DOI:10.16016/j.1000-5404.202009115

丙泊酚麻醉下脑氧供需平衡及脑血流自动调节范围的影响因素

辜梦月,陈 妍,杨纯勇,鲁开智 400038 重庆,陆军军医大学(第三军医大学)第一附属医院麻醉科

[**摘要**] **目的** 探讨丙泊酚麻醉下脑氧供需平衡和脑血流自动调节(cerebral autoregulation,CA)范围的影响因素。**方法** 纳入我院肝胆外科2019年8月至2020年1月在丙泊酚麻醉下行开腹手术的患者共66例。收集患者的一般资料。实时采集患者从入手术室至手术结束期间的局部脑氧饱和度(regional cerebral oxygen saturation,rSO_2)、局部脑组织血红蛋白浓度指数(tissue hemoglobin concentration index,THI)来评价脑氧供需平衡,并采集平均动脉压(mean arterial pressure,MAP)、心脏指数及动脉血气分析指标。然后分别通过计算rSO_2与MAP的pearson相关系数得到脑血氧测定指数(cerebral oximetry index,COx)、计算THI与MAP的pearson相关系数得到脑总血红蛋白反应指数(total hemoglobin reactivity index,THx)。根据COx和THx设立每位患者CA范围的上限和下限。通过单因素分析和多因素线性回归分析的方法,对患者的一般资料、术中监测数据和血气分析指标进行分析,分别筛选出rSO_2、THI以及由COx和THx所界定的CA范围上下限的影响因素。**结果** 经单因素分析剔除混杂因素后,多因素线性回归分析显示rSO_2的影响因素包括手术时长、总血红蛋白浓度($P<0.05$);THI的影响因素包括年龄($P<0.05$);通过COx获得的CA范围上下限的影响因素包括高血压病史、术中MAP、PaO_2($P<0.05$);通过THx获得的CA范围上下限的影响因素包括高血压病史、术中MAP($P<0.05$)。**结论** 在丙泊酚麻醉下,脑氧供需平衡的影响因素有年龄、手术时长、总血红蛋白浓度;脑血流自动调节范围的影响因素有高血压病史、术中MAP、PaO_2。

[**关键词**] 脑氧供需平衡;脑血流自动调节;脑氧饱和度;脑血氧测定指数;影响因素
[**中图法分类号**] R331.37; R614.2; R741.04 [**文献标志码**] A

Influencing factors of cerebral oxygen supply-consumption balance and cerebral autoregulation under propofol anesthesia

GU Mengyue, CHEN Yan, YANG Chunyong, LU Kaizhi Department of Anesthesiology, First Affiliated Hospital, Army Medical University (Third Military Medical University), Chongqing, 400038, China

[**Abstract**] **Objective** To investigate the influencing factors of cerebral oxygen supply-consumption balance and cerebral autoregulation (CA) under propofol anesthesia. **Methods** A total of 66 patients undergoing open abdominal surgery with propofol anesthesia in our hospital from August 2019 to January 2020 were prospectively recruited in this study. Their general information was collected. Regional cerebral oxygen saturation (rSO_2), cerebral tissue hemoglobin concentration index (THI), mean arterial pressure (MAP), arterial blood gas indexes, and cardiac index (CI) were collected real-timely from entering the operating room to the end of the operation. Then Pearson correlation coefficients of rSO_2 and MAP were calculated for cerebral oximetry index (COx), and the coefficients of THI and MAP were obtained for cerebral total hemoglobin reactivity index (THx) in order to find out the upper and lower limits of CA range. Univariate analysis and multivariate linear regression analysis were used to analyze the general data, intraoperative monitoring data and blood gas indexes to screen out the influencing factors for rSO_2, THI, and the upper and lower limits of the CA range defined by COx and THx. **Results** After elimination of confounding factors by univariate analysis,

[**基金项目**] 国家自然科学基金青年科学基金(81601569)
[**通信作者**] 鲁开智, E-mail: lukaizhi2010@163.com

1000-5404/Copyright © 2021, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循 CC BY 许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

multivariate linear regression analysis showed that the influencing factors of rSO_2 included operation time and total hemoglobin concentration ($P<0.05$), that of THI was age ($P<0.05$), and those for the upper and lower limits of CA obtained by COx included the history of hypertension ($P<0.05$), intraoperative MAP ($P<0.05$), and PaO_2 ($P<0.05$). The influencing factors of the upper and lower limits of CA obtained by THx included the history of hypertension ($P<0.05$) and intraoperative MAP ($P<0.05$). **Conclusion** Age, total hemoglobin concentration, and operation duration are the influencing factors of the balance of cerebral oxygen supply and demand in the patients under propofol anesthesia, and the history of hypertension, intraoperative MAP, PaO_2, are the influencing factors of cerebral blood flow autoregulation.

[**Key words**] cerebral oxygen consumption; cerebral autoregulation; cerebral oxygen saturation; cerebral oximetry index; influencing factors

Supported by the National Natural Science Foundation for Young Scholars of China (81601569). Corresponding author: LU Kaizhi, E-mail: lukaizhi2010@163.com

维持脑氧供需平衡,以及将平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)控制在脑血流自动调节(cerebral autoregulation,CA)范围内,对围术期脑保护而言至关重要。围术期脑氧供需失衡、MAP 低于调节范围的下限或是高于调节范围的上限,会引起脑血氧异常、脑灌注受损,导致患者术后谵妄、神经认知障碍、卒中等中枢神经系统并发症的发生,最终造成住院时间延长、住院费用增加、远期死亡率增加[1]。虽然现有众多关于围术期脑氧供需平衡和 CA 范围的研究[2-3],但大多采用脑氧饱和度(regional cerebral oxygenation,rSO_2)指标进行脑氧供需平衡监测研究,以及通过计算 rSO_2 与 MAP 之间的 pearson 相关系数得出的脑血氧测定指数(cerebral oximetry index,COx)指标进行 CA 范围监测研究。而对同样可以进行脑氧供需平衡监测的脑组织血红蛋白浓度指数(tissue hemoglobin concentration index,THI)指标,以及通过计算 THI 与 MAP 之间的 pearson 相关系数得出的脑总血红蛋白反应指数(total hemoglobin reactivity index, THx)指标进行 CA 范围监测的研究有限。此外,既往文献报道对 CA 范围的研究多集中在七氟烷麻醉下的心脏手术患者,对丙泊酚麻醉的患者和非心脏手术的患者研究相对较少。因此,本研究旨在同时利用 rSO_2 和 THI 以及它们的衍生指标 COx 和 THx,对丙泊酚麻醉下的开腹手术患者进行脑氧供需平衡和 CA 范围影响因素分析,以便采取相应的脑保护措施来尽可能减少术后中枢神经系统并发症,为术中管理提供参考。

1 资料与方法

1.1 研究对象

选择 2019 年 8 月至 2020 年 1 月我院因肝胆胰相关疾病择期行开腹手术的肝胆外科住院患者 66 例,其中男性 45 例,女性 21 例,平均 52 岁。于患者入手术室后签署知情同意书。详细记录包括年龄、性别、身体质量指数(Body Mass Index, BMI)、高血压病史、实施手术名称等。

纳入标准:①年龄 18~80 岁;②在全身麻醉下择期行开腹肝胆外科手术;③ASA 分级Ⅰ~Ⅲ级;④自愿参加研究并签署知情同意书。排除标准:①心律失常(频发的房颤或室性早搏),心肌梗死史,心脏手术史,心衰(射血分数< 50%或有运动耐量下降、体液潴留等临床表现),心脏瓣膜疾病;②中枢神经系统疾病或手术史;③精神紧张不能合作者,患有精神性疾病、无自制力、不能明确表达的患者。本研究为前瞻性观察性研究,已经过我院医学伦理委员会批准(审批号:KY201958)。

1.2 麻醉方法

术前禁食、禁饮。入手术室后建立静脉通路。局麻下行桡动脉穿刺置管用于微创血流动力学监测和获取血气样本。麻醉诱导给予舒芬太尼(0.4 μg/kg)、阿曲库铵(0.3 mg/kg)、依托咪酯(0.25 mg/kg),经口插入气管导管。然后以丙泊酚 2~4 μg/mL(效应室药物浓度)、瑞芬太尼 2~4 ng/mL(效应室药物浓度)靶控输注,以及右美托咪定 0.5 $\mu g \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 泵注维持麻醉,阿曲库铵 0.18 $mg \cdot kg^{-1} \cdot h^{-1}$ 泵注维持肌肉松弛状态。术中管理同临床常规。

1.3 监测设备及方法

利用心输出量测量仪(德国 pulsion 公司),监测并每 12 s 记录 1 次有创 MAP、心脏指数(cardiac index, CI)。并分别于麻醉开始前 20 min、手术开始前 10 min、手术开始后每小时以及手术结束前 10 min 采集并记录 1 次 pH 值、PaO_2、$PaCO_2$、乳酸、总血红蛋白浓度等动脉血气分析指标。利用近红外组织血氧参数无损监测仪(苏州爱琴生物电子医疗有限公司),每 2 秒记录

1 次左右脑 rSO_2 和左右脑 THI。分别取左右脑 rSO_2 的平均值和左右脑 THI 的平均值作为脑氧供需平衡的监测指标。同时每 2 秒计算并记录 1 次左右脑 rSO_2 的平均值与 MAP 之间的连续性线性 pearson 相关系数,得到 COx;每 2 秒计算并记录 1 次左右脑 THI 的平均值与 MAP 之间的连续性线性 Pearson 相关系数,得到 THx。因此,每个 MAP 值都有与其对应的 COx 值和 THx 值。一般而言,随着 MAP 升高,COx 和 THx 的值均呈先减小后增大的类"抛物线"趋势。当 COx 或 THx 趋近于 0 时,表示脑血流不随 MAP 变化而变化,此时的 MAP 在 CA 范围内,脑血流保持恒定;当 COx 或 THx 趋近于 1 时,表示脑血流被动地随 MAP 的变化而变化,此时的 MAP 不在 CA 范围内,脑血流不能保持恒定。根据既往的研究[4-5],规定当 COx>0.4 或 THx>0.3 时,表明 MAP 不在 CA 范围内,此时会出现 MAP 低于 CA 范围下限或超过 CA 范围上限的情况。而当 COx=0.4 时,根据 COx-MAP 曲线,能对应得出两个 MAP 值。其中较小的 MAP 值即认为是 COx 界定的 CA 范围下限,较大的 MAP 值即认为是 COx 界定的 CA 范围上限;若实际计算中无 COx 恰好=0.4 的情况,则取 COx>0.4 时的最小 COx 所对应的两个 MAP 值分别作为 COx 界定的 CA 范围的下限和上限。同理,当 THx=0.3 时,根据 THx-MAP 曲线,能对应得出两个 MAP 值。其中较小的 MAP 值即认为是 THx 界定的 CA 范围下限,较大的 MAP 值即认为是 THx 界定的 CA 范围上限;若实际计算中无 THx 恰好=0.3 的情况,则取 THx>0.3 时的最小 THx 所对应的两个 MAP 值分别作为 THx 界定的 CA 范围的下限和上限。

1.4 统计学分析

利用 SPSS 26.0 统计软件进行统计描述和分析。符合正态分布的计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 来描述。采用单因素分析及多因素线性回归分析(逐步法)的方法,来分别筛选 rSO_2、THI,以及 COx 和 THx 测定的 CA 范围上下限的影响因素。检验水准 $\alpha=0.05$。

2 结果

2.1 基线资料比较

本研究共纳入 66 例在丙泊酚麻醉下接受肝胆外科开腹手术的住院患者,男性 45 例,女性 21 例,高血压患者 10 例。所有患者年龄为 18~73(52±13)岁,BMI 为 16.35~29.55(22.68±2.90),手术时长为 2~15(6±2)h,术中 MAP 为 71~106(86±8)mmHg,CI 为 1.62~4.69(2.83±0.62) min/m^2,乳酸浓度为 0.80~3.55(1.97±0.68)mmol/L,总血红蛋白浓度为 79~190(119±21)g/L,PaO_2 为 29~48(36±4)mmHg,pH 值为 7.29~7.47(7.40±0.04),PaO_2 为 149~308(231±33)mmHg。

2.2 影响脑氧供需平衡的单因素分析和多因素分析

通过单因素分析年龄、性别、BMI、手术时长、高血压病史、术中 MAP、CI、乳酸浓度、总血红蛋白浓度、$PaCO_2$、pH 值、PaO_2 等 12 个因素与脑氧供需平衡指标的相关性后发现,性别、手术时长、总血红蛋白浓度、$PaCO_2$ 是 rSO_2 的影响因素($P<0.05$,表 1);年龄、CI、乳酸是 THI 的影响因素($P<0.05$,表 2)。多因素线性回归分析去除混杂因素后,结果显示:性别、$PaCO_2$ 对 rSO_2 影响不明显。手术时长、总血红蛋白浓度对 rSO_2 有明显影响($P<0.05$,表 1),其中总血红蛋白浓度对 rSO_2 的影响稍强于手术时长;而 CI、乳酸对 THI 影响不明显,年龄对 THI 有明显影响(表 2)。

表 1 对 rSO_2 影响因素的单因素分析和多因素分析

因素	单因素分析			多因素分析		
	β	95%*CI*	*P*	β	95%*CI*	*P*
年龄	−0.129	−1.392~0.439	0.302			
性别	0.315	0.593~4.217	0.010			
BMI	0.901	−0.113~0.299	0.371			
手术时长	−0.450	−0.917~-0.327	<0.001	−0.345	−0.801~-0.171	0.003
高血压病史	−0.177	−0.043~0.007	0.156			
术中 MAP	0.165	−0.183~0.927	0.186			
CI	0.365	−0.035~0.051	0.716			
乳酸浓度	−0.039	−0.062~0.046	0.778			
总血红蛋白浓度	0.476	0.042~0.122	<0.001	0.391	0.028~0.105	0.001
$PaCO_2$	0.340	0.090~0.589	0.008			
pH 值	−0.071	−0.004~0.002	0.593			
PaO_2	−0.196	−4.118~0.575	0.136			

2.3 影响脑血流自动调节范围的单因素分析和多因素分析

通过单因素分析年龄、性别、BMI、手术时长、高血压病史、术中 MAP、CI、乳酸浓度、总血红蛋白浓度、$PaCO_2$、pH 值、PaO_2 等 12 个因素与 CA 范围指标的相关性后发现,高血压病史、术中 MAP、PaO_2 是 COx 测定的 CA 范围的影响因素($P<0.05$,表 3、4)。此外,总血红蛋白浓度还影响 COx 测定的 CA 范围下限($P<0.05$,表 3)。高血压病史、术中 MAP、总血红蛋白浓度是 THx 测定的 CA 范围的影响因素($P<0.05$,表 5、6)。多因素线性回归分析去除混杂因素后,结果显示:高血压病史、术中 MAP,与 COx 和 THx 测定的 CA 范围上下限均呈正相关($P<0.05$,表 3~6),其中术中 MAP 对 CA 范围上下限的影响稍强于高血压病史。同时 PaO_2 还与 COx 测定的 CA 范围上下限呈负相关($P<0.05$,表 3、4),但影响程度弱于术中 MAP 和高血压病史;总血红蛋白浓度对 COx 测定的 CA 范围下限,以及 THx 测定的 CA 范围上下限均无明显影响。

表 2 对 THI 影响因素的单因素分析和多因素分析

因素	单因素分析			多因素分析		
	β	95%*CI*	*P*	β	95%*CI*	*P*
年龄	−0.455	−0.015~−0.005	<0.001	−0.536	−0.016~−0.006	<0.001
性别	0.097	−0.094~0.214	0.440			
BMI	−0.097	−0.034~0.015	0.443			
手术时长	0.072	−0.021~0.038	0.565			
高血压病史	−0.191	−0.351~0.043	0.124			
术中 MAP	−0.041	−0.010~0.007	0.743			
CI	0.380	0.070~0.286	0.002			
乳酸浓度	0.291	0.013~0.229	0.029			
总血红蛋白浓度	0.222	0.000~0.006	0.090			
$PaCO_2$	−0.238	−0.023~0.018	0.813			
pH 值	−0.419	−2.348~1.536	0.677			
PaO_2	0.378	−0.002~0.003	0.707			

表 3 对 COx 界定的 CA 范围下限影响因素的单因素分析和多因素分析

因素	单因素分析			多因素分析		
	β	95%*CI*	*P*	β	95%*CI*	*P*
年龄	0.179	−0.052~0.333	0.150			
性别	0.045	−4.535~6.528	0.720			
BMI	−0.090	−1.203~0.569	0.477			
手术时长	−0.207	−1.891~0.154	0.095			
高血压病史	0.491	7.885~20.415	<0.001	0.434	7.452~18.244	<0.001
术中 MAP	0.504	0.371~0.927	<0.001	0.450	0.343~0.809	<0.001
CI	−0.133	−6.384~1.930	0.289			
乳酸浓度	0.043	−3.521~4.851	0.751			
总血红蛋白浓度	0.309	0.029~0.287	0.017			
$PaCO_2$	0.128	−0.402~1.169	0.332			
pH 值	−0.010	−77.367~71.491	0.937			
PaO_2	−0.327	−0.191~−0.025	0.012	−0.319	−0.165~−0.046	0.001

表 4 对 COx 界定的 CA 范围上限影响因素的单因素分析和多因素分析

因素	单因素分析			多因素分析		
	β	95%*CI*	*P*	β	95%*CI*	*P*
年龄	0.140	−0.080~0.288	0.262			
性别	−0.082	−6.939~3.504	0.513			
BMI	−0.051	−0.995~0.659	0.687			
手术时长	−0.086	−1.326~0.645	0.492			
高血压病史	0.379	4.046~16.640	0.002	0.317	3.315~14.571	0.002
术中 MAP	0.544	0.408~0.918	<0.001	0.506	0.375~0.861	<0.001
CI	−0.088	−5.346~2.560	0.484			
乳酸浓度	−0.030	−4.347~3.480	0.825			
总血红蛋白浓度	0.234	−0.012~0.240	0.074			
$PaCO_2$	0.026	−0.683~0.830	0.846			
pH 值	0.088	−47.078~94.497	0.505			
PaO_2	−0.257	−0.162~0.000	0.049	−0.255	−0.143~−0.018	0.012

表 5 对 THx 界定的 CA 范围下限影响因素的单因素分析和多因素分析

因素	单因素分析			多因素分析		
	β	95%*CI*	*P*	β	95%*CI*	*P*
年龄	0.126	−0.094~0.287	0.315			
性别	0.123	−2.716~8.062	0.325			
BMI	−0.083	−1.155~0.580	0.510			
手术时长	−0.235	−1.959~0.034	0.058			
高血压病史	0.369	3.862~16.974	0.002	0.328	3.159~15.912	0.004
术中 MAP	0.500	0.358~0.904	<0.001	0.440	0.278~0.830	<0.001
CI	−0.110	−5.894~2.283	0.381			
乳酸浓度	−0.014	−4.274~3.858	0.919			
总血红蛋白浓度	0.395	0.076~0.321	0.002			
$PaCO_2$	0.069	−0.573~0.981	0.602			
pH 值	0.003	−72.301~74.032	0.981			
PaO_2	−0.198	−0.149~0.020	0.132			

表 6 对 THx 界定的 CA 范围上限影响因素的单因素分析和多因素分析

因素	单因素分析			多因素分析		
	β	95%*CI*	*P*	β	95%*CI*	*P*
年龄	0.100	−0.117~0.273	0.426			
性别	0.007	−5.377~5.701	0.954			
BMI	−0.025	−0.963~0.790	0.845			
手术时长	−0.153	−1.673~0.394	0.221			
高血压病史	0.303	1.887~15.599	0.013	0.264	1.075~14.608	0.024
术中 MAP	0.484	0.342~0.905	<0.001	0.433	0.264~0.849	<0.001
CI	−0.070	−5.355~3.015	0.578			
乳酸浓度	−0.031	−4.540~3.615	0.821			
总血红蛋白浓度	0.359	0.057~0.311	0.005			
$PaCO_2$	−0.030	−0.885~0.704	0.820			
pH 值	0.075	−53.267~95.690	0.571			
PaO_2	−0.196	−0.151~0.021	0.137			

3 讨论

术后中枢神经系统损伤历来被认为是围术期严重并发症之一[6]。术中脑氧供需平衡的破坏、MAP 低于 CA 范围下限引起的脑缺血或是高于 CA 范围上限引起的脑水肿,都是导致术后中枢神经系统并发症发生的重要原因[7]。而分析脑氧供需平衡和 CA 范围的影响因素可以为围术期脑保护提供参考。

本研究对丙泊酚麻醉下开腹手术患者的脑氧供需平衡指标 rSO_2 进行影响因素分析发现:rSO_2 的影响因

素之一是总血红蛋白浓度,这与既往的研究结果相一致[8]。但是本研究并未发现 rSO_2 与 PaO_2、$PaCO_2$、CI 的相关性有统计学意义。这可能是因为本研究严格按临床常规管理,控制 PaO_2、$PaCO_2$、CI 在正常范围内,故差异无统计学意义。此外,本研究还发现手术时间越长的患者,术中平均 rSO_2 越低。这可能和长时间手术术中出血概率更大,进而由术中失血导致血红蛋白浓度的降低有一定的关系。既往研究证明,围术期低 rSO_2 与术后谵妄等并发症相关[9]。因此结合本研究结果,应注重对长手术时间患者的 rSO_2 监测。一般认为,术中 rSO_2 降幅超过术前水平的 20%,或 rSO_2 的绝对值小于 50%时,是低 rSO_2 的表现。此时可以选择输血等方式维持血红蛋白浓度高于 100g/L[10],以优化脑氧合减少脑缺氧负担,以减少发生术后谵妄等并发症的可能性。还有研究证实采取提升吸氧浓度、升高血压的措施也能起到改善 rSO_2 的作用[11]。

除 rSO_2 外,THI 同样可以反映脑氧供需平衡。本研究对 THI 的影响因素进行相关性分析的结果显示,在年龄越大的患者中,THI 的值越小。国内学者贾在申等[12]对接受心脏手术体外循环期间的先心病婴儿进行脑氧供需平衡监测发现,与 rSO_2 的变化趋势相比,THI 的变化趋势能更加灵敏地反映脑氧供需平衡的变化。因此结合本研究结果,应注重对老年患者术中 THI 变化趋势的监测。当 THI 降低时,表明脑总血红蛋白浓度降低,进而提示脑氧供减少[13],此时可采取提升氧浓度、输血等相关治疗措施来改善氧合[10],减少由脑氧供需平衡破坏引起的并发症。

与维持脑氧供需平衡一样,维持合适的脑灌注也是围术期脑保护的重要策略之一。人体的 CA 机制可以在一定程度上进行脑灌注自我调控与保护,调控的范围也即 CA 范围。本研究对丙泊酚麻醉下开腹手术患者的 CA 范围进行影响因素分析发现,高血压病史和 COx、THx 界定的 CA 范围的上下限均呈正相关,也即高血压患者 CA 范围的上下限均升高。这表明高血压患者相比普通患者而言,更加不能耐受低 MAP。虽然 JOSHI 等[14]认为围术期 CA 的范围与患者是否合并高血压无关,但是这一结论是在七氟烷麻醉下、基于经颅多普勒超声监测的另一种评价 CA 范围的指标——平均血流速度指数(mean velocity index,Mx)下得出的。且近年的文献表明高血压患者的 CA 范围下限比普通患者更高[15]。因此为了保护高血压患者的脑灌注,术中应特别注意维持 MAP 高于 CA 范围的下限,避免脑缺血。长久以来,由 LASSEN 等[16]提出的 CA 范围是 MAP 在 50~150 mmHg 内这一概念深入人心。但随着研究技术的发展和证据水平的提高,BRADY 团队[17]在过去数年内,研究了包括高血压患者在内的心脏手术和非心脏手术患者的 CA 范围下限,发现成年患者的下限在 40~90 mmHg 之间,儿童患者的下限在 30~55 mmHg 之间。这说明了围术期患者 CA 范围下限差异较大,高血压患者与普通患者的 CA 范围差异也有待进一步研究。因此基于人口统计学资料和术后并发症发生率给出的 MAP 安全值,比如维持 MAP 不低于 65 mmHg 等[18]建议可能仅供参考。此外,BROWN 等[19]的随机对照试验表明,在心脏手术中个体化监测 CA 范围并进行血压管理的策略优于上述传统的血压管理策略,且前者能显著减少术后中枢神经系统并发症。因此,为了更好地保护围术期患者特别是高血压患者的脑灌注,以减少术后并发症,术中需要对这些患者进行个体化 CA 范围的监测。

此外,本研究分析结果显示,由 COx 和 THx 界定的 CA 范围的上下限均与年龄无明显相关性,这与 GOETTEL 等[3]在七氟烷麻醉下非心脏大手术中得出的结论一致:年龄不是 CA 范围上下限的影响因素。这说明麻醉状态下,不同年龄阶段的患者 CA 范围的差异不明显。同样,有对健康志愿者的研究表明虽然>60 岁的志愿者脑血管的压力感受器敏感性显著降低,但是和<40 岁的志愿者相比,两组志愿者的 CA 功能差异并无统计学意义[20]。这可能说明人体的脑血流自动调节机制本身有很强的韧性,不会随着年龄的增长而削弱。虽然有一些研究和临床经验证实,围术期老年患者中枢神经系统并发症的发生,远多于年轻患者。但是这可能是由于导致围术期中枢神经系统并发症的因素众多、病理机制复杂[6],而脑灌注只是其中一个因素。

本研究也存在一定的局限性。其一,本研究未讨论患者的预后指标如谵妄、神经认知障碍、卒中等并发症与 rSO_2、THI 以及 CA 范围的相关性。其二,本研究未深入讨论高血压患者与普通患者 CA 范围的具体差异。在未来的研究中,可以纳入更多的指标、更大的样本量进行研究分析,为围术期脑保护提供更详细的参考。

综上,在丙泊酚麻醉下的开腹手术患者中,年龄、总血红蛋白浓度、手术时长是脑氧供需平衡的主要影响因素。而高血压病史、术中 MAP、PaO_2 是 CA 范围的主要影响因素。因此围术期应特别注意监测老年患者以及长时间手术患者的 rSO_2、THI 等脑氧供需平衡

指标,监测高血压患者的 CA 范围指标,采取相应的脑保护措施,以达到减少术后并发症的目的。

参考文献:

[1] CHUAN A, SHORT T G, PENG A Z Y, *et al*. Is cerebrovascularautoregulation associated with outcomes after major non-cardiac surgery? A prospective observational pilot study[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2019, 63(1): 8-17. DOI: 10.1111/aas.13223.

[2] VRANKEN N P A, WEERWIND P W, SUTEDJA N A, *et al*. Cerebraloximetry and autoregulation during cardiopulmonary bypass: a review[J]. J Extra Corpor Technol, 2017, 49(3): 182-191.

[3] GOETTEL N, PATET C, ROSSI A, *et al*. Monitoring of cerebral blood flow autoregulation in adults undergoing sevoflurane anesthesia: a prospective cohort study of two age groups [J]. J Clin Monit Comput, 2016, 30(3): 255-264. DOI: 10.1007/ s10877-015-9754-z.

[4] ONO M, ZHENG Y, JOSHI B, *et al*. Validation of a standalone near-infrared spectroscopy system for monitoring cerebral autoregulation during cardiac surgery[J]. Anesth Analg, 2013, 116(1): 198-204. DOI: 10.1213/ane.0b013e318271fb10.

[5] LEE J K, KIBLER K K, BENNI P B, *et al*. Cerebrovascular reactivity measured by near-infrared spectroscopy [J]. Stroke, 2009, 40(5): 1820-1826. DOI: 10.1161/STROKEAHA.108.536094.

[6] VLISIDES P, MASHOUR G A. Perioperative stroke[J]. Can J Anaesth, 2016, 63(2): 193-204. DOI: 10.1007/s12630-015-0494-9.

[7] STRØM C, RASMUSSEN L S, SIEBER F E. Should general anaesthesia be avoided in the elderly? [J]. Anaesthesia, 2014,69 Suppl 1(Suppl 1): 35-44. DOI: 10.1111/anae.12493.

[8] VRETZAKIS G, GEORGOPOULOU S, STAMOULIS K, *et al*. Cerebral oximetry in cardiac anesthesia[J]. J Thorac Dis, 2014, 6 Suppl 1(Suppl 1): S60-S69. DOI: 10.3978/j.issn.2072-1439.2013.10.22.

[9] LEI L, KATZNELSON R, FEDORKO L, *et al*. Cerebral oximetry and postoperative delirium after cardiac surgery: a randomised, controlled trial[J]. Anaesthesia, 2017, 72(12): 1456-1466. DOI: 10.111/ance./4056.

[10] OKONKWO D O, SHUTTER L A, MOORE C, *et al*. Brain oxygen optimization in severe traumatic brain injury phase-II: a phase II randomizedtrial[J]. Crit Care Med, 2017, 45(11): 1907-1914. DOI: 10.1097/ccm.000000000002619.

[11] DESCHAMPS A, HALL R, GROCOTT H, *et al*. Cerebraloximetry monitoring to maintain normal cerebral oxygen saturation during high-risk cardiac surgery: a randomized controlled feasibility trial[J]. Anesthesiology, 2016, 124(4): 826-836. DOI: 10.1097/aln.0000000000001029.

[12] 贾在申, 腾轶超, 李岳, 等. 脑血红蛋白浓度指数在体外循环中的应用[J]. 北京生物医学工程, 2014, 33(3): 300-305. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3208.
JIA Z S, TENG Y C, LI Y, *et al*. Non-invasive detecting cerebral hemoglobin concentration index used in cardiopulmonary bypass[J]. Beijing Biomed Eng, 2014, 33(3): 300-305. DOI: 10.3969/j.issn.1002-3208.

[13] GELL D A. Structure and function ofhaemoglobins[J]. Blood Cells Mol Dis, 2018, 70: 13-42. DOI: 10.1016/j.bcmd.2017.10.006.

[14] JOSHI B, ONO M, BROWN C, *et al*. Predicting the limits of cerebral autoregulation during cardiopulmonary bypass [J]. Anesth Analg, 2012, 114(3): 503-510. DOI: 10.1213/ane.0b013e31823d292a.

[15] SCHEEREN T W L, SAUGEL B. Journal of clinical monitoring and computing 2016 end of year summary: monitoring cerebral oxygenation and autoregulation[J]. J Clin Monit Comput, 2017, 31(2): 241-246. DOI: 10.1007/s10877-017-9980-7.

[16] LASSEN N A. Cerebral blood flow and oxygen consumption in man[J]. Physiol Rev, 1959, 39(2): 183-238. DOI: 10.1152/physrev.1959.39.2.183.

[17] BRADY K M, HUDSON A, HOOD R, *et al*. Personalizing the definition of hypotension to protect thebrain[J]. Anesthesiology, 2020, 132(1): 170-179. DOI: 10.1097/aln.0000000000003005.

[18] WESSELINK E M, KAPPEN T H, TORN H M, *et al*. Intraoperative hypotension and the risk of postoperative adverse outcomes: a systematic review[J]. Br J Anaesth, 2018, 121(4): 706-721. DOI: 10.1016/j.bja.2018.04.036.

[19] BROWN C H, NEUFELD K J, TIAN J, *et al*. Effect of targeting mean arterial pressure during cardiopulmonary bypass by monitoring cerebralautoregulation on postsurgical delirium among older patients: a nested randomized clinical trial[J]. JAMA Surg, 2019, 154(9): 819-826. DOI: 10.1001/jamasurg.

[20] CAREY B J, PANERAI R B, POTTER J F. Effect of aging on dynamic cerebralautoregulation during head-up tilt[J]. Stroke, 2003, 34(8): 1871-1875. DOI: 10.1161/01.str.0000081981.99908.f3.

(收稿:2020-09-14;修回:2020-11-12)

(编辑 王 红)