

# 俯卧位通气对严重脑功能损伤患者低氧血症的影响

叶青青<sup>1</sup> 邵绍鲲<sup>2</sup> 吕海锋<sup>1</sup> 王飞飞<sup>1</sup> 沈国杰<sup>1</sup> 范伟娜<sup>1</sup> 吴晓梁<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 浙江大学医学院附属第一医院重症医学科, 浙江杭州 310003; <sup>2</sup> 临海市第二人民医院重症医学科, 浙江台州 317016

通信作者: 吴晓梁, Email: 936wxi@zju.edu.cn

**【摘要】目的** 观察俯卧位通气 (PPV) 在改善严重脑功能损伤患者低氧血症中的临床疗效。**方法** 采用回顾性研究方法, 选择 2020 年 8 月至 2021 年 8 月收住在浙江大学医学院附属第一医院重症医学科的 140 例严重脑功能损伤患者作为研究对象。按照纳入和排除标准, 对氧合指数  $\leq 200$  mmHg (1 mmHg  $\approx 0.133$  kPa) 并行 PPV 的 20 例患者进行统计分析。比较患者 PPV 前、PPV 后 12 h、恢复仰卧位后 12 h 血气分析相关指标 [包括动脉血氧分压 (PaO<sub>2</sub>)、吸入氧浓度 (FiO<sub>2</sub>)、氧合指数、动脉血氧饱和度 (SaO<sub>2</sub>)、动脉血二氧化碳分压 (PaCO<sub>2</sub>)、pH 值] 和呼吸机相关参数 [包括气道峰压 (PIP)、呼气末正压 (PEEP)、潮气量 (VT)、肺动态顺应性 (Cdyn) 等], 以及平均动脉压 (MAP)、心率 (HR) 的差异, 同时记录患者 PPV 期间的相关并发症。**结果** 患者男性 15 例, 女性 5 例; 平均年龄 (46.10  $\pm$  17.22) 岁, 平均 PPV 时间 (22.20  $\pm$  5.94) h。与 PPV 前比较, 患者 PPV 后 12 h 和恢复仰卧位后 12 h PaO<sub>2</sub>、氧合指数、SaO<sub>2</sub>、VT、Cdyn 均明显升高 [PaO<sub>2</sub> (mmHg): 98.35  $\pm$  21.85、98.45  $\pm$  17.90 比 72.15  $\pm$  10.14, 氧合指数 (mmHg): 198.82  $\pm$  40.51、202.27  $\pm$  46.39 比 133.20  $\pm$  33.95, SaO<sub>2</sub>: 0.97  $\pm$  0.02、0.97  $\pm$  0.01 比 0.94  $\pm$  0.03, VT (mL): 558.42  $\pm$  111.23、580.29  $\pm$  119.44 比 484.82  $\pm$  123.77, Cdyn (mL/cmH<sub>2</sub>O): 26.11  $\pm$  5.42、27.90  $\pm$  5.80 比 24.15  $\pm$  6.13, 均  $P < 0.05$ ]; 与 PPV 后 12 h 比较, 患者恢复仰卧位后 12 h Cdyn 亦明显升高 ( $P < 0.05$ )。患者 PPV 前后各时间点 FiO<sub>2</sub>、PaCO<sub>2</sub>、pH 值、PIP、PEEP、HR、MAP 比较差异均无统计学意义 (均  $P > 0.05$ )。5 例患者在 PPV 后出现以颜面部为主的皮肤受压处红肿, 恢复为仰卧位后逐渐好转。期间未出现导管脱落、恶性心律失常及明显血流动力学不稳等情况。**结论** PPV 对改善严重脑功能损伤患者的低氧血症有一定临床疗效。

**【关键词】** 俯卧位通气; 脑功能损伤; 低氧血症; 急性呼吸窘迫综合征

**基金项目:** 浙江省基础公益研究计划 (LGF20H150007)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2024.01.009

## The effect of prone position ventilation on hypoxemia in patients with severe brain damage

Ye Qingqing<sup>1</sup>, Shao Shaokun<sup>2</sup>, Lyu Haifeng<sup>1</sup>, Wang Feifei<sup>1</sup>, Shen Guojie<sup>1</sup>, Fan Weina<sup>1</sup>, Wu Xiaoliang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Critical Care Medicine, the First Affiliated Hospital, College of Medicine, Zhejiang University, Hangzhou 310003, Zhejiang, China; <sup>2</sup>Department of Critical Care Medicine, Lin Hai Second People's Hospital, Taizhou 317016, Zhejiang, China

Corresponding author: Wu Xiaoliang, Email: 936wxi@zju.edu.cn

**【Abstract】Objective** To explore the clinical efficacy of prone position ventilation (PPV) in improving hypoxemia in patients with severe brain damage. **Methods** A retrospective research method was conducted, 140 patients with severe brain damage who were admitted to the department of critical care medicine of the First Affiliated Hospital, Zhejiang University School of Medicine from August 2020 to August 2021 were selected as subject objected. According to the inclusion and exclusion criteria, 20 patients with oxygenation index  $\leq 200$  mmHg (1 mmHg  $\approx 0.133$  kPa) who were treated with PPV were statistically analyzed. The patients' blood gas analysis related indicators [including arterial partial pressure of oxygen (PaO<sub>2</sub>), fractional of inspired oxygen (FiO<sub>2</sub>), oxygenation index, arterial oxygen saturation (SaO<sub>2</sub>), arterial partial pressure of carbon dioxide (PaCO<sub>2</sub>), pH value], ventilator-related parameters [including peak inspiratory pressure (PIP), positive end-expiratory pressure (PEEP), tidal volume (VT), lung dynamic compliance (Cdyn), etc.], and mean arterial pressure (MAP), heart rate (HR) were compared before PPV, 12 hours after PPV, and 12 hours after reverting to supine position. At the same time, the related complications of patients during PPV were recorded. **Results** There were 15 males and 5 females, the mean age of the patients was (46.10  $\pm$  17.22) years old, the average PPV time was (22.20  $\pm$  5.94) hours. Compared with before PPV, patients showed significant increases in PaO<sub>2</sub>, oxygenation index, SaO<sub>2</sub>, VT, and Cdyn at 12 hours after PPV and 12 hours after recovery from supine position [PaO<sub>2</sub> (mmHg): 98.35  $\pm$  21.85, 98.45  $\pm$  17.90 vs. 72.15  $\pm$  10.14, oxygenation index (mmHg): 198.82  $\pm$  40.51, 202.27  $\pm$  46.39 vs. 133.20  $\pm$  33.95, SaO<sub>2</sub>: 0.97  $\pm$  0.02, 0.97  $\pm$  0.01 vs. 0.94  $\pm$  0.03, VT (mL): 558.42  $\pm$  111.23, 580.29  $\pm$  119.44 vs. 484.82  $\pm$  123.77, Cdyn (mL/cmH<sub>2</sub>O): 26.11  $\pm$  5.42, 27.90  $\pm$  5.80 vs. 24.15  $\pm$  6.13, all  $P < 0.05$ ]; Compared with 12 hours

after PPV, the Cdyn of the patient still showed a significant increase after 12 hours of recovery from supine position ( $P < 0.05$ ). There were no statistical differences in the  $\text{FiO}_2$ ,  $\text{PaCO}_2$ , pH value, PIP, PEEP, HR, and MAP of patients at various time points before and after PPV (all  $P > 0.05$ ). Five patients developed redness and swelling at the skin compression site mainly on the face after PPV, which gradually improved after returning to a supine position. During this period, there was no occurrence of catheter detachment, malignant arrhythmia, or significant hemodynamic instability.

**Conclusion** PPV has a certain clinical effect on improving hypoxemia in patients with severe brain damage.

**【Key words】** Prone position ventilation; Brain damage; Hypoxemia; Acute respiratory distress syndrome

**Fund program:** Basic Public Welfare Project of Zhejiang Province (LGF20H150007)

DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2024.01.009

严重脑功能损伤患者由于复杂的病理生理过程,常伴随出现低氧血症,从而进一步加重病情,甚至危及生命。因此,对于这类患者,及时监测并纠正低氧血症至关重要。近年来,俯卧位通气(prone position ventilation, PPV)在中重度急性呼吸窘迫综合征(acute respiratory distress syndrome, ARDS)治疗中的疗效已被证明<sup>[1-2]</sup>,但其在严重脑功能损伤患者低氧血症中应用的报告并不多。现通过回顾性分析近年来浙江大学医学院附属第一医院采用 PPV 治疗严重脑功能损伤患者低氧血症的实践效果,以期改善此类患者的低氧血症提供诊疗经验和参考。

## 1 对象与方法

**1.1 研究对象:** 回顾性分析 2020 年 8 月至 2021 年 8 月浙江大学医学院附属第一医院重症医学科收治的 140 例成人(年龄 $\geq 18$ 岁)严重脑功能损伤患者的相关临床数据。

**1.1.1 纳入标准:** ① 各种昏迷原因明确的原发性或继发性脑功能损伤患者,并符合以下标准:深昏迷[格拉斯哥昏迷评分(Glasgow coma score, GCS)3分];咳嗽反射消失(用长度超过人工气道的吸引管刺激患者气管黏膜时无咳嗽动作)<sup>[3]</sup>;② 出现低氧血症:机械通气下,呼气末正压(positive end-expiratory pressure, PEEP) $\geq 5$  cmH<sub>2</sub>O(1 cmH<sub>2</sub>O $\approx 0.098$  kPa)时,氧合指数 $\leq 200$  mmHg(1 mmHg $\approx 0.133$  kPa);③ 接受了 PPV 治疗。

**1.1.2 排除标准:** ① 住院时间不超过 48 h;② 病例资料或数据缺失。

**1.1.3 伦理学:** 本研究符合《赫尔辛基宣言》伦理学标准,并已通过浙江大学医学院附属第一医院医学伦理委员会审批(审批号:2021-647),对患者采取的治疗和检测均获得患者家属知情同意。

## 1.2 治疗方法

**1.2.1 基础通气治疗:** 患者为气管插管或气管切开状态,接呼吸机进行机械通气,采用压力控制通气模式,潮气量(tidal volume, VT)8~10 mL/kg,呼吸频

率 10~18 次/min,吸入氧浓度(fractional of inspired oxygen,  $\text{FiO}_2$ )0.30~1.00, PEEP $\geq 5$  cmH<sub>2</sub>O、吸呼比为 1:1.5~1:2.5。

**1.2.2 PPV 的实施:** 在俯卧位前需先暂停肠内营养并回抽胃内容物,清除口鼻腔及气道分泌物,做好物品及患者准备后,由 5~6 名医护人员共同协作,将患者从仰卧位有序翻转成俯卧位,患者头、肩、胸、髋、膝部等骨隆突处都会放置有减压垫或软枕保护,肢体摆放于功能位,定期更换头颈部方向。整个过程中已保证呼吸机管道、血管通路等在位通畅。PPV 过程中给予常规机械辅助低频振动排痰和吸痰。患者 PPV 时间不少于 12 h,患者有明显血流动力学异常、恶性心律失常等并发症随时终止俯卧位,翻转回仰卧位<sup>[4]</sup>。

**1.3 资料收集:** ① 基本信息:性别、年龄、PPV 时间、脑功能损伤的原因及其原发疾病;② PPV 前、PPV 后 12 h、恢复仰卧位后 12 h 患者动脉血气分析相关指标,包括动脉血氧分压(arterial partial pressure of oxygen,  $\text{PaO}_2$ )、 $\text{FiO}_2$ 、动脉血氧饱和度(arterial oxygen saturation,  $\text{SaO}_2$ )、动脉血二氧化碳分压(arterial partial pressure of carbon dioxide,  $\text{PaCO}_2$ )、pH 值;呼吸机相关参数,包括 VT、气道峰压(peak inspiratory pressure, PIP)、PEEP;心率(heart rate, HR)、平均动脉压(mean arterial pressure, MAP)。分别计算氧合指数,氧合指数= $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ ,肺动态顺应性(dynamic compliance, Cdyn)= $\text{VT}/(\text{PIP}-\text{PEEP})$ ;③ 患者 PPV 期间出现的并发症。

**1.4 统计学方法:** 使用 SPSS 25.0 统计软件进行数据分析。经 Kolmogorov-Smirnov 法对计量资料进行正态性检验,正态分布的计量资料以均数 $\pm$ 标准差( $\bar{x}\pm s$ )表示,组间比较采用单因素重复测量的方差分析,事后比较采用 Bonferroni 法;非正态分布的计量资料以中位数(四分位数)[ $M(Q_L, Q_U)$ ]表示。计数资料以例(率)表示,采用  $\chi^2$  检验。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结 果

**2.1 一般情况：**最终纳入 20 例患者的资料进行统计分析,其中男性 15 例(75%),女性 5 例(25%);年龄 21~78 岁,平均( $46.10 \pm 17.22$ )岁;患者平均 PPV 时间( $22.20 \pm 5.94$ )h。导致患者脑功能损伤的原发疾病:颅脑外伤 11 例(55.0%),自发性脑出血 6 例(30.0%),脑梗死 2 例(10.0%),心搏骤停 1 例(5.0%)。

### 2.2 PPV 前后各时间点的相关指标的变化比较

**2.2.1 各时间点血气分析相关指标的比较(表 1)：**患者 PPV 后 12 h 和恢复仰卧位后 12 h  $\text{PaO}_2$ 、氧合指数、 $\text{SaO}_2$  均较 PPV 前明显升高(均  $P < 0.05$ );PPV 后 12 h 与恢复仰卧位后 12 h  $\text{PaO}_2$ 、氧合指数、 $\text{SaO}_2$  比较差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ );患者 PPV 前后各时间点的  $\text{FiO}_2$ 、 $\text{PaCO}_2$ 、pH 值比较差异均无统计学意义(均  $P > 0.05$ )。

表 1 PPV 前后各时间点血气分析  
相关指标的变化比较( $\bar{x} \pm s$ )

| 时间          | 例数<br>(例) | $\text{PaO}_2$<br>(mmHg) | $\text{FiO}_2$            | 氧合指数<br>(mmHg)       |
|-------------|-----------|--------------------------|---------------------------|----------------------|
| PPV 前       | 20        | $72.15 \pm 10.14$        | $0.57 \pm 0.13$           | $133.20 \pm 33.95$   |
| PPV 后 12 h  | 20        | $98.35 \pm 21.85^a$      | $0.51 \pm 0.16$           | $198.82 \pm 40.51^a$ |
| 恢复仰卧位后 12 h | 20        | $98.45 \pm 17.90^a$      | $0.51 \pm 0.14$           | $202.27 \pm 46.39^a$ |
| F 值         |           | 13.369                   | 2.328                     | 48.793               |
| P 值         |           | 0.000                    | 0.111                     | 0.000                |
| 时间          | 例数<br>(例) | $\text{SaO}_2$           | $\text{PaCO}_2$<br>(mmHg) | pH 值                 |
| PPV 前       | 20        | $0.94 \pm 0.03$          | $48.10 \pm 8.84$          | $7.41 \pm 0.08$      |
| PPV 后 12 h  | 20        | $0.97 \pm 0.02^a$        | $43.95 \pm 9.61$          | $7.42 \pm 0.07$      |
| 恢复仰卧位后 12 h | 20        | $0.97 \pm 0.01^a$        | $46.15 \pm 9.63$          | $7.40 \pm 0.08$      |
| F 值         |           | 15.699                   | 1.319                     | 0.624                |
| P 值         |           | 0.000                    | 0.276                     | 0.541                |

注:与 PPV 前比较,  $^aP < 0.05$ ; 1 mmHg  $\approx 0.133$  kPa

**2.2.2 呼吸机相关参数及 HR、MAP 水平的比较(表 2)：**PPV 后 12 h 和恢复仰卧位后 12 h VT、Cdyn 均较 PPV 前明显升高(均  $P < 0.05$ ),且患者恢复仰卧位后 12 h Cdyn 亦较 PPV 后 12 h 明显升高( $P < 0.05$ );PPV 后 12 h 和恢复仰卧位后 12 h VT 比较差异无统计学意义( $P > 0.05$ );PPV 前后各时间点 PIP、PEEP、HR、MAP 比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

**2.3 PPV 期间的相关并发症：**有 5 例患者在 PPV 后出现以颜面部为主的皮肤受压处红肿,恢复为仰卧位后逐渐好转。期间未出现导管脱落、恶性心律失常及明显血流动力学不稳等情况。

表 2 PPV 前后各时间点呼吸机相关参数及  
HR、MAP 指标的变化比价( $\bar{x} \pm s$ )

| 时间          | 例数<br>(例) | PIP<br>(cmH <sub>2</sub> O)     | PEEP<br>(cmH <sub>2</sub> O) | VT<br>(mL)            |
|-------------|-----------|---------------------------------|------------------------------|-----------------------|
| PPV 前       | 20        | $26.75 \pm 4.87$                | $6.00 \pm 1.49$              | $484.82 \pm 123.77$   |
| PPV 后 12 h  | 20        | $28.05 \pm 4.11$                | $6.15 \pm 1.50$              | $558.42 \pm 111.23^a$ |
| 恢复仰卧位后 12 h | 20        | $27.80 \pm 4.03$                | $6.40 \pm 1.57$              | $580.29 \pm 119.44^a$ |
| F 值         |           | 2.450                           | 2.264                        | 15.536                |
| P 值         |           | 0.100                           | 0.118                        | 0.000                 |
| 时间          | 例数<br>(例) | Cdyn<br>(mL/cmH <sub>2</sub> O) | HR<br>(次/min)                | MAP<br>(mmHg)         |
| PPV 前       | 20        | $24.15 \pm 6.13$                | $101.65 \pm 15.82$           | $90.50 \pm 14.83$     |
| PPV 后 12 h  | 20        | $26.11 \pm 5.42^a$              | $99.10 \pm 17.30$            | $92.45 \pm 14.31$     |
| 恢复仰卧位后 12 h | 20        | $27.90 \pm 5.80^{ab}$           | $100.65 \pm 15.29$           | $87.70 \pm 15.20$     |
| F 值         |           | 21.561                          | 0.361                        | 0.751                 |
| P 值         |           | 0.000                           | 0.699                        | 0.438                 |

注:与 PPV 前比较,  $^aP < 0.05$ ; 与 PPV 后 12 h 比较,  $^bP < 0.05$ ;  
1 cmH<sub>2</sub>O  $\approx 0.098$  kPa

## 3 讨 论

本研究对象系颅脑外伤、脑血管疾病、心搏骤停等各种原因导致的原发性或继发性严重脑功能损伤患者,临床上观察到此类患者在病程中较易发生低氧血症。患者急性期普遍存在颅内压增高甚至短期内进展为脑疝,全身应激反应,使下丘脑功能严重紊乱,同时交感-肾上腺髓质系统过度兴奋<sup>[5-6]</sup>,促使体内儿茶酚胺类物质激增,进一步引起全身尤其是肺部炎症反应失控,释放出大量炎症介质,损伤肺泡毛细血管内皮细胞、肺泡上皮细胞,因肺毛细血管对蛋白质类物质的通透性升高,从而使液体渗出到肺泡和肺泡间质内,出现神经源性肺水肿<sup>[7-8]</sup>,导致类似 ARDS 的严重低氧血症。另外本研究的研究对象为严重脑功能损伤患者,表现为持续深昏迷且咳嗽反射消失,需依靠呼吸机机械辅助通气,其吞咽及咳嗽等气道自洁能力消失,加上仰卧位状态下患者深部痰液难以得到有效引流,可导致吸入性肺炎、肺不张、肺实变等并发症<sup>[9-10]</sup>,加重机体缺氧,甚至出现多器官功能障碍综合征(multiple organ dysfunction syndrome, MODS),增加患者的病死率。

PPV 可通过使背部萎陷肺泡的复张,减轻肺部病变的不均一性<sup>[11]</sup>,改善通气/血流比例,增加呼吸系统顺应性<sup>[1, 12-13]</sup>,并加强痰液引流,从而改善氧合,纠正低氧血症。现有的文献表明,PPV 有助于纠正颅脑损伤患者的低氧血症<sup>[14-15]</sup>。本研究回顾了 20 例持续深昏迷且咳嗽反射消失严重脑功能损伤并发生低氧血症患者的临床资料,结果显示,经 PPV 治疗至少 12 h 后  $\text{PaO}_2$ 、氧合指数及

SaO<sub>2</sub> 均较 PPV 前明显升高,提示在这类患者中,经过至少 12 h 的 PPV 治疗,患者的低氧状态能有所改善,这与之前 PPV 在 ARDS 中的研究结果较为一致<sup>[16-17]</sup>,且本研究患者恢复仰卧位后 12 h 氧合指数仍较 PPV 前有改善,类似结果在其他研究中也有报告<sup>[10, 18]</sup>,同时观察到患者 PPV 后 VT 及 Cdyn 均较 PPV 前明显提高,恢复仰卧位后 Cdyn 较 PPV 后 12 h 仍明显升高,提示 PPV 可能通过改善患者的呼吸系统顺应性,从而改善此类患者的氧合情况。

作为一种辅助治疗手段,据文献报告,PPV 的总体实施比例不高<sup>[4]</sup>,本单位前期实施 PPV 的过程中也确实存在医护依从性不高、实施流程不熟练且需花费较长时间等问题,经过培训及多次实际操作,目前已大为改善;另外并发症方面,本研究中主要出现患者颜面部皮肤受压红肿等压力性损伤,转为仰卧位后症状逐渐消失,其他常见的可能并发症为各种通路的导管脱出或移位<sup>[14, 19]</sup>、胃肠不耐受等,可通过熟练操作及精细护理加以预防和避免。因此,PPV 在熟练的监护室医护团队共同协作下简便易行,避免了严重并发症的发生,安全有效,具有无需特殊设备仪器、无创等优点<sup>[20]</sup>。

本研究的局限性:本研究属于回顾性单中心研究,样本量小,故后期仍需大样本量、前瞻性、多中心的研究进一步证实。

综上所述,本研究提示 PPV 对严重脑功能损伤患者的低氧血症有一定改善作用,能降低机体缺氧风险,且相对安全易行,值得临床借鉴和参考。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] Scholten EL, Beitler JR, Prisk GK, et al. Treatment of ARDS with prone positioning [J]. Chest, 2017, 151 (1): 215-224. DOI: 10.1016/j.chest.2016.06.032.
- [2] 刘涉泱,周干.急性呼吸窘迫综合征的诊断及呼吸支持治疗进展[J].中国中西医结合急救杂志,2019,26(2):247-250. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2019.02.029.
- [3] 国家卫生健康委员会脑损伤质控评价中心,中华医学会神经病学分会神经重症协作组,中国医师协会神经内科医师分会神经重症专业委员会.中国成人脑死亡判定标准与操作规范(第二版)[J].中华医学杂志,2019,99(17):1288-1292. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0376-2491.2019.17.003.
- [4] 中华医学会重症医学分会重症呼吸学组.急性呼吸窘迫综合征患者俯卧位通气治疗规范化流程[J].中华内科杂志,2020,59(10): 781-787. DOI: 10.3760/cma.j.cn112138-20200430-00439.
- [5] Matin N, Sarhadi K, Crooks CP, et al. Brain-lung crosstalk: management of concomitant severe acute brain injury and acute respiratory distress syndrome [J]. Curr Treat Options Neurol, 2022, 24 (9): 383-408. DOI: 10.1007/s11940-022-00726-3.
- [6] Meyfroidt G, Gunst J, Martin-Loeches I, et al. Management of the brain-dead donor in the ICU: general and specific therapy to improve transplantable organ quality [J]. Intensive Care Med, 2019, 45 (3): 343-353. DOI: 10.1007/s00134-019-05551-y.
- [7] 赵菁.神经源性肺水肿的发病机制及诊疗进展[J].中国中西医结合急救杂志,2015,22(4):442-444. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2015.04.032.
- [8] 陆宏达,姜素文,吴霄迪,等.神经源性肺水肿 6 例临床分析及文献复习[J].中华危重病急救医学,2022,34(2):188-190. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20211230-01956.
- [9] Son E, Jang J, Cho WH, et al. Successful lung transplantation after prone positioning in an ineligible donor: a case report [J]. Gen Thorac Cardiovasc Surg, 2021, 69 (9): 1352-1355. DOI: 10.1007/s11748-021-01676-4.
- [10] Marklin GF, O'Sullivan C, Dhar R. Ventilation in the prone position improves oxygenation and results in more lungs being transplanted from organ donors with hypoxemia and atelectasis [J]. J Heart Lung Transplant, 2021, 40 (2): 120-127. DOI: 10.1016/j.healun.2020.11.014.
- [11] 张磊,蒋文芳,吕光宇.俯卧位通气治疗在重型颅脑损伤并重度神经源性肺水肿中的应用效果研究[J].实用心脑血管病杂志,2016,24(10):37-41,42. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2016.10.011.
- [12] Guérin C, Albert RK, Beitler J, et al. Prone position in ARDS patients: why, when, how and for whom [J]. Intensive Care Med, 2020, 46 (12): 2385-2396. DOI: 10.1007/s00134-020-06306-w.
- [13] 杨茂宪,施云超,刁敬,等.俯卧位通气对肺外源性急性肺损伤的治疗作用[J].中国中西医结合急救杂志,2014,21(4):294-297. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2014.04.21.
- [14] Mendez MA, Fesmire AJ, Johnson SS, et al. A 360 degrees rotational positioning protocol of organ donors may increase lungs available for transplantation [J]. Crit Care Med, 2019, 47 (8): 1058-1064. DOI: 10.1097/CCM.0000000000003805.
- [15] 汤睿,周敏.机械通气对急性颅脑损伤患者肺脑保护作用的研究进展[J].中华危重病急救医学,2020,32(12):1533-1536. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20200917-00632.
- [16] Fan E, Del Sorbo L, Goligher EC, et al. An Official American Thoracic Society/European Society of Intensive Care Medicine/Society of Critical Care Medicine clinical practice guideline: mechanical ventilation in adult patients with acute respiratory distress syndrome [J]. Am J Respir Crit Care Med, 2017, 195 (9): 1253-1263. DOI: 10.1164/rccm.201703-0548ST.
- [17] Munshi L, Del Sorbo L, Adhikari NKJ, et al. Prone position for acute respiratory distress syndrome. A systematic review and meta-analysis [J]. Ann Am Thorac Soc, 2017, 14 (Supplement\_4): S280-S288. DOI: 10.1513/AnnalsATS.201704-343OT.
- [18] Wright JM, Gerges C, Shammassian B, et al. Prone position ventilation in neurologically ill patients: a systematic review and proposed protocol [J]. Crit Care Med, 2021, 49 (3): e269-e278. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004820.
- [19] Bernon P, Mrozek S, Dupont G, et al. Can prone positioning be a safe procedure in patients with acute brain injury and moderate-to-severe acute respiratory distress syndrome? [J]. Crit Care, 2021, 25 (1): 30. DOI: 10.1186/s13054-020-03454-9.
- [20] Mitchell DA, Seckel MA. Acute respiratory distress syndrome and prone positioning [J]. AACN Adv Crit Care, 2018, 29 (4): 415-425. DOI: 10.4037/aacnacc.2018161.

(收稿日期:2023-05-17)

(责任编辑:邸美仙)

## 关于经过广告审批后的广告中存在不规范医学名词术语未予更改的声明

依照广告审批的相关规定,按照广告厂家的要求,本刊刊登的血必净广告图片和内容均按照广告审查批准文件的原件刊出,故广告内容“成份”未修改为“成分”,时间单位仍用汉字表示,剂量单位“ml”未修改为“mL”,标示数值范围的标点符号“-”未修改为“~”。特此声明!