

· 临床研究 ·

不同呼气末二氧化碳分压对室间隔缺损修补术
患儿脑氧合及脑血流的影响

崔博群 谢思远 马骏 欧阳川

【摘要】 目的 探讨不同 $P_{ET}CO_2$ 对室间隔缺损修补术患儿脑氧合及脑血流的影响。方法 择期行室间隔缺损修补术患儿 60 例,随机分为两组,每组 30 例。低通气组(L组):调控 V_T 和 RR,以维持 $P_{ET}CO_2$ 在 40~45 mmHg;高通气组(H组):调控 V_T 和 RR,以维持 $P_{ET}CO_2$ 在 35~40 mmHg。记录麻醉诱导后(T_0)、开心包(T_1)、CPB 结束(T_2)、改良超滤结束(T_3)、术毕(T_4)时的局部脑氧饱和度($rScO_2$)以及右侧大脑中动脉血流平均速度(V_{MCA})、搏动指数(PI)和阻力指数(RI)。结果 与 T_2 时比较, T_0 、 T_1 、 T_3 、 T_4 时两组患儿 $rScO_2$ 和 V_{MCA} 明显升高($P<0.05$),PI 和 RI 明显降低($P<0.05$)。 T_0 、 T_1 、 T_3 、 T_4 时 L 组 $rScO_2$ 和 V_{MCA} 明显高于 H 组($P<0.05$)。结论 $P_{ET}CO_2$ 在 40~45 mmHg 时,患儿 $rScO_2$ 和 V_{MCA} 高于 $P_{ET}CO_2$ 在 35~40 mmHg 时,可改善脑氧供需平衡。

【关键词】 区域脑氧饱和度;脑血流;呼末二氧化碳;先天性心脏病

Effect of different end-tidal carbon dioxide partial pressure on cerebral oxygenation and cerebral blood flow in infants with ventricular septal defect repair CUI Boqun, XIE Siyuan, MA Jun, OUYANG Chuan. Department of Anesthesiology, Beijing Anzhen Hospital, Capital Medical University, Beijing 100029, China

Corresponding author: OUYANG Chuan, Email: 163-hys@163.com

【Abstract】 Objective To analyze the change of different $P_{ET}CO_2$ on regional cerebral oxygen saturation ($rScO_2$) and cerebral blood flow in infants with ventricular septal defect repair. **Methods** In this study, 60 infants with VSD were randomly divided into high ventilation group (group H, 30 cases) and low ventilation group (group L, 30 cases). $P_{ET}CO_2$ was maintained at 40 - 45 mmHg by regulating V_T and RR in group L. $P_{ET}CO_2$ was maintained at 35 - 40 mmHg by regulating V_T and RR in group H. The values of $rScO_2$, flow velocity of middle cerebral artery (V_{MCA}) at the right side, pulse index (PI) and resistance index (RI) were recorded respectively after anesthesia (T_0), cut pericardium (T_1), the end of CPB (T_2), the end of modified ultrafiltration (T_3), after operation (T_4). **Results** Compared with T_2 , the values of $rScO_2$ and V_{MCA} were significantly increased while the levels of PI and RI were decreased at T_0 , T_1 , T_3 , T_4 ($P<0.05$). Meanwhile, the levels of $rScO_2$ and V_{MCA} in group L were higher than those in group H ($P<0.05$). **Conclusion** The infants' $rScO_2$ and V_{MCA} performed better when $P_{ET}CO_2$ is 40-45 mmHg versus 35-40 mmHg, which could improve the balance of cerebral oxygen supply and demand.

【Key words】 Regional cerebral oxygen saturation; Cerebral blood flow; End-tidal carbon dioxide partial pressure; Congenital heart disease

先天性心脏病患儿心脏手术后不良神经功能预后受多种因素影响,其中脑氧合下降和脑灌注压力降低起着决定性作用^[1]。 CO_2 可通过增加或降低脑血管阻力,改变脑灌注压力,从而影响全脑脑血流量以及大脑中动脉血流速度(flow velocity of middle cerebral artery, V_{MCA})^[2]。患儿脑血管发育相对不成熟,自身调节能力差, CO_2 对此类患儿,特别是行心肺转流(cardiopulmonary bypass, CPB)下

心脏手术的患儿脑血管调节作用尚不明确。本研究联合应用近红外光谱技术(near-infrared spectroscopy, NIRS)和经颅多普勒超声(transcranial Doppler, TCD)技术,同时对局部脑氧饱和度(regional cerebral oxygen saturation, $rScO_2$)和 V_{MCA} 进行监测,比较不同 $P_{ET}CO_2$ 对行室间隔缺损修补术(ventricular septal defect repair, VSD)患儿术中脑氧合及脑血流的影响。

资料与方法

一般资料 本研究经我院伦理委员会批准(2017030X),患儿家属签署知情同意书。选择 2017 年 7 月至 2018 年 4 月择期在 CPB 下行 VSD 修补术

DOI: 10.12089/jca.2019.05.002

作者单位:100029 首都医科大学附属北京安贞医院麻醉中心(崔博群、马骏、欧阳川);首都儿科研究所附属儿童医院麻醉科(谢思远)

通信作者:欧阳川,Email:163-hys@163.com

的患儿, 年龄 ≤ 12 月, NYHA I 或 II 级, 拟使用 NIRS、TCD 和高级血流动力学指标监测。排除标准: 已知合并神经系统疾病史, 近期肺炎, 严重肺动脉高压(平均肺动脉压力 > 50 mmHg), 经方波试验发现动脉压力信号欠阻尼和过阻尼。

分组与处理 按随机序列号分为两组, 低通气组(L组): 调控 V_T 和 RR, 以维持 $P_{ET}CO_2$ 在 40~45 mmHg; 高通气组(H组): 调控 V_T 和 RR, 以维持 $P_{ET}CO_2$ 在 35~40 mmHg。

麻醉方法 患儿均采用相同的麻醉方法, 以 6 L/min 纯氧和 8% 七氟醚预充麻醉管路, 呼出七氟醚浓度达 1.5 MAC 时, 面罩密闭吸入七氟醚, 患儿体动消失时, 建立外周静脉通路, 停止吸入七氟醚, 静注哌库溴铵 0.2 mg/kg、咪达唑仑 0.2 mg/kg 及舒芬太尼 1 μ g/kg, 肌松满意后行气管插管。全麻气管插管后, 连接麻醉机行机械通气, FiO_2 50%, I:E 1:1.5。麻醉维持采用哌库溴铵 0.08~0.16 mg \cdot kg⁻¹ \cdot h⁻¹、咪达唑仑 0.2~0.4 mg \cdot kg⁻¹ \cdot h⁻¹ 及舒芬太尼 2~4 μ g \cdot kg⁻¹ \cdot h⁻¹。持续使用 Fore-Sight 实时、连续监测前额部 rScO₂, 使用 TCD 测量右侧 V_{MCA} 、搏动指数 (PI) 和阻力指数 (RI)。所有患儿均行桡动脉穿刺置管, 使用压力记录分析法监测患儿 HR、MAP 和心脏指数 (CI)。脱离 CPB 后行改良超滤, 术中及时调整麻醉深度复合使用血管活性药物维持 HR、MAP 和 CI 波动幅度在基础值的 20% 以内。

观察指标 记录麻醉诱导后 (T_0)、开心包 (T_1)、CPB 结束 (T_2)、改良超滤结束 (T_3)、术毕 (T_4) 的 rScO₂, 同时记录 V_{MCA} 、PI、RI、 V_T 、RR、Ppeak、 $P_{ET}CO_2$, 记录 CPB 时间和手术时间。

统计分析 应用 SPSS 22.0 统计软件分析。正态分布计量资料以均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 组间比较采用单因素方差分析; 计数资料比较采用 χ^2 检验或 Fisher 确切概率检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

本研究共纳入患儿 60 例, 所有患儿均顺利完成手术, 术毕带气管导管回重症监护病房。两组患儿性别、月龄、体重等差异均无统计学意义 (表 1)。L 组和 H 组 CPB 时间分别为 (49 \pm 12)、(50 \pm 13) min, 手术时间分别为 (108 \pm 21)、(110 \pm 23) min, 两组 CPB 时间和手术时间差异无统计学意义。

T_0 、 T_1 、 T_3 、 T_4 时 L 组 rScO₂ 和 V_{MCA} 明显高于 H 组 ($P < 0.05$); T_0 — T_4 时 L 组 RR 和 Ppeak 明显低于

表 1 两组患儿一般情况的比较

组别	例数	男/女 (例)	年龄 (月)	体重 (kg)
L 组	30	13/17	5.9 \pm 2.5	6.0 \pm 1.2
H 组	30	12/18	5.9 \pm 2.8	6.0 \pm 1.4

H 组, $P_{ET}CO_2$ 明显高于 H 组 ($P < 0.05$)。与 T_2 时比较, T_0 、 T_1 、 T_3 、 T_4 时两组 rScO₂ 和 V_{MCA} 明显升高, PI 和 RI 明显降低 ($P < 0.05$) (表 2)。两组 V_T 组间组内差异无统计学意义。

讨 论

rScO₂ 反映脑组织是否得到足够的氧供及血流^[3], 临床上常通过调节 MAP 和 $P_{ET}CO_2$ 增加脑血流、改善脑氧合, 但 MAP 的改变可能会对合并先心病的患儿产生不良影响^[2]。所以, 研究不同 $P_{ET}CO_2$ 对此类患儿脑氧合和脑血流的影响具有临床应用价值。本研究采用 NIRS 技术监测 rScO₂ 评估脑组织的氧供需是否平衡^[4]。MCA 是大脑中动脉中最粗大的一支, 携带约全脑 80% 血液至大脑半球, CO₂ 对其调节作用微小, 所以管径相对恒定^[5], 故通过 TCD 监测 V_{MCA} 的改变可反映脑血流量以及脑组织灌注状况^[2]。

本研究结果显示, 随着 $P_{ET}CO_2$ 的增高, 脑组织灌注和脑氧合得到改善, 可能的机制与 CO₂ 增加脑血流量有关。CO₂ 是脑血流强有力的调节因子, 可扩张脑微小动脉, 促进氧气的运输和组织灌注。有研究表明, 健康志愿者 PaCO₂ 每增加 7.5 mmHg 脑血流量增加 30%^[6]。相反, $P_{ET}CO_2$ 的降低导致脑微小动脉的收缩, 脑血流量减少, 氧气运输降低, rScO₂ 和 V_{MCA} 降低^[3]。脑微小动脉占脑血管阻力的 40%, 因此, 调节其动脉管径对于脑组织的灌注非常重要。本研究显示 $P_{ET}CO_2$ 控制在 40~45 mmHg 时, 可更好地维持脑灌注和脑氧合。本研究可为病情危重的 VSD 患儿 (伴有肺炎、大量心内分流、严重肺动脉高压、充血性心衰, 有些患儿甚至已发生脑血流减少) 围术期增加脑灌注、维护脑氧合提供参考, 但仍需进一步研究^[7]。也有研究认为 PaCO₂ 在 37~68 mmHg 之间变化时, 脑血流和脑氧合的增加, 与良好的神经系统功能预后呈“U”型相关^[8]。虽然本研究未获取 PaCO₂ 数值, 但 VSD 患儿中 $P_{ET}CO_2$ 与 PaCO₂ 密切相关^[9], 对研究结果影响甚微。本研究中 L 组 RR 和 Ppeak 明显低于 H 组, 但均在正常范围内。

表 2 两组患儿不同时点脑部监测和呼吸指标的比较 ($\bar{x} \pm s$)

指标	组别	例数	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
rScO ₂ (%)	L 组	30	77.2±4.1 ^{ab}	76.9±5.1 ^{ab}	65.2±6.9	76.0±7.5 ^{ab}	76.1±7.6 ^{ab}
	H 组	30	70.6±5.6 ^b	70.7±5.5 ^b	64.7±9.1	72.2±9.1 ^b	71.3±8.6 ^b
V _{MCA} (cm/s)	L 组	30	53.4±14.2 ^{ab}	54.0±14.9 ^{ab}	38.6±14.7	53.2±16.7 ^{ab}	51.8±15.8 ^{ab}
	H 组	30	45.2±12.6 ^b	46.9±11.7 ^b	38.8±10.7	45.4±13.4 ^b	42.2±10.7 ^b
PI	L 组	30	1.6±0.4 ^b	1.5±0.5 ^b	2.8±0.8	1.7±0.8 ^b	1.7±0.7 ^b
	H 组	30	1.8±0.5 ^b	1.7±0.6 ^b	2.8±0.9	2.0±0.9 ^b	2.0±0.9 ^b
RI	L 组	30	0.8±0.1 ^b	0.8±0.1 ^b	1.0±0.1	0.8±0.1 ^b	0.8±0.1 ^b
	H 组	30	0.9±0.1 ^b	0.8±0.1 ^b	0.9±0.1	0.8±0.1 ^b	0.8±0.1 ^b
RR(次/分)	L 组	30	16.1±2.6 ^a	16.9±2.5 ^a	18.3±4.0 ^a	18.7±4.3 ^a	19.7±4.4 ^a
	H 组	30	21.8±3.6	22.7±3.5	22.5±3.4	22.9±3.1	23.6±3.2
P _{peak} (mmHg)	L 组	30	15.4±2.4 ^a	15.7±2.1 ^a	17.4±3.2 ^a	16.8±2.9 ^a	16.5±2.7 ^a
	H 组	30	18.9±3.3	19.6±3.7	21.5±4.2	20.9±3.9	19.9±3.6
P _{ET} CO ₂ (mmHg)	L 组	30	43.2±3.1 ^a	43.8±2.9 ^a	42.1±3.1 ^a	42.7±3.5 ^a	43.6±3.8 ^a
	H 组	30	35.6±1.6	35.9±1.7	35.8±2.3	36.5±2.2	35.7±1.8

注:与 H 组比较,^aP<0.05;与 T₂比较,^bP<0.05

很多研究表明 CPB 中易发生脑损伤,而持续的 rScO₂ 和 TCD 监测是降低神经系统并发症的主要监测手段^[9]。本研究中 CPB 结束时,两组患儿 rScO₂ 和 V_{MCA} 明显降低,PI 和 RI 明显增高,PI 是反映脑血管弹性的重要指标,颅内压增高或局灶性水肿等可致 PI 增高;RI 主要反映血流在血管内流动时所受阻,在酸性代谢产物增加、缺血缺氧等情况下 RI 可增高。本研究结果显示 CPB 导致的缺血-再灌注损伤、低温、炎症、血液稀释等使脑血管阻力增加,弹性减低,对 CO₂ 的反应性减低甚至丧失,脑血管自身调节能力受损,脑血流减低^[9],引发脑灌注及脑氧供需失衡。改良超滤提高红细胞比容,减少炎性介质,减轻细胞水肿等使脑血管阻力降低,血管弹性、CO₂ 反应性及自身调节能力恢复,从而增加脑灌注,改善脑氧供需平衡,使得 rScO₂ 和 V_{MCA} 较脱离 CPB 时增加。

综上所述,P_{ET}CO₂ 的改变可影响 VSD 修补术患儿 CPB 前后脑氧合及脑血流,维持 P_{ET}CO₂ 在 40~45 mmHg 时,患儿 rScO₂ 和 V_{MCA} 更优于 P_{ET}CO₂ 在 35~40 mmHg 时。脱离 CPB 前后易发生脑氧降低、脑血流减少,临床应加强维护脑氧供需平衡。

参 考 文 献

[1] Schober A, Feiner JR, Bickler PE, et al. Carbon dioxide fluctu-

ations are associated with changes in cerebral oxygenation and electrical activity in infants born preterm. J Pediatr, 2017, 187, 66-72.e.1.

[2] Grüne F, Kazmaier S, Stolker RJ, et al. Carbon dioxide induced changes in cerebral blood flow and flow velocity: role of cerebrovascular resistance and effective cerebral perfusion pressure. J Cereb Blood Flow Metab, 2015, 35(9): 94-99.

[3] Schober A, Feiner JR, Bickler PE, et al. Effects of changes in arterial carbon dioxide and oxygen partial pressures on cerebral oximeter performance. Anesthesiology, 2018, 128(1): 97-108.

[4] 于芸, 韩如泉. 近红外光谱脑氧饱和度监测用于颈动脉内膜剥脱术的研究进展. 临床麻醉学杂志, 2018, 34(8): 827-829.

[5] Maa T, Yeates KO, Moore-Clingenpeel M, et al. Age-related carbon dioxide reactivity in children after moderate and severe traumatic brain injury. J Neurosurg Pediatr, 2016, 18(1): 73-81.

[6] Rhondali O, Juhel S, Mathews S, et al. Cerebral blood flow in the neonate. Paediatr Anaesth, 2014, 24(7): 22-29.

[7] Ozturk Tasar N, Kosger P, Uzuner N, et al. Alterations in cerebral blood flow in children with congestive heart failure due to ventricular septal defect. Congenit Heart Dis, 2018, 13(6): 1038-1044.

[8] 黄洪强, 王俊林, 周力, 等. 先天性心脏病患儿 PETCO₂、TePCO₂ 与 PaCO₂ 监测的相关性. 临床麻醉学杂志, 2016, 32(9): 877-880.

[9] 韩丁, 刘亚光, 欧阳川, 等. 室间隔缺损和法乐四联症患儿心脏手术中区域脑氧饱和度对比研究. 中国循环杂志, 2018, 33(10): 1016-1020.

(收稿日期:2018-07-11)