

再议俯卧位通气的时机

尹承芬 徐磊

【摘要】 患者在俯卧位状态下进行呼吸支持的技术称为俯卧位通气 (PPV), PPV 具有促进塌陷肺泡复张、改善通气血流比、改善呼吸系统顺应性、利于分泌物引流, 以及减少呼吸机相关性肺损伤 (VILI) 的优点, 但 PPV 启动时机缺少统一指征。目前急性呼吸窘迫综合征 (ARDS) 机械通气指南推荐对中重度 ARDS 患者实施 PPV, 鉴于 VILI 使 ARDS 复杂化, 对于传统 ARDS, PPV 应尽早实施; 对于体外膜肺氧合 (ECMO) 支持的 ARDS 患者, 建议在有条件的中心, 在 ECMO 支持早期开始实施 PPV。对于气管插管的低顺应性型新冠肺炎患者实施 PPV 的时机可参考传统 ARDS 患者。关于新冠肺炎患者清醒 PPV 的时机逐渐前移, 只要新冠肺炎患者无清醒 PPV 的禁忌证, 且患者可耐受, 即使氧合无明显降低, 亦可开始 PPV。

【关键词】 俯卧位通气; 时机; 急性呼吸窘迫综合征; 新冠肺炎; 体外膜肺氧合

Talk about the timing of prone position ventilation again Yin Chengfen, Xu Lei. Department of Critical Medicine, the Third Central Hospital of Tianjin, Tianjin Key Laboratory of Extracorporeal Life Support for Critical Diseases, Artificial Cell Engineering Technology Research Center, Tianjin Institute of Hepatobiliary Disease, Tianjin 300170, China

Corresponding author: Xu Lei, Email: nokia007008@163.com

【Abstract】 Prone position ventilation (PPV) is a technique of respiratory support for patients under a prone position. PPV has the advantages of promoting collapsed alveolar recruitment, enhancing ventilation/perfusion ratio, improving respiratory system compliance, facilitating secretion drainage, and reducing ventilator-associated lung injury. However, there is no unified recommendations for the timing of PPV initiation. For patients with moderate and severe ARDS, PPV is now recommended by guidelines for mechanical ventilation of acute respiratory distress syndrome (ARDS). Considering that ventilator-associated lung injury complicates ARDS, PPV should be implemented as soon as possible for patients with traditional ARDS. For those receiving extracorporeal membrane oxygenation (ECMO), it is recommended to start PPV at the early stage of ECMO support in ECMO centers. The timing of PPV for intubated COVID-19 patients with poor respiratory compliance can refer to patients with traditional ARDS. The timing for awake PPV in COVID-19 gradually moves forward. Even if oxygenation does not dramatically drop, PPV can be started in COVID-19 patients as long as they are tolerable and have no contraindications.

【Key words】 Prone position ventilation; Timing; Acute respiratory distress syndrome; COVID-19; Extracorporeal membrane oxygenation

俯卧位通气 (prone position ventilation, PPV) 是指患者在俯卧位状态下进行呼吸支持。1974 年,

首次报道 PPV 应用于急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 患者^[1]。2017 年美国胸科学会/欧洲重症监护医学学会/重症监护医学学会制定的成人 ARDS 患者机械通气临床实践指南与 2019 年法国重症监护医学协会制定的 ARDS 患者治疗指南均推荐中重度 ARDS 患者实施 PPV^[2-3]。近些年, PPV 逐渐广泛应用于气管插管之前的自主呼吸患者, 对其进行清醒 PPV, 尤其是新冠肺炎患者^[4-9]。但关于 PPV 的启动时机, 目前尚缺统一的指征。

DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2023.01.002

基金项目: 天津市科技计划项目 (18ZXDBSY00100, 21JCYBJC01200); 天津市医学重点学科 (专科) 建设项目 (TJYXZDXK-035A); 睿 E (睿意) 急诊医学研究专项基金项目 (R2019006)

作者单位: 300170 天津, 天津市第三中心医院重症医学科 天津市重症疾病体外生命支持重点实验室 天津市人工细胞工程技术研究中心 天津市肝胆研究所

通信作者: 徐磊, Email: nokia007008@163.com

一、PPV 的病理生理学效应

(一) 促进塌陷肺泡复张

ARDS 的主要病理改变为重力依赖区小气道陷闭和肺泡萎陷, 非重力依赖区肺泡过度通气。PPV 时, 胸腔内负压由背侧向腹侧逐渐减小, 背侧胸腔内负压增大, 跨肺压增大, 促进背侧肺泡重新开放。腹侧胸腔内负压减小, 跨肺压减少, 腹侧通气量减少, 但仍能维持腹侧肺泡开放。同时, 俯卧位后, 胸骨承担心脏重量, 解除了心脏对肺的部分压迫, 有利于肺的进一步膨胀。此外, 膈肌向尾侧移位, 减轻了背侧肺组织受到的压迫^[10-11]。

(二) 改善肺部通气血流比

由于肺重力依赖区的血流灌注最充分, 但肺泡萎陷最严重, 导致 ARDS 患者在仰卧位时存在明显的通气-血流比失调。PPV 时, 背侧肺组织肺泡复张的同时仍会接受大部分血流 (与重力梯度无关), 而腹侧肺组织在肺泡开始萎陷的同时仍会接受少量血流。即使重力依赖区肺泡不张的程度相近, PPV 可使肺内分流率下降, 进而改善通气血流比^[10-11]。

(三) 改善呼吸系统顺应性

俯卧位时, 由于地心引力作用, 背侧肺通气区域由重力依赖区转变为非重力依赖区, 顺应性增加。腹侧通气区域由非重力依赖区转变为重力依赖区, 顺应性下降。但背侧通气区域肺顺应性增加较腹侧通气区域肺顺应性下降明显, 肺泡通气更“均一”, 总的肺顺应性增加。肺顺应性增加较胸壁顺应性下降明显, 故呼吸系统总顺应性增加^[10-11]。

(四) 利于气道分泌物的引流

机械通气患者由于体位及镇静镇痛, 甚至肌松药物的使用, 深部痰液难以得到有效引流, 俯卧位时, 由于重力的作用, 大气道变得更直, 有利于气道分泌物的排出^[10-11]。

(五) 减少呼吸机相关性肺损伤

肺泡的反复扩张与塌陷导致的剪切伤是呼吸机相关性肺损伤 (ventilator induced lung injury, VILI) 发生的关键因素, 过高水平呼气末正压 (positive end-expiratory pressure, PEEP) 为剪切伤的重要原因。常规机械通气治疗为改善患者难以纠正的低氧血症常使用较高水平 PEEP, 潜在增加 VILI 风险, 而有研究证实同等程度的氧合指数改善, 俯卧位所需 PEEP 更低; 另有研究显示即使给予患者较高水平 PEEP, PPV 亦能提高肺泡稳定性

防止过度通气从而减少 VILI 发生^[10-11]。

二、PPV 开始的时机

(一) 传统 ARDS 患者

既往认为当 ARDS 患者需要高浓度氧吸入、PEEP 水平过高或传统机械通气不能改善氧合时, 就应及时考虑 PPV。一般在诊断 ARDS 后 12~36 h 进行 PPV 可收到良好效果。2013 年, Guérin 等及 PROSEVA 试验均对动脉血氧分压/吸入氧浓度 (arterial partial pressure of oxygen/fraction of inspired oxygen, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$) $<150 \text{ mmHg}$ ($\text{FiO}_2 \geq 0.6$ 且 $\text{PEEP} \geq 5 \text{ cmH}_2\text{O}$) ($1 \text{ mmHg}=0.133 \text{ kPa}$, $1 \text{ cmH}_2\text{O}=0.098 \text{ kPa}$) 的 ARDS 患者在早期 (分别为随机化后 1 h 内和气管插管 33 h 内) 进行长时间 PPV (分别为至少 16 h 和连续 17 h), 结果明显降低了患者的 90 d 病死率, 且并未增加并发症的风险^[12-13]。随后 Meta 分析结果也显示对于重度 ARDS 患者 ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 150 \text{ mmHg}$) ($1 \text{ mmHg}=0.133 \text{ kPa}$), 早期、长时间 PPV 可以降低患者病死率^[14-15]。目前 ARDS 机械通气指南推荐对中重度 ARDS 患者实施 PPV^[2-3]。为研究 PPV 时机对 ARDS 患者病情进展的影响, 宾夕法尼亚大学和马萨诸塞州综合医院的外科 ICU 通过对临床患者进行前瞻性纵向影像学研究, 并通过猪 ARDS 动物模型进行验证, 结果显示在造模成功后第 1 天, PPV 可使 $18.9\% \pm 5.2\%$ 的背侧肺组织复张; 在造模成功后第 2 天, PPV 使背侧复张区域减少到 $7.3\% \pm 1.5\%$, 明显低于造模成功后第 1 天, 结果提示虽然 PPV 改善了早期 ARDS 患者的背侧肺顺应性, 但对晚期 ARDS 没有影响。因此, PPV 对肺通气的影响可能取决于肺损伤的阶段和先前机械通气的持续时间, 延迟应用可能会限制其临床疗效^[16]。早期开始 PPV 有效是基于在 ARDS 急性渗出期萎陷的肺泡最容易复张的生理学原因。鉴于呼吸机引起的肺损伤会使 ARDS 复杂化, 这些有益的效果表明 PPV 应尽早实施, 而不是在 ARDS 病程的晚期实施。对于传统中重度 ARDS 患者, 早期长时间应用 PPV 有助于改善患者预后。

(二) 体外膜肺氧合支持 ARDS 患者

截至目前, 关于 ARDS 患者在接受体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 支持后是否仍需 PPV 治疗尚无统一意见。在一项涉及 23 个 ECMO 中心的国际调查中, 6% 的患者在 ECMO 支持第 1 天进行 PPV, 15% 的患者在整个

ECMO 支持过程中进行 PPV^[17]。既往考虑到 ARDS 患者在 ECMO 支持前已行 PPV 并未改善氧合, 且 PPV 存在增加 ECMO 相关并发症的潜在风险, 因此 ECMO 支持期间一般不再进行 PPV。此后有研究显示背侧潮气量/全肺潮气量比值更低的患者 PPV 后顺应性改善更明显^[18], 因此, 部分专家认为 CT 上显示背侧浸润的 ARDS 患者应在 ECMO 支持期间实施 PPV。随着研究的进展, 有证据表明 ECMO 支持患者 PPV 时最佳 PEEP 水平明显低于仰卧位通气^[18], PPV 改善了肺均一性, 在同样 PEEP 水平下产生过度膨胀风险更低, PPV 除了改善氧合, 还改善了呼吸系统顺应性以及降低了病死率^[18-22], ARDS 患者在 ECMO 支持期间实施 PPV 很少增加 ECMO 相关并发症^[23], 且 ECMO 患者行 PPV 后顺应性及氧合的改善与 CT 表现之间并无相关性^[19], 因此, 目前人们认为所有接受 ECMO 支持的 ARDS 患者均应行 PPV, 且 ECMO 支持期间进行 PPV 是安全的。

目前关于 ECMO 支持的 ARDS 患者进行 PPV 的时机仍有争议^[19, 24]。部分 ECMO 中心把 PPV 作为挽救性治疗手段, 仅在 ECMO 支持 7~10 d 后仍无法撤除, 或是在呼吸机和 ECMO 的 FiO_2 均设置为 100% (伴有或不伴有平台压 $>32 \text{ cmH}_2\text{O}$), 患者仍存在严重低氧血症 ($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 70 \text{ mmHg}$) 的情况下才启动 PPV, PPV 作为挽救性治疗手段改善了 ARDS 患者的氧合^[19, 25]。Giani 等^[22]进行的多中心回顾性研究纳入 240 例 ECMO 支持的 ARDS 患者, 其中 107 例患者在 ECMO 支持后 4 d 进行了平均 15 h 的 PPV, 多因素回归分析显示 PPV 患者院内病死率明显降低。Rilinger 等^[24]通过对 38 对倾向评分匹配的 ARDS 患者进行回顾性研究, 并未发现长时间 (平均时间 19.5 h) PPV 与 ECMO 撤机率及院内病死率相关, 但进一步亚组分析显示, 与 17 h 后行 PPV 或未行 PPV 的患者相比, 在 ECMO 支持最初 17 h 内进行 PPV 可明显改善其氧合和顺应性, 并降低肺内分流和患者病死率^[24]。因此, 目前关于 ECMO 支持的 ARDS 患者进行 PPV 的时机仍不明确。鉴于在有经验的中心, PPV 能够在 ECMO 支持 ARDS 患者中安全实施, 并能带来很多生理学上的受益, 可能潜在降低病死率, 建议在有条件的中心, 在 ECMO 支持的早期开始实施 PPV, 但仍需要大型 RCT 明确 ECMO 支持 ARDS 患者 PPV 的时机。

(三) 新冠肺炎 ARDS 患者

新冠肺炎患者可表现为急性呼吸衰竭, 甚至 ARDS。疫情早期, 新冠肺炎 ARDS 患者的呼吸管理一直依赖于传统 ARDS 治疗的肺保护性通气策略。但 Gattinoni 等^[26]认为新冠肺炎 ARDS 与典型 ARDS 并不完全相同, 强调了新冠肺炎 ARDS 的异质性, 并提出了两种主要表型, 即 L 型 (也称高顺应性亚型, 表现为低弹性回缩力、高顺应性) 和 H 型 (也称低顺应性亚型, 表现为高弹性回缩力、低顺应性)。L 型患者肺顺应性较高, PPV 通常没有改善氧合的效果。而 H 型与典型的重度 ARDS 更相似, 更适合选择肺保护性通气策略, 即较高的 PEEP、小潮气量以及联合 PPV, 对于气管插管的 H 型新冠肺炎患者实施 PPV 的时机可参考传统 ARDS 患者。

随着新冠肺炎疫情在全球暴发流行, ARDS 患者数量激增导致多地医疗资源短缺, 气管插管易产生气溶胶增加引起疾病传播的风险, 无创机械通气 (noninvasive mechanical ventilation, NIV) /经鼻高流量氧疗 (high-flow nasal cannula, HFNC) 虽能提供 PEEP 以维持肺泡开放, 但并不能很好地解决肺不均一性的问题, 而 PPV 有助于改善 V/Q 比, 使重力依赖区肺泡趋于复张, 同时, 非重力依赖区肺泡的过度通气状态减轻, 不仅能增加肺的顺应性, 还能有效避免 VILI, 因此, NIV/HFNC 联合清醒 PPV 可以增加 NIV/HFNC 救治成功率, 特别是在新冠肺炎患者呼吸衰竭早期。多项观察性研究发现清醒 PPV 联合 HFNC/NIV 可以改善新冠肺炎 ARDS 患者的氧合^[4, 27-29], 清醒 PPV 10 min 后患者氧合即明显改善, 且多数患者对清醒 PPV 的耐受程度较高, 15% 的患者表示能够接受, 41% 的患者感觉良好, 26% 的患者主观感受非常好^[27]。最近, Alhazzani 等^[9]对 400 例新冠肺炎导致的急性呼吸衰竭患者进行的多中心 RCT 研究结果显示每日进行约 5 h 清醒 PPV 并未减少 30 d 气管插管率, 但进一步亚组分析显示, 清醒 PPV 可以降低 $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2 > 150$ 的新冠肺炎患者的 30 d 气管插管率, 而 $\text{SpO}_2/\text{FiO}_2 < 150$ 的新冠肺炎患者未从清醒 PPV 中获益。我国《新型冠状病毒肺炎诊疗方案 (试行第九版)》提出对于 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 < 200 \text{ mmHg}$ 的新冠肺炎患者应在给予 NIV 或 HFNC 的同时实施每天 12 h 以上的清醒 PPV^[30]。除了联合 NIV/HFNC, 清醒 PPV 还可联合鼻导管、文丘里面罩等呼吸支持手段应用。当新冠

肺炎患者满足以下条件时可尽早行清醒 PPV: (1) 在 HFNC 或 NIV 的 FiO_2 达 0.3~0.6 或鼻导管、面罩吸氧的氧流量达 2~10 L/min 时才实现 $\text{SpO}_2 > 94\%$; (2) 影像学为 ARDS 双侧重力依赖区浸润影的表现; (3) 患者处于清醒状态且意识清楚, 能够自主翻身或者配合翻身, 并且能够在呼吸窘迫时进行呼救; (4) 患者能耐受体位的改变^[31]。关于新冠肺炎清醒 PPV 的时机逐渐前移, 只要新冠肺炎患者无清醒 PPV 的禁忌证, 且患者可耐受, 即使氧合无明显降低, 亦可开始 PPV, 当在吸入空气时 $\text{SpO}_2 > 92\%$ 持续 24 h 可以结束 PPV。在临床救治过程中, 可以通过影像学、氧合指数和 PaCO_2 以及呼吸力学变化来评估及预测清醒 PPV 的疗效。当 PPV 后低氧血症无改善, 或出现呼吸频率过快、潮气量过大或吸气努力过强等情况时, 往往提示疗效不佳, 应及时进行有创机械通气, 避免延误气管插管。另外, 对于血流动力学不稳定的患者或有其他 PPV 禁忌证的情况也应及时终止 PPV。因此, 对于气管插管的 H 型新冠肺炎患者实施 PPV 的时机可参考传统 ARDS 患者; 对于未进行气管插管的新冠肺炎患者, 清醒 PPV 的时机逐渐前移, 只要新冠肺炎患者无清醒 PPV 的禁忌证, 且患者可耐受, 即使氧合无明显降低, 亦可开始 PPV。

三、小结

虽然 PPV 是在肺保护性通气策略后首个循证医学证实能降低 ARDS 患者病死率的治疗措施, 然而关于 PPV 的开始时机尚无统一标准, 因而迫切需要指南推荐或者专家共识来指导 PPV 的临床应用。随着医疗技术的发展, 人们开始寻求非单一的治疗手段, 越来越关注 PPV 与其他方法的联合应用, 其中 PPV 联合 ECMO 可以减轻 VILI、改善氧合进而改善预后而不导致相关并发症的发生, 但 PPV 是在 ECMO 支持早期进行还是作为挽救性治疗手段, 还需要进一步研究证实。随着新冠疫情的暴发, 由于清醒 PPV 简单易行、并发症少且轻, 其联合 NIV/HFNC 已广泛应用于新冠肺炎所致急性呼吸衰竭, 这是对 ARDS 传统治疗的一种全新认识和对新冠肺炎特殊病理生理认识的结果, PPV 有效改善新冠肺炎患者氧合的原因可能归因于肺部病变相对均一、实变程度较轻。清醒患者缺氧程度、NIV/HFNC 依从性、肺实变程度, 甚至年龄、全身状况等都会影响 NIV/HFNC 清醒 PPV 的效果。目前, 清醒 PPV 已被纳入新冠肺炎治疗的临床指南和专家共识。我们

既不应将 PPV 作为一种补救措施, 也不应因 NIV/HFNC 在肺源性 ARDS 治疗效果的有限性而否定其联合清醒 PPV 在新冠肺炎救治中的作用。关于新冠肺炎患者实施清醒 PPV 的时机以及 PPV 时间等问题仍需继续研究, 以利于推广。

参 考 文 献

- 1 Bryan AC. Conference on the scientific basis of respiratory therapy. Pulmonary physiotherapy in the pediatric age group. Comments of a devil's advocate [J]. *Am Rev Respir Dis*, 1974, 110(6 Pt 2): 143-144.
- 2 Fan E, Del Sorbo L, Goligher EC, et al. American Thoracic Society, European Society of Intensive Care Medicine, and Society of Critical Care Medicine. 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.
- 3 Griffiths MJD, McAuley DF, Perkins GD, et al. Guidelines on the management of acute respiratory distress syndrome [J]. *BMJ Open Respir Res*, 2019, 6(1): e000420.
- 4 Ding L, Wang L, Ma WH, et al. Efficacy and safety of early prone positioning combined with HFNC or NIV in moderate to severe ARDS: a multi-center prospective cohort study [J]. *Crit Care*, 2020, 24 (1): 28.
- 5 Damarla M, Zaeh S, Niedermeier S, et al. Prone positioning of nonintubated patients with COVID-19 [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2020, 202(4): 604-606.
- 6 Thompson AE, Ranard BL, Wei Y, et al. Prone positioning in awake, nonintubated patients with COVID-19 hypoxemic respiratory failure [J]. *JAMA Intern Med*, 2020, 180 (11): 1537-1539.
- 7 Ehrmann S, Li J, Ibarra-Estrada M, et al. Awake Prone Positioning Meta-Trial Group. Awake prone positioning for COVID-19 acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, controlled, multinational, open-label meta-trial [J]. *Lancet Respir Med*, 2021, 9(12): 1387-1395.
- 8 Elharrar X, Trigui Y, Dols AM, et al. Use of prone positioning in non-intubated patients with COVID-19 and hypoxemic acute respiratory failure [J]. *JAMA*, 2020, 323(22): 2336-2338.
- 9 Alhazzani W, Parhar KKS, Weatherald J, et al. COVI-PRONE Trial Investigators and the Saudi Critical Care Trials Group. Effect of awake prone positioning on endotracheal intubation in patients with COVID-19 and acute respiratory failure: a randomized clinical trial [J]. *JAMA*, 2022, 327(21): 2104-2113.
- 10 Scholten EL, Beitler JR, Prisk GK, et al. Treatment of ARDS with prone positioning [J]. *Chest*, 2017, 151 (1): 215-224.
- 11 Mitchell DA, Seckel MA. Acute respiratory distress syndrome and prone positioning [J]. *AACN Adv Crit Care*, 2018, 29(4): 415-425.
- 12 Guérin C, Reignier J, Richard JC, et al. PROSEVA Study Group. Prone positioning in severe acute respiratory distress syndrome [J]. *N Engl J Med*, 2013, 368(23): 2159-2168.
- 13 Ayzac L, Girard R, Baboi L, et al. Ventilator-associated pneumonia in ARDS patients: the impact of prone positioning. A secondary analysis of the PROSEVA trial [J]. *Intensive Care Med*, 2016, 42(5): 871-878.
- 14 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(Suppl 4): S280-S288.

- 15 Moran JL, Graham PL. Multivariate meta-analysis of the mortality effect of prone positioning in the acute respiratory distress syndrome [J]. *J Intensive Care Med*, 2021, 36(11):1323-1330.
- 16 Xin Y, Martin K, Morais CCA, et al. Diminishing efficacy of prone positioning with late application in evolving lung injury [J]. *Crit Care Med*, 2021, 49(10): e1015-e1024.
- 17 Schmidt M, Pham T, Arcadipane A, et al. Mechanical ventilation management during extracorporeal membrane oxygenation for acute respiratory distress syndrome. An international multicenter prospective cohort [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 200(8): 1002-1012.
- 18 Francheineau G, Bréchet N, Hekimian G, et al. Prone positioning monitored by electrical impedance tomography in patients with severe acute respiratory distress syndrome on veno-venous ECMO [J]. *Ann Intensive Care*, 2020, 10(1): 12.
- 19 Kimmoun A, Roche S, Bridey C, et al. Prolonged prone positioning under VV-ECMO is safe and improves oxygenation and respiratory compliance [J]. *Ann Intensive Care*, 2015, 5(1): 35.
- 20 Lucchini A, De Felippis C, Pelucchi G, et al. Application of prone position in hypoxaemic patients supported by veno-venous ECMO [J]. *Intensive Crit Care Nurs*, 2018, 48: 61-68.
- 21 Garcia B, Cousin N, Bourel C. Prone positioning under VV-ECMO in SARS-CoV-2-induced acute respiratory distress syndrome [J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 428.
- 22 Giani M, Martucci G, Madotto F, et al. Prone positioning during venovenous extracorporeal membrane oxygenation in acute respiratory distress syndrome: a multicenter cohort study and propensity-matched analysis [J]. *Ann Am Thorac Soc*, 2021, 18(3): 495-501.
- 23 Culbreth RE, Goodfellow LT. Complications of prone positioning during extracorporeal membrane oxygenation for respiratory failure: a systematic review [J]. *Respir Care*, 2016, 61(2): 249-254.
- 24 Rillinger J, Zotzmann V, Bemtgen X, et al. Prone positioning in severe ARDS requiring extracorporeal membrane oxygenation [J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 397.
- 25 Guervilly C, Hraiech S, Gariboldi V, et al. Prone positioning during veno-venous extracorporeal membrane oxygenation for severe acute respiratory distress syndrome in adults [J]. *Minerva Anesthesiol*, 2014, 80(3): 307-313.
- 26 Gattinoni L, Chiumello D, Caironi P, et al. COVID-19 pneumonia: different respiratory treatments for different phenotypes? [J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(6): 1099-1102.
- 27 Coppo A, Bellani G, Winterton D, et al. Feasibility and physiological effects of prone positioning in non-intubated patients with acute respiratory failure due to COVID-19 (PRON-COVID): a prospective cohort study [J]. *Lancet Respir Med*, 2020, 8(8): 765-774.
- 28 Xu QC, Wang T, Qin XM, et al. Early awake prone position combined with high-flow nasal oxygen therapy in severe COVID-19: a case series [J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 250.
- 29 Sartini C, Tresoldi M, Scarpellini P, et al. Respiratory parameters in patients with COVID-19 after using noninvasive ventilation in the prone position outside the intensive care unit [J]. *JAMA*, 2020, 323(22): 2338-2340.
- 30 国家卫生健康委员会办公厅, 国家中医药管理局办公室. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案 (试行第九版) [EB/OL]. (2022-03-14) [2022-03-15], http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/15/content_5679257.htm.
- 31 Bower G, He H. Protocol for awake prone positioning in COVID-19 patients: to do it earlier, easier, and longer [J]. *Crit Care*, 2020, 24(1): 371.
- (收稿日期: 2022-09-20)
(本文编辑: 卫轲)

尹承芬, 徐磊. 再议俯卧位通气的时机[J/OL]. 中华重症医学电子杂志, 2023, 9(1): 9-13.

中華醫學會