

临床研究

DOI: 10.13406/j.cnki.cyx.002836

个体化肺保护性通气对颅脑手术患者全身麻醉肺通气效果的影响研究

王钱荣¹, 郁丽娜¹, 周 燕², 姚博炜², 龚浩杰²

(1. 浙江大学附属第二医院麻醉科, 杭州 310009, 2. 湖州市中心医院麻醉科, 湖州 313000)

【摘要】目的:探讨个体化肺保护性通气对颅脑手术患者全身麻醉肺通气效果的影响。**方法:**选取湖州市中心医院 2018 年 7 月至 2019 年 7 月收治的 54 例择期行颅脑手术的患者, 采用随机数字表法将其分为常规组与个体化组($n=27$): 常规组给予传统容量控制机械通气, 个体化组给予个体化呼气末正压通气(positive end expiratory pressure, PEEP)的肺保护性通气。检测并比较麻醉诱导前(T_0)、切皮后(T_1)、机械通气 1 h(T_2)、机械通气 2 h(T_3)、气管拔管后 30 min(T_4)血气分析、平均动脉压、肺动态顺应性, 气道平台压术后 1 d 胸部 CT, 并记录患者术后 7 d 内肺部并发症的发生情况。**结果:**与常规组相比较, 个体化组患者 T_1 、 T_2 、 T_3 时氧合指数以及肺动态顺应性均明显高于常规组, 差异有统计学意义($P<0.05$); 同时 T_1 、 T_2 、 T_3 时气道平台压明显低于常规组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。**结论:**与常规通气比较, 个体化肺保护性通气可以改善择期颅脑手术患者术中氧合指数、肺动态顺应性, 同时降低机械通气时的气道平台压, 并且安全有效。

【关键词】最佳呼吸末正压; 肺顺应性; 氧合指数; 颅脑手术

【中图分类号】R614.2

【文献标志码】A

【收稿日期】2020-10-09

On the effect of individualized pulmonary protective ventilation on general anesthesia pulmonary ventilation in patients undergoing craniocerebral surgery

Wang Qianrong¹, Yu Lina¹, Zhou Yan², Yao Bowei², Gong Haojie²

(1. Department of Anesthesiology, The Second Affiliated Hospital of Zhejiang University;

2. Department of Anesthesiology, Huzhou Central Hospital)

【Abstract】Objective: To investigate the effect of individualized pulmonary protective ventilation on general anesthesia pulmonary ventilation in patients undergoing craniocerebral surgery. **Methods:** Fifty-four patients admitted to Huzhou Central Hospital for craniocerebral surgery from July 2018 to July 2019 were selected as the study objects. They were divided into the conventional group($n=27$) and the individualized group($n=27$) randomly. The conventional group was given traditional volumetric control mechanical ventilation, and the individualized group was given individualized pulmonary protective ventilation by positive end expiratory pressure (PEEP). Blood gas analysis, mean arterial pressure, pulmonary dynamic compliance and airway platform pressure were detected and compared before anesthesia induction(T_0), after skin incision(T_1), mechanical ventilation for 1 h(T_2), for 2 h(T_3), and tracheal extubation for 30 min(T_4), and chest CT one day after surgery and the occurrence of pulmonary complications within seven days after surgery were recorded. **Results:** Compared with the conventional group, the oxygenation index at T_1 , T_2 and T_3 and the lung dynamic compliance in the individualized group were significantly higher($P<0.05$). At the same time, the airway platform pressure at T_1 , T_2 and T_3 was significantly lower than that in the conventional group($P<0.05$). **Conclusion:** Compared with conventional ventilation, individualized pulmonary protective ventilation can improve the intraoperative oxygenation index and dynamic compliance of lung, and reduce the airway platform pressure during mechanical ventilation, which is safe and effective.

【Key words】optimal positive end respiratory pressure; lung compliance; oxygenation index; craniocerebral surgery

作者介绍: 王钱荣, Email: wqr0101030@163.com,

研究方向: 围术期肺保护性通气研究。

通信作者: 郁丽娜, Email: zryulina@zju.edu.cn。

优先出版: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1046.R.20210513.2144.078.html>

(2021-05-15)

机械通气是引起肺损伤的一个重要因素,可引起呼吸机相关肺损伤。择期颅脑手术在麻醉过程中通常需要相对较长时间的机械通气,相对于其他类型的外科手术患者更容易出现术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications,PPCs)^[1-2],延长住院时间,增加医疗资源和术后死亡的发生率。此类手术的优化麻醉管理,尤其是通气策略的制定,已成为当前神经外科麻醉研究的热点之一。本研究运用个体化肺保护性通气策略,观察分析该策略对全身麻醉下择期神经外科手术肺通气的效果及影响,以期为神经外科麻醉个体化通气策略提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选择湖州市中心医院 2018 年 7 月至 2019 年 7 月择期行开颅手术的 54 例患者为研究对象,采用随机数字表法将患者分为常规组(容量控制通气, $n=27$)与个体化组(个体化肺保护性通气, $n=27$)。纳入标准:美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists,ASA)分级 1~3 级;年龄 18 岁以上;择期行开颅手术;手术时间 ≥ 3 h;体质指数 $18\sim 35$ kg/m²。排除标准:术前放疗患者;合并急性肺损伤(acute lung injury,ALI)/急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome,ARDS);合并心衰或怀疑合并心衰;术前 15 d 内接受过机械通气,包括持续正压通气(continuous positive airway pressure,CPAP)治疗;合并气胸或肺大疱;中重度肾功能不全;合并需要氧疗或 CPAP 的慢性阻塞性肺病(chronic obstructive pulmonary disease,COPD);正在参加其他临床干预试验。本研究经医院伦理委员会批准,患者或家属签署知情同意书并在中国临床实验注册中心注册(临床注册号:ChiCTR-INR-17013048)。

1.2 治疗方法

1.2.1 麻醉方法 所有患者术前常规禁食、禁饮,入室监测心电图、血压、血氧饱和度,建立颈内静脉通路、有创桡动脉测压。麻醉诱导:选用药物舒芬太尼($0.5\sim 1.0$ μ g/kg)、丙泊酚($1.5\sim 2.0$ mg/kg)及罗库溴铵($0.6\sim 1.0$ mg/kg),静脉注射进行快速诱导气管插管,连接麻醉机行机械控制通气。麻醉维持:选用丙泊酚 $[4.0\sim 12.0$ mg/(kg·h)]、瑞芬太尼 $[1.5\sim 24$ μ g/(kg·h)]及间断静注顺阿曲库胺进行静脉维持麻醉。

1.2.2 通气策略及管理 常规通气组:容量控制模式,潮气量(tidal volume,VT)9 mL/kg 理想体重(ideal body weight,IBW),气道平台压 ≤ 35 cmH₂O;如果气道平台压 >35 cmH₂O,

下调 VT 1 mL/kg 直至气道平台压 ≤ 35 cmH₂O;个体通气组:采取潮气量为 7 mL/kg IBW,运用肺顺应性滴定个体化的 PEEP,每隔 30 min 行 1 次肺复张手法,肺复张时动脉平均压下降幅度超出基础血压 50%,终止实验。设定吸入氧浓度 FiO₂=0.5,若 SpO₂ $\leq 92\%$,允许将 FiO₂调至 100%;2 组 PaCO₂控制在 35~45 mmHg,超出此范围需调节呼吸频率,当患者出现不能纠正的严重高碳酸血症 PCO₂ >80 mmHg 时,终止试验。

1.2.3 个体化 PEEP 滴定法 气管插管完成后,保证血流动力学稳定情况下,容量控制模式改为压力控制模式,驱动压力 20 cmH₂O,呼吸频率 15 次/min,吸呼比 1:1,呼气末正压通气(positive end expiratory pressure,PEEP)5 cmH₂O;每 10 次呼吸后 PEEP 上调 5 cmH₂O;直至 PEEP 达到 20 cmH₂O,维持 1 min。肺复张结束,PEEP 20 cmH₂O 时,压控模式改为容控模式(VT 7 mL/kg,呼吸频率 12 次/min,吸呼比 1:2);而后每 30 s 下调 PEEP 2 cmH₂O 直至达到最高动态肺顺应性,这时的 PEEP 值+2 cmH₂O 即为最佳 PEEP^[3]。每 30 min 后重新按上述方法肺复张直至手术结束自主呼吸恢复。

1.3 观察指标

主要指标:检测并比较麻醉诱导前(T₀)、切皮后(T₁)、机械通气 1 h(T₂)、机械通气 2 h(T₃)、气管拔管后 30 min(T₄)及术后第 1 天血气分析、肺动态顺应性、气道平台压。次要指标:T₀、T₁、T₂、T₃ 时刻平均动脉压(mean arterial pressure,MAP)、心率(heart rate,HR);术后 1 d 胸部 CT,并记录患者术后 7 d 内肺部并发症的发生情况。

1.4 样本量计算

有研究报道老年患者全身麻醉采用个体化保护性肺通气策略和常规通气策略通气后氧合指数分别为 499.40 ± 85.08 和 437.20 ± 68.86 。主要效能分析旨在显示个体化保护性肺通气策略可样改善脑外科通气后氧合指数,采用 t 检验检验,双侧 $\alpha=0.05$,检测效能 β 为 80%,根据主要观察指标,本研究使用 G-power 3.1.9.2 软件计算样本大小,共 52 例。

1.5 统计学处理

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,采用 t 检验,交叉表计量资料多因素方差分析,计数资料采用卡方检验,非正态分布计量资料采用非参数秩和检验,以 $M_d(P_{25}, P_{75})$ 表示,检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

本研究共纳入患者 57 例,最终因术后转入重症监护室(intensive care unit,ICU),术后须机械通气等原因,有 3 例患者被排除,最终 54 例患者纳入最终的统计分析,其中常规组 27 例,个体化组 27 例。2 组患者性别、年龄、体质指数、ASA 分级、手术方式等一般资料差异均无统计学意义(表 1)。

2 组手术时长、术中液体总入量、出血量、尿量差异均无统计学意义(表 2)。

与 T_0 时刻相比,2 组患者心率血压在同组 T_1 、 T_2 、 T_3 显著下降,差异有统计学意义($P<0.05$)。但是 2 组患者各个时刻相比,均无统计学差异($P>0.05$)(表 3)。

2 组术前血气分析中氧合指数、 PCO_2 及乳酸相比,均无统计学差异(表 4)。与常规组相比,个体化组的氧合指数(PaO_2 /

FiO_2)及肺动态顺应性在 T_1 、 T_2 、 T_3 时刻均明显较高,差异有统计学意义($P<0.05$),气道平台压在 T_1 、 T_2 、 T_3 时刻均明显较低,差异有统计学意义($P<0.05$)(表 4、表 5)。

个体化组在术后 1 d 胸部 CT 检查肺部并发症的阳性率(肺部炎症渗出、胸腔积液、肺不张)表现上低于常规组,但 2 组差异无统计学意义,术后 7 d 内,2 组 PPCs 的发生情况差异无统计学意义(表 6)。

表 1 2 组患者一般资料

组别	性别 男/女	ASA I / II / III	年龄/岁	体质指数/ ($kg \cdot m^{-2}$)	体位 平卧/侧卧/俯卧	手术类型 脑肿瘤/脑血管病/其他
常规组	11/16	1/24/2	61.75 ± 7.47	23.30 ± 3.30	10/14/4	18/2/8
个体化组	10/17	1/25/1	58.46 ± 11.52	21.92 ± 3.57	15/10/1	19/2/5
χ^2/t 值	0.078	0.28	1.254	1.48	0.397	0.646
P 值	0.78	0.869	0.216	0.52	0.187	0.724

表 2 2 组患者手术资料比较

组别	手术时长/min	液体入量/mL	失血量/mL	尿量/mL
常规组	226.04 ± 32.98	1 617.86 ± 336.37	248.21 ± 103.31	571.43 ± 334.84
个体化组	218.35 ± 24.19	1 622.12 ± 329.57	208.85 ± 76.12	594.23 ± 401.80
t 值	0.971	0.047	1.586	0.226
P 值	0.336	0.963	0.119	0.822

表 3 2 组心率血压的比较

指标		常规组	个体化组	t 值	P 值
心率/(次· min^{-1})	T_0	76.68 ± 8.94	76.50 ± 13.05	0.059	0.953
	T_1	72.68 ± 8.12	73.50 ± 13.63	0.271	0.787
	T_2	66.19 ± 6.38	68.88 ± 8.63	1.371	0.194
	T_3	65.07 ± 6.21	67.65 ± 8.75	1.259	0.214
平均动脉压/mmHg	T_0	105.11 ± 9.67	103.54 ± 10.02	0.585	0.561
	T_1	95.54 ± 10.75	91.04 ± 9.51	1.624	0.110
	T_2	84.11 ± 6.01	85.85 ± 9.96	0.783	0.437
	T_3	83.68 ± 5.98	85.85 ± 10.22	0.960	0.341

表 4 2 组血气分析比较

指标		常规组	个体化组	t 值	P 值
氧合指数	T_0	393.23 ± 70.11	414.93 ± 108.53	0.873	0.520
	T_1	497.32 ± 112.71	555.24 ± 94.75	2.044	0.046
	T_2	489.98 ± 97.06	566.76 ± 97.15	2.905	0.005
	T_3	497.41 ± 120.78	593.66 ± 106.68	3.103	0.003
	T_4	372.60 ± 65.37	389.92 ± 67.61	0.957	0.343
	T_5	379.20 ± 30.49	400.14 ± 39.57	2.177	0.034
PCO_2 /mmHg	T_0	38.91 ± 3.24	38.47 ± 3.95	0.440	0.662
	T_1	37.13 ± 4.22	36.60 ± 5.51	0.394	0.695
	T_2	35.91 ± 4.40	35.62 ± 7.47	0.180	0.858
	T_3	35.48 ± 4.56	35.58 ± 4.99	0.074	0.941
	T_4	39.88 ± 5.37	38.78 ± 9.90	0.509	0.613
	T_5	34.83 ± 4.79	36.40 ± 4.52	1.242	0.220

表 5 2 组围术期肺功能相关指标比较

肺功能指标		常规组	个体化组	<i>t</i> 值	<i>P</i> 值
肺顺应性	T ₁	31.93 ± 4.31	39.56 ± 6.05	5.343	0.000
	T ₂	30.96 ± 4.74	38.44 ± 6.15	5.007	0.000
	T ₃	30.56 ± 4.55	38.07 ± 5.73	5.312	0.000
气道平台压/cmH ₂ O	T ₁	16.88 ± 1.79	14.30 ± 2.68	4.274	0.000
	T ₂	16.85 ± 1.79	14.40 ± 2.68	3.942	0.000
	T ₃	17.30 ± 1.79	14.52 ± 2.61	4.561	0.000

表 6 2 组患者术后 7 d 的 PPCs 影像学及临床指标比较

组别	术后 1 d 胸部 CT(阳性/阴性)	咳嗽、咳痰(有/无)	发热(>38℃/<38℃)	心率(>100 次/min/<100 次/min)
常规组	14/13	3/24	16/11	10/17
个体化组	10/17	2/25	14/13	9/18
χ^2 值	0.682	0.220	0.300	0.081
<i>P</i> 值	0.409	0.639	0.584	0.776

3 讨 论

近年来,颅脑的大型手术越来越多,通常需要相对较长时间的机械通气,而机械通气是引起肺损伤的一个重要因素,可引起呼吸机相关肺损伤,PPCs 发生率较高。此外,相关研究指出,开颅手术也被认为会导致肺容积减少和动脉血气张力以及呼吸模式的改变,手术后肺部并发症与手术持续时间(≥ 300 min)、既往慢性肺疾病有显著相关性^[4]。在开颅大手术中,颅内幕下区域的手术、ASA $\geq$ II 级、肿瘤的部分切除也被列为导致术后肺部并发症发生的危险因素^[5]。因此,行开颅大型手术的患者相对于其他类型的外科手术患者更容易出现 PPCs。PPCs 事件的发生增加了死亡率、术后住院时间、ICU 治疗、患者再入院和费用^[6]。目前高潮气量、较低 PEEP 甚至无 PEEP 的通气方案,仍是手术患者围手术期间的主要通气方案^[7]。肺保护性通气策略仍未被广泛应用于各类手术,但已经引起国内外很多学者高度重视,尤其针对如何选择最优的肺保护性通气策略的研究越来越热。目前传统的围术期肺保护通气在胸科、腹部等手术已经开始逐步应用。研究结果提示,小潮气量联合中等的 PEEP 及定期肺复张可能有助于降低 PPCs 的发生^[8]。对比传统通气方案,保护性通风能减少腹部手术患者 PPCs 的发生,但有 meta 分析表明单纯的小潮气量及联合高的 PEEP 和肺复张并不能有效避免 PPCs 的发生,不合适的 PEEP 会给患者带来伤害,过低的 PEEP 并不能阻止肺塌陷,

而过高的 PEEP 会使肺区域过度膨胀造成肺损伤^[9]。有研究表明,在 9 cmH₂O PEEP 基础上,再给予额外压力,仍有肺组织可以复张^[10]。Amato MBP 等^[11]在研究 3 592 名 ARDS 患者驱动压(DP)与生存分析发现:气体驱动压与生存率存在强相关性,DP=Vt/Crs,同时 DP=气道平台压-PEEP,PEEP 增加可改善肺顺应性,从而降低 DP,因此术中控制驱动压显得更为重要。基于以上考虑,本研究采用肺顺应性滴定个体化的 PEEP 肺保护通气策略在颅脑手术的运用,并观察通气效果及术后 PPCs 的发生率。此通气策略在开放根治性膀胱切除术已经开始尝试应用,操作过程简单方便^[3]。

本研究中的肺保护性通气策略,采用小潮气量 VT:7 mL/kg(IBW),运用肺顺应性滴定的个体化 PEEP,间断 30 min 一次肺复张,采用压控模式肺复张技术的方法。相对于其他方法更为平稳安全。与常规通气策略(VT:9 mL/kg,PEEP 0 cmH₂O)进行比较,结果显示 2 组组内术中循环明显低于术前及术后($P<0.05$),主要由于全身麻醉对反射的抑制及血管的扩张作用,但仍在安全范围。2 组组间相比,各时段心率及平均动脉压均无统计学差异($P>0.05$),说明肺保护通气策略使用个体化 PEEP 及肺复张,对循环系统影响不显著。2 组动脉血气 PaCO₂ 在 T₀、T₁、T₂、T₃、T₄ 相比较,没有统计学差异($P>0.05$),表明通过调节呼吸频率及吸呼比可有效控制 PaCO₂。氧合指数(PaO₂/FiO₂)是评价患者肺功能的指标,能够反映患者肺内氧合状况^[12]。与 T₀ 时相比较,个体化组 PaO₂/FiO₂ T₁ 至 T₃ 时明显升高($P<0.05$),并且 T₁ 至 T₃

具有上升趋势,但不具有统计学意义($P>0.05$);常规组 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 表现为逐渐降低,也不具有统计学意义($P>0.05$);2 组组间相比,个体化组在 T_1 、 T_2 、 T_3 、 T_5 时 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 均明显高于对照组,差异具有统计学意义($P<0.05$),表明联用个体化 PEEP 组患者术中及术后 1 d 氧合能力较传统肺通气组好。选用气道平台压和肺顺应性来评价患者呼吸力学的指标^[12],与常规组相比,个体化组在术中通气各时段均明显降低($P<0.05$),同时肺顺应性明显优于常规组($P<0.05$),改善呼吸力学和降低肺内分流,从而增强氧合能力。小潮气量可以避免不必要的肺泡过度牵拉伤,降低气道平台压,而肺顺应性下滴定的 PEEP 能够最大限度开放呼气末塌陷的肺泡组织,减少过量反复开放气道和肺泡造成的机械伤,提高肺泡通气量。每隔 30 min 的肺复张可以打开更多的塌陷肺泡组织,提高氧合能力^[13]。同时,小潮气量配合 50% 氧浓度还能避免过度氧合引起氧化应激损伤,加重肺损伤,降低肺不张发生率^[14]。

个体化组在术后 1 d 胸部 CT 检查肺部并发症的阳性率低于常规组,但 2 组差异无统计学意义,可能与样本量不够有关;术后 7 d 肺部并发症发生情况、差异均无统计学意义。若辅以血清炎症因子检查,更能科学合理地反映肺组织受损程度,因此 IL-6、IL-8 等炎症因子的检测,将会继续研究。

综上所述,运用肺顺应性滴定的个体化 PEEP 联合小潮气量及肺复张的保护性肺通气策略,能够安全有效地运用于择期颅脑手术,并且明显改善该类患者肺功能,取得较好的通气效果,但对降低 PPCs 的效果有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] Güldner A, Kiss T, Serpa Neto A, et al. Intraoperative protective mechanical ventilation for prevention of postoperative pulmonary complications: a comprehensive review of the role of tidal volume, positive end-expiratory pressure, and lung recruitment maneuvers[J]. *Anesthesiology*, 2015, 123(3): 692–713.
- [2] Flexman AM, Gooderham PA, Griesdale DE, et al. Effects of an alveolar recruitment maneuver on subdural pressure, brain swelling, and mean arterial pressure in patients undergoing supratentorial tumour resection: a randomized crossover study[J]. *Can J Anaesth*, 2017, 64(6): 626–633.
- [3] Ruszkai Z, Kiss E, László I, et al. Effects of intraoperative PEEP optimization on postoperative pulmonary complications and the inflammatory response: study protocol for a randomized controlled trial[J]. *Trials*, 2017, 18(1): 375.
- [4] Sogame LCM, Vidotto MC, Jardim JR, et al. Incidence and risk factors for postoperative pulmonary complications in elective intracranial surgery[J]. *J Neurosurg*, 2008, 109(2): 222–227.
- [5] Chu H, Dang BW. Risk factors of postoperative pulmonary complications following elective craniotomy for patients with tumors of the brainstem or adjacent to the brainstem[J]. *Oncol Lett*, 2014, 8(4): 1477–1481.
- [6] Sabaté S, Mazo V, Canet J. Predicting postoperative pulmonary complications: implications for outcomes and costs[J]. *Curr Opin Anaesthesiol*, 2014, 27(2): 201–209.
- [7] Hess DR, Kondili D, Burns E, et al. A 5-year observational study of lung-protective ventilation in the operating room: a single-center experience[J]. *J Crit Care*, 2013, 28(4): 533. e9–533.15.
- [8] Chen L, Zhao HL, Alam A, et al. Postoperative remote lung injury and its impact on surgical outcome[J]. *BMC Anesthesiol*, 2019, 19(1): 30.
- [9] Anaesthesiology PROVENIFTCTNOTESO, Hemmes SNT, de Abreu MG, et al. High versus low positive end-expiratory pressure during general anaesthesia for open abdominal surgery (PROVHILO trial): a multicentre randomised controlled trial[J]. *Lancet*, 2014, 384 (9942): 495–503.
- [10] Jonson B, Richard JC, Straus C, et al. Pressure-volume curves and compliance in acute lung injury: evidence of recruitment above the lower inflection point[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 1999, 159(4 Pt 1): 1172–1178.
- [11] Amato MBP, Meade MO, Slutsky AS, et al. Driving pressure and survival in the acute respiratory distress syndrome[J]. *N Engl J Med*, 2015, 372(8): 747–755.
- [12] Kangelaris KN, Calfee CS, May AK, et al. Is there still a role for the lung injury score in the era of the Berlin definition ARDS?[J]. *Ann Intensive Care*, 2014, 4(1): 4.
- [13] Futier E, Constantin JM, Pelosi P, et al. Intraoperative recruitment maneuver reverses detrimental pneumoperitoneum-induced respiratory effects in healthy weight and obese patients undergoing laparoscopy[J]. *Anesthesiology*, 2010, 113(6): 1310–1319.
- [14] 张才军, 谢俊然, 肖旺频, 等. 个体化保护性肺通气策略对老年患者全身麻醉肺通气效果的影响[J]. *中华实验外科杂志*, 2019, 36(8): 1475–1478.

Zhang CJ, Xie JR, Xiao WP, et al. Effect of individualized protective pulmonary ventilation strategy on pulmonary ventilation in elderly patients under general anesthesia[J]. *Chin J Exp Surg*, 2019, 36(8): 1475–1478.

(责任编辑:唐秋姗)