

· 论著 ·

亚高原地区腹腔镜疝修补术和子宫切除术患者全身麻醉期间不同吸入氧浓度对术后恢复的影响

韩继元¹, 怀立春¹, 汪明辉², 李玉珍¹, 方波^{1,3}

(1. 西宁市大通回族土族自治县人民医院麻醉科, 西宁 810100; 2. 西宁市大通回族土族自治县人民医院骨二科, 西宁 810100; 3. 中国医科大学附属第一医院麻醉科, 沈阳 110001)

摘要 **目的** 探讨亚高原地区腹腔镜疝修补术和子宫切除术患者全身麻醉期间不同吸入氧浓度对术后恢复的影响。**方法** 收集2022年4月至2023年11月西宁市大通回族土族自治县人民医院就诊的111例择期全身麻醉下行腹腔镜疝修补术和子宫切除术患者的临床资料。根据患者全身麻醉过程中吸入氧浓度随机分为100%氧组($n = 36$)、80%氧组($n = 38$)和60%氧组($n = 37$)。比较3组患者麻醉诱导前、气腹30 min及术后第1天的动脉血氧分压(PaO_2)、动脉血二氧化碳分压(PaCO_2)和氧合指数(OI)等呼吸相关指标。比较3组患者首次排气时间、住院时间、术后肺部并发症、切口感染、谵妄及认知功能情况。**结果** 气腹30 min时,3组 PaO_2 均在正常范围内;60%氧组 PaO_2 低于100%氧组和80%氧组(均 $P < 0.001$)。气腹30 min时,60%氧组OI高于100%氧组($P = 0.009$),而80%氧组与100%氧组OI比较无统计学差异($P > 0.05$)。与麻醉诱导前比较,3组术后第1天 PaO_2 和OI均降低(均 $P < 0.05$), PaCO_2 均增高(均 $P < 0.05$)。术后第1天,60%氧组 PaO_2 和OI高于100%氧组和80%氧组(均 $P < 0.05$),60%氧组 PaCO_2 低于100%氧组($P < 0.001$);80%氧组 PaO_2 和OI均高于100%氧组($P < 0.05$)。与100%氧组比较,60%氧组首次排气时间显著缩短($P = 0.019$)。3组患者均未发生术后切口感染。3组住院时间、术后肺部并发症、谵妄和认知功能障碍发生率比较无统计学差异(均 $P > 0.05$)。**结论** 亚高原地区腹腔镜疝修补术和子宫切除术患者全身麻醉期间,适当降低吸入氧浓度(60%)对患者术后呼吸和胃肠道功能恢复有积极作用,且不会增加患者切口感染、术后谵妄和认知功能障碍发生率。

关键词 亚高原地区;腹腔镜疝修补术;腹腔镜子宫切除术;全身麻醉;吸入氧浓度;术后恢复

中图分类号 R657.4 **文献标志码** A **文章编号** 0258-4646(2024)08-0719-06

网络出版地址 <https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20240722.1246.026>

DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2024.08.008

Effects of different fractions of inspired oxygen during general anesthesia on postoperative recovery in patients undergoing laparoscopic hernia repair and hysterectomy in a sub-plateau region

HAN Jiyuan¹, HUAI Lichun¹, WANG Minghui², LI Yuzhen¹, FANG Bo^{1,3}

(1. Department of Anesthesiology, People's Hospital of Datong Hui and Tu Autonomous County, Xining 810100, China; 2. Department of Second Orthopedics, People's Hospital of Datong Hui and Tu Autonomous County, Xining 810100, China; 3. Department of Anesthesiology, The First Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China)

Abstract **Objective** To investigate the effects of different fractions of inspired oxygen administered during general anesthesia on postoperative recovery in patients undergoing laparoscopic hernia repair and hysterectomy in a sub-plateau region. **Methods** Clinical data of 111 patients undergoing laparoscopic hernia repair and hysterectomy under general anesthesia were collected from the People's Hospital of Datong Hui and Tu Autonomous County between April 2022 and November 2023. Based on the concentration of inhaled oxygen during general anesthesia, patients were randomly divided into three groups: 100% oxygen ($n = 36$), 80% oxygen ($n = 38$), and 60% oxygen ($n = 37$). Respiratory-related parameters, including arterial partial pressure of oxygen (PaO_2), arterial partial pressure of carbon dioxide (PaCO_2), and oxygenation index (OI), were compared among the three groups before anesthesia induction, 30 min after pneumoperitoneum, and 1 d after surgery. Postoperative pulmonary complications, incision infections, first gastrointestinal exhaust time, and length of hospitalization were recorded. Postoperative delirium and cognitive function were also assessed. **Results** At 30 min after pneumoperitoneum induction, the OI in the 60% oxygen group was higher than that in the 100% oxygen group ($P = 0.009$), whereas there was no statistical difference in OI between the 80% oxygen and 100% oxygen groups ($P > 0.05$). PaO_2 and OI were lower ($P < 0.05$) and PaCO_2 was higher ($P < 0.05$) in all groups on the 1st day after surgery than before the induction of anesthesia. PaO_2 and OI were higher in the 80%

基金项目: 西宁市科技项目(2022-M-18); 辽宁省应用基础研究计划(2023JH2/101300028)

作者简介: 韩继元(1986-),男,主治医师,本科。

通信作者: 方波, E-mail: drunk0630@126.com

收稿日期: 2024-03-03

网络出版时间: 2024-07-23 13:33:32

oxygen group than in the 100% oxygen group (all $P < 0.05$). PaO_2 and OI were higher in the 60% oxygen group than in the 100% oxygen and 80% oxygen groups (all $P < 0.05$). PaCO_2 was lower in the 60% oxygen group than in the 100% oxygen group ($P < 0.001$). The first gastrointestinal exhaust time was shorter in the 60% oxygen group than in the 100% oxygen group ($P = 0.019$). No postoperative incision infections were observed in any of the three groups, and there were no statistically significant differences in the incidence of postoperative pulmonary complications, length of hospitalization, incidence of postoperative delirium, and cognitive dysfunction among the three groups (all $P > 0.05$). **Conclusion** During general anesthesia for patients undergoing laparoscopic hernia repair and hysterectomy in a sub-plateau region, appropriately reducing the concentration of inspired oxygen (60%) is beneficial for postoperative respiratory and gastrointestinal function recovery without increasing the incidence of incision infections, postoperative delirium, and cognitive dysfunction.

Keywords sub-plateau region; laparoscopic herniorrhaphy; laparoscopic hysterectomy; general anesthesia; fractions of inspired oxygen; postoperative recovery

围手术期全身麻醉期间吸入氧浓度 (fraction of inspired oxygen, FiO_2) 的设定是呼吸管理的重要因素,但临床实践中 FiO_2 的设定标准不一。已有研究^[1]认为, FiO_2 设定应以达到正常外周血氧饱和度 (blood oxygen saturation, SpO_2) 为标准;另外,也有研究依据传统观念,坚持设置更高 FiO_2 直至患者动脉血氧分压 (arterial partial pressure of oxygen, PaO_2) 达到高氧水平,以期避免低氧血症发生,保证患者重要脏器氧供。然而,人们没有更多关注高氧血症的潜在危害,而是默认过量氧气无害^[2]。高氧血症是 PaO_2 显著高于正常范围的临床现象,大量氧透过肺泡入血,导致 PaO_2 显著增高 (≥ 120 mmHg)。高氧环境可引起肺泡不张,肺内分流率升高,肺换气功能下降等。已有研究^[3]证明高氧血症是机械通气相关肺炎发生的独立危险因素。除此之外,高氧血症还可能与认知功能损害、住院时间延长和死亡率增加等不良结局相关^[4-5]。

西宁位于亚高原地区,海拔2 261 m,平均大气压力为27.46 kPa,氧分压14.93 kPa,氧气含量仅为平原地区的3/4^[6]。当地患者常伴有不同程度的低氧血症,因此该地区实施全身麻醉期间多采用纯氧通气。既往对高原地区氧疗的研究多关注于低氧血症的疗效方面,而关于围手术期 FiO_2 与术后恢复情况的研究鲜有报道。本课题组之前对60例全身麻醉下腹腔镜胆囊切除术患者进行观察,发现全身麻醉期间吸入60%氧安全有效,与吸入纯氧相比可显著改善围手术期患者的呼吸功能^[7]。本研究在此基础上,以腹腔镜疝修补术、腹腔镜子宫切除术患者为研究对象,进一步探讨全身麻醉过程中 FiO_2 对患者术后恢复的影响,旨在为亚高原地区围术期患者适宜供

氧方案的制定提供依据。

1 材料与方法

1.1 临床资料及分组

收集2022年4月至2023年11月西宁市大通回族土族自治县人民医院接受择期全身麻醉下腹腔镜疝修补术、腹腔镜子宫切除术患者的临床资料。纳入标准:(1)本地常住居民;(2)年龄30~65岁,体重40~75 kg;(3)美国麻醉医师协会 (American society of anesthesiologists, ASA) 分级 I~II级;(4)择期全身麻醉下行腹腔镜疝修补术或腹腔镜子宫切除术,且预计腹腔镜气腹时间0.5~1 h。排除标准:(1)存在肺炎、哮喘、慢性阻塞性肺气肿、气胸、急性呼吸窘迫综合征和既往肺部手术史;(2)体重指数 (body mass index, BMI) > 30 kg/m^2 ;(3)心功能不全、肝肾功能明显异常、高原红细胞增多症;(4)有痴呆、谵妄或由各种病因引起的神经系统或精神疾病史,术前认知功能或精神状态评估差;(5)存在酒精或药物依赖史,正在使用镇静或抗抑郁药物,近期使用通过血脑屏障药物;(6)预计术中机械通气时间 ≥ 3 h,计划首次手术后7 d内进行二次手术,术后需转入ICU。

共纳入患者111例。根据计算机生成的随机数字分为3组:纯氧(100%氧)组 ($n = 36$)、80%氧组 ($n = 38$)、60%氧组 ($n = 37$);3组全身麻醉诱导及麻醉维持期间 FiO_2 分别为100%、80%和60%。本研究获得西宁市大通回族土族自治县人民医院医学伦理委员会批准,患者均知情同意并签署知情同意书。

1.2 麻醉方法

患者进入手术室后常规连接监护设备,持续监测心率、无创血压、心电图、脉搏 SpO_2 、脑电双频指数

(bispectral index, BIS) 等指标。麻醉诱导药物包括咪唑安定(0.03 mg/kg)、舒芬太尼(0.3 μg/kg)、依托咪酯(0.3 mg/kg)、罗库溴铵(0.6 mg/kg)。采用纯氧面罩通气,气管插管,经听诊确认双肺呼吸音对称后连接麻醉机(WATO EX-65,深圳迈瑞生物医疗电子股份有限公司)进行机械通气,设定潮气量=7(mL/kg) × 理想体重(ideal body weight, IBW),初始呼吸频率为12次/min,术中通过调整呼吸频率使呼气末二氧化碳分压维持在35~45 mmHg,吸气/呼气时间比为1:2。术中采用七氟烷和丙泊酚进行静吸复合麻醉,BIS值维持在45~55以保证镇静深度,同时间断给予舒芬太尼和罗库溴铵来保持较好的镇痛和肌肉松弛效果。手术结束患者恢复自主呼吸后,静脉注射新斯的明(0.03 mg/kg)、阿托品(0.015 mg/kg)拮抗残余的肌肉松弛效应,然后拔除气管导管将患者送入麻醉后监测治疗室进行后续观察。患者术后应用静脉自控镇痛,持续输注48 h。

1.3 观察指标

研究组成员培训后在对分组不知情的状态下收集数据,评估患者相关指标。在麻醉诱导前、气腹30 min、术后1 d测定PaO₂和动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂),计算氧合指数(oxygenation index, OI), OI= PaO₂/FiO₂。

观察术后3 d内肺部并发症发生情况,6种症状(咳嗽、咳痰增加、呼吸困难、胸痛、体温超过38 ℃、心率>100次/min)中出现≥3种症状为存在并发症。观察并记录术后切口感染情况和胃肠道排气时间。术后3 d内每天至少1次通过谵妄评定方法(confidence assessment measure, CAM)量表评估患者是否发生谵妄,术后第3天使用简易精神状态(mini-mental state examination, MMSE)量表评估患者认知功能。

1.4 统计学分析

利用SPSS 23.0软件进行统计分析。符合正态分布的计量资料采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,组间比较采用单因素方差分析,方差不齐情况下,采用Welch检验;组内比较采用重复测量的方差分析。不符合正态分布的计量资料采用 $M(P_{25} \sim P_{75})$ 表示,组间比较采用秩和检验。计数资料采用率(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验或Fisher精确概率法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 3组患者一般资料比较

结果显示,3组患者年龄、身高、体重、性别、机械通气时间、气腹时间、术式比较均无统计学差异(均 $P > 0.05$),见表1。

表1 3组一般临床资料比较

Tab.1 Comparison of clinical data among the three groups

Item	100% oxygen group	80% oxygen group	60% oxygen group	H/ χ^2	P
Age (year)	46.50 (41.25~50.75)	47.50 (42.75~52.25)	48.00 (42.50~54.00)	0.916	0.632
Height (cm)	160.0 (157.3~165.8)	165.0 (155.0~170.0)	160.0 (160.0~166.0)	0.794	0.672
Weight (kg)	62.00 (58.50~65.00)	62.50 (56.75~68.00)	63.00 (58.50~66.00)	0.079	0.961
Sex (male/female)	12/24	12/26	12/25	0.026	0.987
Mechanical ventilation time (min)	67.23 ± 15.94	69.98 ± 11.19	68.32 ± 9.46	0.771	0.464
Pneumoperitoneum time (min)	45.0 (44.0~47.0)	47.0 (43.8~50.5)	45.0 (43.0~48.0)	3.095	0.213
Type of surgery [n (%)]				0.344	0.842
Laparoscopic hernia repair	13 (36.11)	12 (31.58)	14 (37.84)		
Laparoscopic hysterectomy	23 (63.89)	26 (68.42)	23 (62.16)		

2.2 3组呼吸相关指标比较

结果显示,麻醉诱导前3组PaO₂、PaCO₂及OI水平比较差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)。气腹30 min时,3组PaO₂水平均在临床正常范围内;60%氧组的PaO₂低于100%氧组、80%氧组(均 $P < 0.001$)。

60%氧组OI高于100%氧组($P = 0.009$),而80%氧组与100%氧组OI比较无统计学差异($P > 0.05$)。3组术后1 d PaO₂和OI较麻醉诱导前均显著降低($P < 0.05$),PaCO₂显著增高($P < 0.05$)。80%氧组PaO₂和OI与100%氧组比较显著增高(均 $P < 0.05$)。60%氧

组PaO₂和OI显著高于100%氧组和80%氧组(均P < 0.05);而PaCO₂显著低于100%氧组和80%氧组(均P < 0.05),见表2。

2.3 3组术后恢复情况比较

3组患者均未发生术后切口感染。3组术后肺

并发症发生率及住院时间比较均无统计学差异(均P > 0.05)。与100%氧组比较,60%氧组胃肠道首次排气时间缩短(P = 0.019);而80%氧组胃肠道首次排气时间差异无统计学意义(P > 0.05),见表3。

2.4 3组术后谵妄和认知功能障碍发生情况比较

表2 3组PaO₂、PaCO₂和OI比较
Tab.2 Comparison of PaO₂, PaCO₂, and OI among the three groups

Group	PaO ₂ (mmHg)			PaCO ₂ (mmHg)		
	Before anesthesia induction	30 min after pneumoperitoneum	1 d after surgery	Before anesthesia induction	30 min after pneumoperitoneum	1 d after surgery
100% oxygen	59.65 (56.33-66.78)	177.90 (135.10-221.60) ¹⁾	52.85 (47.68-56.38) ¹⁾	34.80 (32.70-36.75)	40.10 (38.5-45.60) ¹⁾	38.60 (35.65-41.80) ¹⁾
80% oxygen	60.55 (53.68-64.55)	152.80 (124.10-202.95) ¹⁾	56.00 (48.60-59.38) ^{1),2)}	35.40 (33.23-36.90)	40.00 (37.08-43.63) ¹⁾	37.45 (35.73-39.15) ¹⁾
60% oxygen	60.80 (56.60-63.35)	121.40 (98.70-155.20) ^{1),2),3)}	58.70 (54.00-61.95) ^{1),2),3)}	34.60 (31.78-36.60)	40.30 (37.90-42.40) ¹⁾	35.90 (35.55-37.45) ^{1),2),3)}
H	2.223	29.245	20.262	2.029	4.526	6.228
P	0.329	<0.001	<0.001	0.363	0.104	0.044

Group	OI (mmHg)		
	Before anesthesia induction	30 min after pneumoperitoneum	1 d after surgery
100% oxygen	284.05 (268.21-317.98)	177.90 (135.10-221.60) ¹⁾	251.67 (227.02-268.45) ¹⁾
80% oxygen	288.33 (255.60-307.38)	191.00 (155.13-253.69) ¹⁾	266.67 (231.43-282.74) ^{1),2)}
60% oxygen	289.52 (269.52-301.67)	202.33 (164.50-258.67) ^{1),2)}	279.52 (257.14-295.00) ^{1),2),3)}
H	2.223	8.905	20.262
P	0.329	0.012	<0.001

1) compared with the same group before anesthesia induction, P < 0.01; 2) compared with the 100% oxygen group, P < 0.05; 3) compared with the 80% oxygen group, P < 0.05.

表3 3组术后肺并发症、胃肠道首次排气时间和住院时间标比较

Tab.3 Comparison of postoperative pulmonary complications, first gastrointestinal exhaust time, and time of hospitalization among the three groups

Group	Postoperative pulmonary complications [n (%)]	The first gastrointestinal exhaust time (h)	Time of hospitalization (h)
100% oxygen	5 (13.89)	26.50 (23.00-30.75)	62.00 (54.00-68.75)
80% oxygen	3 (7.89)	24.50 (20.00-27.25)	61.00 (53.75-69.00)
60% oxygen	2 (5.41)	24.00 (21.00-26.00) ¹⁾	58.00 (53.00-64.00)
χ ² /H	1.588	7.588	5.597
P	0.418	0.023	0.061

1) compared with the 100% oxygen group, P < 0.05.

结果显示,3组术后谵妄和认知功能障碍发生率比较均无统计学差异(均P > 0.05),见表4。

3 讨论

目前,患者围手术期FiO₂并没有统一的标准,英国胸科协会指南建议将术中SpO₂维持在94%~98%,以避免低氧血症和高氧血症的潜在危害^[8]。为了避免低氧血症的发生,亚高原地区患者全身麻醉多采

用纯氧通气,这种认知忽视了人体对于特殊环境的适应性反应^[9]。长期居住高原地区人群机体对低氧血症已经产生了一定的耐受能力,与平原地区相比,高原地区患者发生高氧血症可能造成更严重的危害。研究^[10-12]证实,过多氧气供应会促进活性氧(reactive oxygen species, ROS)产生,而ROS介导的应激可能导致细胞坏死和凋亡或促进细胞癌变,从而对机体呼吸、心血管、神经等多系统产生损害。

表4 3组术后谵妄和认知功能障碍比较[n (%)]

Tab.4 Comparison of postoperative delirium and cognitive dysfunction among the three groups[n (%)]

Group	Delirium	Cognitive dysfunction			
		Mild	Moderate	Severe	Total
100% oxygen	5 (13.64)	5 (13.89)	2 (5.56)	1 (2.78)	8 (22.22)
80% oxygen	4 (11.59)	3 (7.89)	2 (5.26)	0 (0)	5 (13.16)
60% oxygen	3 (10.77)	3 (8.11)	1 (2.70)	0 (0)	4 (10.81)
χ^2	0.747	0.979	0.608	1.891	1.834
P	0.695	0.671	0.868	0.324	0.453

过高 FiO_2 对心脏病、脑卒中、呼吸衰竭等危重患者治疗无益,甚至与不良结局发生、住院时间延长、死亡率增加相关^[5]。

腹腔镜手术中人工气腹建立后,腹内压力增加会引起呼吸动力学的显著改变,从而增加麻醉期间呼吸管理的难度与术后相关并发症的风险^[13]。因此,实施肺保护策略具有积极的临床意义。已有研究^[14]证实,麻醉维持期间吸入50%氧相较于纯氧通气,更有利于改善腹腔镜手术患者的术后肺功能。糖尿病合并微血管病变患者行腹腔镜胃癌根治术中,吸入50%氧机械通气对患者围术期肺功能影响较小^[15]。本研究组对亚高原地区60例腹腔镜胆囊切除术患者的研究^[7]发现,全身麻醉期间吸入60%氧安全有效,可显著改善围手术期患者的呼吸功能。本研究在前期工作基础上,比较腹腔镜疝修补术和腹腔镜子宫切除术患者麻醉期间不同 FiO_2 对术后恢复情况的影响。结果显示,与吸入纯氧比较,全身麻醉期间吸入60%和80%氧患者术中、术后氧合情况均显著改善,其中60%氧效果最佳。另外研究显示,60%氧组患者术后肺部并发症发生率最低,但3组比较无统计学差异($P > 0.05$)。研究^[16]显示,肺保护策略对呼吸功能不全患者往往更具临床意义。而本研究纳入患者术前肺功能正常,术后肺部并发症发生率均较低,因此 FiO_2 影响并不显著。

本研究中3组患者均未发生术后切口感染。2016年10月WHO发布的预防手术部位感染的建议^[17]指出,对于气管插管、全身麻醉成年手术患者,术中和术后 FiO_2 应达到80%。然而,此建议仅侧重于防止手术部位感染,而忽视高氧对其他脏器的潜在影响,即可能导致病情恶化,对患者预后不利。已有研究^[18]证明此建议循证质量较低,应降低这条建议的推荐程度。实验研究^[19]表明,高氧血症可能对肠

道有损伤作用,暴露于高氧的新生大鼠比常氧组大鼠存在更多的细菌移位和更高的肠脂肪酸结合蛋白水平,可见高氧可破坏肠道屏障,损害肠道功能。本研究组^[15]之前观察到吸入60%氧患者术后首次排气时间略短于吸入纯氧患者,但无统计学差异。本研究结果显示,与吸入纯氧比较,吸入60%氧患者显著缩短了术后首次排气时间,获得理想的胃肠道恢复效果。本研究纳入的患者术前健康状况良好,ASA分级 I ~ II 级,腹腔镜气腹时间较短,患者术后恢复相对较快,吸入60%氧的益处有限,患者住院时间虽略短于吸入纯氧患者,但无统计学差异,因此对合并心肺疾病患者是否能发挥更显著促进术后恢复作用有待进一步探讨。

术后谵妄的发生是多种因素导致的。研究^[20]表明,老年患者术中低氧血症发生与7 d内谵妄的高风险相关,且呈时间和程度依赖性。本研究结果表明,与吸入纯氧相比,吸入60%氧和80%氧并未增加术后谵妄和认知功能障碍的发生率。1项关于ICU患者发生缺氧事件与认知功能关系的研究^[21]表明,对于无颅内出血证据患者,缺氧事件与谵妄或长期认知障碍的发生没有直接相关性。本研究纳入患者均不存在神经系统病史,因而适当降低 FiO_2 不对患者术后认知功能产生影响。另有1项meta分析研究^[4]表明,静脉-动脉体外膜肺氧合过程中,严重的高氧血症暴露可能与神经系统不良结局和死亡率增加相关。

随着麻醉药物和技术的发展,肺泡通气不足或上呼吸道梗阻等因素导致的术后低氧血症发生率逐年下降,传统的高浓度吸氧值得商榷^[22]。适当降低 FiO_2 具有改善患者术后恢复的巨大潜力,且在临床实践中操作简单易行,应引起临床医生的关注。

综上所述,对术前未出现呼吸系统疾病的亚高

原地区患者实施全身麻醉时,适当降低 FiO_2 相较于吸入纯氧能够有效改善氧合,有利于患者术后呼吸功能的恢复,且吸入60%氧时效果更佳。对于亚高原地区术前合并心肺功能障碍或神经系统异常患者的最佳供氧策略,需要进一步研究论证。

参考文献:

- [1] MEYHOFF CS. Perioperative hyperoxia: why guidelines, research and clinical practice collide [J]. *Br J Anaesth*, 2019, 122 (3) : 289-291. DOI: 10.1016/j.bja.2018.12.016.
- [2] SHAEFI S, MARCANTONIOER, MUELLER A, et al. Intraoperative oxygen concentration and neurocognition after cardiac surgery: study protocol for a randomized controlled trial [J]. *Trials*, 2017, 18 (1) : 600. DOI: 10.1186/s13063-017-2337-1.
- [3] SIX S, JAFFAL K, LEDOUX G, et al. Hyperoxemia as a risk factor for ventilator-associated pneumonia [J]. *Crit Care*, 2016, 20 (1) : 195. DOI: 10.1186/s13054-016-1368-4.
- [4] TIGANO S, CARUSO A, LIOTTA C, et al. Exposure to severe hyperoxemia worsens survival and neurological outcome in patients supported by veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: a meta-analysis [J]. *Resuscitation*, 2024, 194: 110071. DOI: 10.1016/j.resuscitation.2023.110071.
- [5] KUPIEC A, ADAMIK B, FORKASIEWICZ-GARDYNIK K, et al. Intra-operative hyperoxia and the risk of delirium in elderly patients after cardiac surgery [J]. *Aging*, 2020, 12 (8) : 7006-7014. DOI: 10.18632/aging.103058.
- [6] 王如明, 沈延君, 周玲. 西宁地区小儿高热惊厥脑电图分析 [J]. *实用儿科临床杂志*, 1995, 10 (3) : 135-137. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-428X.1995.03.104.
- [7] 韩继元, 怀立春, 吴成章, 等. 亚高原地区腹腔镜手术患者全身麻醉期间吸入不同浓度氧气对围术期呼吸功能的影响 [J]. *中国医科大学学报*, 2022, 51 (2) : 155-159. DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2022.02.013.
- [8] O'DRISCOLLBR, HOWARDLS, EARIS J, et al. BTS guideline for oxygen use in adults in healthcare and emergency settings [J]. *Thorax*, 2017, 72 (Suppl 1) : ii1-ii90. DOI: 10.1136/thoraxjnl-2016-209729.
- [9] 张秋梅. 高原低氧对机体整体的影响及适应性分析 [J]. *中外医疗*, 2018, 37 (11) : 187-189. DOI: 10.16662/j.cnki.1674-0742.2018.11.187.
- [10] KOKSALGM, DIKMEN Y, ERBABACAN E, et al. Hyperoxic oxidative stress during abdominal surgery: a randomized trial [J]. *J Anesth*, 2016, 30 (4) : 610-619. DOI: 10.1007/s00540-016-2164-7.
- [11] MOTOYAMA T, OKAMOTO K, KUKITA I, et al. Possible role of increased oxidant stress in multiple organ failure after systemic inflammatory response syndrome [J]. *Crit Care Med*, 2003, 31 (4) : 1048-1052. DOI: 10.1097/01.CCM.0000055371.27268.36.
- [12] PETERSMJ. Linking hyperoxia and harm: consequence or merely subsequence? [J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2021, 22 (5) : 501-503. DOI: 10.1097/pcc.0000000000002709.
- [13] DE MEYERGRA, MORRISONSG, SALDIEN V, et al. Minimizing lung injury during laparoscopy in head-down tilt: a physiological cohort study [J]. *Anesth Analg*, 2023, 137 (4) : 841-849. DOI: 10.1213/ANE.0000000000006325.
- [14] 耿桂启, 李宁, 李泓, 等. 不同吸入氧浓度对妇科腹腔镜手术患者肺顺应性及氧合的影响 [J]. *复旦学报(医学版)*, 2012, 39 (1) : 53-55. DOI: 10.3969/j.issn.1672-8467.2012.01.010.
- [15] 李婷. 不同吸入氧浓度对糖尿病合并微血管病变患者围术期肺功能的影响 [D]. 太原: 山西医科大学, 2021.
- [16] 魏常, 邓娟娟, 杨为贵. 高龄低肺功能肺癌患者的围术期肺保护 [J]. *中华胸部外科电子杂志*, 2017, 4 (1) : 31-37.
- [17] WENK M, VAN AKEN H, ZARBOCK A. The new World Health Organization recommendations on perioperative administration of oxygen to prevent surgical site infections: a dangerous reductionist approach? [J]. *Anesth Analg*, 2017, 125 (2) : 682-687. DOI: 10.1213/ANE.0000000000002256.
- [18] MEYHOFFCS, LARSSON A, PERCHIAZZI G, et al. In reply [J]. *Anesthesiology*, 2018, 128 (1) : 222-224. DOI: 10.1097/ALN.0000000000001942.
- [19] WINISZEWSKI H, PITON G, PERROTTI A, et al. Hyperoxemia and veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: do not forget the gut [J]. *Crit Care Med*, 2018, 46 (1) : e98-e99. DOI: 10.1097/CCM.0000000000002750.
- [20] AHRENS E, TARTLERTM, SULEIMAN A, et al. Dose-dependent relationship between intra-procedural hypoxaemia or hypocapnia and postoperative delirium in older patients [J]. *Br J Anaesth*, 2023, 130 (2) : e298-e306. DOI: 10.1016/j.bja.2022.08.032.
- [21] GUILLAMONDEGUIOD, RICHARDSJE, ELYEW, et al. Does hypoxia affect intensive care unit delirium or long-term cognitive impairment after multiple trauma without intracranial hemorrhage? [J]. *J Trauma*, 2011, 70 (4) : 910-915. DOI: 10.1097/TA.0b013e3182114f18.
- [22] SUZUKI S. Oxygen administration for postoperative surgical patients: a narrative review [J]. *J Intensive Care*, 2020, 8: 79. DOI: 10.1186/s40560-020-00498-5.

(编辑 武玉欣)