

单肺通气时预防低氧血症及肺内分流的临床研究

马武华, 高婉菱, 关键强, 罗刚健, 黎尚荣
(中山大学附属第三医院麻醉科, 广东 广州 510630)

摘要:【目的】探讨肺癌手术单肺通气时,不同潮气量对病人氧合和肺内分流的影响及预防的措施。【方法】择期行肺癌手术病人40例,美国麻醉医师协会(ASA)分级I~III级,随机分为4组。A组:单肺通气潮气量 $V_{T,a}=6\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$;B组:单肺通气潮气量 $V_{T,b}=8\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$;C组:单肺通气潮气量 $V_{T,c}=10\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$;D组:单肺通气潮气量 $V_{T,d}=6\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ +非通气侧持续气道正压($p_{CPAP}=0.2\text{ kPa}$),每组10例。并在仰卧双肺通气20 min,仰卧单肺通气20 min,侧卧单肺通气20 min,40 min和关胸即时,分别取动脉血做血气分析并计算分流率(Q_s/Q_t)。【结果】在单肺通气后20 min,40 min时,B,C和D组氧合明显高于A组,分流率(Q_s/Q_t)明显低于A组($P<0.05$),气道压力A和D组明显低于B和C两组($P<0.05$)。【结论】肺癌手术行单肺通气期间,潮气量应维持在8~10 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$,如 $V_T=6\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$,建议非通气侧给予持续CPAP,有助于提高氧合,减少肺内分流,减少低氧血症的发生率。

关键词: 肺通气; 低氧血; 分流率

中图分类号: R614.2 文献标识码: A 文章编号: 1000-257X(2003)01-0081-04

Effects of Different Tidal Volume During One Lung Ventilation on Systemic Oxygenation and Intrapulmonary Shunt

MA Wu-hua, GAO Wan-ling, GUAN Jian-qiang, LUO Gang-jian, LI Shang-rong
(Department of Anesthesiology, The Third Affiliated Hospital, SUN Yat-sen University, Guangzhou 510630, China)

Abstract: 【Objective】 To investigate the effects of different tidal volume during one lung ventilation(OLV) on systemic oxygenation and intrapulmonary shunt. 【Methods】 Forty patients with ASA I~III, scheduled for selective pulmonary surgery for lung cancer were randomly divided into four groups with 10 subjects in each group. Group A: tidal volume, $V_{T,a}=6\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$; Group B: $V_{T,b}=8\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$; Group C: $V_{T,c}=10\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$; Group D: $V_{T,d}=6\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ + continue positive airway pressure CPAP(0.2 kPa) for non-ventilated lung. The anesthesia was induced with intravenous midazolam $0.05\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, propofol $0.5\sim 1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, fentanyl $4\text{ }\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ and vecuronium $0.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ and was maintained with inhaling isoflurane. Blood gas analysis was determined 20 min after two-lung ventilation(TLV) in the supine position, 20 min after one-lung ventilation(OLV) in the supine position, 20 min and 40 min after OLV in the lateral position and at the end of operation, and the shunt fraction was calculated as well. 【Results】 PaO_2 in group B, C, D was significantly higher than that in group A ($P<0.05$). Q_s/Q_t in group B, C and D was significantly lower than that in group A ($P<0.05$), and airway pressure in group A and D were significantly lower than that in group B and C during OLV. 【Conclusion】 Patients should be given tidal volume 8~10 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ during OLV. If $V_T=6\text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ is given, non-ventilated lung with CPAP system can improve systemic oxygenation, and can reduce intrapulmonary shunt and prevent hypoxemia during OLV.

Key words: pulmonary ventilation; anaemia; pulmonary shunt fraction

[J SUN Yat-sen Univ(Med Sci), 2003,24(1):81~84]

收稿日期:2002-08-19

作者简介:马武华(1967-),男,江西抚州人,在职博士生,主治医师。

单肺通气期间的低氧血症是一个尚未完全解决的问题。它与多种因素有关,除了双腔管的位置和肺内分流外,潮气量的设置也是一个重要的因素。为探讨不同潮气量对病人氧合和分流的影响,我们设计了这项研究,报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料

40例美国麻醉医师协会(ASA)分级I~III级,择期开胸手术病人,随机分为4组,每组10例。

各组病人的一般资料见表1,各组具可比性。

1.2 麻醉处理

所有病人均于术前30 min常规肌注度冷丁70 mg、海俄辛0.3 mg或阿托品0.5 mg,入室后用Datex-Ohmeda AS/3多功能心电监护仪监测无创和有创血压、心电图(ECG)、脉搏氧饱和度(SPO₂、SPO₂/%)、呼气末二氧化碳分压(P_{ET}CO₂、P_{ETCO₂}/kPa)、平均气道压(\bar{p}_{aw} /kPa)、麻醉气体浓度和氧浓度等。麻醉诱导:4组均用咪唑安定0.05 mg·kg⁻¹、异丙酚0.5~1.0 mg·kg⁻¹、芬太尼4 μg·kg⁻¹、维库溴胺0.1 mg·kg⁻¹诱导后,插入双腔气

表1 一般情况
Table 1 General condition

Groups	n	Sex		Path		Age / yr	m _b / kg
		Male	Female	Left	Right		
A	10	8	2	5	5	64.8±9.3	63.5±6.6
B	10	9	1 ¹⁾	4	6 ²⁾	62.6±11.2	65.1±8.7
C	10	9	1	4	6	63.4±8.5	62.7±9.5
D	10	8	2	4	6	65.5±12.7	64.1±11.4

χ^2 test: 1) $\chi^2=0.392$, $P>0.05$; 2) $\chi^2=0.202$, $P>0.05$; ANOVA for the four groups $P>0.05$; m_b: body mass

管导管,用OLYMPUS BF-3C40型光纤支气管镜确保导管到位。常规桡动脉穿刺置管测压和采动脉血进行血气分析,并做中心静脉穿刺。术中吸入异氟醚,并给予持续输注维库溴胺0.06~0.08 mg/(kg·h)维持麻醉。

1.3 通气方式

4组在单肺通气前均采用美国Datex-Ohmeda Aestiva 3 000麻醉机控制呼吸,设有专有的潮气量[*tidal volume*, TV, V_T/(mL·kg⁻¹)]显示屏,予吸入纯氧。A组:单肺通气 V_{T,a}=6 mL·kg⁻¹;B组:单肺通气 V_{T,b}=8 mL·kg⁻¹;C组:单肺通气 V_{T,c}=10 mL·kg⁻¹;D组:单肺通气 V_{T,d}=6 mL·kg⁻¹+非通气侧持续气道正压(continue positive airway pressure, CPAP) P_{CPA}=0.2 kPa。调节呼吸频率(10~18)次/分,维持 P_{ETCO₂} 4.67~6.0 kPa(35~45 mmHg)。A、B、C组在单肺麻醉期间,非通气侧肺的支气管导管直接开口于大气中,D组从仰卧位单肺通气开始时,在非通气侧采用美国Tyco international LTD生产的CPAP系统[此系统由防折输氧管,呼吸皮囊,可调CPAP阀(0.2~1 kPa)和可连接标准的15 mm接口组成],一端接中心供氧(5

L/min),另一端接双腔管非通气侧,调节压力到0.2 kPa。

1.4 数据测定

用Datex-Ohmeda AS/3多功能心电监护仪记录病人的血压(BP)、脉率(PR)、心电图(ECG)、脉搏氧饱和度(SPO₂/%)、呼气末二氧化碳分压(P_{ETCO₂}/kPa)、平均气道压(\bar{p}_{aw} /kPa)、麻醉气体浓度和氧浓度等。在平卧双肺通气后20 min(S₁)、平卧单肺通气后20 min(S₂)、侧卧单肺通气后20 min(S₃)、侧卧单肺通气后40 min(S₄)、缝皮(S₅)的时候分别采取动脉血,用瑞士AVL OPTI 1无电极血气分析仪即时监测血气。从血气分析中得到的动脉血氧分压(P_{a,O₂}/kPa)和动脉血二氧化碳分压(P_{a,CO₂}/kPa)值按文献[1]公式计算分流率(Q_s/Q_t);其中Q_s为肺分流量,Q_t为心输出量。

1.5 统计学处理

数据以 $\bar{x} \pm s$ 表示,统计学分析采用方差分析和 t 检验,计数资料用 χ^2 检验,检验水准,设 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

4组病人性别、手术入路、年龄和体质量差异均无显著性($P>0.05$)(表1)。和双肺通气相比,4组在单肺通气期间 p_{a,O_2} 明显降低,有显著性差异($P<0.05$);4组在单肺通气期间 Q_s/Q_t 均明显增加,有显著性差异($P<0.05$)。B、C、D组和A组相

比,在单肺通气期间,B、C、D组 p_{a,O_2} 明显高于A组,有显著性差异($P<0.05$);B、C、D组分流量 Q_s/Q_t 明显低于A组,有显著性差异($P<0.05$),但B、C、D组3组之间无明显差异。4组 pH、 p_{ETCO_2} 、 S_{PO_2} 、 p_{a,O_2} 均无明显变化(表2)。

表2 4组患者血气分析、 Q_s/Q_t 和 S_{PO_2} 的变化Table 2 The change of blood gas analysis, Q_s/Q_t and S_{PO_2} among four groups($\bar{x} \pm s$)

Item	Groups	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅
p_{a,O_2} /kPa	A	59.49±9.6	16.24±8.4 ²⁾	14.44±7.9 ³⁾	11.7±7.5 ³⁾	40.1±6.1 ¹⁾
	B	57.56±11.7	34.44±9.7 ^{1),4)}	25.26±8.9 ^{2),4)}	29.65±6.9 ^{2),5)}	43.68±9.1 ¹⁾
	C	58.08±10.4	34.8±8.8 ^{1),4)}	25.1±12.4 ^{2),4)}	32.37±9.1 ^{1),5)}	42.84±7.3 ¹⁾
	D	56.78±12.4	31.5±11.6 ^{1),4)}	26.21±14.4 ^{1),4)}	31.55±9.7 ^{1),5)}	44.88±13.6 ¹⁾
p_{a,CO_2} /kPa	A	5.48±0.56	5.57±0.4	5.52±0.33	5.21±0.51	5.28±0.43
	B	5.28±0.55	5.40±0.45	5.29±0.31	5.41±0.29	5.31±0.55
	C	5.29±0.57	5.53±0.44	5.56±0.35	5.48±0.37	5.41±0.56
	D	5.41±0.51	5.32±0.64	5.49±0.45	5.51±0.36	5.39±0.63
$(Q_s/Q_t)/\%$	A	10.7±2.5	17.3±3.8 ¹⁾	25.7±3.2 ²⁾	26.1±2.6 ²⁾	16.5±3.8 ¹⁾
	B	11.8±3.7	14.8±4.7 ^{1),4)}	20.3±4.8 ^{2),4)}	19.6±2.7 ^{2),4)}	15.2±3.5 ¹⁾
	C	11.3±2.3	15.4±3.7 ^{1),4)}	21.7±3.8 ^{2),4)}	19.1±3.6 ^{2),4)}	15.6±3.6 ¹⁾
	D	10.8±2.8	13.9±3.3 ^{1),4)}	19.4±3.9 ^{2),4)}	20.7±4.6 ^{2),4)}	15.1±4.3 ¹⁾
$S_{PO_2}/\%$	A	99.56±0.31	98.22±0.89	96.28±2.6	95.79±2.7	99.37±0.62
	B	99.65±0.43	98.71±0.96	97.25±2.5	97.66±2.5	99.48±0.31
	C	99.42±0.52	98.82±0.87	97.32±2.4	97.76±2.2	99.47±0.42
	D	99.17±0.46	98.62±0.39	98.54±0.76	97.92±1.7	99.72±0.28
\bar{p}_{aw} /kPa	A	1.47±0.13	2.75±0.34	2.87±0.39	2.98±0.17	1.53±0.25
	B	1.56±0.24	3.19±0.18	3.26±0.52	3.31±0.20	1.54±0.47
	C	1.49±0.23	3.25±0.24 ¹⁾	3.46±0.38 ¹⁾	3.57±0.25 ¹⁾	1.65±0.35
	D	1.52±0.27	2.83±0.44	2.96±0.62	3.01±0.44	1.48±0.27
pH	A	7.40±0.05	7.41±0.04	7.39±0.03	7.37±0.07	7.40±0.06
	B	7.39±0.04	7.39±0.08	7.38±0.07	7.36±0.06	7.39±0.08
	C	7.38±0.06	7.40±0.07	7.39±0.06	7.37±0.03	7.40±0.07
	D	7.39±0.05	7.38±0.09	7.38±0.03	7.38±0.08	7.39±0.05

Compared with two-lung ventilation 20 min: 1) $P<0.05$, 2) $P<0.01$, 3) $P<0.001$; Compared with group A: 4) $P<0.05$, 5) $P<0.01$. p_{a,O_2} : arterial partial pressure of oxygen; S_{PO_2} : sphygmous oximeter. p_{a,CO_2} : arterial partial pressure of carbon dioxide; pH: acid-base scale; Q_s/Q_t : shunt flow/cardiac output; \bar{p}_{aw} : average in airway pressure; S₁: 20 min after two-lung ventilation in the supine position; S₂: 20 min after one-lung ventilation in the supine position; S₃: 20 min after one-lung ventilation in the lateral position; S₄: 40 min after one-lung ventilation in the lateral position; S₅: at the end of the operation. A: one-lung ventilation, tidal volume, $V_{T,a}=6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$; B: one-lung ventilation, $V_{T,b}=8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$; C: one-lung ventilation, $V_{T,c}=10 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$; D: one-lung ventilation, $V_{T,d}=6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}$ +CPAP, $p_{CPA}=(0.2 \text{ kPa})$ for non-ventilated lung

3 讨论

在肺癌手术单肺通气实施过程中,始终都有产生低氧血症的可能,但已由20世纪70年代的25%下降到现在的10%以下。其主要的原因就是肺内

动静脉分流,患侧肺未得到充分氧合所致^[2]。在单肺通气(OLV)期间特别是侧卧位时,下侧肺受到纵隔及本身重量的影响,肺及胸壁的顺应性降低,而下垂肺血流又相应增多,导致通气/血流(V/Q)比值下降,肺内分流 Q_s/Q_t 增多,而非通气侧肺内静脉血掺杂造成 Q_s/Q_t 进一步增加, p_{a,O_2} /kPa 下

降^[3]。非通气侧的缺氧,肺泡受刺激必然产生多种血管活性物质,如白三烯(LTS),血栓素A₂(TXA₂),血小板激活因子(PAF)等,这些物质都有很强的收缩血管作用,即缺氧性肺血管收缩(HPV)^[4],而这又是单肺通气中影响 p_{a,O_2} /kPa的重要因素。HPV是减少 Q_s/Q_t ,防止低氧血症的重要机制,可使局部肺血流减少高达50%,导致非通气侧肺血流从总血流的40%减少到20%,减少 Q_s/Q_t ,以维持基本正常的 p_{a,O_2} 。

虽然预防及治疗低氧血症的方法很多,但都是从提高氧合和减少肺内分流出发。如吸高浓度氧能提高 p_{a,O_2} ,但众所周知,吸O₂虽能提高 p_{a,O_2} ,但无助于减少肺内分流。其次是增加潮气量,大潮气量的确可增加肺容量和功能残气量,改善健侧肺的通气,但由于肺内压增加,反使血液转流至术侧肺,增加肺内分流,加重低氧血症^[4],且过大的通气量有引起心输出量减少和气胸的危险。我们在预试验中已证实潮气量 ≥ 12 mL·kg⁻¹,气道压力明显上升,且肺内分流增加。在本研究中,我们发现8~10 mL·kg⁻¹的潮气量均能维持较好的氧合和较低的分流率,两者均无明显差别,虽然C组的气道压力稍高于B组,但并无明显差异。而对于A组,由于潮气量较低,肺泡未能充分氧合,因而 p_{a,O_2} 明显低于B、C两组,肺内分流也明显升高。尽管在我们的10个病人中均未出现明显的低氧血症($p_{a,O_2} < 60$ mmHg), p_{a,O_2} 均在60 mmHg以上,但有3例病人 p_{a,O_2} 非常接近60 mmHg,有明显低氧血症的倾向,且比例高达30%。虽然气道压力明显低于B、C两组,但这是以可能发生低氧血症为代价的。因此,如果没有应用CPAP system给予非通气侧CPAP的话,潮气量不应小于8 mL·kg⁻¹。

当然,单肺通气时非通气侧肺重新膨胀也是一种简便而有效的方法。但频繁膨胀又难以被手术医生所接受。因此,非通气侧肺应用持续气道正压(CPAP),既简便又有效。而以前之所以对CPAP的重视不够及应用不多,是因为没有一种既简便又可调节压力的装置,非通气侧用氧管吹入氧气的办法,压力难以控制,极易使术侧肺膨胀,难以常规应用。本研究采用美国Tyco international LTD生产的CPAP系统则克服了以上难题,且使用极为方便。本研究D组在OLV期间在非通气侧接上CPAP系统,调节压力阀到0.2 kPa,这是由于跨肺压是0.5 kPa,CPAP>0.5 kPa会使肺过度膨胀而

影响手术,因此通常采用0.1~0.2 kPa即可,而0.2 kPa对手术操作无任何影响。这样使更多的静脉血得到氧合,充入的O₂使小肺泡充分开放,增加静止肺容量和增大肺泡通气,在CPAP通气期间,肺泡死腔明显减少^[6]。结果D组在OLV期间, p_{a,O_2} 明显高于A组($P < 0.05$), Q_s/Q_t 也较A组有明显降低($P < 0.05$),接近于B、C两组。有文献报道,非通气侧吸入N₂O 1L·min⁻¹也能达到此效果^[7]。我们认为对非通气侧应用CPAP,虽然该侧肺血流可无改变,但由于萎陷肺的吹张和闭合气道的开放,吹入的氧气可抵达肺泡进行气体交换,从而降低肺内分流,提高动脉血氧合。这也和以前的报道相同^[8]。

总之,单肺通气时,潮气量应不低于8 mL·kg⁻¹。如因需要潮气量要低于8 mL·kg⁻¹的话,应用CPAP系统给予非通气侧肺持续气道正压(CPAP)则是一个极好的预防低氧血症的方法。

参考文献:

- [1] 冯艳平,张卫. 异丙酚和安氟醚对单肺麻醉期间肺内分流的影响[J]. 中华麻醉学杂志, 1999, 19(6): 370.
- [2] Slinger P, Scott W A C. Arterial oxygenation during one-lung anaesthesia: a comparison of isoflurane and enflurane [J]. *Anesthesiology*, 1995, 82(4): 940.
- [3] Pagel P S, FU J L, Damask M C, et al. Desflurane and isoflurane produce similar alterations in systemic and pulmonary hemodynamics and arterial oxygenation in patients undergoing one-lung ventilation during thoracotomy [J]. *Anesth Analg*, 1998, 87(4): 800.
- [4] Beck D H, Doepfmer U R, Sinemus C, et al. Effects of sevoflurane and propofol on shunt pulmonary shunt fraction during one-lung ventilation for thoracic surgery [J]. *Br J Anaesth*, 2001, 86(1): 38.
- [5] Saito S, Iwai R, Naito H. Effects of positive airway pressure on hemodynamics and right ventricular function during one-lung ventilation [J]. *Anesthesiology*, 1992, 77(1): A109.
- [6] Bratzke E, Downs J B, Smith R A, et al. Intermittent CPAP a new mode of ventilation during general anesthesia [J]. *Anesthesiology*, 1998, 89(2): 334.
- [7] 邵贵寿,李志学,李继学,等. 单肺麻醉期间非通气侧吸入氧化亚氮对肺内分流的影响[J]. 中华麻醉学杂志, 1999, 19(1): 36.
- [8] 黄怡真,赵嗣芷,姜秀中,等. 单肺通气时非通气侧应用CPAP对动脉血氧合的影响[J]. 中华麻醉学杂志, 1991, 11(1): 26.

(编辑 张敏瑞)