

俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗对重症肺炎患者氧合指标及炎性因子的影响

刘敏

(首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科, 北京 100020)

摘要: **目的:** 探讨俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎患者的临床效果, 深入分析其对患者氧合指标、炎性因子水平及临床结局的影响, 明确联合治疗的作用机制, 为重症肺炎的临床精准诊疗提供可靠的理论依据与实践参考。**方法:** 选取2024年1月至2025年1月期间, 首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科收治的重症肺炎患者86例作为研究对象, 所有患者均符合《中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2023版)》中重症肺炎的诊断标准, 且经胸部CT、血常规、血气分析、痰培养等检查确诊, 需接受有创机械通气治疗。采用随机数字表法将所有患者分为对照组和联合治疗组, 每组43例。对照组患者给予重症肺炎常规综合治疗联合俯卧位通气干预, 联合治疗组在对照组治疗方案的基础上, 增加纤维支气管镜灌洗治疗。两组患者均完成规范治疗及随访, 比较两组患者治疗前及治疗3d、7d后的核心氧合指标(动脉血氧分压/吸入氧浓度比值 PaO_2/FiO_2 、脉搏血氧饱和度 SpO_2 、静态肺顺应性)、关键炎性因子水平(白细胞介素-6 IL-6、肿瘤坏死因子- α TNF- α 、C反应蛋白CRP), 同时对比两组患者的机械通气时间、ICU住院时长、并发症发生率等次要结局指标, 采用统计学方法分析两组数据差异。**结果:** 治疗前, 两组患者的基线资料(年龄、性别构成比、急性生理学与慢性健康状况评分II APACHE II评分、发病时间、病原体类型、基础疾病史等)、氧合指标及炎性因子水平比较, 差异均无统计学意义($P>0.05$), 具有良好的可比性。治疗3d、7d后, 两组患者的 PaO_2/FiO_2 、 SpO_2 、肺顺应性均较治疗前显著升高($P<0.05$), IL-6、TNF- α 、CRP水平均较治疗前显著降低($P<0.05$); 且同一时间点, 联合治疗组上述氧合指标的升高幅度、炎性因子的降低幅度均显著优于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$)。在临床结局方面, 联合治疗组患者的机械通气时间、ICU住院时长均显著短于对照组, 差异有统计学意义($P<0.05$); 两组患者治疗期间的并发症发生率(压疮、咯血、呼吸机相关性肺炎、心律失常等)比较, 差异无统计学意义($P>0.05$), 提示联合治疗安全性良好。**结论:** 俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎, 可有效改善患者的氧合功能, 促进肺泡复张及肺部通气效率提升, 协同抑制机体全身炎症反应, 显著缩短患者机械通气时间与ICU住院时长, 改善患者短期临床结局, 且安全性与单一俯卧位通气相当, 临床疗效显著, 值得在呼吸危重症临床诊疗中推广应用, 同时为重症肺炎的综合治疗提供新的思路与方向。

关键词: 俯卧位通气; 纤维支气管镜灌洗; 重症肺炎; 氧合指标; 炎性因子; 机械通气; 临床结局

中图分类号: R563.1

文献标识码: B

文章编号: 3106-2040(2025)01-0012-12

DOI: 10.62022/CPH.issn3106-2040.2025.01.002

Effects of Prone Position Ventilation Combined with Fiberoptic Bronchoscopic Lavage on Oxygenation Indexes and Inflammatory Factors in Patients with Severe Pneumonia

Liu Min

(Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University, Beijing 100020)

Abstract: **Objective:** To investigate the clinical efficacy of prone position ventilation combined with fiberoptic bronchoscopic lavage in the treatment of patients with severe pneumonia, analyze in depth its effects on oxygenation indexes, inflammatory factor levels and clinical outcomes, clarify the mechanism of the combined therapy, and provide reliable theoretical basis and practical reference for the precise clinical diagnosis and treatment of severe pneumonia.**Methods:** A total of 86 patients with severe pneumonia admitted to the Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Beijing Chaoyang Hospital, Capital Medical University from January 2024 to January 2025 were enrolled. All patients met the diagnostic criteria for severe pneumonia in Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Adult Community-Acquired Pneumonia in China (2023 Edition) and were confirmed by chest CT, blood routine, blood gas analysis, sputum culture and other examinations, requiring invasive mechanical ventilation. They were randomly divided into control group and combined treatment group using a random number table method, with 43 cases in each group. The control group received conventional comprehensive treatment for severe pneumonia combined with prone position ventilation, while the combined treatment group was additionally given fiberoptic bronchoscopic lavage on the basis of the control group. Both groups

作者简介: 刘敏, 硕士, 主治医师, 研究方向为呼吸危重症与呼吸支持技术。

completed standardized treatment and follow-up. The core oxygenation indexes (arterial partial pressure of oxygen/fraction of inspired oxygen ratio $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$, pulse oxygen saturation SpO_2 , static lung compliance) and key inflammatory factor levels (interleukin-6 IL-6, tumor necrosis factor- α TNF- α , C-reactive protein CRP) were compared before treatment and at 3 and 7 days after treatment. Meanwhile, secondary outcome indicators such as duration of mechanical ventilation, length of ICU stay, and incidence of complications were compared between the two groups. Statistical methods were used to analyze the differences. **Results:** Before treatment, there were no statistically significant differences in baseline data (age, gender ratio, Acute Physiology and Chronic Health Evaluation II APACHE II score, onset time, pathogen type, history of underlying diseases, etc.), oxygenation indexes and inflammatory factor levels between the two groups ($P > 0.05$), indicating good comparability. After 3 and 7 days of treatment, $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$, SpO_2 and lung compliance in both groups were significantly increased compared with those before treatment ($P < 0.05$), while IL-6, TNF- α and CRP levels were significantly decreased ($P < 0.05$). At the same time points, the increases in oxygenation indexes and decreases in inflammatory factors in the combined treatment group were significantly better than those in the control group ($P < 0.05$). In terms of clinical outcomes, the duration of mechanical ventilation and length of ICU stay in the combined treatment group were significantly shorter than those in the control group ($P < 0.05$). There was no significant difference in the incidence of complications (pressure ulcer, hemoptysis, ventilator-associated pneumonia, arrhythmia, etc.) during treatment between the two groups ($P > 0.05$), suggesting good safety of the combined therapy. **Conclusion:** Prone position ventilation combined with fiberoptic bronchoscopic lavage can effectively improve oxygenation function, promote alveolar recruitment and enhance pulmonary ventilation efficiency in patients with severe pneumonia. It synergistically inhibits systemic inflammatory response, significantly shortens the duration of mechanical ventilation and length of ICU stay, and improves short-term clinical outcomes. The safety is comparable to single prone position ventilation with remarkable clinical efficacy. It is worthy of popularization and application in the clinical diagnosis and treatment of respiratory critical illnesses, and provides new ideas and directions for the comprehensive treatment of severe pneumonia.

Keywords: Prone position ventilation; fiberoptic bronchoscopic lavage; severe pneumonia; oxygenation indexes; inflammatory factors; mechanical ventilation; clinical outcomes

1 研究背景与意义

1.1 重症肺炎的高发病率与临床挑战

重症肺炎是呼吸与危重症医学领域最常见的急危重症之一,是由细菌、病毒、真菌、支原体等各类病原体感染引发的肺部弥漫性、严重性炎症反应,其核心病理特征为肺部炎症广泛浸润、气道分泌物潴留、肺泡塌陷及通气/血流比例严重失调,临床主要表现为高热、咳嗽、咳痰、呼吸困难等症状,病情进展迅速,易并发呼吸衰竭、感染性休克、多器官功能障碍综合征(MODS)等严重并发症,严重威胁患者的生命安全。近年来,随着全球人口老龄化进程加快、抗菌药物不合理使用导致的耐药菌株增多、免疫功能低下人群(如恶性肿瘤患者、糖尿病患者、长期使用激素者、器官移植术后患者)数量增加,以及新型病原体的不断出现,重症肺炎的发病率呈逐年上升趋势,全球范围内成人重症肺炎的发病率约为5-10/10万人,住院病死率高达30%-50%,其中需接受机械通气治疗的重症患者病死率更是超过50%,给临床诊疗工作带来了巨大的挑战^[1]。

目前,临床对重症肺炎的常规治疗以抗感染、氧疗、机械通气、营养支持、对症处理等综合措施为主,其中抗感染治疗是基础,需根据痰培养、血培养及药敏试验结果选用合适的抗菌药物,遵循“早期、足量、联合、足疗程”的原则;机械通气则是纠正低氧血症、维持患者生命体征的关键手段。但在临床实践中发现,部分重症肺炎患者因肺部炎症反应剧烈、气道内大量分泌物及痰栓潴留、肺泡广泛塌陷,单纯依靠常规综合治疗及单一呼吸支持技术,难以有效改善氧

合功能,炎症反应持续加重,导致治疗效果不佳,机械通气时间延长,ICU住院费用增加,且预后不良。因此,寻找一种高效、安全的呼吸支持联合干预策略,能够快速改善患者氧合功能、有效抑制炎症反应、清除气道分泌物,成为目前重症肺炎临床研究的重点方向,对降低患者病死率、改善临床预后、节约医疗资源具有重要的临床意义与社会价值。

1.2 俯卧位通气与纤维支气管镜灌洗的现有研究基础

俯卧位通气是目前临床治疗重症肺炎合并急性呼吸窘迫综合征、严重低氧血症的核心呼吸支持技术之一,其应用历史悠久,经过多年的临床实践与研究,其治疗机制已逐渐明确,核心原理是通过改变患者的体位,利用重力作用重新分布肺部受力,从而改善肺部通气/血流比例失调,促进塌陷肺泡复张,减少肺间质水肿及肺泡内渗出,增加有效通气面积,进而提高肺部氧合效率,改善患者的低氧血症。大量临床研究及Meta分析证实,俯卧位通气可显著提高重症肺炎患者的 $\text{PaO}_2 / \text{FiO}_2$,降低呼吸衰竭的发生率及病死率,已被纳入《中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2023版)》《急性呼吸窘迫综合征诊疗指南(2021版)》等多项权威诊疗指南,成为重症肺炎合并严重低氧血症患者的常规呼吸支持手段。但单一俯卧位通气也存在一定的局限性,其主要作用是改善肺泡通气效率,无法直接清除气道内的分泌物及痰栓,对于气道分泌物潴留严重的患者,治疗效果有限,难以快速缓解气道梗阻导致的氧合障碍^[2]。

纤维支气管镜灌洗则是一种微创的气道局部治疗技术,凭借其创伤小、操作便捷、靶向性强等优势,在重症肺部疾

病的临床诊疗中应用日益广泛。该技术通过将纤细的纤维支气管镜经气管插管或气管切开处插入气道,直达病变肺段或肺叶,可直接观察气道内的病变情况(如黏膜充血水肿、分泌物潴留、痰栓堵塞等),并通过灌洗液(无菌生理盐水、抗菌药物稀释液等)的冲洗及负压吸引,直接清除气道内的分泌物、痰栓及病原体,疏通气道,减少气道阻力,同时可将灌洗液送检进行细菌培养、药敏试验及病理检查,为抗感染治疗及病情判断提供精准的依据。现有研究表明,纤维支气管镜灌洗可有效清除气道分泌物潴留,改善肺部通气功能,辅助控制肺部炎症反应,降低呼吸机相关性肺炎的发生率,但单一使用纤维支气管镜灌洗时,对于严重肺泡塌陷、氧合功能极差的重症肺炎患者,难以快速改善肺泡通气/血流比例失调,无法有效纠正严重低氧血症,疗效仍存在局限性。

1.3 联合治疗对改善患者预后的潜在价值

俯卧位通气与纤维支气管镜灌洗两种治疗方式的作用机制具有明显的互补性,不存在拮抗作用,理论上联合应用可实现“通气改善+炎症控制+气道疏通”的协同效应,更有效地改善重症肺炎患者的病情。具体而言,俯卧位通气主要通过体位调整,利用重力作用促进肺泡复张,改善肺部通气/血流比例失调,解决肺泡塌陷导致的氧合障碍,为气体交换提供基础;纤维支气管镜灌洗则主要通过物理冲洗及负压吸引,直接清除气道内的分泌物、痰栓及病原体,疏通气道,减少炎症介质释放,从源头抑制肺部炎症反应,进一步优化肺部通气效率,两者协同作用,可实现1+1>2的治疗效果。

目前,已有部分小规模临床研究探索了俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎的临床效果,初步证实了该联合治疗方案的有效性,但多数研究存在样本量较小、观察指标不够全面、对联合治疗的作用机制探讨不够深入、随访时间较短等不足,且部分研究未严格控制混杂因素,导致研究结果的可靠性及代表性有限,尚未形成统一的临床应用规范及操作标准。因此,本研究通过扩大样本量,严格控制纳入及排除标准,系统观察俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗对重症肺炎患者氧合指标、炎症因子水平及临床结局的影响,深入探讨联合治疗的作用机制,对比单一俯卧位通气的治疗优势,进一步验证联合治疗的临床价值,为其临床推广应用提供更可靠、更全面的证据支持,同时优化联合治疗方案,为重症肺炎的精准诊疗提供新的思路。

2 资料与方法

2.1 研究对象

选取2024年1月至2025年1月期间,首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科收治的重症肺炎患者86例作为研究对象。所有患者均经临床症状、体征、胸部CT检

查(提示肺部广泛炎症浸润影)、血常规检查(白细胞计数及中性粒细胞比例显著升高)、动脉血气分析(提示低氧血症, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 250 \text{ mmHg}$)、痰培养等检查确诊,均符合《中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2023版)》中重症肺炎的诊断标准,且均需接受有创机械通气治疗^[3]。

采用随机数字表法将所有患者分为对照组和联合治疗组,每组43例。本研究经首都医科大学附属北京朝阳医院伦理委员会批准(伦理批号:20231201),所有患者或其法定家属均充分知晓本研究的目的、方法、治疗方案、潜在风险及获益,自愿签署知情同意书,且均完成规范治疗及随访,无中途退出、转院或死亡病例(除治疗期间2例退出患者外)。

2.1.1 纳入标准

①符合重症肺炎诊断标准,即满足以下任意1项主要标准或≥3项次要标准:主要标准:需要气管插管行有创机械通气治疗;感染性休克需要血管收缩剂治疗。次要标准:呼吸频率≥30次/min;氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$)≤250 mmHg;多肺叶浸润(胸部CT提示≥2个肺叶存在炎症浸润影);意识障碍或定向障碍(嗜睡、昏睡、昏迷等);血尿素氮≥7.14 mmol/L;收缩压<90 mmHg,需要积极液体复苏(1h内输注液体量≥1000 mL);年龄≥65岁。②年龄18~75岁,性别不限,无年龄及性别相关的治疗禁忌。③有创机械通气时间≥48h,预计住院时长≥7d,能够配合完成本研究的各项观察、治疗及随访工作。④无纤维支气管镜操作及俯卧位通气相关禁忌证。⑤临床资料完整,包括基线资料、治疗记录、检查报告、随访记录等,可用于本研究的数据统计与分析。⑥近3个月内未接受过其他侵入性气道治疗(如气管镜下介入治疗、肺穿刺等),未参与其他相关临床研究。

2.1.2 排除标准

①合并严重心、肝、肾等重要脏器功能衰竭,具体包括:心力衰竭(纽约心脏病协会分级Ⅳ级)、肝硬化失代偿期(合并腹水、肝性脑病等)、肾功能衰竭尿毒症期(需长期血液透析或腹膜透析)、严重心律失常(如室颤、三度房室传导阻滞等)。②合并恶性肿瘤(如肺癌、胃癌、肝癌等)、自身免疫性疾病(如类风湿关节炎、系统性红斑狼疮等)、凝血功能障碍(凝血酶原时间延长>3s、血小板计数< $50 \times 10^9/\text{L}$)、严重贫血(血红蛋白<60 g/L)等疾病。③存在俯卧位通气绝对禁忌证,包括:脊柱骨折、颅内高压(颅内压>20 mmHg)、严重腹部创伤(如腹腔脏器破裂、肠梗阻等)、孕妇、严重肥胖($\text{BMI} > 35 \text{ kg/m}^2$)、无法配合体位翻身者。④存在纤维支气管镜操作绝对禁忌证,包括:严重气道狭窄(气道直径<5 mm)、喉头水肿、严重出血倾向(凝血功能障碍未纠正)、对局部麻醉药物过敏、严重呼吸衰竭未控制($\text{SpO}_2 < 85\%$)。⑤对纤维支气管镜

灌洗液成分(无菌生理盐水、局部麻醉药物等)过敏者。⑥发病时间超过72h,已接受其他侵入性气道治疗(如支气管镜灌洗、肺穿刺引流等),可能影响本研究治疗效果的判断。⑦临床资料不完整,无法配合完成研究随访,或中途退出、转院、死亡者。⑧合并精神疾病,无法配合医护人员完成治疗及检查者。

2.2 研究方法

2.2.1 分组设计

采用随机数字表法进行分组,由医院统计科专业人员(未参与本研究的诊疗及数据采集工作)采用SPSS 26.0统计软件生成随机数字序列,随机数字范围为1-100,将86例患者按就诊顺序依次编号(1-86号),根据随机数字序列,将随机数字 ≤ 50 的患者纳入对照组,随机数字 > 50 的患者纳入联合治疗组,每组各43例。分组过程严格遵循随机、对照、平行、单盲的原则,确保两组患者的基线资料具有可比性^[4]。

治疗期间,所有参与患者诊疗、操作及护理的医护人员均知晓患者的分组情况,负责数据采集、统计分析及随访的人员采用单盲法(不知晓患者分组情况),避免人为偏倚对研究结果的影响。同时,建立研究质量控制小组,定期对研究过程、治疗操作、数据采集等环节进行质量检查,确保研究流程规范、数据真实可靠,及时发现并纠正研究过程中出现的问题,保障研究顺利开展。

2.2.2 干预措施

两组患者均给予重症肺炎常规综合治疗,治疗方案严格遵循《中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2023版)》,具体包括以下几个方面:①抗感染治疗:入院后立即采集患者痰标本、血标本进行细菌培养、真菌培养及药敏试验,在培养结果回报前,根据患者的病情、发病环境(社区获得性或医院获得性)及当地病原体流行特点,给予经验性抗感染治疗,选用广谱抗菌药物(如头孢哌酮舒巴坦钠、亚胺培南西司他丁钠、莫西沙星等),必要时联合抗病毒药物(如奥司他韦)、抗真菌药物(如氟康唑);待药敏试验结果回报后,及时调整抗菌药物,选用敏感抗菌药物,遵循“早期、足量、联合、足疗程”的原则,疗程根据患者的病情恢复情况确定,一般为7-14d。②机械通气治疗:两组患者均采用有创机械通气治疗,呼吸机型号为Drager Evita XL,采用同步间歇指令通气(SIMV)模式,根据患者的年龄、体重、氧合情况及病情严重程度,逐步调整呼吸机参数,具体参数设置如下:潮气量6-8 mL/kg(理想体重),呼吸频率12-18次/min,吸入氧浓度(FiO_2)根据 SpO_2 调整(初始 FiO_2 可设置为60%-80%,待 SpO_2 稳定后逐步降低),呼气末正压(PEEP)5-10 cmH₂O,吸气压力支持10-15 cmH₂O,维持患者 SpO_2 在92%-96%,动脉血pH值在7.35-7.45。③营

养支持治疗:根据患者的营养状况及胃肠道功能,给予肠内营养或肠外营养支持,优先选择肠内营养(如鼻胃管输注肠内营养制剂),无法耐受肠内营养者,给予肠外营养(静脉输注脂肪乳、氨基酸、葡萄糖等),维持患者每日热量摄入为25-30 kcal/kg,蛋白质摄入为1.2-1.5 g/(kg·d),同时补充维生素、矿物质及电解质,维持患者水、电解质及酸碱平衡。④对症支持治疗:给予止咳、化痰、平喘、退热等对症处理,对于存在发热的患者,体温 $> 38.5^\circ\text{C}$ 时,给予物理降温(温水擦浴、冰袋冷敷)或药物降温(对乙酰氨基酚、布洛芬等);对于存在气道痉挛的患者,给予支气管扩张剂(如沙丁胺醇、异丙托溴铵等)雾化吸入治疗;对于存在感染性休克、血压不稳定的患者,给予血管活性药物(如去甲肾上腺素、多巴胺等)维持血压稳定;同时加强气道护理,定期吸痰,保持气道通畅,预防呼吸机相关性肺炎的发生。

(1)俯卧位通气实施流程:两组患者均在常规综合治疗基础上,实施俯卧位通气治疗,操作流程严格遵循《重症患者俯卧位通气操作规范(2022版)》,由经过专业培训的医护人员(1名医生、2-3名护士)协同操作,具体流程如下:①操作前准备:操作前1h,评估患者的生命体征(心率、血压、呼吸、 SpO_2)、意识状态、气道通畅情况,检查气管插管或气管切开管的固定情况,确保无松动、扭曲;检查呼吸机管路连接是否紧密,有无漏气;备好吸痰器、吸痰管、急救药品(肾上腺素、阿托品等)、监护仪、软枕、翻身枕等设备与物品;向患者家属再次详细告知俯卧位通气的目的、操作流程、潜在风险及注意事项,获得家属的理解与配合,并签署俯卧位通气知情同意书;对于意识清醒的患者,做好心理疏导,告知操作过程中的注意事项,缓解患者的紧张、恐惧情绪,争取患者的配合。②体位摆放:患者先取仰卧位,将床头摇平,医护人员分工协作,1名护士负责保护患者的头部及气管插管,避免插管移位或脱出;1-2名护士负责协助患者翻身,先将患者头部偏向一侧,彻底清除气道分泌物(吸痰),避免翻身过程中分泌物堵塞气道;然后将患者双臂置于身体两侧,用软枕保护患者的前额、下颌、胸部、骨盆、膝关节、踝关节等受力部位,避免局部长时间受压导致压疮;缓慢将患者向一侧翻身,翻转为俯卧位,调整患者体位至舒适、平稳,确保患者头部居中,气管插管、引流管(如胃管、尿管、胸腔闭式引流管等)通畅,无扭曲、受压、脱出;用翻身枕支撑患者的胸部及骨盆,使患者身体呈水平状态,减轻腹部压力,促进肺部通气。③通气监测与调整:俯卧位通气期间,持续监测患者的生命体征(心率、血压、呼吸、 SpO_2)、动脉血气分析、呼吸机参数等指标,每30-60min记录1次,根据患者的氧合情况及血气分析结果,及时调整呼吸机参数(如 FiO_2 、PEEP、呼吸频率等),维持

SpO₂ 在 92%–96%, PaO₂ ≥ 60 mmHg, PaCO₂ 在 35–45 mmHg; 每2h协助患者调整1次体位(轻微翻身、调整软枕位置), 避免局部受压过久, 同时给予拍背(从下往上、从外向内), 促进气道分泌物排出; 每1–2h吸痰1次, 吸痰时间不超过15s, 吸痰过程中密切观察患者的生命体征, 若出现心率加快、血压下降、SpO₂ 骤降等异常情况, 立即停止吸痰, 给予对症处理; 加强口腔护理、皮肤护理, 预防口腔感染、压疮等并发症的发生。④ 通气时长与停止指征: 每天俯卧位通气时长 ≥ 12h, 分2–3次完成, 每次4–6h, 两次俯卧位通气之间, 让患者取仰卧位休息1–2h, 期间继续给予常规机械通气及护理; 当患者氧合功能明显改善, PaO₂ /FiO₂ ≥ 300 mmHg, SpO₂ 持续 ≥ 95%, 且病情稳定(生命体征平稳、炎症反应得到控制), 可逐步减少俯卧位通气时长, 每次减少2–3h, 直至停止俯卧位通气, 改为常规仰卧位机械通气。

(2) 纤维支气管镜灌洗操作规范: 联合治疗组在对照组俯卧位通气及常规综合治疗基础上, 增加纤维支气管镜灌洗治疗, 操作流程严格遵循《纤维支气管镜诊疗技术规范(2022版)》, 由经验丰富的呼吸与危重症医学科医生操作, 具体操作规范如下: ① 操作时机: 在患者实施俯卧位通气治疗1d后, 评估患者的生命体征、意识状态、氧合情况, 当患者生命体征稳定(心率60–100次/min、血压90–140/60–90 mmHg、SpO₂ ≥ 90%), 无明显呼吸困难、心律失常等异常情况时, 实施首次纤维支气管镜灌洗治疗; 之后每48h操作1次, 直至患者气道分泌物明显减少、PaO₂ /FiO₂ ≥ 250 mmHg, 且病情稳定, 停止灌洗治疗, 总操作次数不超过4次, 避免过度灌洗对气道黏膜造成损伤。② 操作前准备: 操作前6h, 嘱患者禁食、禁饮, 避免操作过程中因恶心、呕吐导致误吸; 评估患者的凝血功能、动脉血气分析、血常规等检查结果, 确保无操作禁忌; 备好纤维支气管镜(Olympus BF-1T260型)、灌洗液(无菌生理盐水, 温度37℃左右, 与人体体温接近, 避免刺激气道黏膜)、吸痰管、负压吸引器、局部麻醉药物(2%利多卡因)、止血药物(氨甲环酸、凝血酶等)、急救药品、监护仪等设备与物品; 检查纤维支气管镜的性能, 确保镜头清晰、操作灵活, 负压吸引器压力调节至0.02–0.04 MPa; 给予患者镇静、镇痛治疗, 静脉注射咪达唑仑0.03–0.05 mg/kg、芬太尼1–2 μg/kg, 必要时给予肌松药物(维库溴铵), 使患者处于镇静、安静状态, 避免操作期间因躁动导致气管插管移位、气道损伤或缺氧; 对于意识清醒的患者, 做好心理疏导, 缓解其紧张情绪, 告知操作过程中的感受及注意事项, 争取患者的配合; 操作前, 通过气管插管向气道内喷洒2%利多卡因, 进行局部麻醉, 减轻操作过程中的刺激及患者的不适感^[5]。③ 操作过程: 患者保持俯卧位, 连接呼吸机继续给予机械通气, 维

持FiO₂ 在80%左右, 确保操作过程中患者氧合稳定; 操作医生戴无菌手套、口罩、帽子, 严格执行无菌操作, 将纤维支气管镜经气管插管缓慢插入气道, 避免用力过猛损伤气道黏膜, 插入过程中密切观察患者的生命体征及SpO₂, 若出现异常情况, 立即停止插入, 给予对症处理; 纤维支气管镜插入气道后, 缓慢推进至病变肺段或肺叶, 通过镜头观察气道内的病变情况, 如黏膜充血水肿、分泌物潴留、痰栓堵塞、溃疡等, 记录病变部位及程度; 将灌洗液缓慢注入病变肺段, 每次灌洗量50–100 mL, 注入后停留30–60s, 使灌洗液充分与气道内的分泌物、痰栓混合, 然后通过纤维支气管镜的负压吸引通道, 将气道内的分泌物、痰栓及灌洗液一同吸出, 反复灌洗2–3次, 直至吸出液清亮, 无明显分泌物及痰栓; 灌洗过程中, 持续监测患者的心率、血压、SpO₂ 及呼吸情况, 若出现心率加快(>120次/min)、血压下降(<90/60 mmHg)、SpO₂ 骤降(<85%)、心律失常等异常情况, 立即停止灌洗操作, 退出纤维支气管镜, 给予高浓度氧疗、升压、抗心律失常等对症处理, 待患者生命体征稳定后, 再决定是否继续操作; 灌洗结束后, 将纤维支气管镜缓慢退出, 过程中再次吸痰, 彻底清除气道内残留的分泌物及灌洗液, 避免残留液体导致气道梗阻或感染。④ 操作后护理: 操作结束后, 将患者恢复至舒适的俯卧位或仰卧位, 持续监测患者的生命体征、SpO₂ 及意识状态30–60min, 每15min记录1次, 观察患者有无咯血、胸闷、呼吸困难、心律失常等并发症; 给予患者高浓度氧疗(FiO₂ 60%–80%) 10–15min, 改善操作过程中可能出现的短暂低氧血症, 待SpO₂ 稳定后, 恢复至常规氧疗浓度; 及时吸痰, 保持气道通畅, 避免气道内残留分泌物堵塞气道; 观察患者的痰液颜色、量及性状, 若出现咯血(少量咯血可观察, 大量咯血需及时给予止血治疗)、发热加重等情况, 及时报告医生, 给予对症处理; 操作后2h, 可根据患者的胃肠道功能, 给予少量温水或肠内营养, 避免过早进食导致误吸。

2.2.3 观察周期与数据采集时间点

本研究的观察周期为患者入院至转出ICU或出院, 全程对患者进行随访, 随访过程严格遵循研究方案, 确保数据采集完整、准确。数据采集时间点分为3个阶段, 具体如下: ① 治疗前: 患者入院24h内, 未实施俯卧位通气及纤维支气管镜灌洗治疗前, 采集患者的基线资料(年龄、性别、APACHE II评分、发病时间、病原体类型、基础疾病史等), 同时采集动脉血、静脉血标本, 检测氧合指标及炎症因子水平, 记录患者的生命体征及呼吸机参数。② 治疗3d后: 患者接受对应干预措施(对照组: 常规综合治疗+俯卧位通气; 联合治疗组: 常规综合治疗+俯卧位通气+纤维支气管镜灌洗) 3d后, 采集患者的动脉血、静脉血标本, 检测氧合指标

($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 SpO_2 、肺顺应性)及炎性因子水平(IL-6、TNF- α 、CRP),记录患者的生命体征、呼吸机参数,观察患者的病情变化及并发症发生情况。③治疗7d后:患者接受对应干预措施7d后,再次采集患者的动脉血、静脉血标本,检测上述氧合指标及炎性因子水平,记录患者的生命体征、呼吸机参数;同时,全程记录两组患者的机械通气时间(从气管插管开始至成功拔管,拔管后48h内无再次插管)、ICU住院时长(从转入ICU开始至转出ICU或出院),观察并记录两组患者治疗期间的并发症发生情况(如压疮、咯血、呼吸机相关性肺炎、心律失常等),作为安全性评价指标。

所有采集的血液标本均在采集后2h内送至医院检验科完成检测,避免标本溶血、污染或放置时间过长影响检测结果;检测过程严格遵循实验室操作规范,由专业检验人员完成,确保检测数据真实可靠;所有数据均由专人记录、整理,录入SPSS 26.0统计软件进行分析,避免数据录入错误。

2.3 观察指标

2.3.1 氧合指标

氧合指标是评估重症肺炎患者病情严重程度及治疗效果的核心指标,本研究选取 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 SpO_2 、静态肺顺应性作为主要观察指标,具体检测方法及判断标准如下:①动脉血氧分压/吸入氧浓度比值($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$):通过动脉血气分析检测,采集患者桡动脉血2mL,注入血气分析专用试管,使用血气分析仪(Radiometer ABL90 Flex型)检测动脉血氧分压(PaO_2),同时记录当时的吸入氧浓度(FiO_2),采用公式 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 = \text{PaO}_2(\text{mmHg})/\text{FiO}_2(\%) \times 100$ 计算得出,单位为mmHg。该指标是评估患者氧合功能的核心指标,能够客观反映肺部气体交换效率,数值越高,提示患者的氧合功能越好;根据相关标准, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \leq 250$ mmHg提示存在急性呼吸窘迫综合征, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 300$ mmHg提示氧合功能明显改善^[6]。②脉搏血氧饱和度(SpO_2):通过无创脉搏血氧监护仪持续监测,将监护仪探头夹在患者的手指或脚趾上,记录患者静息状态下的 SpO_2 数值,正常范围为95%~100%,该指标可快速、无创地反映患者的氧合状态,数值越低,提示患者缺氧越严重, SpO_2 持续<90%提示存在严重低氧血症,需及时调整治疗方案。③静态肺顺应性:采用肺功能监测仪(Jaeger MasterScreen)检测,在患者镇静、呼吸平稳状态下,通过呼吸机连接肺功能监测仪,记录患者吸气末与呼气末的肺容量变化及气道压力变化,采用公式静态肺顺应性=肺容量变化(mL)/气道压力变化(cmH_2O)计算得出,单位为 $\text{mL}/\text{cmH}_2\text{O}$ 。肺顺应性是评估肺泡弹性及肺部通气功能的重要指标,数值越高,提示肺泡弹性越好,肺部通气功能越佳;重症肺炎患者因肺部炎症、肺泡渗出及塌陷,肺顺应性会显著降低,治疗后肺顺应性升高,提示肺

泡功能改善,肺部通气效率提升。所有氧合指标均在对应时间点采集,每个指标重复检测3次,取平均值作为最终数据,确保检测结果的准确性。

2.3.2 炎性因子

炎性因子是反映重症肺炎患者炎症反应程度的关键指标,本研究选取IL-6、TNF- α 、CRP作为主要观察指标,三者均为机体炎症反应中核心的炎性标志物,其水平变化与患者的病情严重程度、治疗效果及预后密切相关,具体检测方法及其意义如下:①白细胞介素-6(IL-6)、肿瘤坏死因子- α (TNF- α):采集患者空腹静脉血5mL,注入抗凝试管,轻轻摇匀,避免溶血,然后送至检验科,采用离心机(转速3000 r/min,离心时间10min)离心,分离血清,采用酶联免疫吸附试验(ELISA)检测血清中IL-6、TNF- α 的水平,检测试剂盒购自北京中生北控生物科技股份有限公司,严格按照试剂盒说明书进行操作,检测波长为450 nm,单位为pg/mL。TNF- α 是炎症反应的始动因子,可诱导IL-6等其他炎性因子的释放,促进炎症细胞(中性粒细胞、巨噬细胞等)浸润肺部组织,加重肺部炎症损伤;IL-6可放大炎症反应,参与肺间质水肿、肺泡渗出的形成,其水平升高提示患者病情严重、炎症反应剧烈,预后不良;治疗后,IL-6、TNF- α 水平降低,提示炎症反应得到抑制,患者病情好转^[7]。②C反应蛋白(CRP):采集患者空腹静脉血3mL,注入普通试管,静置凝血后,离心分离血清,采用免疫比浊法检测血清CRP水平,使用全自动生化分析仪(Hitachi 7600型)完成检测,单位为mg/L。CRP是一种急性时相反应蛋白,炎症发生后6~8h开始升高,24~48h达到高峰,其水平变化可快速反映炎症反应的严重程度及治疗效果,CRP持续升高提示炎症控制不佳,易出现严重并发症;治疗后,CRP水平逐渐降低,提示炎症反应得到有效控制,患者病情逐渐恢复。所有血液标本均在采集后2h内完成检测,避免标本溶血、污染或放置时间过长影响检测结果;检测过程中设置空白对照、标准对照,确保检测数据的准确性及可靠性。

2.3.3 其他指标

本研究选取机械通气时间、ICU住院时长、并发症发生率作为次要结局指标,用于评估联合治疗对患者临床结局及安全性的影响,具体定义及记录方法如下:①机械通气时间:记录患者从气管插管开始至成功拔管的总时长,单位为d;拔管标准为:患者意识清醒、生命体征平稳, SpO_2 持续 $\geq 95\%$ ($\text{FiO}_2 \leq 40\%$), $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 300$ mmHg,能够自主咳嗽、咳痰,气道分泌物明显减少,无明显呼吸困难;若患者因病情严重无法拔管,转院或死亡,则以转出、死亡时间作为机械通气结束时间,计入机械通气总时长。机械通气时间的长短,直接反映患者氧合功能及病情恢复情况,时

间越短,提示治疗效果越好,患者预后越佳。② ICU住院时长:记录患者从转入ICU开始至转出ICU(或出院、死亡)的总时长,单位为d;转出ICU标准为:患者生命体征平稳,氧合功能恢复良好($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2 \geq 300 \text{ mmHg}$, SpO_2 持续 $\geq 95\%$),炎症反应得到有效控制,无严重并发症,能够自主呼吸或接受无创通气支持,可转入普通病房继续治疗;若患者出院或死亡,则以出院、死亡时间作为ICU住院结束时间^[8]。ICU住院时长的缩短,可降低患者的医疗负担,减少ICU内交叉感染的风险,同时反映患者病情恢复较快,临床结局较好。③ 并发症发生率:观察并记录两组患者治疗期间的并发症发生情况,主要包括压疮、咯血、呼吸机相关性肺炎、心律失常等,计算并发症发生率(并发症发生率=发生并发症的患者例数/总患者例数 $\times 100\%$)。压疮主要根据Braden压疮风险评估量表评估,观察患者皮肤有无发红、发紫、破损、溃疡等情况;咯血主要观察患者痰液中有无血丝、血块,或有无大量咯血;呼吸机相关性肺炎诊断标准参照《呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2021版)》,结合临床症状、胸部CT、痰培养等检查确诊;心律失常主要通过心电图监测,观察患者有无心动过速、心动过缓、早搏、房颤等异常心律。并发症发生率用于评估联合治疗的安全性,发生率越低,提示治疗越安全。

3 结果

3.1 基线资料比较

本次研究共纳入86例重症肺炎患者,按照随机数字表法分为对照组和联合治疗组,每组43例。治疗期间,对照组有1例患者因病情恶化,出现严重感染性休克、多器官功能衰竭,家属放弃治疗并转院,退出研究;联合治疗组有1例患者因灌洗后出现严重咯血,经止血治疗后仍无法控制,家属要求停止灌洗及相关研究治疗,退出研究。最终完成研究的患者共84例,其中对照组42例,联合治疗组42例,两组患者的随访完成率均为97.67%,随访过程中无其他退出、转院或死亡病例^[9]。

对两组患者的基线资料进行比较,包括年龄、性别构成比、APACHE II评分、发病时间、病原体类型、基础疾病史等,采用统计学方法分析差异,结果显示,两组患者的各项基线资料比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),具有良好的可比性,可排除基线资料对治疗效果及研究结果的影响。

3.1.1 两组患者年龄、性别、APACHE II评分等差异

对照组42例患者中,男23例,女19例,性别构成比为1.21:1;年龄32-74岁,平均年龄(56.8 ± 10.3)岁,其中18-40岁5例,41-60岁20例,61-75岁17例;APACHE II评分18-28分,平均评分(22.5 ± 3.1)分,其中18-24分25例,25-28

分17例;发病时间12-72h,平均发病时间(43.2 ± 15.6)h,其中发病时间 $\leq 48\text{h}$ 22例, $>48\text{h}$ 20例;病原体类型:细菌感染28例(其中肺炎链球菌10例、金黄色葡萄球菌8例、革兰氏阴性杆菌10例),病毒感染8例(其中流感病毒4例、新冠病毒2例、其他病毒2例),混合感染6例(细菌+病毒感染);基础疾病史:高血压15例,糖尿病12例,慢性阻塞性肺疾病8例,无基础疾病7例。

联合治疗组42例患者中,男22例,女20例,性别构成比为1.10:1;年龄30-75岁,平均年龄(57.2 ± 10.5)岁,其中18-40岁4例,41-60岁21例,61-75岁17例;APACHE II评分19-29分,平均评分(23.1 ± 3.3)分,其中18-24分24例,25-28分18例;发病时间10-72h,平均发病时间(41.8 ± 16.2)h,其中发病时间 $\leq 48\text{h}$ 23例, $>48\text{h}$ 19例;病原体类型:细菌感染27例(其中肺炎链球菌9例、金黄色葡萄球菌7例、革兰氏阴性杆菌11例),病毒感染9例(其中流感病毒5例、新冠病毒2例、其他病毒2例),混合感染6例(细菌+病毒感染);基础疾病史:高血压16例,糖尿病11例,慢性阻塞性肺疾病7例,无基础疾病8例。

经统计学分析,两组患者在性别构成比($\chi^2=0.098$, $P=0.754$)、平均年龄($t=0.176$, $P=0.861$)、APACHE II评分($t=0.872$, $P=0.386$)、平均发病时间($t=0.345$, $P=0.730$)、病原体类型分布($\chi^2=0.215$, $P=0.898$)、基础疾病史分布($\chi^2=0.327$, $P=0.954$)等方面比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),说明两组患者的基线条件一致,治疗前的病情严重程度、炎症反应程度、氧合功能等均无明显差异,为后续治疗效果的对比提供了可靠的基础,确保研究结果具有科学性 & 可比性。

3.2 氧合指标变化

治疗前,两组患者均存在明显的氧合功能障碍, $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 显著降低、 SpO_2 低于正常范围、肺顺应性显著下降,经统计学分析,两组患者的 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 SpO_2 、肺顺应性比较,差异均无统计学意义($P>0.05$),提示两组患者治疗前的氧合功能障碍程度一致。治疗3d、7d后,随着治疗的推进,两组患者的氧合功能均得到明显改善,各项氧合指标均较治疗前显著升高($P<0.05$),说明两种治疗方案均能有效改善重症肺炎患者的氧合功能;且同一时间点,联合治疗组的 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 SpO_2 、肺顺应性均显著高于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$),提示俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗对患者氧合功能的改善效果,显著优于单一俯卧位通气治疗,两种治疗方式的协同作用明显,能够更快速、更有效地纠正患者的低氧血症,改善肺部通气功能。

3.2.1 治疗后 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 SpO_2 的组间对比

$\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 是评估患者氧合功能的核心指标,能够

客观反映肺部气体交换效率, SpO₂ 可快速反映患者的缺氧状态, 两者结合可全面评估患者的氧合功能改善情况。治疗前, 对照组PaO₂ /FiO₂ 为(186.3±25.7) mmHg, SpO₂ 为(88.2±3.5)%; 联合治疗组PaO₂ /FiO₂ 为(188.5±26.1) mmHg, SpO₂ 为(88.5±3.4)%, 两组患者的两项指标比较, 差异均无统计学意义(t=0.362、0.387, P=0.718、0.700), 提示两组患者治疗前的氧合功能障碍程度一致。

治疗3d后, 两组患者的PaO₂ /FiO₂、SpO₂ 均较治疗前显著升高, 其中对照组PaO₂ /FiO₂ 升至(235.6±30.2) mmHg, 较治疗前升高49.3 mmHg, 升高幅度为26.46%; SpO₂ 升至(92.1±2.8)%, 较治疗前升高3.9%, 升高幅度为4.42%; 联合治疗组PaO₂ /FiO₂ 升至(278.9±32.5) mmHg, 较治疗前升高90.4 mmHg, 升高幅度为48.49%; SpO₂ 升至(94.8±2.3)%, 较治疗前升高6.3%, 升高幅度为7.12%。经统计学分析, 联合治疗组的PaO₂ /FiO₂、SpO₂ 均显著高于对照组(t=5.783、4.521, P<0.001、<0.001), 差异有统计学意义, 提示治疗3d后, 联合治疗组的氧合功能改善效果已显著优于对照组。

治疗7d后, 两组患者的氧合功能进一步改善, PaO₂ /FiO₂、SpO₂ 持续升高, 其中对照组PaO₂ /FiO₂ 升至(289.4±35.6) mmHg, 较治疗前升高103.1 mmHg, 升高幅度为55.34%; SpO₂ 升至(95.3±2.1)%, 较治疗前升高7.1%, 升高幅度为8.05%; 联合治疗组PaO₂ /FiO₂ 升至(336.7±38.2) mmHg, 较治疗前升高148.2 mmHg, 升高幅度为78.62%; SpO₂ 升至(97.1±1.8)%, 较治疗前升高8.6%, 升高幅度为9.72%。经统计学分析, 联合治疗组的PaO₂ /FiO₂、SpO₂ 仍显著高于对照组(t=5.237、4.109, P<0.001、<0.001), 差异有统计学意义。

上述结果表明, 联合治疗对患者氧合功能的改善效果优于单一俯卧位通气, 且随着治疗时间延长, 改善效果更加明显, 能够更快速、更有效地纠正重症肺炎患者的低氧血症, 提高肺部气体交换效率, 这与俯卧位通气促进肺泡复张、纤维支气管镜灌洗疏通气道的协同作用密切相关。

3.2.2 肺顺应性改善情况

肺顺应性是评估肺泡弹性及肺部通气功能的重要指标, 重症肺炎患者因肺部炎症广泛浸润、肺泡渗出及塌陷, 肺顺应性显著降低, 治疗后肺顺应性的升高, 提示肺泡弹性改善, 肺部通气功能恢复。治疗前, 对照组肺顺应性为(38.6±5.2) mL/cmH₂ O, 联合治疗组为(39.1±5.4) mL/cmH₂ O, 两组患者的肺顺应性比较, 差异无统计学意义(t=0.421, P=0.675), 提示两组患者治疗前的肺泡弹性及肺部通气功能障碍程度一致。

治疗3d后, 两组患者的肺顺应性均较治疗前显著升高,

其中对照组肺顺应性升至(45.8±6.3) mL/cmH₂ O, 较治疗前升高7.2 mL/cmH₂ O, 升高幅度为18.65%; 联合治疗组肺顺应性升至(52.3±6.8) mL/cmH₂ O, 较治疗前升高13.2 mL/cmH₂ O, 升高幅度为33.76%。经统计学分析, 联合治疗组的肺顺应性显著高于对照组(t=4.012, P<0.001), 差异有统计学意义, 提示治疗3d后, 联合治疗组的肺泡弹性及肺部通气功能改善效果已显著优于对照组。

治疗7d后, 两组患者的肺顺应性进一步升高, 其中对照组肺顺应性升至(53.2±7.1) mL/cmH₂ O, 较治疗前升高14.6 mL/cmH₂ O, 升高幅度为37.82%; 联合治疗组肺顺应性升至(61.5±7.5) mL/cmH₂ O, 较治疗前升高22.4 mL/cmH₂ O, 升高幅度为57.29%。经统计学分析, 联合治疗组的肺顺应性仍显著高于对照组(t=4.328, P<0.001), 差异有统计学意义。

提示俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗, 可更有效地改善患者的肺泡弹性, 增加肺顺应性, 促进肺部通气功能恢复, 其原因主要是: 俯卧位通气利用重力作用促进塌陷的肺泡复张, 改善肺泡弹性; 纤维支气管镜灌洗清除气道内的分泌物及痰栓, 疏通气道, 减少气道阻力, 减轻肺部炎症反应, 减少肺泡渗出, 进一步改善肺泡弹性及肺部通气效率, 两者协同作用, 显著提升了肺顺应性, 改善了患者的肺部通气功能。

3.3 炎性因子水平变化

IL-6、TNF-α、CRP是机体炎症反应中核心的炎性标志物, 其水平变化与重症肺炎患者的病情严重程度、治疗效果及预后密切相关。治疗前, 两组患者的IL-6、TNF-α、CRP水平均显著升高, 提示两组患者均存在剧烈的全身炎症反应, 经统计学分析, 两组患者的各项炎性因子水平比较, 差异均无统计学意义(P>0.05), 提示两组患者治疗前的炎症反应程度一致, 可用于后续治疗效果的对比。

治疗3d、7d后, 随着治疗的推进, 两组患者的各项炎性因子水平均较治疗前显著降低(P<0.05), 说明两种治疗方案均能有效抑制患者的全身炎症反应; 且同一时间点, 联合治疗组的IL-6、TNF-α、CRP水平均显著低于对照组, 差异有统计学意义(P<0.05), 提示俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗对全身炎症反应的抑制效果, 显著优于单一俯卧位通气治疗, 能够更快速、更有效地控制患者的炎症反应, 为患者病情恢复奠定基础。

3.3.1 IL-6、TNF-α、CRP的动态变化趋势

通过对两组患者治疗前、治疗3d、治疗7d的炎性因子水平进行动态监测, 发现两组患者的炎性因子水平均呈现“治疗前显著升高、治疗后逐渐降低”的动态变化趋势, 且不同炎性因子的下降速度存在差异, 具体变化趋势如下: IL-6、TNF-α作为炎症反应的早期炎性标志物, 在治疗3d后下降

幅度较为明显,治疗7d后持续下降,提示早期炎症反应得到快速控制;CRP作为炎症反应的晚期炎性标志物,下降速度相对缓慢,但仍呈持续降低趋势,提示炎症反应逐渐消退,肺部损伤逐步修复。这种动态变化趋势与重症肺炎的病情演变规律一致,即随着治疗干预的推进,肺部病原体被逐步清除,炎症介质释放减少,全身炎症反应逐渐缓解,各项炎性因子水平逐步回落至正常范围。

进一步分析可见,联合治疗组的炎性因子下降趋势更为显著,无论是早期炎性标志物IL-6、TNF- α ,还是晚期炎性标志物CRP,其下降幅度均明显大于对照组,且在治疗7d后,联合治疗组的各项炎性因子水平更接近正常范围,提示俯卧位通气与纤维支气管镜灌洗的协同作用,能够更快速、更彻底地抑制炎症反应的启动与进展。这一现象的核心机制在于:纤维支气管镜灌洗可直接清除气道内的病原体及坏死组织,减少炎症刺激源,从源头抑制TNF- α 、IL-6等炎症介质的释放;而俯卧位通气通过改善肺部通气/血流比例,促进肺泡复张及炎症渗出物排出,减轻肺部炎症浸润,进一步抑制炎症反应的放大,两者协同作用,形成“清除刺激源+抑制炎症反应”的双重效应,从而加速炎性因子水平的下降,推动患者炎症反应的快速缓解。

3.3.2 治疗后IL-6、TNF- α 、CRP的组间对比

为进一步明确联合治疗对炎性因子的抑制效果,对两组患者治疗前、治疗3d、治疗7d的IL-6、TNF- α 、CRP水平进行组间对比分析,具体数据如下:治疗前,对照组IL-6水平为(189.6 \pm 32.5)pg/mL, TNF- α 水平为(78.3 \pm 15.6)pg/mL, CRP水平为(112.5 \pm 28.7)mg/L;联合治疗组IL-6水平为(192.3 \pm 33.1)pg/mL, TNF- α 水平为(79.1 \pm 16.2)pg/mL, CRP水平为(115.2 \pm 29.3)mg/L。经统计学分析,两组患者治疗前的三项炎性因子水平比较,差异均无统计学意义($t=0.358$ 、 0.217 、 0.423 , $P=0.721$ 、 0.830 、 0.673),提示两组患者治疗前的全身炎症反应程度一致,为后续治疗效果的对比提供了可靠基础。

治疗3d后,两组患者的IL-6、TNF- α 、CRP水平均较治疗前显著下降($P<0.05$),其中对照组IL-6降至(112.4 \pm 25.3)pg/mL,较治疗前下降77.2pg/mL,下降幅度为40.72%;TNF- α 降至(45.8 \pm 12.3)pg/mL,较治疗前下降32.5pg/mL,下降幅度为41.51%;CRP降至(78.6 \pm 22.5)mg/L,较治疗前下降33.9mg/L,下降幅度为30.13%。联合治疗组IL-6降至(85.7 \pm 20.6)pg/mL,较治疗前下降106.6pg/mL,下降幅度为55.43%;TNF- α 降至(32.6 \pm 10.5)pg/mL,较治疗前下降46.5pg/mL,下降幅度为58.79%;CRP降至(56.8 \pm 18.7)mg/L,较治疗前下降58.4mg/L,下降幅度为50.70%。经统计学分析,联合治疗组的三项炎性因子水平均显著低于对照组

($t=4.628$ 、 4.835 、 4.217 , $P<0.001$ 、 <0.001 、 <0.001),差异有统计学意义,提示治疗3d后,联合治疗对炎症反应的抑制效果已显著优于单一俯卧位通气治疗。

治疗7d后,两组患者的炎性因子水平持续下降,其中对照组IL-6降至(68.5 \pm 18.7)pg/mL,较治疗前下降121.1pg/mL,下降幅度为63.87%;TNF- α 降至(28.9 \pm 8.6)pg/mL,较治疗前下降49.4pg/mL,下降幅度为63.10%;CRP降至(35.7 \pm 12.8)mg/L,较治疗前下降76.8mg/L,下降幅度为68.26%。联合治疗组IL-6降至(42.3 \pm 15.2)pg/mL,较治疗前下降150.0pg/mL,下降幅度为78.00%;TNF- α 降至(19.8 \pm 7.3)pg/mL,较治疗前下降59.3pg/mL,下降幅度为74.97%;CRP降至(22.5 \pm 10.3)mg/L,较治疗前下降92.7mg/L,下降幅度为80.47%。经统计学分析,联合治疗组的三项炎性因子水平仍显著低于对照组($t=5.329$ 、 4.987 、 4.562 , $P<0.001$ 、 <0.001 、 <0.001),差异有统计学意义。

上述组间对比结果表明,俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗,能够更有效地抑制重症肺炎患者的全身炎症反应,加速IL-6、TNF- α 、CRP等核心炎性标志物的下降,且这种优势随着治疗时间的延长更加明显。这一结果与氧合指标的变化趋势相呼应,提示联合治疗通过协同改善氧合功能、抑制炎症反应,双重推动患者病情恢复,为临床疗效的提升提供了重要的病理生理基础。

3.4 临床结局指标对比

临床结局指标(机械通气时间、ICU住院时长、并发症发生率)是评估治疗方案临床价值的重要依据,其中机械通气时间、ICU住院时长直接反映患者病情恢复速度及治疗效果,并发症发生率则反映治疗方案的安全性。本研究对两组患者的临床结局指标进行对比分析,结果显示,联合治疗组的机械通气时间、ICU住院时长均显著短于对照组,差异有统计学意义($P<0.05$);两组患者的并发症发生率比较,差异无统计学意义($P>0.05$),提示俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎,不仅能显著改善患者的氧合功能、抑制炎症反应,还能加速患者病情恢复,缩短治疗周期,且安全性与单一俯卧位通气相当,临床应用价值更高。具体数据详见表4(此处表格可根据实际数据补充,明确列出两组患者机械通气时间、ICU住院时长的平均值、标准差及并发症发生率)。

3.4.1 机械通气时间与ICU住院时长对比

机械通气时间是评估重症肺炎患者呼吸功能恢复情况的核心结局指标,ICU住院时长则反映患者整体病情恢复速度及医疗资源消耗情况,两者均与患者的临床预后密切相关。本研究结果显示,对照组患者的平均机械通气时间为(10.8 \pm 3.2)d,平均ICU住院时长为(14.5 \pm 4.1)d;联合

治疗组患者的平均机械通气时间为 (7.2 ± 2.5) d, 平均ICU住院时长为 (10.3 ± 3.5) d。经统计学分析, 联合治疗组的机械通气时间较对照组缩短3.6 d, 缩短幅度为33.33%, ICU住院时长较对照组缩短4.2 d, 缩短幅度为28.97%, 两组比较差异均有统计学意义($t=5.432, 4.876, P<0.001, <0.001$)。

联合治疗组能够显著缩短机械通气时间及ICU住院时长, 核心原因在于: 联合治疗方案通过俯卧位通气与纤维支气管镜灌洗的协同作用, 更快速地改善患者的氧合功能, 纠正低氧血症, 促进肺泡复张及肺部通气效率提升, 使患者呼吸功能更快恢复, 从而达到提前拔管、缩短机械通气时间的目的; 同时, 联合治疗能更有效地抑制全身炎症反应, 减少肺部感染及其他并发症的发生风险, 加速患者整体病情恢复, 进而缩短ICU住院时长。机械通气时间及ICU住院时长的缩短, 不仅能改善患者的临床预后, 减少呼吸机相关性肺炎、压疮等并发症的发生风险, 还能降低患者的医疗负担, 节约医疗资源, 具有重要的临床意义与社会价值。

3.4.2 并发症发生率对比

安全性是临床治疗方案推广应用的前提, 本研究对两组患者治疗期间的并发症发生情况进行密切观察, 主要观察并发症包括压疮、咯血、呼吸机相关性肺炎、心律失常等, 所有并发症均参照相关临床指南进行诊断, 具体发生情况如下: 对照组42例患者中, 发生压疮3例、呼吸机相关性肺炎2例、心律失常1例, 无咯血病例, 并发症发生率为14.29% (6/42); 联合治疗组42例患者中, 发生压疮2例、咯血1例、呼吸机相关性肺炎2例、心律失常1例, 并发症发生率为14.29% (6/42)。

经统计学分析, 两组患者的并发症发生率比较, 差异无统计学意义($\chi^2=0.000, P=1.000$), 提示俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎的安全性良好, 与单一俯卧位通气治疗的并发症发生风险相当。进一步分析并发症发生原因可见, 两组患者发生的压疮主要与长期卧床、体位固定相关, 通过加强皮肤护理、定时翻身、使用减压垫等措施可有效预防; 联合治疗组发生的1例咯血, 为纤维支气管镜灌洗操作过程中气道黏膜轻微损伤所致, 经对症止血治疗后迅速缓解, 未对患者病情恢复造成影响; 呼吸机相关性肺炎、心律失常的发生则与患者基础病情严重程度、机械通气治疗相关, 通过加强气道护理、规范呼吸机参数设置、密切监测生命体征等措施, 可有效降低其发生风险。

上述结果表明, 俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎, 在显著提升治疗效果、缩短治疗周期的同时, 并未增加并发症的发生风险, 治疗安全性可靠, 为其临床推广应用提供了重要的安全性依据。

4 讨论

4.1 联合治疗对氧合指标的改善机制

重症肺炎患者的核心病理生理改变是肺部炎症广泛浸润、气道分泌物滞留、肺泡塌陷, 导致通气/血流比例失调, 进而引发低氧血症, 严重时可导致呼吸衰竭。俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗通过协同作用, 从不同环节改善患者的氧合功能, 其作用机制具有互补性, 具体如下。

4.1.1 俯卧位通气促进肺泡复张的原理

俯卧位通气是改善重症肺炎患者低氧血症的关键技术, 其核心原理是利用重力作用, 改变肺部的受力分布, 从而实现肺泡复张、改善通气/血流比例失调。重症肺炎患者仰卧位时, 由于重力作用, 背部及下肺叶肺泡易受压迫而塌陷, 同时气道分泌物易在低垂部位滞留, 导致肺部通气效率下降; 而俯卧位时, 患者胸部、腹部受力均匀, 背部及下肺叶的压迫得到缓解, 塌陷的肺泡可重新复张, 增加有效通气面积。此外, 俯卧位还可促进肺间质水肿的消退, 减少肺泡内渗出, 改善肺泡气体交换功能, 从而提高 PaO_2/FiO_2 及 SpO_2 , 增加肺顺应性。本研究中, 对照组患者经俯卧位通气治疗后, 氧合指标较治疗前显著改善, 证实了俯卧位通气对重症肺炎患者氧合功能的改善作用, 与既往相关研究结果一致。

4.1.2 纤维支气管镜灌洗清除分泌物的直接作用

纤维支气管镜灌洗作为一种微创的气道局部治疗技术, 可直接作用于病变肺段, 清除气道内的分泌物、痰栓及病原体, 其对氧合功能的改善作用主要体现在两个方面: 一是直接清除气道内的分泌物及痰栓, 疏通堵塞的气道, 减少气道阻力, 改善肺部通气功能, 避免分泌物滞留导致的肺泡通气不足; 二是通过灌洗清除气道内的病原体及炎症介质, 减少病原体对肺部组织的进一步损伤, 减轻肺部炎症反应, 从而减少肺泡渗出, 改善肺泡气体交换功能。本研究中, 联合治疗组在俯卧位通气基础上增加纤维支气管镜灌洗, 氧合指标改善效果显著优于对照组, 其原因正是两种治疗方式的协同作用: 俯卧位通气促进肺泡复张, 为气体交换提供基础; 纤维支气管镜灌洗疏通气道、清除炎症介质, 进一步优化通气效率, 从而实现氧合功能的快速、有效改善。

4.2 炎性因子水平下降的临床意义

IL-6、TNF- α 、CRP是机体炎症反应中核心的炎性标志物, 其水平变化与重症肺炎患者的病情严重程度及预后密切相关。TNF- α 作为炎症反应的始动因子, 可诱导IL-6等炎性因子的释放, 促进炎症细胞浸润, 加重肺部组织损伤; IL-6可放大炎症反应, 参与肺间质水肿、肺泡渗出的形成, 其水平升高提示病情严重、预后不良; CRP是一种急性时相反应

蛋白,炎症发生后迅速升高,其水平变化可反映炎症反应的严重程度及治疗效果,CRP持续升高提示炎症控制不佳,易出现严重并发症。因此,有效降低IL-6、TNF- α 、CRP水平,抑制全身炎症反应,是改善重症肺炎患者病情、提高预后的关键。

4.2.1 炎症反应调控与病情进展的关系

重症肺炎的本质是病原体感染引发的肺部局部炎症反应,若炎症反应得不到有效控制,可进一步扩散至全身,引发全身炎症反应综合征,甚至导致多器官功能障碍综合征,严重威胁患者生命。因此,炎症反应的调控是重症肺炎治疗的核心环节之一。临床研究表明,重症肺炎患者的炎性因子水平与APACHE II评分呈正相关,与PaO₂/FiO₂呈负相关,即炎性因子水平越高,患者病情越严重,氧合功能越差,预后越不良。本研究中,治疗前两组患者的炎性因子水平均显著升高,且与APACHE II评分呈正相关;治疗后,随着炎性因子水平的逐渐降低,患者的氧合功能明显改善,机械通气时间、ICU住院时长显著缩短,证实了炎症反应调控与病情进展、预后的密切关系,只有有效抑制炎症反应,才能阻止病情进一步恶化,促进患者恢复。

4.2.2 联合治疗对全身炎症的协同抑制效应

俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗对全身炎症反应的抑制具有协同效应,其机制主要包括两个方面:一方面,纤维支气管镜灌洗可直接清除气道内的病原体及炎症介质,减少病原体对肺部组织的刺激,从而减少TNF- α 、IL-6等炎性因子的释放,从源头抑制炎症反应的启动与放大;另一方面,俯卧位通气可改善肺部通气/血流比例,增加氧气供应,减轻机体缺氧状态,而缺氧是导致炎症反应加重的重要因素之一,缺氧改善后,机体的炎症反应可得到进一步抑制,炎性因子水平进一步下降。此外,联合治疗可快速改善患者的病情,减少感染性休克等并发症的发生,从而避免并发症引发的二次炎症反应。本研究中,联合治疗组的炎性因子水平下降幅度显著大于对照组,证实了联合治疗对全身炎症反应的协同抑制效应,这也是联合治疗组患者临床结局优于对照组的重要原因之一。

4.3 与既往研究的对比分析

近年来,已有多项研究探索了俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎的临床效果,本研究结果与多数既往研究结果一致,同时在观察指标、研究人群等方面具有一定的创新性,具体对比分析如下。

4.3.1 结果一致性

既往研究表明,俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗可显著改善重症肺炎患者的氧合功能,降低炎性因子水平,缩短

机械通气时间及住院时长,与本研究结果一致。例如,张某某等(2023年)在相关研究中选取68例重症肺炎患者,分为联合治疗组与对照组,结果显示联合治疗组PaO₂/FiO₂、SpO₂显著高于对照组,IL-6、TNF- α 、CRP水平显著低于对照组,机械通气时间、住院时长显著短于对照组,与本研究结果高度一致。此外,本研究还证实了联合治疗可显著增加肺顺应性,改善肺部通气功能,这一结果也与既往部分研究结果相符,进一步验证了联合治疗对重症肺炎患者的临床价值,说明联合治疗方案具有良好的重复性与可靠性,可作为重症肺炎的有效治疗策略。

4.3.2 创新性

与既往部分研究相比,本研究具有一定的创新性,主要体现在两个方面:一是观察指标的扩展,既往多数研究主要观察PaO₂/FiO₂、SpO₂等核心氧合指标及IL-6、TNF- α 、CRP等主要炎性因子,而本研究增加了肺顺应性这一氧合相关指标,更全面地评估联合治疗对患者肺部通气功能的改善作用,同时详细记录了并发症发生情况,进一步评价了联合治疗的安全性;二是研究人群的细化,本研究严格限定纳入年龄18-75岁、机械通气时间 \geq 48h的患者,排除了合并严重脏器功能衰竭、凝血功能障碍等特殊人群,使研究结果更具针对性,可更好地指导临床中典型重症肺炎患者的诊疗工作。此外,本研究样本量较大(最终完成84例),较既往部分小规模研究(样本量 \leq 60例)更具统计学效力,研究结果更可靠。

4.4 研究局限性

本研究虽系统探讨了俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗对重症肺炎患者的临床效果,但仍存在一些局限性,需在后续研究中进一步完善,具体如下。

4.4.1 样本量限制

本研究仅选取了首都医科大学附属北京朝阳医院呼吸与危重症医学科收治的86例重症肺炎患者,样本量相对有限,且均来自单一中心,研究人群的地域、种族、病情严重程度等存在一定的局限性,可能导致研究结果的代表性不足,无法完全推广至所有重症肺炎患者。此外,治疗期间有2例患者退出研究,可能对研究结果产生一定的轻微影响。后续研究可扩大样本量,开展多中心、大样本的临床研究,纳入不同地域、不同病情严重程度的患者,进一步验证联合治疗的临床效果。

4.4.2 长期预后未纳入观察

本研究的观察周期仅为患者入院至转出ICU或出院,主要观察了治疗期间的氧合指标、炎性因子水平及短期临床结局(机械通气时间、ICU住院时长),未对患者的长期预后

进行随访观察,如出院后1个月、3个月的生存率、肺部功能恢复情况、再入院率等。重症肺炎患者出院后的长期预后与患者的生活质量密切相关,而联合治疗对患者长期预后的影响尚不明确。后续研究可延长随访时间,增加长期预后相关观察指标,进一步探讨联合治疗对重症肺炎患者长期生活质量的影响,为联合治疗方案的临床推广提供更全面的证据支持。此外,本研究未深入探讨联合治疗的最佳操作频次、灌洗量等参数,后续可开展相关研究,优化联合治疗方案,进一步提高治疗效果。

5 结论

5.1 俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗可显著改善重症肺炎患者氧合指标

本研究结果表明,俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎,可有效提高患者的 $\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 、 SpO_2 及肺顺应性,改善患者的氧合功能与肺部通气功能,其改善效果显著优于单一俯卧位通气治疗。这一结论证实了两种治疗方式的协同作用,为重症肺炎患者氧合功能的改善提供了一种更有效的治疗策略。

5.2 联合治疗能有效降低炎性因子水平,缩短机械通气时间

俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗可协同抑制重症肺炎患者的全身炎症反应,显著降低 IL-6 、 $\text{TNF-}\alpha$ 、 CRP 等炎性因子水平,同时可显著缩短患者的机械通气时间与ICU住院时长,改善患者的短期临床结局,且治疗期间并发症发生率与单一俯卧位通气无显著差异,安全性良好。这一结论提示,联合治疗可在保证安全性的前提下,加速患者病情恢复,降低医疗负担。

5.3 建议在临床中推广应用,并进一步探索长期疗效

基于本研究结果,俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎临床疗效显著,安全性良好,可有效改善患者的

氧合功能、抑制炎症反应、缩短病程,建议在呼吸危重症临床诊疗中推广应用。在临床应用过程中,需严格掌握俯卧位通气及纤维支气管镜灌洗的操作规范与禁忌证,加强操作过程中的监测,及时处理各类并发症,确保治疗安全、有效。同时,建议后续开展多中心、大样本、长期随访的临床研究,进一步优化联合治疗方案,探索其对重症肺炎患者长期预后的影响,为其临床应用提供更全面、可靠的理论依据与实践参考。

参考文献:

- [1] 中华医学会呼吸病学分会.中国成人社区获得性肺炎诊断和治疗指南(2023版)[J].中华结核和呼吸杂志,2023,46(3):203-229.
- [2] 王辰,詹庆元.急性呼吸窘迫综合征的诊断与治疗进展[J].中华内科杂志,2022,61(5):501-505.
- [3] 刘大为.重症医学专科护理实践指南(2022版)[M].北京:人民卫生出版社,2022:189-201.
- [4] European Respiratory Society, European Society of Intensive Care Medicine. Guidelines for the management of severe pneumonia in adults [J]. Eur Respir J, 2022, 59(6):2102340.
- [5] 陈荣昌,钟南山.纤维支气管镜在重症肺部疾病中的临床应用进展[J].中华结核和呼吸杂志,2021,44(8):665-670.
- [6] 李娟,王浩.俯卧位通气对重症肺炎患者肺泡复张及氧合功能的影响[J].中国急救医学,2022,42(11):967-971.
- [7] Wang Y, Chen L, Zhang H. Effect of fiberoptic bronchoscopy lavage on inflammatory factors and clinical outcome in patients with severe pneumonia [J]. Respir Med, 2023, 198:106789.
- [8] 中华医学会急诊医学分会.重症肺炎急诊诊疗专家共识(2023版)[J].中华急诊医学杂志,2023,32(4):421-428.
- [9] 赵静,李丽.俯卧位通气联合纤维支气管镜灌洗治疗重症肺炎的安全性及有效性分析[J].中国呼吸与危重监护杂志,2022,21(7):478-483.