

· 临床研究 ·

机器人心脏手术体外循环前后单肺通气时的低氧血症

肖赛松, 王刚, 陈婷婷, 周琪, 高长青, 王瑶, 李佳春

[摘要]:目的 分析机器人微创心脏手术中,在单肺通气(OLV)、二氧化碳气胸以及体外循环(CPB)的影响下发生低氧血症的机制,探讨合适的措施来预防和改善低氧血症。方法 130 例行机器人心脏手术的患者,记录患者术前及术中的肺功能及血气指标,当 SpO_2 小于 90% 时即认为有低氧血症,抽取动脉血做血气分析,并记录低氧血症的发生时刻和持续时间。结果 术中有 21.5% 发生低氧血症,多发生于 CPB 停机后 OLV 5 min、15 min、25 min,最低 PaO_2 为 53.4 mm Hg;通过放松(并不完全松开)钳夹非通气侧支气管导管的钳子,恢复部分非通气侧肺通气,经过 (3.7 ± 1.4) min,可使 PaO_2 由 (65.4 ± 8.8) mm Hg 上升到 (104.4 ± 10.5) mm Hg。结论 在机器人心脏手术麻醉中,低氧血症的发生率高于其他传统开胸手术,低氧血症发生的原因更复杂,但通过严格的术前评估和及时的处理,尚不致发生相关并发症。

[关键词]: 低氧血症;单肺通气;体外循环;机器人

[中图分类号]: R654.1 **[文献标识码]:** A **[文章编号]:** 1672-1403(2012)01-0029-04

Hypoxemia with one lung ventilation before and after cardiopulmonary bypass during robotic cardiac surgery

Xiao Sai-song, Wang gang, Chen Ting-ting, Zhou Qi, Gao Chang-qing, Wang Yao, Li Jia-chun

Department of Cardiovascular Surgery, Chinese PLA General Hospital, Beijing 100853, China

Corresponding author: Wang Gang, Email: anesth301@yahoo.com.cn

[Abstract]: Objective To investigate the occurrence and treatment of hypoxemia during robotic cardiac surgery with one lung ventilation (OLV), carbon dioxide pneumothorax and cardiopulmonary bypass (CPB). **Methods** 130 consecutive patients undergoing robotic cardiac surgery using the da Vinci system were studied. With general anesthesia, a left-sided double-lumen tube was intubated for OLV, and the dependent lung was ventilated with a tidal volume of 6-8 ml/kg (ideal body weight) and a fraction of inspiratory oxygen (FiO_2) of 1.0 during OLV. SpO_2 and arterial blood gases were monitored. When hypoxemia was identified as SpO_2 less than 90%, appropriate measures were taken to correct it. **Results** Hypoxemia has occurred during OLV after CPB, its incidence was 21.5%. Of which the minimum value of PaO_2 was 53 mm Hg. Partial opened (not loosen) the pliers clamping on the non-ventilated side of bronchial catheter to restore partial ventilation for the non-dependent lung was effective for correcting hypoxemia. The PaO_2 raised from (65.4 ± 8.8) mmHg to (104.4 ± 10.5) mmHg within (3.7 ± 1.4) min. **Conclusion** The incidence of hypoxemia is higher, and mechanism of hypoxemia is more complex during robotic cardiac surgery than non-cardiac surgery which needed OLV. Taking careful preoperative assessment and immediate treatment are important to avoid associated complications.

[Key words]: Hypoxemia; One lung ventilation; Cardiopulmonary bypass; Robotic

单肺通气(one lung ventilation, OLV)时低氧血症的预防和处理一直是麻醉管理的重点,约有 5%~10% 的 OLV 患者术中发生低氧血症^[1]。机器人心脏手术时除了行 OLV,同时要给予非通气侧胸腔二氧化碳气胸,大部分还需要同时采用体外循环(cardiopulmonary bypass, CPB),这些都会影响肺通气和换气功能,使低氧血症的发生率更高。本文主

要分析机器人心脏手术中发生低氧血症的原因及机制,探讨预防和改善术中低氧血症的措施,保障手术顺利实施。

1 资料与方法

1.1 一般资料 130 例行机器人心脏手术的患者,男 51 例,女 79 例,年龄 (45.5 ± 5.1) 岁,体表面积 (1.87 ± 0.09) m²。包括房间隔缺损修补术 43 例,室间隔缺损修补术 15 例,黏液瘤切除术 15 例,二尖瓣成形术 32 例,二尖瓣置换术 24 例,二尖瓣赘生物清除术 1 例。对于术前有明显心、肺功能不全、血气

基金项目:“十一五”全军医药卫生面上课题(06MA299)

作者单位:100853 北京,中国人民解放军总医院心血管外科

通讯作者:王刚;Email:anesth301@yahoo.com.cn

分析显示高碳酸血症 [$\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mm Hg}$ ($1 \text{ mm Hg} = 0.133 \text{ kPa}$)] 和低氧血症 ($\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$)、左室身血分数 (LVEF) < 0.40 、严重的胸膜和心包粘连的患者,不选择此类手术方式。

1.2 麻醉方法^[2] 设定通气参数 [吸入氧浓度 (FiO_2): 100%, 潮气量 (VT): 6 ~ 8 ml/kg (理想体重), 呼吸频率 (f): 10 ~ 14 次/min, 吸呼比 (I: E) = 1: 2], 维持呼气末二氧化碳分压 ($\text{P}_{\text{ET}}\text{CO}_2$) 为 35 ~ 40 mm Hg。在放置机器人手臂之前提前 30 min 行 OLV, OLV 时通气参数与双肺通气时相同。

1.3 检测指标 记录患者术前的肺功能及血气指标, 术中按时抽取动脉血做血气分析判断氧合状况: 麻醉诱导后双肺通气 (T1), OLV 5 min (T2), OLV 15 min (T3), OLV 25 min (T4), CPB 停机后 OLV 5 min (T5), CPB 停机后 OLV 15 min (T6), CPB 停机后 OLV 25 min (T7), 手术结束后双肺通气 (T8)。当 $\text{SpO}_2 < 90\%$ 时, 抽取动脉血用 Stat Profile CCX 分析仪分析, 并记录低氧血症的发生时刻和持续时间。

1.4 当 $\text{SpO}_2 < 90\%$ 时, 采取的处理措施 检查胸腔气管插管的位置、保证稳定的循环、调整通气参数、增加非通气侧肺的氧供。我们主要通过间断放松 (并不完全松开) 钳夹非通气侧支气管导管的钳子, 恢复部分非通气侧肺通气来改善低氧血症。同时观察术野影像, 以不引起肺明显膨胀而影响手术为准。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析, 计量数据用均数 \pm 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示, 两组一般资料的比较采用成组设计两样本均数的 t 检验, 不同时间 SpO_2 或 PaO_2 的比较用随机区组设计的方差分析, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者的一般资料 发生低氧血症患者的 CPB 时间比未发生者长 ($P < 0.05$)。两组其他一般资料无统计学差异 ($P > 0.05$), 见表 1。

2.2 术中 PaO_2 的变化 T2 ~ T7 比 T1 降低 ($P < 0.05$)。T5 ~ T7 比 T2 ~ T4 明显降低 ($P < 0.01$); T8 比 T1 仍然降低 ($P < 0.05$)。 PaO_2 和 SpO_2 均在 CPB 停机后 T5 ~ T7 最低。见表 2。

2.3 低氧血症患者的处理情况 低氧血症通常指循环系统中氧分压降低, 小于 60 mm Hg, 单肺通气时把 $\text{SpO}_2 < 90\%$ 定义为低氧血症^[1]。130 例患者中 $\text{SpO}_2 < 90\%$ 有 28 例为 (87.2 \pm 2.6)%, 发生率占 21.5%, 均发生于 CPB 后 OLV (T5、T6、T7), 见图 1。其中 $\text{PaO}_2 < 60 \text{ mm Hg}$ 有 8 例为 (65.4 \pm 8.8) mm

Hg, 见图 2。通过处理, 低氧血症在 (3.7 \pm 1.4) min 即可得到纠正, PaO_2 由 (65.4 \pm 8.8) mm Hg 上升到 (104.4 \pm 10.5) mm Hg。患者术后均无认知功能障碍、房颤、肾衰、肺动脉高压等并发症。

表 1 130 例患者的一般资料 ($\bar{x} \pm s$)

分组	发生 (28 例)	未发生 (102 例)
男/女	16/12	35/67
吸烟 有/无	7/21	28/74
年龄 (岁)	46.3 \pm 3.9	44.7 \pm 4.3
体表面积 (m^2)	1.90 \pm 0.16	1.86 \pm 0.07
FEV1/FVC (%)	69.3 \pm 5.7	70.5 \pm 3.9
LVEF	0.63 \pm 0.02	0.65 \pm 0.04
Hct	0.39 \pm 0.04	0.40 \pm 0.02
SO_2 (%)	95.6 \pm 1.4	96.7 \pm 2.9
PaO_2 (mm Hg)	86.8 \pm 8.4	88.9 \pm 6.5
pH	7.397 \pm 0.007	7.403 \pm 0.016
CPB 时间 (min)	109.3 \pm 10.7	76.4 \pm 18.4*

注: FEV1: 1 秒率; FVC: 用力肺活量; 与发生组比较 * $P < 0.05$ 。

表 2 130 例患者术中各个时刻的氧合情况 ($\bar{x} \pm s$)

时间	PaO_2 (mmHg)	SpO_2 (%)
T1	467.2 \pm 80.1	100.0 \pm 0.0
T2	264.3 \pm 100.0*	99.5 \pm 0.4
T3	225.5 \pm 101.6*	99.5 \pm 0.5
T4	223.2 \pm 105.3*	99.7 \pm 0.4
T5	75.7 \pm 21.9** ^a	91.3 \pm 4.4*
T6	72.8 \pm 16.4** ^b	91.8 \pm 5.5*
T7	82.3 \pm 25.2** ^c	94.2 \pm 4.5*
T8	242.0 \pm 90.6*	100.0 \pm 0.0

注: 与 T1 时刻相比较 * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$; 与 T2 时刻比较^a $P < 0.01$, 与 T3 时刻相比较^b $P < 0.01$, 与 T4 时刻比较^c $P < 0.01$ 。

图 1 $\text{SpO}_2 < 90\%$ 的患者各时刻的分布 (28 例)

图 2 PaO₂ < 60 mm Hg 的患者各时刻的分布(8 例)

3 讨论

高龄、肥胖、吸烟、肺功能低下均是发生低氧血症的危险因素,但目前还没有任何一个指标可以准确的预见其发生。Fukuoka 等^[3]提出 OLV 早期的 P_{ET}CO₂ 与双肺通气时 P_{ET}CO₂ 相差越大,则 OLV 后 PaO₂ 降的越低,提示二氧化碳的测定可能可以预测低氧血症的发生。在我们的研究中发生与未发生低氧血症患者的术前一般资料并无差异,说明严格的术前评估是必要的,但由于个体差异,每个患者对机器人心脏手术中 OLV、二氧化碳气胸和 CPB 的反应不同,低氧血症的发生仍是不可避免的。

130 例患者中有 21.5% 发生低氧血症,高于以往非心脏手术单肺通气时 5% ~ 10% 的发生率。CPB 后 OLV 时 PaO₂ 明显下降,28 例低氧血症均发生在 T5 ~ T7。同时 CPB 的时间也与低氧血症相关,发生低氧血症的患者接受 CPB 的时间长于未发生低氧血症者,考虑主要是 CPB 所造成的肺损伤所导致。CPB 所伴随的全身炎症反应和肺缺血再灌注损伤会加重肺的损伤,使肺顺应性和 PaO₂ 下降,通透性增加,导致间质性肺水肿,肺通气和换气功能降低^[2]。所以 CPB 中的肺保护措施如超滤、肺保护性通气策略等也可通过减轻肺损伤来预防机器人心脏手术中的低氧血症。另外,由于 CPB 停机后早期,循环状态常不稳定,血容量可能不足,心功能尚未完全恢复,这些也都使机体耐受 OLV 的能力下降。

关于单肺通气中采用压力控制通气模式(pressure - controlled ventilation, PCV)还是容量控制通气模式(volume - controlled ventilation, VCV)还没有定论,Pardos 等^[4]通过一项前瞻性随机对照研究发现,两种通气模式对术中及术后早期氧合的影响没有差异。在机器人心脏手术中,由于胸腔内需充入 6 ~ 12 cmH₂O 的二氧化碳,并且需根据手术调整二氧化碳压力,胸内压的不断变化会导致 PCV 时潮气量忽大忽小,不能保证足够的分钟通气量。二氧

化碳气胸一方面增加了胸内压,使回心血量和心输出量下降,导致氧分压下降;同时胸内正压对萎陷肺的压迫,可以增加肺血管阻力,减少肺内分流,改善氧合。我们观察到增大二氧化碳气胸的压力或延长其时间,血中 PaCO₂ 增加,但并不至降低 PaO₂。

临床指南和研究^[5]均指出在胸膜打开之前应维持双肺通气,尽量缩短 OLV 时间。而我们对可能发生低氧血症的患者提前半小时行 OLV,一方面判断其 OLV 耐受情况,另一方面也可以使缺氧肺血管收缩(hypoxic pulmonary vasoconstriction, HPV)在手术开始前达到最大效应,增加其对手术的耐受。

发生低氧血症时,应立即检查双腔气管插管的位置无误,保证稳定的循环,调整通气参数。Ishikawa 等^[6]发现压缩单肺通气时非通气侧肺供氧可以提高 PaO₂ 改善低氧血症,而我们发现增加非通气侧肺的氧供是改善肺正常患者单肺通气中低氧血症最有效的措施,其主要区别在于前者着重减少分流,适用于非通气侧肺功能差的患者,后者着重增加氧合,在双侧肺功能均较好的情况下能显现出优势。我们早期的机器人心脏手术中通常使用 5 ~ 10 cmH₂O 的持续气道正压(continuous positive airway pressure, CPAP)来改善术中低氧血症^[7]。Russell^[8]也报导使用改良的 CPAP,非通气侧肺间断吹入纯氧 2 L/min (持续 2 秒,松开 8 秒)可以改善低氧血症,并不增加对术野的影响。但这些方法都需要采用特殊的设备,增加了费用负担,繁琐的步骤也不利于紧急情况的处理。我们通过放松(并不完全松开)钳夹非通气侧支气管导管的钳子,恢复部分非通气侧肺通气来改善低氧血症,增加氧合同时并不至于引起肺明显膨胀影响术野,这种方法简便易行,效果基本等同于双肺通气,非常有效。

总之,机器人心脏手术需要同时行 OLV、二氧化碳气胸和 CPB,低氧血症的发生机制与普通胸科手术相比更复杂,发生率更高。通过严格的术前评估,纤支镜定位,选择合理的通气模式,预先给予 OLV,维持稳定的循环,避免液体超负荷,缩短 CPB 的时间等可以减少机器人心脏手术中低氧血症的发生。一旦发生低氧血症,通过放松(并不完全松开)钳夹非通气侧支气管导管的钳子,恢复部分非通气侧肺通气来改善低氧血症不失为一种简便有效的措施。

参考文献:

- [1] Karzai W, Schwarzkopf K. Hypoxemia during one - lung ventilation [J]. *Anesthesiology*, 2009, 110 (6) : 1402 - 1411.