

DOI: 10.3969/j.issn.1005-8982.2016.13.015

文章编号: 1005-8982(2016)13-0079-06

不同吸入氧浓度对肺癌根治术患者单肺 通气后氧合及氧化应激的影响

周子瑜¹, 李利平², 刘瑶¹, 翁莹琪¹

(1.中南大学湘雅医院 麻醉科,湖南 长沙 410008;2.湖南省长沙市妇幼保健院,湖南 长沙 410007)

摘要:目的 探讨不同吸入氧浓度对肺癌根治术患者单肺通气(OLV)后氧合和氧化应激的影响。**方法** 选择 60 例开胸单叶肺切除的肺癌患者,随机分为 A、B 两组(每组 30 例),OLV 后吸入氧浓度(FiO₂)A 组为 100%,B 组为 50%。分别于侧卧位单肺通气前(T₀)、OLV 30 min(T₁)、OLV 结束前(T₂)、关胸后(T₃)及术后 2 h(T₄)抽取桡动脉血和右心房血行血气分析,计算氧合指数(PaO₂/FiO₂)、呼吸指数(RI)和肺内分流率(Qs/Qt)。同时抽取桡动脉血测定氧化应激指标超氧化物歧化酶(SOD)和丙二醛(MDA)。**结果** 两组各时间 PaO₂/FiO₂ 比较,差异无统计学意义(P>0.05)。T₁-T₄ 时 B 组 RI 低于 A 组(P<0.05),Qs/Qt 也低于 A 组(P<0.05)。T₄ 时 B 组 MDA 值低于 A 组(P<0.05),SOD 值高于 A 组(P<0.05)。**结论** OLV 后 50%吸入氧浓度可降低 Qs/Qt 和氧化应激反应,改善氧合。

关键词: 单肺通气;肺内分流;氧合;吸入氧浓度;氧化应激

中图分类号: R614

文献标识码: B

Effects of different inspired oxygen on oxygenation and oxidative stress after one-lung ventilation in lung cancer radical surgery patients

Zi-yu Zhou¹, Li-ping Li², Yao Liu¹, Ying-qi Weng¹

(1. Department of Anesthesiology, Xiangya Hospital, Central South University, Changsha, Hunan 410008, China; 2. Hunan Provincial Maternal and Child Health Care Hospital, Changsha, Hunan 410007, China)

Abstract: Objective To investigate the effects of different inspired oxygen fraction (FiO₂) on oxygenation and oxidative stress after one-lung ventilation (OLV) in lung cancer radical surgery patients. **Methods** Sixty patients of lung cancer scheduled for pulmonary lobectomy were randomly divided into two groups with 30 cases in each group. Different FiO₂ were given after starting OLV: FiO₂ in the group A was 100%, FiO₂ in the group B was 50%. The radial artery and right atrial blood of all the patients were taken to measure oxygenation index (PaO₂/FiO₂), respiratory index (RI) and intrapulmonary shunt fraction (Qs/Qt) before starting OLV in the lateral position (T₀), 30 min after one-lung ventilation (T₁), before the end of one-lung ventilation (T₂), after closure of thoracic cavity (T₃) and 2 hours after operation (T₄). The radial artery blood was also used to measure plasma superoxide dismutase (SOD) and malondialdehyde (MDA). **Results** From T₁ to T₄, RI of the group B was lower than that of the group A (P<0.05), Qs/Qt of the group B was also lower than that of the group A (P<0.05). At T₄, MDA in the group B was lower than that in the group A, while SOD was higher than that in the group A (P<0.05). **Conclusions** After starting one-lung ventilation, 50% FiO₂ can reduce Qs/Qt and oxidative stress, and improve oxygenation function.

收稿日期:2016-02-04

[通信作者] 刘瑶, E-mail: gabrieler@163.com; Tel: 13974926231

Keywords: one-lung ventilation; intrapulmonary shunt; inspired oxygen concentration; oxygenation; oxidative stress

全身麻醉诱导和维持期间吸入纯氧可引起急性肺萎陷,导致术后呼吸功能恢复延迟^[1-3]。胸科手术单肺通气(one-lung ventilation,OLV)期间的吸入氧浓度(fraction of inspired oxygen,FiO₂)尚无定论,临床上传统应用纯氧(100%FiO₂),但长时间吸入100%氧可引起单肺通气相关性肺损害^[4-5]。国外文献综述单肺通气期间的吸入氧浓度为40%~100%^[6]。笔者在临床工作中发现,单肺通气期间吸入40%的氧浓度极易发生低氧血症,特别是患者循环发生抑制时(如出血和过敏性休克)更易发生。本研究旨在通过观察50%和100%吸入氧浓度对氧合和氧化应激反应的影响,为临床胸科手术单肺通气患者寻找合适的吸入氧浓度。

1 资料与方法

1.1 一般资料

本研究经中南大学湘雅医院伦理委员会批准,并与患者或其家属签署知情同意书。选取择期行开胸单叶肺切除术的肺癌患者60例。其中,男性47例,女性13例;年龄39~73岁;体重指数19.1~28 kg/m²。美国麻醉协会(American Society of Anesthesiologists,ASA)II、III级,排除中、重度阻塞性及限制性通气障碍,无肺部或呼吸道感染、心脏疾病、糖尿病及其他严重器官功能障碍。患者随机分为A、B两组,每组30例。

1.2 麻醉方法

麻醉前30 min行苯巴比妥钠1 mg、阿托品0.5 mg肌肉注射。入室开放外周静脉及常规监护心电图、无创血压、心率(heart rate,HR)、血氧饱和度(blood oxygen saturation,SpO₂),行桡动脉穿刺置管监测有创动脉血压。麻醉诱导采用面罩预给氧(FiO₂为50%),依次静脉注射咪达唑仑0.1 mg/kg、舒芬太尼0.5~1.0 μg/kg、维库溴铵0.10~0.12 mg/kg、依托咪酯0.15~0.30 mg/kg,诱导后置入双腔支气管导管,在纤维支气管镜下定位。另行右侧颈内静脉穿刺置管,导管前端置于右心房位置(B超下定位),用于测定右心房压(right atrial pressure,RAP)和抽取右心房血。侧卧位后在纤维支气管镜直视下重新检查和调整双腔支气管导管位置。行双肺通气,A、B两组FiO₂维持50%,潮气量(volume of tidal,VT)8~10 ml/kg,

呼吸频率(respiratory rate,RR)10~12次/min,呼气末正压(positive end expiratory pressure,PEEP)为0,改行单肺通气后调节呼吸参数A组FiO₂为100%,B组FiO₂为50%,VT为8 ml/kg,RR为14次/min,其他参数不变。术毕换单腔气管导管回胸外ICU,继续机械通气至术后2 h或患者拔除气管导管(A组FiO₂100%,B组FiO₂50%)。排除标准:①术中出现SpO₂<90%或血氧分压(partial pressure of oxygen,PaO₂)<75 mmHg;②术中出现严重心律失常,术中使用过扩血管活性药物;③术中出现难以维持气道峰压<30 cmH₂O。

1.3 观察指标

分别于侧卧位单肺通气前(T₀)、单肺通气30 min(T₁)、单肺通气结束前(T₂)、关胸后(T₃)、术后2 h(T₄)5个时间抽取动脉血、右心房血各1 ml行血气分析,记录动脉血氧分压,计算氧合指数(PaO₂/FiO₂)、呼吸指数(respiratory index,RI)和肺内分流率(QS/QT),RI=P(A-a)O₂/PaO₂,QS/QT=(CcO₂-CaO₂)/(CcO₂-CvO₂)。在本研究中,采用右心房静脉血氧含量代替肺动脉混合静脉血氧含量^[7]。另分别在T₀、T₁、T₂、T₃、T₄5个时间抽取5 ml动脉血用于测定超氧化物歧化酶(superoxide dismutase,SOD)活性,丙二醛(Malondialdehyde,MDA)浓度。

1.4 统计学方法

采用SPSS 17.0统计软件进行数据分析,计量资料以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,组间比较用重复测量的方差分析,若方差齐则两两比较用独立样本t检验,计数资料以率表示,用 χ^2 检验,P<0.05为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般情况

两组患者年龄($t=1.546, P=0.132$)、体重指数($t=0.735, P=0.466$),经t检验,差异无统计学意义;两组性别、ASA分级比较,经 χ^2 检验,差异无统计学意义($P>0.05$)(见表1,2)。术前肺功能检查的各项指标:第1秒用力呼气量(forced vital capacity in the first second,FEV1)、第1秒用力呼气量与用力肺活量之比(FEV1/FVC)、最大呼气中期流量(maximal mid-expiratory flow,MMEF)、最大自主通气量

(maximal voluntary ventilation, MVV)、一氧化碳弥散量(carbon monoxide diffusion in the lung, DLco)比较,经 *t* 检验,差异无统计学意义($P>0.05$)(见表 3)。两组患者麻醉时间、手术时间、单肺通气时间、术中出血量、输液量比较,经 *t* 检验,差异无统计学意义(见表 4)。两组切除肺叶的构成比,经 χ^2 检验,差异无统计学意义($P>0.05$)(见表 5)。

两组各时间 HR、平均动脉压(mean artery pressure, MAP)、RAP 比较,经重复测量方差分析,差异无统计学意义。不同时间 HR、MAP、RAP 比较,差异无统计学意义($F=2.600, 0.089$ 和 $1.592, P=0.108, 0.766$ 和 0.208);两组 HR、MAP、RAP 比较,差异无统计学意义($F=1.910, 2.030$ 和 $2.046, P=0.109, 0.090$ 和 0.102);两组的 HR、MAP、RAP 随时间变化比较,差异无统计学意义($F=0.108, 1.198$ 和 $0.058, P=0.980, 0.312$ 和 0.994)。见图 1 和表 6。

A、B 两组均有 3 例患者术中发生 $SpO_2<90\%$ 。该 6 例患者被剔除出本研究。发生 SpO_2 降低的原因为:1 例出现抗生素过敏性休克,其余均为术中双腔管移动错位。

2.2 血气分析结果

2.2.1 氧合指数 A、B 两组的氧合指数在 T_0, T_1, T_2, T_3 和 T_4 时进行比较,经重复测量方差分析结果:①不同时间氧合指数比较差异有统计学意义($F=75.212, P=0.000$);②两组的氧合指数比较差异有统计学意义($F=22.509, P=0.000$),A、B 两组氧合指数变化趋势比较差异有统计学意义($F=16.922, P=0.000$)。A、B 两组的氧合指数在 T_1, T_2 时与 T_0 时进行比较差异有统计学意义,A、B 两组的氧合指数在 T_1, T_2 时低于 T_0 时。见表 7。

2.2.2 呼吸指数 A、B 两组的呼吸指数在 T_0, T_1, T_2, T_3 和 T_4 时进行比较,经重复测量方差分析结果:①不同时间呼吸指数比较差异有统计学意义($F=$

$27.010, P=0.000$),②两组的呼吸指数比较差异有统计学意义($F=31.214, P=0.000$),A、B 两组呼吸指数变化趋势差异有统计学意义($F=38.637, P=0.000$), T_1, T_2, T_3 和 T_4 时 B 组 RI 值低于 A 组同时点值。B 组 T_4 时 RI 与 T_0 时比较,低于 T_0 时。见表 7。

2.2.3 肺内分流率 A、B 两组的 Qs/Qt 在 T_0, T_1, T_2, T_3 和 T_4 时进行比较,经重复测量方差分析结果:①不同时间 Qs/Qt 值比较差异有统计学意义($F=48.582, P=0.000$);②两组的 Qs/Qt 值比较差异有统计学意义($F=41.910, P=0.000$),A、B 两组 Qs/Qt 变化趋势差异有统计学意义($F=31.422, P=0.000$)。A 组 T_1, T_2 时的 Qs/Qt 值与 T_0 时比较,差异有统计学意义;在 T_1, T_2, T_3 和 T_4 时,B 组 Qs/Qt 值低于 A 组同时点值。见表 7 和图 2。

2.3 氧化应激指标

2.3.1 丙二醛 两组的 MDA 浓度在 T_0, T_1, T_2, T_3 和 T_4 时进行比较,经重复测量方差分析结果:①不同时间 MDA 浓度比较,差异无统计学意义($F=0.715, P=0.582$);②两组 MDA 浓度比较,差异有统计学意义($F=36.5, P=0.000$),A、B 两组 MDA 浓度变化趋势

表 1 两组患者一般资料比较 ($n=27, \bar{x} \pm s$)

组别	年龄 / 岁	体重指数 I (kg/m^2)
A 组	56.7 ± 2.1	22.9 ± 0.5
B 组	55.1 ± 2.5	22.8 ± 0.5
<i>t</i> 值	1.546	0.735
<i>P</i> 值	0.132	0.466

表 2 两组患者一般资料比较 ($n=27$, 例)

组别	男 / 女	ASA 分级 (II/III)
A 组	21/9	22/8
B 组	22/8	20/10
χ^2 值	0.082	0.317
<i>P</i> 值	0.774	0.573

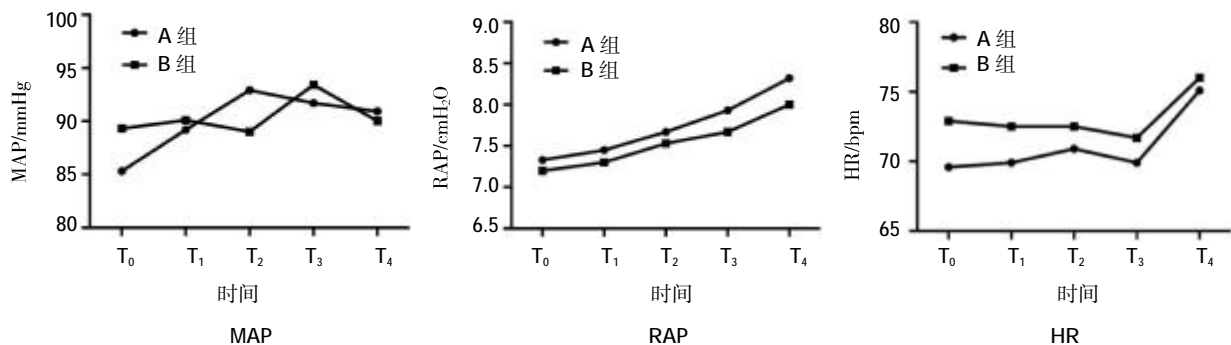


图 1 两组不同时间 MAP、RAP、HR 变化趋势

表 3 两组术前肺功能参数比较 ($n=27, \bar{x} \pm s$)

组别	FEV1/ L	FEV1/FVC/ %	MVV/ L	MMEF/ L	DLco/ [ml/(min·mmHg)]
A 组	2.600 ± 0.130	81.000 ± 4.000	97.700 ± 2.100	3.076 ± 1.056	20.600 ± 0.100
B 组	2.500 ± 0.250	79.000 ± 5.000	98.500 ± 2.300	3.123 ± 1.009	19.700 ± 0.300
t 值	1.844	1.623	1.335	0.167	1.163
P 值	0.071	0.111	0.188	0.868	0.204

表 4 两组麻醉时间、手术时间及单肺通气时间比较 ($n=27, \bar{x} \pm s$)

组别	术中出血量 / ml	术中输液量 / ml	麻醉时间 / min	手术时间 / min	单肺通气时间 / min
A 组	253.3 ± 36.3	1126.7 ± 84.7	208.5 ± 10.3	154.2 ± 7.7	97.5 ± 6.7
B 组	269.3 ± 37.1	1168.7 ± 82.3	214.0 ± 11.2	159.1 ± 10.7	101.4 ± 8.8
t 值	1.602	1.848	1.878	1.931	1.832
P 值	0.115	0.070	0.066	0.059	0.073

表 5 两组切除肺叶的构成比 例

组别	左上肺叶切除	左下肺叶切除	右上肺叶切除	右中肺叶切除	右下肺叶切除	总例数
A 组	6	3	8	4	6	27
B 组	7	4	6	7	3	27
χ^2 值						2.367
P 值						0.693

表 6 两组不同时间 MAP、RAP、HR 比较 ($n=27, \bar{x} \pm s$)

指标	组别	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
MAP/mmHg	A 组	85.30 ± 7.70	89.20 ± 8.50	92.90 ± 10.90	91.70 ± 10.70	90.90 ± 7.50
	B 组	89.30 ± 8.50	90.10 ± 10.40	89.00 ± 11.20	93.40 ± 12.20	90.00 ± 10.60
RAP/cmH ₂ O	A 组	7.33 ± 0.82	7.45 ± 0.91	7.67 ± 0.98	7.93 ± 1.16	8.13 ± 1.12
	B 组	7.20 ± 1.57	7.30 ± 1.50	7.53 ± 1.40	7.67 ± 1.54	8.00 ± 1.69
HR/(次/min)	A 组	69.60 ± 12.70	69.90 ± 10.80	70.90 ± 9.80	69.90 ± 9.20	75.10 ± 9.80
	B 组	72.90 ± 10.4	72.50 ± 10.10	72.50 ± 10.30	71.70 ± 11.00	76.00 ± 9.40

表 7 两组氧合指数、呼吸指数和肺内分流率的变化 ($n=27, \bar{x} \pm s$)

指标	组别	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
PaO ₂ /FiO ₂ /mmHg	A 组	382.00 ± 13.80	261.20 ± 21.20 ¹⁾	265.90 ± 21.50 ¹⁾	368.70 ± 28.30	406.30 ± 13.20
	B 组	379.90 ± 14.50	300.90 ± 10.90 ¹⁾	305.20 ± 33.70 ¹⁾	420.00 ± 25.20	454.00 ± 14.70
RI	A 组	0.67 ± 0.07	1.81 ± 0.26 ¹⁾	1.71 ± 0.25 ¹⁾	1.09 ± 0.28	0.68 ± 0.06
	B 组	0.72 ± 0.06	1.22 ± 0.19 ¹⁾²⁾	1.15 ± 0.15 ¹⁾²⁾	0.67 ± 0.08 ²⁾	0.35 ± 0.06 ¹⁾²⁾
Qs/Qt	A 组	20.80 ± 1.20	30.40 ± 0.40 ¹⁾	29.70 ± 1.70 ¹⁾	25.40 ± 1.90	20.30 ± 2.00
	B 组	20.60 ± 2.20	18.20 ± 8.20 ²⁾	17.80 ± 1.90 ²⁾	15.80 ± 1.50 ²⁾	11.70 ± 1.50 ¹⁾²⁾

注:1)与 T₀ 比较, P=0.000;2)与 A 组比较, P=0.000

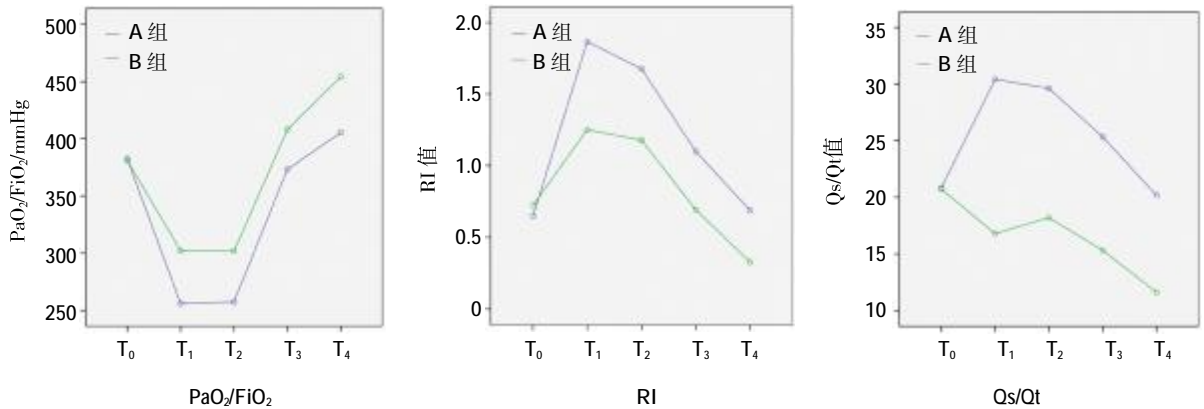


图 2 两组 PaO₂/FiO₂、RI 和 Qs/Qt 值变化趋势

差异有统计学意义($F=18.091, P=0.000$)。T₄时 B 组 MDA 浓度与 T₀ 和 A 组同时点值比较,差异有统计学意义($P<0.05$),B 组低于 A 组。见表 8 和图 3。

2.3.2 超氧化物歧化酶 两组 SOD 值在 T₀、T₁、T₂、T₃ 和 T₄ 时进行比较,经重复测量方差分析结果:①不同时间 SOD 值比较差异无统计学意义($F=0.715, P=0.582$);②两组 SOD 值比较差异有统计学意义($F=36.5, P=0.000$);A、B 两组 SOD 值变化趋势比较差异有统计学意义($F=18.091, P=0.000$)。B 组 T₄ 时间点的 SOD 值与 A 组进行比较,B 组高于 A 组。见表 9 和图 4。

表 8 两组 MDA 浓度变化 ($n=27, \mu\text{g/ml}, \bar{x} \pm s$)

组别	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
A 组	11.6 ± 2.0	12.6 ± 1.5	12.9 ± 1.5	12.9 ± 1.8	13.3 ± 1.0
B 组	12.1 ± 1.0	11.7 ± 1.0	11.8 ± 0.9	11.9 ± 1.5	10.7 ± 1.0 ¹⁾²⁾

注:1)与 T₀ 比较, $P<0.05$;2)与 A 组比较, $P<0.05$

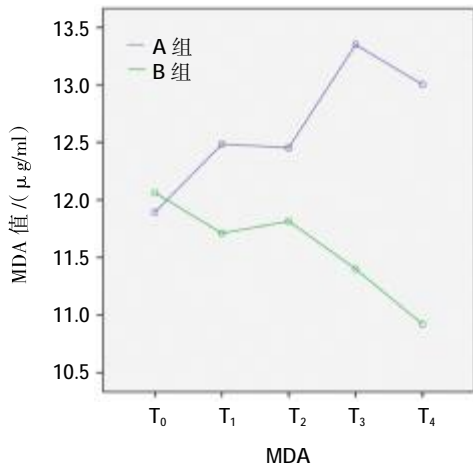


图 3 两组 MDA 浓度变化趋势

表 9 两组 SOD 值变化 ($n=27, \text{pg/ml}, \bar{x} \pm s$)

组别	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
A 组	466.1 ± 31.1	440.5 ± 20.9	439.5 ± 21.7	412.4 ± 29.9	390.3 ± 16.8
B 组	476.2 ± 29.3	478.6 ± 18.2	479.6 ± 17.9	475.8 ± 32.5	511.7 ± 27.1 [†]

注:†与 A 组比较, $P=0.000$

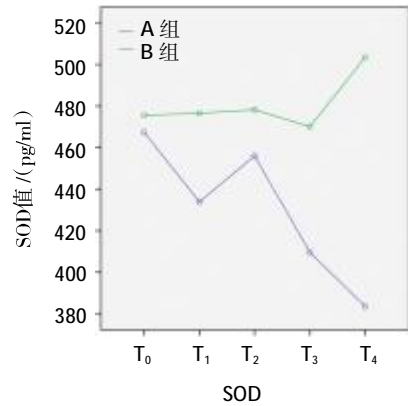


图 4 两组 SOD 值变化趋势

3 讨论

全身麻醉患者吸入纯氧可引起吸收性肺萎陷,甚至在全身麻醉诱导期吸入几分钟纯氧即可产生肺萎陷^[1-3]。有文献报道,腹部手术全身麻醉双肺通气患者可吸入 30%FiO₂^[4],国外文献报道,单肺通气期间最低吸入氧浓度可达 40%^[6]。笔者在预实验中发现,单肺通气期间 40%FiO₂ 患者其低氧血症发生率明显高于 100%FiO₂ 患者,尤其是循环发生急骤改变如大出血或过敏性休克时更易发生。笔者发现,在确保通气侧各肺叶支气管开口通畅(即双腔支气管导管正确到位)的前提下,吸入 50%FiO₂ 时其低氧血症发生率与 100%FiO₂ 时差异无统计学意义。因此本研究在诱导期选用 50%FiO₂,以防单肺通气前发生肺萎陷,单肺通

气后选择 50%FiO₂ 组和 100%FiO₂ 组进行比较。

本研究发现,单肺通气期间 A 组(100%FiO₂ 组) Qs/Qt 值明显增加,其主要原因可能为:①非通气侧缺氧性肺动脉收缩和侧卧位下重力作用使通气侧肺血流量增加;②侧卧位下通气侧肺和膈肌顺应性差,通气减少;③100%FiO₂ 可加剧通气侧肺萎陷。因氧气容易被吸收入血,当肺泡内氧浓度高时吸收入血的氧气增加,导致肺萎陷^[9],使通气侧肺通气量进一步减少。所以单肺通气期间通气侧血流量增加,通气减少,未氧合血量增加,PaO₂ 降低,PaO₂/FiO₂ 值也降低。本研究同时还发现 B 组(50%FiO₂ 组)在单肺通气后至术后 2 h Qs/Qt、SOD 值明显低于 A 组。其主要机理之一可能是 B 组患者肺泡内氮气浓度高,氮气不易吸收入血,故可预防肺泡萎陷^[9]。

呼吸指数是反映肺弥散功能的重要指标,可较准确地反映肺损伤的程度,其数值越高,肺损伤越严重^[10]。本研究结果表明,T₁、T₂ 时 A、B 两组氧合指数低,而 RI 值高于 T₀ 时,提示单肺通气期间肺弥散功能受到损害。B 组 RI 在 T₁、T₂、T₃ 和 T₄ 时明显低于 A 组同时点值,说明高吸入氧浓度比中度吸入氧浓度对肺弥散功能的损害更重,也说明 B 组 50%FiO₂ 可能对单肺通气患者的肺弥散功能有保护作用。

MDA 和 SOD 是临床上常见的氧化和抗氧化指标。MDA 是脂质过氧化生成的产物。SOD 则是清除氧自由基的酶,可以保护细胞和组织不受氧化应激损伤。MDA 和 SOD 可以间接反映氧化应激水平。长时间吸入高浓度氧,氧自由基产生增加,可引起肺微血管渗漏,甚至引起急性非心源性肺水肿^[11-12],使肺换气功能降低。本实验发现,B 组 T₄ 时 MDA 明显低于 A 组,而 SOD 水平明显高于 A 组;同时在 T₄ 时,B 组 RI 值明显低于 A 组,说明 50%FiO₂ 可以使自由基的产生减少,对肺泡膜损伤小,从而改善肺氧合功能。

动物实验发现,单肺通气后氧化应激反应增强,MDA 增高^[13]。而本研究发现,A 组 MDA 值前后比较,差异无统计学意义。其原因可能为肺癌组织切除后,由癌组织产生的氧自由基减少^[14],抵消 A 组(100%FiO₂ 组)高浓度氧引起的氧自由基增加。而 B 组吸入氧浓度低,氧自由基产生少,肺癌组织切除后(T₄)MDA 值明显低于肺癌组织切除前,即单肺通气前(T₀)和 A 组同时点值。

综上所述,A 组吸收性肺萎陷和自由基对肺泡膜的损害导致肺内分流增加,氧合功能减退。而 B

组 50%FiO₂ 可预防肺泡萎陷和减少自由基产生,从而保护肺通气和氧合功能。笔者认为,在维持正常动脉氧分压和氧饱和度的前提下,单肺通气患者可应用 50%FiO₂,并尽量避免长时间吸入纯氧。

参 考 文 献:

- [1] 刘礼军,王强,鲍方,等.单肺通气时吸入不同浓度氧对围术期氧合的影响[J].临床麻醉学杂志,2015,4:350-353.
- [2] HEDENSTIERNA G, EDMARK L. Mechanisms of atelectasis in the preoperative period [J]. Best Pract Res Clin Anaesthesiol, 2010, 24(2): 157-169.
- [3] MARTINEZ G, CRUZ P. Atelectasis in general anesthesia and alveolar recruitment strategies [J]. Rev Esp Anesthesiol Reanim, 2008, 55(8): 493-503.
- [4] BIZZARRO M J, LI F Y, KATZ K, et al. Temporal quantification of oxygen saturation ranges: an effort to reduce hyperoxia in the neonatal intensive care unit[J]. J Perinatol, 2014, 34(1): 33-38.
- [5] DELLA R G, COCCIA C. Acute lung injury in thoracic surgery[J]. Curr Opin Anaesthesiol, 2013, 26(1): 40-46.
- [6] DELLA R G, COCCIA C. Ventilatory management of one-lung ventilation[J]. Minerva Anesthesiol, 2011, 77(5): 534-536.
- [7] BERRIDGE J C. Influence of Cardiac output on the correlation between mixed venous and central venous oxygen saturation[J]. Br J Anaesth, 1992, 69(4): 409-410.
- [8] MEYHOFF C S, WETTERSLEV J, JORGENSEN L N, et al. Perioperative oxygen fraction-effect on surgical site infection and pulmonary complications after abdominal surgery: a randomized clinical trial.Rationale and design of the Proxi-Trial [J]. Acta Anaesthesiologica Scandinavica, 2009, 53: 48.
- [9] EDMARK L, AUNER U, ENLUND M, et al. Oxygen concentration and characteristics of progressive atelectasis formation during anesthesia[J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2011, 55(1): 75-81.
- [10] 金延武,赵鑫,冯颢,等.七氟烷和丙泊酚麻醉对肺癌患者围术期炎症反应及肺功能影响的比较[J].中华麻醉学杂志,2010,30(4): 385-388.
- [11] BRUECKL C, KAESTLE S, KEREM A, et al. Hyperoxia-induced reactive oxygen species formation in pulmonary capillary endothelial cells in situ[J]. Am J Respir Cell Mol Biol, 2006, 34(4): 453-463.
- [12] LI L F, LIAO S K, KO Y S, et al. Hyperoxia increases ventilator-induced lung injury via mitogen-activated protein kinases:a prospective,controlled animal experiment[J]. Crit Care, 2007, 11(1): R25.
- [13] 游志坚,徐红霞,周子超,等.不同时间单肺通气对肺部氧化应激水平的影响[J].中华全科医学,2010,12:1492-1493.
- [14] MISTHOS P, KATSARAGAKIS S, THEODOROU D, et al. The degree of oxidative stress is associated with major adverse effects after lung resection: a prospective study[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2006, 29(4): 1591-595.

(童颖丹 编辑)