

· 论 著 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.19.002

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20230911.1735.002\(2023-09-13\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20230911.1735.002(2023-09-13))

长居高海拔地区患者返回平原后行非心胸手术 术后肺部并发症的调查*

朱 婵¹,完玛龙主¹,虞 夏²,尚凯茜¹,吴 江¹

(1. 西藏自治区人民政府驻成都办事处医院麻醉科,成都 610041;2. 成飞医院麻醉科,成都 610000)

[摘要] **目的** 探索高原脱习服患者行非心胸手术术后肺部并发症(PPCs)发生情况,评估高原环境对术后肺部并发症的影响。**方法** 选取 2021 年 1—11 月于西藏自治区人民政府驻成都办事处医院拟行非心胸手术治疗的患者 233 例,返回平原后行非心胸手术的高原暴露患者 113 例为观察组(L 组),选择无高原旅居史的平原患者 120 例作为对照组(C 组)。两组术中均采用国际公认的肺保护性通气策略。记录两组入手术室时(T1)、气管插管后 5 min(T2)、手术开始后 30 min(T3)、手术结束前 5 min(T4)、出恢复室时(T5)的脉搏血氧饱和度(SpO₂)和动脉血气分析值。比较两组患者各时间点的 SpO₂、动脉血氧分压(PaO₂)、动脉血二氧化碳分压(PaCO₂)及术后 7 d 肺部并发症的发生情况。**结果** L 组在 T1、T5 时间点的 SpO₂ (94.3%±3.9%、88.8%±2.5%)明显低于 C 组(97.2%±2.7%、94.6%±2.2%),差异有统计学意义(P<0.05)。同时,L 组在 T1、T5 时的 PaO₂ 分别为(73.5±3.1)、(64.3±9.6)mmHg,明显低于 C 组[(100.0±2.5)、(132.9±21.4)mmHg],差异有统计学意义(P<0.05)。L 组术后 7 d 肺部并发症的发生率、住院时间和住院总费用分别是 13.3%、(14.6±10.9)d、(43 272.0±25 550.6)元,明显高于 C 组[3.3%、(9.3±5.1)d、(34 590.7±14 177.5)元],差异有统计学意义(P<0.05)。**结论** 近 5 年高原脱习服期人群行非心胸手术,术后 7 d 肺部并发症发生率、住院时间和住院总费用明显增加。

[关键词] 脱习服;肺部并发症;肺保护性通气;高海拔**[中图分类号]** R563**[文献标识码]** A**[文章编号]** 1671-8348(2023)19-2887-05

Investigation of pulmonary complications after non-cardiothoracic surgery in patients living at high altitude after returning to the plain: a single-center and prospective, cohort study*

ZHU Chan¹, WANMA Longzhu¹, YU Xia², SHANG Kaixi¹, WU Jiang¹

(1. Department of Anesthesiology, Chengdu Office of the People's Government of Tibet Autonomous Region, Chengdu, Sichuan 610041, China; 2. Department of Anesthesiology, Chengfei Hospital, Chengdu, Sichuan 610000, China)

[Abstract] **Objective** To explore the incidence of postoperative pulmonary complications (PPCs) after non-cardiothoracic surgery in patients with high altitude acclimatization, and to evaluate the impact of high altitude environment on postoperative pulmonary complications. **Methods** From January to November, 2021, a total of 233 patients exposed to high altitude environmental who underwent non-cardiothoracic surgery in Chengdu Office Hospital of Tibet Autonomous Region People's Government were selected as the observation group (L group), and 120 patients with high altitude environmental exposure who had no history of living at high altitude were selected as the control group (C group). The internationally recognized lung protective ventilation strategy (LPVS) was adopted in both groups. The pulse oxygen saturation (SpO₂) and arterial blood gas analysis values of the two groups were recorded at the time of entering the operating room (T1), 5 minutes after tracheal intubation (T2), 30 minutes after the operation (T3), 5 minutes before the operation (T4), and at the time of leaving the recovery room (T5). The SpO₂, PaO₂, PaCO₂ and PPCs seven days after operation at each time point were compared between the two groups. **Results** The SpO₂ of the group L at T1

* 基金项目:2020 年西藏自治区自然科学基金项目(XZ202001ZR0045G);2021 年西藏自治区自然科学基金项目(XZ202101ZR0049G);2020 年西藏自治区人民政府驻成都办事处医院院级科研项目(2020YJYB-3)。 作者简介:朱婵(1987—),主治医师,学士,主要从事高原脱习服全身麻醉术后肺部并发症的预防。

and T5 was $94.3\% \pm 3.9\%$ and $88.8\% \pm 2.5\%$, respectively, which was significantly lower than that of the group C at T1 and T5 ($97.2\% \pm 2.7\%$ and $94.6\% \pm 2.2\%$, $P < 0.05$). At the same time, the PaO₂ of the group L at T1 and T5 was (73.5 ± 3.1) mmHg and (64.3 ± 9.6) mmHg, respectively, which was significantly lower than that of the group C (100.0 ± 2.5) mmHg and (132.9 ± 21.4) mmHg, and the difference was statistically significant ($P < 0.05$). Seven days after operation, the incidence, hospitalization time and total hospitalization expenses of PPCs in the group L were 13.3%, (14.6 ± 10.9) d, and ($43\,272.0 \pm 25\,550.6$) yuan, respectively, which were significantly higher than those in the group C of 3.3%, (9.3 ± 5.1) d, and ($34\,590.7 \pm 14\,177.5$) yuan ($P < 0.05$). **Conclusion** In the past five years, the incidence of pulmonary complications, length of stay and total hospitalization expenses increased significantly in the seven days after the non-cardiothoracic surgery for people who were acclimatization at high altitude.

[Key words] acclimatization; pulmonary complications; lung protective ventilation; high altitude

据人口学统计调查显示,每年逾 1 亿人永久居住或移居高原后再返回平原生活,其中大部分居于我国。适应海拔是生物体的一种复杂能力,主要涉及心血管和呼吸系统,需要增加身体组织的氧气供应^[1]。心血管系统的交感神经调节,首先表现为心输出量、收缩压和静息心率的变化。同时呼吸在补偿高原低压缺氧方面起着重要作用^[2]。其主要生理改变为缺氧性肺血管收缩、肺通气动力及通气阻力增加、低氧通气反应、肺泡气氧分压降低、动脉氧分压降低、肺换气功能下降、充血性右心衰竭、右心房增大等。由高原返回平原后,机体将进行系列生理调整。这一过程被称为高原脱习服或高原脱适应(deacclimatization to high altitude, DAHA)。术后肺部并发症(postoperative pulmonary complications, PPCs)是手术患者术后主要并发症之一,也是导致患者术后住院时间延长、死亡率增加的主要原因^[3]。PPCs 是术后影响患者康复的主要因素^[4-5]。

国际公认的肺保护性通气策略,包括小潮气量($6 \sim 8$ mL/kg)、适当的呼气末正压通气($6 \sim 8$ cmH₂O)及肺复张手法,被认为是改善全身麻醉术后肺部结局的有效措施。相比传统的通气模式,可减少呼吸机相关肺损伤发生、改善肺功能、降低 PPCs 发病率和死亡率^[6-9]。在肺保护通气策略(lung-protective ventilation strategies, LPVS)国际专家共识中,专家们一致认为年龄超过 50 岁、BMI > 40 kg/m²、合并呼吸暂停综合征、术前贫血、术前低氧血症、急诊或紧急手术、通气时间超过 2 h 是 PPCs 的主要危险因素^[10],而关于 PPCs 是否与环境因素相关,目前尚无报道。因此,为探索长期暴露于高海拔人群返回平原后行非心胸手术 PPCs 的发生率及疾病的分布规律,笔者设计了一项前瞻性、队列研究,评估环境因素对 PPCs 的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2021 年 1—11 月于西藏自治区人民政府驻成都办事处医院拟行非心胸手术治疗的患者 233 例,年龄 ≥ 18 岁、美国麻醉医师协会(ASA)分级 I ~ III

级, BMI < 30 kg/m², 按是否长居(> 6 个月)高海拔地区(海平面高度 $> 3\,000$ m)分为观察组(L 组, $n = 113$)和对照组(C 组, $n = 120$),两组均在平原地区行非心胸手术,其中观察组返回平原时间为 31~61 个月,平均为 56.51 个月。在病例记录表中填写受试患者基础数据,所有患者的基本信息均录入受试患者筛选表。排除标准:任何原因不能配合研究或研究者认为不宜纳入本试验者;术前 3 个月内有急性肺损伤或急性呼吸窘迫综合征病史;合并心功能不全、既往脑梗死、严重肝脏疾病(如肝衰竭)或慢性肾衰竭(肾小球滤过率小于 30 mL/min)者;孕期、哺乳期女性;已参与其他临床试验者。本研究经西藏自治区人民政府驻成都办事处医院伦理委员会审批通过(伦理批号:2020 年科研第 72 号),患者均签署知情同意书。

1.2 麻醉方式

麻醉诱导时采用头高位或倾斜位以减轻仰卧位导致的膈肌上抬压迫肺部区域。诱导过程中采用无创正压通气或持续正压通气作为辅助通气手段进一步减轻因麻醉诱导引起的功能残气量下降,并延长呼吸暂停非缺氧的持续时间。麻醉维持根据患者情况可采用静脉、静吸复合或吸入麻醉药(七氟烷)为主的麻醉方式。术中通气参数设置采用 LPVS,即根据预测体重设置 $6 \sim 8$ mL/kg 小潮气量、 $6 \sim 8$ cmH₂O 的呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP)、气管插管后即刻、每小时、气管拔管前进行的呼吸机控制肺复张从潮气量 $6 \sim 8$ mL/kg 和吸呼比为 1 : 2 开始,然后每 3~6 次呼吸递增 4 mL/kg 的潮气量,直至 Pplat 达到 $30 \sim 40$ cmH₂O,在此水平上再进行 3~6 次呼吸;吸呼比为 1 : 2;调整呼吸频率至呼气末二氧化碳(end-expiratory carbon dioxide, EtCO₂)维持在 $35 \sim 45$ mmHg;吸入氧浓度(FiO₂)为 50%;调节麻醉深度维持脑电双频谱指数 40~60。术后患者送入恢复室,术后 24 h 再以普通鼻氧管吸入 2~3 L/min 的氧气。

1.3 观察指标

记录两组入手术室时(T1)、气管插管后 5 min(T2)、手术开始后 30 min(T3)、手术结束前 5 min

(T4)、出恢复室时(T5)的脉搏血氧饱和度 (SpO₂)和动脉血气分析值。比较两组患者各时间点的 SpO₂、动脉血氧分压(PaO₂)、动脉血二氧化碳分压(PaCO₂)。通过记录两组术后 7 d、术后 30 d 肺部症状体征及实验室、影像学检查,采用国际公认的墨尔本肺部并发症评判法(Melbourne Group Scale Version 2, MGSV-2)^[4,11]评估两组术后肺部并发症发生情况,以及记录术后恶心呕吐、术后 30 d 内死亡、术后 30 d 内再次手术、术后住院总费用及住院时间。

1.4 统计学处理

采用 SPSS22.0 软件进行数据录入与统计分析。正态分布的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用两独立样本 *t* 检验和配对 *t* 检验;计数资料以例数或百分比表示,采用 χ^2 检验。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较

两组患者性别、年龄、吸烟史、BMI、其他系统疾病、美国麻醉医师协会(ASA)分级、术前 ARISCAT 评分^[12]、麻醉时间、手术时间及术中入量等差异无统计学意义($P > 0.05$)。L 组术前患呼吸系统疾病患者数明显高于对照组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

2.2 两组患者 SpO₂ 和血气分析结果比较

T2、T3、T4 时间点,L 组的 PaO₂ 明显低于 C 组($P < 0.05$),两组间 SpO₂ 和 PaCO₂ 差异无统计学意义($P > 0.05$)。L 组的 SpO₂、PaO₂ 在 T1、T5 时间点均低于 C 组,差异有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

2.3 两组患者术后情况比较

与 C 组相比,L 组术后 7 d 肺部并发症发生率、住院总费用和住院时间明显增加,差异有统计学意义($P < 0.05$)。两组 30 d 内均无死亡病例,术后 30 d 肺

部并发症、术后恶心呕吐及术后 30 d 内再次手术的发生率差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 3。

表 1 两组患者术前资料及手术资料比较

项目	L 组 (n=113)	C 组 (n=120)	<i>t</i> / χ^2	<i>P</i>
性别[n(%)]			0.010	0.918
男	45(39.8)	47(39.2)		
女	68(60.2)	73(60.8)		
年龄($\bar{x} \pm s$,岁)	50.7±11.9	51.3±10.7	-0.462	0.644
身高($\bar{x} \pm s$,cm)	164.3±8.4	164.9±7.8	-0.582	0.561
体重($\bar{x} \pm s$,kg)	70.7±14.2	68.0±12.6	1.531	0.127
BMI($\bar{x} \pm s$,kg/m ²)	26.1±4.3	25.2±5.1	1.489	0.138
术前 ARISCAT 评分($\bar{x} \pm s$,分)	18.1±14.2	20.5±11.7	-1.361	0.175
手术时间($\bar{x} \pm s$,min)	154.0±80.0	164.4±81.3	-0.985	0.326
麻醉时间($\bar{x} \pm s$,min)	245.1±88.5	224.7±100	1.635	0.103
术中入量($\bar{x} \pm s$,mL)	1 333.1±899.2	1 406.7±801.8	-0.660	0.510
呼吸系统疾病[n(%)]			5.393	0.020
有	11(9.7)	3(2.5)		
无	102(90.3)	117(97.5)		
其他系统疾病[n(%)]			0.516	0.473
有	29(25.7)	26(21.7)		
无	84(74.3)	94(78.3)		
ASA 分级[n(%)]			3.206	0.201
I 级	2(1.8)	7(5.8)		
II 级	100(88.5)	98(81.7)		
III 级	11(9.7)	15(12.5)		
IV 级	0	0		

表 2 两组患者 SpO₂ 和血气分析结果比较($\bar{x} \pm s$)

时刻	SpO ₂ (%)		PaO ₂ (mmHg)		PaCO ₂ (mmHg)	
	C 组(n=120)	L 组(n=113)	C 组(n=120)	L 组(n=113)	C 组(n=120)	L 组(n=113)
T1	97.2±2.7	94.3±3.9 ^a	100.0±2.5	73.5±3.1	35.1±2.6	35.8±3.5
T2	99.7±0.8	98.9±0.2	241.7±36.4	200.0±31.3 ^a	43.5±3.1	42.0±3.5
T3	99.5±1.1	98.4±1.4	231.5±32.2	195.4±39.8 ^a	40.9±5.5	41.2±3.3
T4	99.1±0.3	98.9±0.9	237.4±29.7	180.3±31.2 ^a	38.7±3.4	37.5±4.5
T5	94.6±2.2	88.8±2.5 ^a	132.9±21.4	64.3±9.6 ^a	35.4±2.9	40.1±3.2 ^a

^a: $P < 0.05$,与 C 组比较。

表 3 两组患者术后肺部并发症等情况比较

组别	<i>n</i>	术后 7 d 肺部并发症 [n(%)]	住院时间 ($\bar{x} \pm s$,d)	住院总费用 ($\bar{x} \pm s$,元)	术后 30 d 肺部并发症 [n(%)]	术后 30 d 死亡 (<i>n</i>)	恶心呕吐 [n(%)]	术后 30 d 再次手术 [n(%)]
L 组	113	15(13.3) ^a	14.6±10.9 ^a	43 272.0±25 550.6 ^a	3(2.7)	0	36(31.9)	2(1.8)
C 组	120	4(3.3)	9.3±5.1	34 590.7±14 177.5	6(5.0)	0	32(26.7)	4(3.3)

^a: $P < 0.05$,与 C 组比较。

3 讨 论

久居海拔高度 3 000 m 以上的移居者或世居者由于高原特殊的地理环境,易患高原慢性病,包括高原衰退症、高原红细胞增多症、高原心脏病和慢性高山病或蒙赫病^[13]。导致高原慢性病的主要致病因素为高原低压缺氧环境。长期处于缺氧环境下,直接影响机体肺泡的气体交换和血液携氧功能^[14-15],而机体通过代偿性保护机制即缺氧性肺血管收缩(hypoxic pulmonary vasoconstriction, HPV)维持通气和血流比相适应。但 HPV 保护机制使得肺循环阻力增加,导致肺动脉高压,肺局部灌注不均匀,右心后负荷增加。BERGER 等^[16]发现常氧下肺动脉收缩压平均为(22±3)mmHg,而吸入氧浓度为 12%的氧气 4 h 后,肺动脉收缩压为(33±3)mmHg。而慢性缺氧又可导致肺血管重塑,肺血管重塑和肺血管收缩是低氧性肺动脉高压(hypoxic pulmonary hypertension, HPH)形成的两个重要的病理过程^[17],而这类人群返回平原后,呼吸系统的病理改变将不可逆,故其 SpO₂ 及 PaO₂ 都低于平原人群,而术前 PaO₂ 与 PPCs 的发生呈负相关^[18],从而诱发肺部感染、呼吸衰竭、胸腔积液、慢性阻塞性肺气肿和肺源性心脏病等,严重影响患者的生活质量和寿命^[19]。

高原环境也可导致呼吸系统不可逆的生理改变。研究表明,在高于 2 295 m 的中高海拔地区生活人群呼吸、生理功能将发生一系列改变,主要表现为呼吸峰值流速、最大通气量、每分钟通气量、潮气量和功能残气量增加,用力肺活量减低^[20-21],最终导致不可逆的胸廓直径增加。LPVS 国际专家共识认为机械通气时小潮气量联合 PEEP 可以改善氧合,提高呼气末肺容量,增加功能残气量,防止肺泡萎陷^[10]。故本研究采用国际公认的围术期肺保护性通气策略,即设置 6~8 mL/kg 小潮气量、6~8 cmH₂O 的呼气末正压等。但由于长居高海拔地区人群的潮气量和功能残气量增加,这类人群返回平原后再实施这种通气策略可能很难提高呼气末肺容量和增加功能残气量,故对此类人群实施肺保护性通气策略的最佳潮气量和最佳呼气末正压还需要进一步探索。以往研究也发现,采用同步间歇指令性通气联合高 PEEP(呼吸机初始 PEEP 为 5~7 cmH₂O)通气治疗高原肺水肿重症患儿,与采取低 PEEP(<5 cmH₂O)通气模式相比,可更好地提高治疗疗效^[22]。故本研究对此类人群术中采用的国际公认的围术期肺保护性通气策略必然导致呼气末肺容量不足、肺泡萎陷等现象,引起术中及术后部分肺组织(尤其是重力依赖区域)出现肺不张、肺部感染等肺部并发症。

PPCs 目前没有标准定义,通常包括肺部感染、呼吸衰竭、胸腔积液、肺不张、气胸、支气管痉挛、吸入性肺炎等^[3]。而术后肺部感染以肺炎常见,常并发胸腔

积液、呼吸衰竭等。肺炎是指肺部终末支气管和肺实质的炎性改变,全身麻醉机械通气患者常由于术中及术后肺不张引起一系列肺部并发症。

综上所述,长居高海拔地区人群发生不可逆的呼吸系统生理病理改变,将增加呼吸系统疾病的发生率^[21],哥伦比亚的一项对 5 539 人的研究也发现,慢性阻塞性肺疾病发病率与海拔呈正相关^[23],而术前存在呼吸系统疾病又是 PPCs 发生的主要危险因素之一^[10]。因此,笔者推测长期暴露于高海拔环境会增加 PPCs 发生率,也是 PPCs 发生的环境因素之一。

本研究也存在以下不足之处:(1)以 3 000 m 海拔高度作为高海拔人群的纳入标准。研究表明,3 000 m 海拔高度人群比 2 800 m 海拔高度人群在肺部的病理生理方面不会有明显改变,从而 PPCs 发生率应该接近。因此,不确定所讨论的海拔高度是否足以引起明显的 PPCs 发生。(2)本研究虽使用了多因素校正,但仍存在混杂因素影响。(3)本研究为单中心研究,样本量小,结果可能出现偏差。故还需要多中心、更大样本量的临床证据进行验证。

参考文献

- [1] STEELE A R, TYMKO M M, MEAH V L, et al. Global REACH 2018: renal oxygen delivery is maintained during early acclimatization to 4 330 m[J]. *Am J Physiol Renal Physiol*, 2020, 319(6): F1081-1089.
- [2] DOMEI W, SCHWABERGER G. Respiratory adaptation to altitude and risk factors due to respiratory illnesses [J]. *Wien Med Wochenschr*, 2000, 150(8/9): 163-168.
- [3] FERNANDEZ-BUSTAMANTE A, FRENDEL G, SPRUNG J, et al. Postoperative pulmonary complications, early mortality, and hospital stay following noncardiothoracic surgery: a multi-center study by the perioperative research network investigators[J]. *JAMA Surg*, 2017, 152(2): 157-166.
- [4] LI X, CHEN C, WEI X, et al. Retrospective comparative study on postoperative pulmonary complications after orthotopic liver transplantation using the melbourne group Scale(MGS-2) diagnostic criteria[J]. *Ann Transplant*, 2018, 23: 377-386.
- [5] TAO T, BO L, CHEN F, et al. Effect of protective ventilation on postoperative pulmonary complications in patients undergoing general anaesthesia: a meta-analysis of randomised controlled trials[J]. *BMJ Open*, 2014, 4(6): e005208.

- [6] BALL L, COSTANTINO F, OREFICE G, et al. Intraoperative mechanical ventilation; state of the art [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2017, 83(10):1075-1088.
- [7] TANG C, LI J, LEI S, et al. Lung-protective ventilation strategies for relief from ventilator-associated lung injury in patients undergoing craniotomy: a bicenter randomized, parallel, and controlled trial [J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2017, 2017:6501248.
- [8] OSTBERG E, THORISSON A, ENLUND M, et al. Positive end-expiratory pressure alone minimizes atelectasis formation in non-abdominal surgery: a randomized controlled trial [J]. *Anes Thesiol*, 2018, 128:1117.
- [9] D'ANTINI D, HUHLE R, HERRMANN J, et al. Respiratory system mechanics during low versus high positive end-expiratory pressure in open abdominal surgery: a sub-study of PROVHILO randomized controlled trial [J]. *Anesth Analg*, 2018, 126:143.
- [10] OUNG C C, HARRIS E M, VACCHIANO C, et al. Lung-protective ventilation for the surgical patient: international expert panel-based consensus recommendations [J]. *Br J Anaesth*, 2019, 123(6):898-913.
- [11] AGOSTINI P, NAIDU B, CIESLIK H, et al. Comparison of recognition tools for postoperative pulmonary complications following thoracotomy [J]. *Physiotherapy*, 2011, 97(4):278-283.
- [12] LANGERON O, CARREIRA S, SACHE F, et al. Postoperative pulmonary complications updating [J]. *Ann Fr Anesth Reanim*, 2014, 33(7/8):480-483.
- [13] 中华医学会第三次全国高原医学学术讨论会. 我国高原病命名、分型及诊断标准 [J]. *高原医学杂志*, 2010, 20(1):9-11.
- [14] DAVIS C, HACKETT P. Advances in the prevention and treatment of high altitude illness [J]. *Emerg Med Clin North Am*, 2017, 35(2):241-260.
- [15] LOVIS A, GABUS V, DAUCOURT C, et al. Hypoxic tests and prediction of high altitude illnesses [J]. *Rev Med Suisse*, 2019, 15(649):917-922.
- [16] BERGER M M, HESSE C, DEHNERT C, et al. Hypoxia impairs systemic endothelial function in individuals prone to high-altitude pulmonary edema [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2005, 172(6):763-767.
- [17] SARYBAEV A S, SYDYKOV A S, SARTMYRZAEVA M A, et al. Diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: from the point of view of 2017 [J]. *Ter Arkh*, 2017, 89(12):127-132.
- [18] 郑昊, 朱然, 章志丹, 等. 阻塞性肺疾病危险因素与术后肺部并发症关系的研究 [J]. *中国实用外科杂志*, 2007, 27(12):971-973.
- [19] YILDIZ P. Molecular mechanisms of pulmonary hypertension [J]. *Clin Chim Acta*, 2009, 403(1/2):9-16.
- [20] 李宜珊, 牛雅倩, 康睿男, 等. 不同海拔高度居住人群肺功能的对比研究 [J]. *西北国防医学杂志*, 2018, 39(3):145-147.
- [21] 关巍, 格日力. 高原环境对呼吸系统疾病的影响 [J]. *中华医学杂志*, 2015, 95(30):2491-2493.
- [22] 夏成, 刘勤, 王顺琴, 等. 高呼气末正压通气治疗高原肺水肿重症患儿的临床疗效观察 [J]. *中华妇幼临床医学杂志*, 2019, 15(3):300-306.
- [23] CABALLERO A, TORRES-DUQUE C A, JARAMILLO C, et al. Prevalence of COPD in five Colombian cities situated at low, medium and high altitude (PREPOCOL study) [J]. *Chest*, 2008, 133(2):343-349.

(收稿日期:2023-01-12 修回日期:2023-06-05)

(编辑:石芸)