



(OSID码)

• COVID-19 专栏 •

俯卧位无创正压通气在重型新型冠状病毒肺炎患者治疗中的应用探索

高胜浩, 王东平, 张晓菊, 忽新刚, 李轩轩, 张文杰, 马利军, 李震宇, 宋利敏, 王凯, 刘智达, 程剑剑

【摘要】 《新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第七版)》指出,对于以急性呼吸窘迫、低氧血症为表现的重型、危重型新型冠状病毒肺炎(COVID-19)患者,呼吸支持是其基础治疗,但目前无创正压通气(NIPPV)作为COVID-19并呼吸衰竭患者的呼吸支持方法的使用意见不统一,给临床医务人员带来困惑。笔者结合前期应用NIPPV救治重型流感、急性呼吸窘迫综合征(ARDS)的经验及其所在医疗团队救治COVID-19患者的经验,采用俯卧位NIPPV有效治疗了重型COVID-19患者1例,并探讨了俯卧位NIPPV在重型COVID-19患者治疗中的应用,仅供临床参考。

【关键词】 新型冠状病毒肺炎; 俯卧位通气; 无创正压通气; 呼吸支持治疗

【中图分类号】 R 563.19 【文献标识码】 A DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.09.002

高胜浩, 王东平, 张晓菊, 等. 俯卧位无创正压通气在重型新型冠状病毒肺炎患者治疗中的应用探索[J]. 实用心脑血管肺病杂志, 2020, 28(9): 5-9. [www.syxnf.net]

GAO S H, WANG D P, ZHANG X J, et al. Application of non-invasive positive pressure ventilation in prone position in the treatment of patients with severe COVID-19 [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2020, 28(9): 5-9.

Application of Non-invasive Positive Pressure Ventilation in Prone Position in the Treatment of Patients with Severe COVID-19 GAO Shenghao, WANG Dongping, ZHANG Xiaojie, HU Xingang, LI Xuanxuan, ZHANG Wenjie, MA Lijun, LI Zhenyu, SONG Limin, WANG Kai, LIU Zhida, CHENG Jianjian

Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Henan Provincial People's Hospital/People's Hospital of Zhengzhou University/People's Hospital of Henan University, Zhengzhou 450003, China

Corresponding author: CHENG Jianjian, E-mail: chengjian030701@163.com

【Abstract】 Corona Virus Disease 2019 Diagnosis and Treatment Plan (trial version 7) pointed out that, respiratory support is the basic treatment for severe corona virus disease 2019 (COVID-19) patients presenting with acute respiratory distress and hypoxemia. However, there are different opinions on NIPPV as respiratory support for COVID-19 patients with respiratory failure, which brings confusion to clinical medical staff. The author combined the previous experience of NIPPV in the treatment of severe influenza and ARDS and some experience of his medical team in the treatment of patients with COVID-19, effectively treated a patient with severe COVID-19, and discussed the application of NIPPV in prone position in the treatment of patients with severe COVID-19, which is only for clinical reference.

【Key words】 Corona virus disease 2019; Prone position ventilation; Non-invasive positive pressure ventilation; Respiratory support therapy

基金项目: 河南省医学科技攻关计划项目(201702193); 河南省医学教育研究课题(wjlx2019079)

450003 河南省郑州市, 河南省人民医院 郑州大学人民医院 河南大学人民医院呼吸与危重症医学科

通信作者: 程剑剑, E-mail: chengjian030701@163.com

of the efficacy of manipulative therapy combined with functional training in the rehabilitation of early-stage femur head necrosis [J]. Chinese General Practice, 2015, 18(36): 4506-4509. DOI: 10.3969/j.issn.1007-9572.2015.36.022.

[25] 李健, 孟涛, 石辉, 等. 冲击波联合高压氧治疗股骨头坏死的临床疗效观察[J]. 中华物理医学与康复杂志, 2018, 40(5): 378-379. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0254-1424.2018.05.016.

[26] 杨静, 解超英, 阳成英. 新型冠状病毒肺炎普通型病例 40 例

临床研究[J]. 实用心脑血管肺病杂志, 2020, 28(2): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.02.001.

YANG J, XIE C Y, YANG C Y. Common type of COVID-19: clinical analysis of 40 cases [J]. Practical Journal of Cardiac Cerebral Pneumal and Vascular Disease, 2020, 28(2): 1-4. DOI: 10.3969/j.issn.1008-5971.2020.02.001.

(收稿日期: 2020-07-03; 修回日期: 2020-08-10)

(本文编辑: 崔丽红)

近期随着新型冠状病毒肺炎 (COVID-19) 新确诊、疑似病例数量持续减少, 全国疫情救治防控已进入新的阶段, 但危重症患者数量仍较多, 这将加大救治难度、增加病死率, 因此当前防控与救治形势依然严峻。《新型冠状病毒肺炎诊疗方案 (试行第七版)》^[1] 指出, 对于以急性呼吸窘迫、低氧血症为表现的重型、危重型 COVID-19 患者, 呼吸支持是基础治疗, 可根据患者呼吸窘迫程度及影像学表现选择经鼻高流量氧疗 (high-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC)、无创正压通气 (non-invasive positive pressure ventilation, NIPPV)、有创正压通气 (invasive positive pressure ventilation, IPPV)、俯卧位通气 (prone position ventilation, PPV) 及体外膜肺氧合 (extracorporeal membrane oxygenation, ECMO) 等治疗措施, 但 NIPPV 在 COVID-19 患者中的应用尚存在一定争议。有专家指出 NIPPV 存在压力支持水平低、患者依从性差、失败率高等问题, 因此不推荐常规使用 NIPPV 治疗 COVID-19^[2]; 但也有专家认为, COVID-19 导致的呼吸衰竭及间质性肺炎, 使用 IPPV 治疗效果较差且并发症较多, 因此建议使用 NIPPV^[3-4]。NIPPV 使用意见的不统一给临床医务人员带来困惑, 笔者结合前期应用 NIPPV 救治重型流感、急性呼吸窘迫综合征 (acute respiratory distress syndrome, ARDS) 的经验及其所在医疗团队救治 COVID-19 患者的经验, 探讨了俯卧位 NIPPV 在重型 COVID-19 患者治疗中的应用, 仅供临床参考。

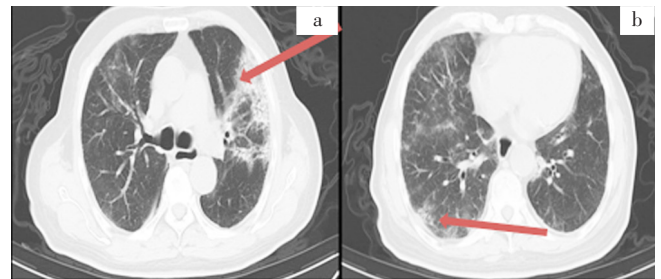
1 俯卧位 NIPPV 治疗病例简介

患者, 男, 81 岁, 诊断为 COVID-19 (重型)、ARDS、慢性支气管炎、胆囊结石。入院时患者体温 37.3 °C, 心率 90 次/min, 呼吸频率 (respiratory rate, RR) 23~30 次/min, 血压 124/68 mm Hg (1 mm Hg=0.133 kPa), 胸廓两侧呼吸运动减弱, 双肺叩诊音清音, 呼吸节律不规整, 可自行咳出少量白色痰液。给予患者 HFNC, 流量 50 L/min, 检测患者吸入氧浓度 (fraction of inspiration O₂, FiO₂) 为 80%、脉搏血氧饱和度 (pulse oxygen saturation, SpO₂) 为 95%、氧合指数为 145.8 mm Hg, 患者活动后仍出现呼吸急促。对比患者入院时及入院 4 d 后胸部 CT 检查结果发现, 肺部病变明显进展 (见图 1、2)。HFNC 下患者氧合指数欠佳, 肺功能较差, 会诊后建议及早进行机械通气支持治疗, 但考虑患者年龄偏大, 有慢性肺病, 且目前处于炎症反应期, 气管插管后易合并细菌、真菌二重感染, 救治难度较大。综合评估后决定给予患者俯卧位 NIPPV 治疗, 以改善患者肺通气、换气功能及氧合情况。NIPPV 参数: 平均容量保证压力支持 (average volume-assured pressure support, AVAPS) 模式, 潮气量 (tidal volume, VT) 为 420 ml, RR 为 20 次/min, 吸气相正压 (inspiratory positive airway pressure, IPAP) 为 15~25 cm H₂O (1 cm H₂O=0.098 kPa), 呼气相正压 (expiratory positive airway pressure, EPAP) 为 10 cm H₂O, FiO₂ 为 100%。俯卧位 NIPPV 治疗 2 h 后患者氧合指数升高至 168.0 mm Hg, RR 与通气量有所下降, 治疗 6 h 后氧合指数升高至 215.0 mm Hg, 考虑患者高龄、俯卧位时心脏负荷大, 因此转为仰卧位 NIPPV 治疗, 8 h 后再次

进行俯卧位 NIPPV 治疗, 采取俯卧位 NIPPV 少时多次策略。俯卧位 NIPPV 治疗后氧合指数变化见图 3; 俯卧位 NIPPV 治疗后 1 d, 患者双肺通气不均匀, 肺透亮度较低 (见图 4a); 俯卧位 NIPPV 治疗后 2 d, 患者双肺通气改善, 肺透亮度较前增高 (见图 4b), 提示患者病情有所好转。

2 讨论

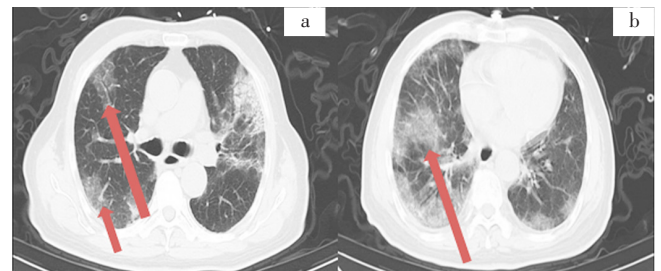
ARDS 是重型、危重型 COVID-19 患者常见的呼吸系统并发症^[5], 该类患者常存在顽固性低氧血症, 常规氧疗难以奏效, 机械通气是其最主要的呼吸支持手段^[6]。虽然经气管



注: a 为左上肺斑片状磨玻璃影炎性改变 (箭头所指处), b 为右下肺近胸膜处炎性改变 (箭头所指处)

图 1 患者入院时胸部 CT 检查结果

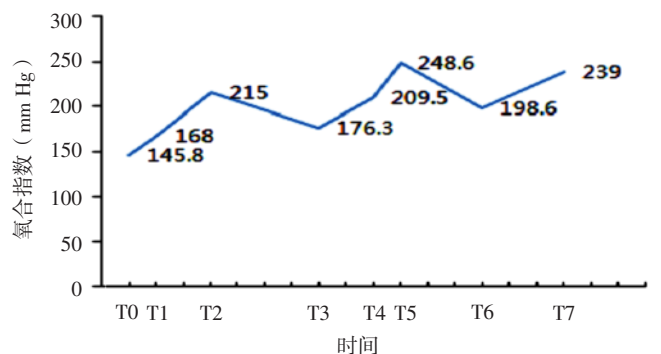
Figure 1 Chest CT examination results of patient on admission



注: a、b 为右上、下肺新发斑片状炎性改变 (箭头所指处)

图 2 患者入院 4 d 后胸部 CT 检查结果

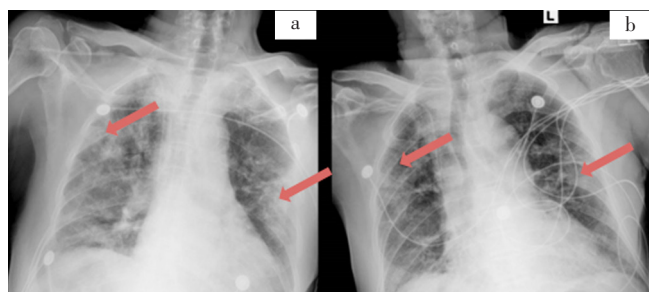
Figure 2 Chest CT examination results of patient 4 days after admission



注: T0 为俯卧位无创正压通气 (NIPPV) 治疗前, T1 为俯卧位 NIPPV 治疗 2 h, T2 为俯卧位 NIPPV 治疗 6 h, T3 为仰卧位 NIPPV 治疗 8 h, T4 为第 2 次俯卧位 NIPPV 治疗 4 h, T5 为第 2 次俯卧位 NIPPV 治疗 6 h, T6 为第 2 次仰卧位 NIPPV 治疗 6 h, T7 为第 3 次俯卧位 NIPPV 治疗 6 h

图 3 患者俯卧位 NIPPV 治疗前后氧合指数变化

Figure 3 Changes of oxygenation index of patient before and after NIPPV in prone position



注: a 为患者俯卧位 NIPPV 治疗后 1 d, 双肺通气不均匀, 肺透亮度较低 (箭头所指处); b 为患者俯卧位 NIPPV 治疗后 2 d, 双肺通气改善, 肺透亮度较前增高 (箭头所指处)

图 4 患者俯卧位 NIPPV 治疗后 1、2 d 胸部 CT 检查结果

Figure 4 Chest CT examination results of patient 1 and 2 days after NIPPV in prone position

插管或气管切开进行 IPPV 可提高 ARDS 患者肺泡通气及改善氧合情况, 但建立人工气道易并发多种并发症、增加医护人员相关操作感染风险, 且 IPPV 时间越长则患者撤机越困难, 机会性感染风险越高, 病死率亦越高^[7]。研究表明, NIPPV 有助于提高动脉血氧分压、改善肺换气功能、纠正组织缺氧状态, 且与 IPPV 相比, 其无需建立人工气道, 故呼吸机相关并发症及气道操作减少, 医护人员感染风险降低^[8]。因此, 为了减少 IPPV 相关并发症并为原发病治疗赢得时间, 临床上对常规吸氧无效的 ARDS 患者早期多给予 NIPPV 治疗^[9]。

目前, PPV 已被推荐作为重型、危重型 COVID-19 患者机械通气的辅助治疗措施^[1]。既往荟萃分析结果显示, PPV 可有效复张萎陷的肺组织、减少肺内分流、改善肺内通气/血流比例、降低肺组织应力、促进肺通气趋于均匀, 进而有效改善患者氧合、利于分泌物清除并降低患者病死率^[10]。但有研究表明, 俯卧位 IPPV 治疗 ARDS 患者虽然效果确切, 但费时、费力且相关并发症较多, 因此俯卧位 IPPV 在临床上的使用率并不高, 仅占重症 ARDS 患者的 33%^[11]。COVID-19 传染性较强, 医务人员需穿戴防护服, 行动操作不便, 因此实

施俯卧位 IPPV 难度更大、风险更高, 且临床上以出现气管插管堵塞最为常见^[12-13]。COVID-19 患者尸检病理报告显示, 患者小气道内可见大量黏稠分泌物, 可阻碍正常肺通气并导致气道不通畅^[14], 因此应在清除气道分泌物的基础上给予呼吸支持。为此, 笔者结合前期应用 NIPPV 救治重症流感、ARDS 的经验及所在医疗团队救治 COVID-19 患者的经验, 对重型 COVID-19 患者早期实施俯卧位 NIPPV, 以降低 NIPPV 的失败率并减少 PPV 相关并发症, 结果显示, 俯卧位 NIPPV 治疗 2 d 后患者病情出现好转。

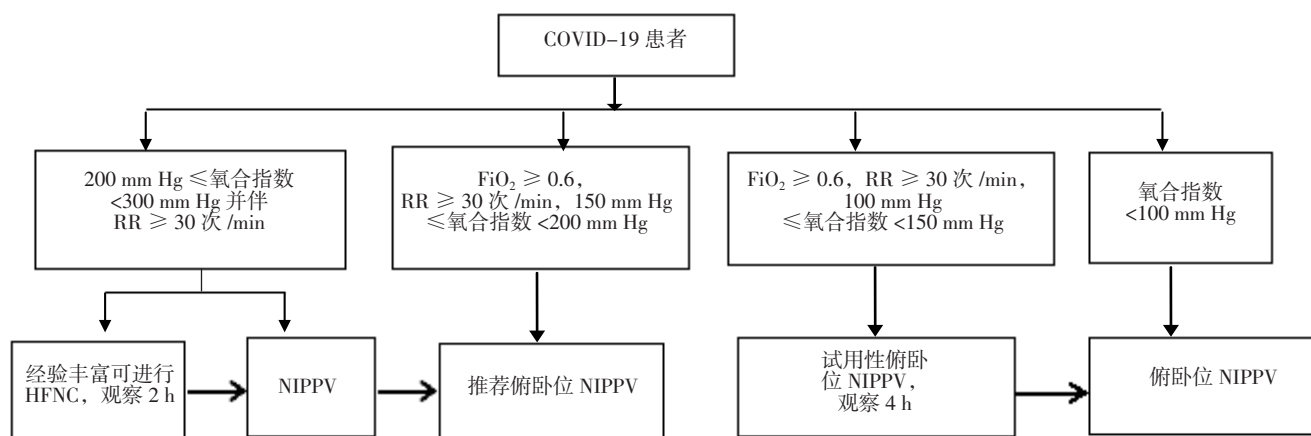
3 俯卧位 NIPPV 在 COVID-19 患者治疗中的应用

3.1 治疗指征 查阅 PPV 相关文献^[10, 15]并结合笔者所在团队救治重症流感、ARDS 及重型 COVID-19 并呼吸衰竭患者的临床经验, 建议对意识清楚、心率及血压平稳、肺部影像学检查具有 PPV 治疗指征的 COVID-19 并呼吸衰竭患者, 应早期、及时给予俯卧位 NIPPV 治疗。俯卧位 NIPPV 应用流程详见图 5。对存在不稳定脊髓损伤、未缓解的颅内高压、血流动力学不稳定、腹内压增高、妊娠、开腹术后、俯卧位 NIPPV 不能耐受患者及缺乏 PPV 经验的团队禁止实施俯卧位 NIPPV。

3.2 实施步骤 (重症普通监护床)

第 1 步: 评估治疗指征。

第 2 步: 操作前准备。(1) 用物准备: C 型圈或凹形枕、俯卧位通气垫、电极片 5 个、软枕。(2) 患者准备: ①向患者说明俯卧位 NIPPV 的目的、方法及配合要领。②实施俯卧位 NIPPV 前, 使用镇痛、镇静药物使患者处于相对安静状态〔建议患者镇静程度评估表 (RASS) 评分为 -1~0 分〕, 以缓解患者焦虑, 提高患者耐受性。③实施俯卧位 NIPPV 前应鼓励患者充分咳痰, 必要时吸痰, 以保持呼吸道通畅。④禁食水 1.0~1.5 h, 必要时胃肠减压, 防止患者治疗期间发生误吸。(3) 操作人员准备: 为减少职业暴露风险, 一般需要 4~5 人即可, 包括医生 1 名、呼吸治疗师 1 名、护士 3 名, 可根据患者具体情况加减护士数量。(4) 无创呼吸机模式参数: 初始选择双水平气道正压 (bi-level positive airway pressure,



注: COVID-19= 新型冠状病毒肺炎, RR= 呼吸频率, FiO₂= 吸入氧浓度, HFNC= 经鼻高流量氧疗, NIPPV= 无创正压通气

图 5 COVID 患者俯卧位 NIPPV 应用流程

Figure 5 Application process for NIPPV in prone position of patients with COVID-19

BiPAP) 通气模式, IPAP 为 8~12 cm H₂O, EPAP 为 5~8 cm H₂O, FiO₂ 为 100%。

第 3 步: 操作步骤。(1) 位置与分工: ①医生位于患者床尾或床旁一侧, 便于观察患者生命体征并处理突发紧急情况。②呼吸治疗师位于患者床头, 负责固定无创呼吸机管道和面罩, 头部的安置和发放指令。③ 1 名护士位于患者左侧床边, 负责固定该侧管道并协助患者翻身。④ 1 名护士位于患者右侧床边, 负责固定该侧管道并协助患者翻身。⑤ 1 名护士位于患者床尾, 适时放入俯卧位通气垫或 C 型圈、软枕。

(2) 操作步骤: 确定翻身方向, 呼吸治疗师发出口令, 左、右侧护士协助患者移向床的一侧, 先将患者翻转 90° 为侧卧位, 再将患者转 90° 为俯卧位, 然后由 2 名护士与患者一起将俯卧位通气垫或 C 型圈、软枕垫于患者胸部、额部; 再于患者骨隆突处垫软枕, 左、右侧护士做好交接(管道和体位)。

(3) 翻身后的处理: 呼吸治疗师与护士一起将患者头部垫高 20°~30°, 头下垫凹型枕或 C 型枕, 并使头偏向一侧, 可避免面罩受力不均导致漏气量增加, 患者双手可自行放置(置于身体两侧、头两侧或模仿泳姿一前一后放置); 检查管道通畅及保证患者所处体位舒适。

第 4 步: 效果评估。(1) 符合下列任意一项即可判定为俯卧位 NIPPV 治疗有效: ① SpO₂ 改善或氧合指数升高 >20%; ② PaCO₂ 降低。(2) 俯卧位 NIPPV 治疗无效: SpO₂ 下降, 血压降低或其他临床指标恶化等。

第 5 步: 结束俯卧位 NIPPV: (1) 结束俯卧位 NIPPV 时人员站立位置不变, 呼吸治疗师发出指令, 先将患者移向床的一侧, 再将患者翻转 90° 为侧卧, 撤出俯卧位通气垫和软枕, 整理好床铺, 将患者翻转 90° 摆放至需要的体位。(2) 俯卧位 NIPPV 治疗结束后, 积极做好气道管理, 加强痰液引流。(3) 检查各受压部位情况并对症处理。

3.3 相关并发症及处理 关于 COVID-19 患者采用俯卧位 NIPPV 治疗可能出现的相关并发症及处理总结如下: (1) 颌面部水肿、胸部皮肤受压破损, 应预防性给予辅料保护; (2) 无创面罩受力不均导致面部损伤, 非允许性漏气增多引起患者不耐受, 因此头部应每 2 h 更换一个方向; (3) 手臂位置不正确导致神经麻痹, 应每 2 h 更换一次位置; (4) 腹腔压力升高引起呕吐, 反流性误吸, 故应避免餐后实施俯卧位 NIPPV, 必要时进行胃肠减压; (5) 体位改变使患者气道分泌物引流不顺畅, 故应及时清理气道分泌物, 防止气道阻塞; (6) 管道脱出、打折, 镇静剂过量, 可由经验丰富的高级护士配合操作流程及进行精准护理; (7) 一过性氧合指数、血压下降。

3.4 注意事项 患者在俯卧位 NIPPV 治疗期间必须严密监测其生命体征及呼吸通气指数变化, 保证面罩位置合适, 防止患者变换体位过程中引起面部损伤与非允许性漏气增加, 并由经验丰富的 PPV 团队协作实施, 以减少并发症的发生。因此, 俯卧位 NIPPV 治疗期间应注意以下几个方面: (1) 1~2 h 复查动脉血气分析, 评估治疗效果; (2) 适当增加镇静药物剂量(患者 RASS 评分为 -2~-1 分), 提高患者耐受性与依从性; (3) 根据患者耐受性弹性调整俯卧位 NIPPV 治疗时间,

每次治疗时间应 ≥ 4 h, 1 d 内治疗时间应 ≥ 8 h; (4) 由经验丰富的高年资护士照护患者, 密切监测患者生命体征, 床旁预备气管插管箱以应对突发事件; (5) 俯卧位 NIPPV 治疗期间患者呼出的气溶胶存在传染风险, 故应增加过滤器过滤, 注意勿将呼气阀漏气孔对向操作者; (6) 增加过滤器可能降低主动加温、湿化效果, 导致痰液黏稠, 气道湿化不足, 故应加强气道管理; (7) 选择重症无创呼吸机。

3.5 治疗期间控制感染 有研究报道, NIPPV 治疗期间无创面罩可防止患者咳嗽、打喷嚏时喷溅气道分泌物, 进而降低传染风险^[16]。但 HUI 等^[17]进行的 NIPPV 体外模拟实验发现, NIPPV 治疗期间可能导致气溶胶扩散。因此, 医护人员在对 COVID-19 患者进行俯卧位 NIPPV 治疗期间应做好感染防控工作: (1) 俯卧位 NIPPV 治疗过程中操作人员均应严格佩戴个人防护设备, 规范操作, 减少操作人员进入的次数与时间; (2) 选择头盔或无漏气孔的口鼻面罩, 并在面罩与呼气阀之间增加带过滤功能的过滤器, 避免使用鼻罩; (3) 条件允许情况下选择双管路无创呼吸机; (4) 定时更换无创呼吸机的外部过滤棉; (5) 条件允许情况下首选负压病房; (6) 面罩佩戴和摘除前均需要调整呼吸机于待机状态; (7) 密切监测接触患者的医务人员是否有感染症状。

3.6 气道管理 通过分析发布的 COVID-19 尸检报告发现, 针对 COVID-19 患者应着重加强清除气道分泌物, 进行有效排痰^[14]。关于 COVID-19 患者俯卧位 NIPPV 治疗期间气道管理可参考以下几个方面: (1) 俯卧位前进行彻底的口腔护理, 并鼓励患者主动咳痰。(2) 体位引流联合机械排痰: 重型 COVID-19 患者卧床久、体能差、咳嗽弱、分泌物黏稠易聚集在重力依赖区和双下肺部位, 俯卧位时有利于呼吸道分泌物引流, 加上机械排痰可有效清除气道深部分泌物^[18], 但应及时清除, 避免堵塞大气道。(3) 气道湿化: 虽然目前无直接证据证实 NIPPV 需额外加温湿化, 但吸入干燥医疗气体时进行主动湿化可提高患者依从性与舒适度, 不推荐使用热湿交换器, 且主动湿化时的温度尚无明确标准, 应依据环境温度、患者耐受性、患者依从性等动态调节, 但无论何种湿化方式均要求近端气道内气体温度达到 37 °C, 相对湿度达 100%, 以保证纤毛黏液系统完整^[19]。此外, 还可以依据分泌物的量、黏稠度、性状及特征指导加温湿化。(4) 雾化吸入解痉、去痰药。(5) 不过度脱水, 保持正常的水合作用。

综上, 俯卧位 NIPPV 治疗 COVID-19 的理论优势较大, 但仍缺乏多中心、大数据研究证实, 目前尚处于临床尝试应用阶段, 必须由经验丰富的团队实施, 并严格把握治疗指征、密切监测患者病情、及时评估治疗效果。此外, COVID-19 患者呼吸驱动强、肺顺应性差, 对无创呼吸机性能要求较高, 本例患者实施俯卧位 NIPPV 治疗时采用重症无创呼吸机, 但目前重症无创呼吸机相对缺乏, 仅少数医院配置, 大多数医院仍以普通医用无创呼吸机为主。因此, 普通医用无创呼吸机实施俯卧位 NIPPV 的可行性及有效性仍有待临床进一步验证。

作者贡献: 高胜浩、程剑剑进行文章的构思与设计; 王东平、忽新刚进行文章的可行性分析; 李轩轩、张文杰进行

文献/资料收集;李震宇、刘智达进行文献/资料整理;高胜浩、忽新刚负责撰写论文;高胜浩、王东平、宋利敏进行论文的修订;张晓菊、王凯进行英文的修订;张晓菊、马利军负责文章的质量控制及审校;程剑剑对文章整体负责,监督管理。

本文无利益冲突。

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 新型冠状病毒肺炎诊疗方案(试行第七版)[EB/OL]. (2020-03-05) [2020-03-05]. http://xxgk.beihai.gov.cn/bhswshjhsywyh/tzgg_84785/202003/t20200305_2182083.html.
- [2] 浦其斌, 方强, 周建英, 等. 新型冠状病毒肺炎患者呼吸支持策略: 浙大一院方案[J/CD]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2020.
- [3] CHEN N S, ZHOU M, DONG X, et al. Epidemiological and clinical characteristics of 99 cases of 2019 novel coronavirus pneumonia in Wuhan, China: a descriptive study[J]. *Lancet*, 2020, 395(10223): 507-513. DOI: 10.1016/S0140-6736(20)30211-7.
- [4] 潘纯, 张伟, 夏家安, 等. 新型冠状病毒肺炎的无创呼吸功能支持: 适可而止[J/OL]. 中华内科杂志, 2020. (2020-03-04) [2020-03-05]. <http://rs.yiigle.com/yufabiao/1183734.htm>. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0578-1426.2020.0006.
- [5] 奚晶晶, 马朋林. 新型冠状病毒肺炎重症患者的管理[J/OL]. 中华重症医学电子杂志, 2020. (2020-02-13) [2020-03-05]. <http://rs.yiigle.com/yufabiao/1180586.htm>. DOI: 10.3877/cma.j.issn.2096-1537.2020.0006.
- [6] 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.
- [7] OCHIAI R. Mechanical ventilation of acute respiratory distress syndrome[J]. *J Intensive Care*, 2015, 3(1): 25. DOI: 10.1186/s40560-015-0091-6.
- [8] ZHAN Q, SUN B, LIANG L, et al. Early use of noninvasive positive pressure ventilation for acute lung injury: a multicenter randomized controlled trial[J]. *Crit Care Med*, 2012, 40(2): 455-460. DOI: 10.1097/CCM.0b013e318232d75e.
- [9] SCHONHOFER B. Non-invasive ventilation in the treatment of acute respiratory and chronic ventilatory failure[J]. *Dtsch Med Wochenschr*, 2009, 134(11): 530-535. DOI: 10.1055/s-0029-1208083.
- [10] 罗红, 张晗. 俯卧位通气的细节与实施[J]. 中华结核和呼吸杂志, 2016, 39(9): 666-668. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2016.09.004.
- [11] GUÉRIN C, BEURET P, CONSTANTIN J M, et al. A prospective international observational prevalence study on prone positioning of ARDS patients: the APRONET (ARDS Prone Position Network) study[J]. *Intensive Care Med*, 2018, 44(1): 22-37.
- [12] 杜玉明, 李岩, 孙荣青, 等. 俯卧位通气对重症肺炎患者氧合影响的 Meta 分析[J]. 中华危重症急救医学, 2018, 30(4): 327-331. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2018.04.008.
- [13] 岳伟岗, 张莹, 蒋由飞, 等. 俯卧位通气治疗急性呼吸窘迫综合征患者临床不良事件的 Meta 分析[J]. 解放军护理杂志, 2018, 35(20): 36-41, 73.
- [14] 刘茜, 王荣帅, 屈国强, 等. 新型冠状病毒肺炎死亡尸体系统解剖大体观察报告[J]. 法医学杂志, 2020, 36(1): 19-21.
- [15] CRESSONI M, CADRINGER P, CHIURAZZI C, et al. Lung inhomogeneity in patients with acute respiratory distress syndrome[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2014, 189(2): 149-158. DOI: 10.1164/rccm.201308-1567OC.
- [16] World Health Organization. Clinical management of severe acute respiratory infection when novel coronavirus (nCoV) infection is suspected: interim guidance[EB/OL]. (2020-01-28) [2020-03-05]. https://www.who.int/docs/default-source/coronaviruse/clinical-management-of-novel-cov.pdf?sfvrsn=bc7da517_2.
- [17] HUI D S, CHOW B K, NG S S, et al. Exhaled air dispersion distances during noninvasive ventilation via different respiratoric face masks[J]. *Chest*, 2009, 136(4): 998-1005. DOI: 10.1378/chest.09-0434.
- [18] 曾慧, 张珍, 龚媛, 等. 胸肺物理治疗用于机械通气患者的疗效: 一项前瞻性随机对照研究[J]. 中华危重症急救医学, 2017, 29(5): 403-406, 412. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2017.05.004.
- [19] RESTREPO R D, WALSH B K. Humidification during invasive and noninvasive mechanical ventilation: 2012[J]. *Respiratory Care*, 2012, 57(5): 782-788. DOI: 10.4187/respcare.01766.

(收稿日期: 2020-03-20; 修回日期: 2020-07-01)

(本文编辑: 谢武英)