灌注流量不足以及脑循环自身调节机制紊乱等,可能是术后脑缺血未得到有效改善或者发生缺血再灌注损伤的主要原因。增加Hb水平可以提高机体携氧能力和脑灌注流量,一定程度弥补了其特殊病理解剖而致

的脑组织缺血缺氧,从而改善MMD患者神经预后。既往研究发现,血运重建期间输血疗法可以预防术后的脑缺血性损伤,但是并未论证与Hb水平的量效关系;也有实验研究显示,70~90 g/L水平Hb并不会引起继发性神经损伤<sup>[16-17]</sup>;通常认为,Hb $>110$  g/L与症状性脑血管痉挛的发生率降低有关,而且更有利于神经预后<sup>[18]</sup>。然而,当Hb浓度在较高水平下,血浆黏度的增加和CBF的下降会抵消氧容量增加带来的好处<sup>[19]</sup>,所以并不能将增加Hb水平作为预防脑缺血性损伤的有效手段,这与本实验结果相符。当Hb处于高水平下,MMD患者搭桥期间输血增加了HCT,有研究发现,当温度恒定时,HCT是影响全血黏度的主要因素,血浆黏度主要取决于血浆蛋白质含量<sup>[20]</sup>,而MMD血管较正常细,提高Hb可能导致微栓形成。甚至有研究表明,年轻或病情较轻的患者,Hb水平稍低反而可使其病死率和多器官功能障碍的发生率降低,高浓度的Hb增加了心肌梗死和肺水肿的致病风险<sup>[21]</sup>。

综上所述,烟雾病合并贫血患者血运重建期间,输血治疗有利于提高脑部血流量以及改善脑部氧供;非贫血烟雾病患者输血指征应取决于病理解剖所致脑缺血严重程度。

### 参 考 文 献

- [1] Nishimoto A, Takeuchi S. Abnormal cerebrovascular network related to the internal carotid arteries[J]. J Neurosurg, 1968, 29(3): 255-260.
- [2] 王洋. 烟雾病的诊断概述[J]. 继续医学教育, 2018, 32(10): 105-107.
- [3] 方崇涛, 汪凯. 烟雾病的发病机制及临床特征研究[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2011, 38(1): 73-77.
- [4] Takeuchi K, Shimizu K. Hypoplasia of the bilateral internal carotid arteries[J]. Brain Nerve, 1957, 9: 37-43.
- [5] Suzuki J, Takaku A. Cerebrovascular "Moyamoya" disease. Disease showing abnormal net-like vessels in base of brain[J]. Arch Neurol, 1969, 20(3): 288-299.
- [6] 张忱, 李蜀渝, 肖波, 等. 37例烟雾病的临床特点及影像学分析[J]. 国际神经病学神经外科学杂志, 2010, 37(2): 103-106.
- [7] Sato S, Kojima D, Shimada Y, et al. Preoperatively reduced cerebrovascular contractile reactivity to hypocapnia by hyperventilation is associated with cerebral hyperperfusion syndrome after arterial bypass surgery for adult patients with cerebral misery perfusion due to ischemic Moyamoya disease[J]. J Cereb Blood Flow Metab, 2018, 38(6): 1021-1031.
- [8] Miyamoto S, Yoshimoto T, Hashimoto N, et al. Effects of Extra-cranial-Intracranial bypass for patients with hemorrhagic Moyamoya disease results of the Japan adult Moyamoya trial[J]. Stroke, 2014, 45(5): 1415-1421.



- [9] Muench E, Horn P, Bauhuf C, et al. Effects of hypervolemia and hypertension on regional cerebral blood flow, intracranial pressure, and brain tissue oxygenation after subarachnoid hemorrhage[J]. Crit Care Med, 2007, 35(8): 1844-1851; quiz 1852.
- [10] 王玉社, 王勇, 陈航, 等. 输血疗法预防烟雾病术后脑缺血性再损伤[J]. 中华实验外科杂志, 2016, 33(8): 2000-2002.
- [11] 任斌, 段炼. 2012年烟雾病(Willis环自发性闭塞)诊断治疗指南(日本)的解读[J]. 中国脑血管病杂志, 2014, 11(1): 6-9.
- [12] Takebayashi S, Matsuo K, Kaneko M. Ultrastructural studies of cerebral arteries and collateral vessels in Moyamoya disease[J]. Stroke, 1984, 15(4): 728-732.
- [13] Deng HQ, Kahlon RS, Mohite S, et al. Elevated plasma S100B, psychotic symptoms, and cognition in schizophrenia[J]. Psychiatr Q, 2018, 89(1): 53-60.
- [14] 烟雾病治疗中国专家共识编写组. 烟雾病治疗中国专家共识[J]. 国际脑血管病杂志, 2019, 27(9): 645-650.
- [15] 邓硕曾, 宋海波, 刘进. 循证输血与输血指南[J]. 中国输血杂志, 2006, 19(4): 263-264.
- [16] Carlson AP, Schermer CR, Lu SW. Retrospective evaluation of anemia and transfusion in traumatic brain injury[J]. J Trauma, 2006, 61(3): 567-571.
- [17] McIntyre LA, Fergusson DA, Hutchison JS, et al. Effect of a liberal versus restrictive transfusion strategy on mortality in patients with moderate to severe head injury[J]. Neurocrit Care, 2006, 5(1): 4-9.
- [18] Stein M, Brokmeier L, Herrmann J, et al. Mean hemoglobin concentration after acute subarachnoid hemorrhage and the relation to outcome, mortality, vasospasm, and brain infarction[J]. J Clin Neurosci, 2015, 22(3): 530-534.
- [19] Thomas DJ, Marshall J, Russell RWR, et al. Effect of haematocrit on cerebral blood-flow in man[J]. Lancet, 1977, 310(8045): 941-943.
- [20] 何虹, 赵宏程, 龚波, 等. 自身输血对血液流变学和内环境的影响[J]. 临床麻醉学杂志, 2007, 23(6): 478-480.
- [21] 徐钧, 孟庆和, 沈晓览, 等. 术中不同血红蛋白浓度对手术安全和预后的影响分析[J]. 中国实验诊断学, 2014, 18(3): 440-443.

责任编辑:王荣兵