

无创呼吸支持治疗失败的影响因素研究进展

李嘉祺, 鲁萍萍, 刁鑫*

西安医学院第一附属医院呼吸与危重症学科, 陕西 西安

收稿日期: 2025年12月21日; 录用日期: 2026年1月16日; 发布日期: 2026年1月26日

摘要

无创呼吸支持治疗是一种无需气管插管或气道切开, 通过面罩、鼻罩等方式将呼吸机与患者相连, 为患者提供呼吸支持的治疗方式。无创呼吸支持治疗是纠正血气指标异常和改善患者病情的重要手段。无创通气(Non-invasive ventilation, NIV)与经鼻高流量氧疗(High-flow nasal cannula, HFNC)是无创呼吸支持治疗的常用手段。无创通气是指呼吸机通过面罩与患者相连进行的正压通气, 无需建立有创人工气道; 而经鼻高流量氧疗是指通过鼻导管进行的高流量湿化氧疗, 是一种高流量持续为患者提供可以调控并相对恒定吸氧浓度、温度以及湿度的吸入气体的治疗方式。对于无法耐受NIV的患者可以尝试使用HFNC代替治疗, 且HFNC与NIV的治疗效果并没有太大差异。NIV失败(或HFNC失败)定义为患者使用NIV(或HFNC)一定时间后需要切换至有创通气或患者死亡。依据失败的时间点不同, NIV失败又可分为即刻失败(1小时内)、早期失败(1~48小时内)和晚期失败(48小时以后), 其中早期失败最为常见。盲目地使用无创通气, 可能导致通气治疗早期失败并延后有创通气的启动时间, 进而增加住院死亡率。因此, 明确无创呼吸支持治疗的影响因素至关重要。本文对无创呼吸支持治疗的相关影响因素的研究进行综述, 为临床治疗提供参考。

关键词

无创呼吸, 经鼻高流量氧疗, 治疗失败

Research Progress on Factors Influencing the Failure of Non-Invasive Respiratory Support Treatment

Jiaqi Li, Pingping Lu, Xin Diao*

Department of Respiratory and Critical Care Medicine, The First Affiliated Hospital of Xi'an Medical University, Xi'an Shaanxi

*通讯作者。

文章引用: 李嘉祺, 鲁萍萍, 刁鑫. 无创呼吸支持治疗失败的影响因素研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(1): 2301-2310. DOI: 10.12677/acm.2026.161288

Abstract

Non-invasive respiratory support therapy is a treatment method that connects the patient to the ventilator through a mask, nasal mask, or other means without the need for endotracheal intubation or tracheotomy to provide respiratory support to the patient. Non-invasive respiratory support therapy is an important means to correct abnormal blood gas indicators and improve the patient's condition. Non-invasive ventilation (NIV) and high-flow nasal cannula (HFNC) are common methods of non-invasive respiratory support therapy. Non-invasive ventilation refers to positive pressure ventilation through a mask connected to the ventilator without the need to establish an invasive artificial airway; while high-flow nasal cannula refers to high-flow humidified oxygen therapy through a nasal cannula, which is a treatment method that continuously provides the patient with inhalation gas with adjustable and relatively constant oxygen concentration, temperature, and humidity at a high flow rate. For patients who cannot tolerate NIV, HFNC can be attempted as an alternative treatment, and there is no significant difference in the therapeutic effect between HFNC and NIV. NIV failure (or HFNC failure) is defined as the need to switch to invasive ventilation or the patient's death after a certain period of using NIV (or HFNC). According to the time point of failure, NIV failure can be divided into immediate failure (within 1 hour), early failure (1~48 hours), and late failure (after 48 hours), among which early failure is the most common. The blind use of non-invasive ventilation may lead to early failure of ventilation treatment and delay the initiation of invasive ventilation, thereby increasing the in-hospital mortality rate. Therefore, it is crucial to clarify the influencing factors of non-invasive respiratory support therapy. This article reviews research on the influencing factors of non-invasive respiratory support therapy to provide a reference for clinical treatment.

Keywords

Non-Invasive Ventilation, High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy, Treatment Failure

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

对于呼吸系统疾病患者，如慢性阻塞性肺疾病急性加重或重症肺炎，除了常规抗感染、补液等治疗外，常规吸氧(如经鼻高流量吸氧、鼻导管吸氧、面罩吸氧等)治疗十分重要，而当常规氧疗无法纠正缺氧和二氧化碳潴留时，无创通气治疗成为挽救生命的关键措施。然而，临床上部分患者会出现无创通气治疗失败。这些患者常常表现为经积极治疗后，患者的呼吸窘迫、低氧血症或高碳酸血症无法好转且仍持续恶化，或出现明显的血流动力学不稳定、意识水平下降、无法清除气道分泌物等情况。无创通气治疗失败的出现往往代表着患者病情加重，其失败原因可能与人机不同步、原发病过重或患者无法耐受等因素有关。一旦治疗失败，延迟干预将显著增加死亡率。治疗失败后临床医生须果断决策，及时升级为有创通气治疗，通过气管插管建立可靠的人工气道，为原发病的治疗和病情的逆转争取宝贵时间。这是呼吸危重症救治中一个关键的决策点。所以，能否及时预测患者无创呼吸治疗的失败可能十分重要。相关预测因素主要包括呼吸相关指标、循环相关指标、感染相关指标、评分模型及其他相关指标，本文将对

此进行综述。

2. 呼吸相关指标

2.1. 氧合指数

氧合指数是指动脉血氧分压与吸入氧浓度的比值，可以有效反应肺部气体交换效率，**同时**对于诊断急性呼吸窘迫综合征和调整呼吸机参数十分重要。研究表明[1]氧合指数 ≤ 169.2 mmHg 是治疗失败的相关因素；SUTTAPANIT K 的研究[2]表明当氧合指数水平 > 2 时(即非 PEEP 时 PF 比值 ≤ 100 mmHg, PEEP ≥ 5 cmH₂O 时 PF 比值 ≥ 200 mmHg)，治疗失败的风险会显著升高。氧合指数过低表明一定氧浓度下肺部气体交换能力不足，需要切换至有创呼吸以保证更好且更直接的气体供应以提高患者血氧水平。对于 HFNC 和 NIV 两种氧疗方式，NIV 更注重通气反应，而 HFNC 更注重氧合反应，而氧合指数更契合 HFNC 治疗，故而对于 HFNC 治疗失败具有更显著的意义。

2.2. 呼气潮气量

呼气潮气量是指平静呼吸下，每次呼出的气体量。研究表明[3]呼气潮气量 > 8.96 ml/kg 是预测治疗失败的截断值，需要及时切换至有创呼吸。它能反映肺内气体的排出情况，在机械通气治疗中是一个关键参数。呼气潮气量下降往往导致患者无创通气效率及人机同步率下降，需要及时切换至有创呼吸治疗。该指标是观测 NIV 治疗的核心预测指标，潮气量异常强烈反应了 NIV 失败的风险高低，而对于 HFNC 来说实际意义并不大。

2.3. ROX 指数

ROX 指数是指氧饱和度与吸入氧浓度的比值(SpO_2/FIO_2)与呼吸频率(RR)之比。一般认为，ROX 指数越低，无创通气的失败率越高[4]。但其具体预测能力及使用方法各论文间仍有争议。

2.3.1. 预测能力

对于新型冠状病毒(COVID-19)感染患者，ROX 指数预测 HFNC 治疗失败的能力已被多次验证，虽然评分的组成要素简单，但其准确率仍能接近 80% [5] [6]。这可能与以下几种原因相关：1) COVID-19 导致的 ARF 主要与呼吸相关指数的下降有关；2) ROX 指数等预测模型的临界值设定不佳，导致其准确率虚高；3) 临床医生对于疾病的认知不足，不能及时给予患者准确而及时的治疗，导致呼吸指标长期升高。对于其他患者，ROX 指数的预测能力也十分可观，如：2021 年一项对于 I 型呼吸衰竭患者的研究[7]表示，预测灵敏度可达 77.8%，而特异度可达 89.5%。

2.3.2. 临界值与测定时间

ROX 指数的临界值及测定时间的设定，各国研究仍有争议，部分研究[8]认为，应长期监测 ROX 指数，并在治疗后第 12 小时开始加强重视程度，如果 ROX 指数 ≥ 4.88 ，则患者治疗成功的机会很大，如果 < 3.85 ，则失败的风险很高，在 3.85~4.88 之间明显存在一个难以得出结论的灰色地带；Suliman 等[9]在研究中发现在不同时间谨慎地设定临界值，其敏感度可维持在 90%及以上，而特异度也逐渐升高，最后可达 100%；2022 年的一项 meta 分析则认为 ROX 临界值 > 5 可能更为理想[10]。

2.3.3. HFNC 与 NIV 比较

ROX 指数是专门为评估 HFNC 治疗低氧性呼吸衰竭效率的预测工具，其整合了氧合效率(SpO_2/FIO_2)和呼吸频率，这两者均与 HFNC 治疗密切相关；而对于 NIV 治疗，虽然该指标不能很好地适用，但是基于 ROX 指数整合其他呼吸力学指标进行预测具有一定可行性，或是整合其他指标构成评分系统也可以

提高其预测准确性。

2.4. ROX-HR

ROX-HR 是由 ROX 指数延伸出来的指标。由于心率与 HFNC 成功率呈负相关,ROX-HR 定义为 ROX 指数与 HR 的比值,并乘以 100 倍。ROX-HR 指数 > 6.80 时, HFNC 失败的风险显著降低[11]分析其原因,心率升高往往与呼吸功能降低相关,当患者无法从无创呼吸中获取正常水平的氧气时,往往会兴奋交感神经,导致心率及呼吸频率加快,同时提示医生需切换有创呼吸以提供更直接稳定的通气治疗。该指标主要针对 HFNC 失败风险的预测,而对于 NIV 失败风险的预测并不适用。

2.5. 膈肌功能障碍

膈肌是人体最重要的呼吸肌,它的规律性收缩和舒张,是完成呼吸过程的核心动力。膈肌功能反映了患者腹型呼吸能力。膈肌功能障碍的病因多样,主要可分为神经源性、肌源性及机械性。PATEL 等[12]发现在 NIV 开始 2 小时后膈膜厚度的变化与 NIV 失败关系密切。KOCYIGIT 等[13]也发现使用膈肌功能障碍作为 NIV 失败预测因素的敏感性为 84.6%,特异性为 91.5%。膈肌功能障碍往往会导致呼吸困难、咳嗽咳痰能力减弱及肺部反复的感染等,同时也说明患者需要切换至有创呼吸以提高患者呼吸功能,使患者由主动配合呼吸转为更加被动的呼吸。该指标与 NIV 失败紧密相关,反映了人机同步情况,而对于 HFNC 来说,该指标更注重筛选患者禁忌症以考虑更换呼吸治疗方式。

2.6. 其他呼吸相关因素

除上述因素外,PH 值降低、PaCO₂ 升高、PaO₂ 降低、呼吸频率过快、排痰困难、呼吸抑制等呼吸相关因素均与无创呼吸治疗失败密切相关[14][15]。这些指标直接且客观地反映了患者肺部功能变化,提示患者在无创呼吸情况下仍不能满足其机体气体交换需要,排痰困难更是提示气管或主支气管堵塞可能性提高,切换至有创通气是临床治疗的必要措施。对于 NIV 失败而言,临床医生需更加关注通气相关指标,而对于 HFNC 失败,则更需要关注氧合相关指标。

3. 循环相关指标

3.1. 肌钙蛋白

肌钙蛋白是存在于心肌和骨骼肌细胞中的一种蛋白质复合物,在肌肉收缩过程中起着至关重要的调节作用,在临床上可以有效反应心肌损伤情况。研究表明,肌钙蛋白升高会使 HFNC 治疗失败率显著增高[16]。肌钙蛋白升高往往提示心脏功能受损,这往往提示患者心肌梗塞、心脏衰竭或心肌炎发病风险提高,导致患者配合无创通气及自主呼吸功能减弱,从而影响 HFNC 治疗的成功率,临床医生则需提早做好有创通气治疗准备。该指标主要反应疾病严重程度及心肺功能,对于 HFNC 和 NIV 失败具有相近的预测能力。

3.2. 脑钠肽

脑钠肽是利钠肽的一种,主要由心室肌细胞合成分泌,能反应患者整体心功能水平。部分研究指出脑钠肽水平变化可以作为治疗失败的独立预测因素[17]。脑钠肽升高往往意味着心功能不全、心源性肺水肿等疾病的发生,提示临床治疗中患者需要提高通气治疗等级,预示着无创通气治疗即将不足以满足患者呼吸需要。该指标对于 NIV 来说,更注重于病因鉴别和心脏合并症问题的预警,而对于 HFNC 则更注重反应心脏损伤和全身病症的严重程度。

4. 感染相关指标

4.1. 中性粒细胞与淋巴细胞比值(NLR)

NLR 往往反映患者肺部感染情况,中性粒细胞可以分泌丝氨酸蛋白酶破坏肺泡,同时也能增加气道分泌物粘稠度,而淋巴细胞的相对不足则反应炎症调控能力的减弱。当 $NLR > 8.9$ 时, NIV 失败的概率显著升高[18]。当 NLR 升高时,往往提示患者肺部感染加重,导致肺部炎性渗出物增多、痰液排出困难,甚至是肺气肿、肺部空洞等的发生,临床医生往往需要注意此类患者是否应随时切换至有创呼吸状态以最大限度保证患者生命安全。

4.2. 胸部 X 线中象限浸润情况

胸部 X 线中象限浸润是指在胸部 X 线上,肺泡或肺间质被液体、细胞或其他物质所填充,取代了正常的空气,在影像上表现为密度增高的阴影。通过分析象限及浸润程度,可以有效评估肺部感染严重程度。研究[2]表明。当胸部 X 线中象限浸润数 > 2 时, NIV 失败的可能性增高。胸部 X 线中象限浸润数量的增多往往提示患者病情危急,往往提示患者需切换至有创呼吸治疗以更好的维持患者生命体征。

4.3. 血清铁蛋白水平

铁蛋白水平是一种广泛存在于人体细胞内的蛋白质,其主要功能是储存铁,并在需要时安全地释放铁。血清中的铁蛋白浓度与身体中的铁储存量具有良好的相关性,因此是临床评估铁状态的首选指标,同时也可以作为急性和慢性炎症的生物标志物。ZABLOCKIS 等[19]发现,当血清铁蛋白水平在 456.2 ng/mL 的临界值时,可以很好地区分治疗成功与失败。血清铁蛋白的显著增加可能表明单核细胞-巨噬细胞系统的激活,这是炎症细胞因子风暴的重要组成部分,提示着患者病情极可能已进入危重阶段,有创通气必要性则逐渐增加。

4.4. 气道定植菌

气道定植菌是人体呼吸道内长期存在但通常不引起疾病的一类细菌,其具有诱发感染及影响疾病预后的能力。常见的定植菌包括草绿色链球菌群、奈瑟菌属、凝固酶阴性葡萄球菌等等。FERRER 等[20]在研究中发现,非发酵革兰氏阴性杆菌的气道定植与 NIV 失败密切相关。气道定植菌数量与种类的变化往往反映患者免疫功能下降,无创通气治疗可能导致患者误吸、定植菌移位等发生,从而导致患者病情加重。

4.5. 其他感染相关指标

除上述指标外,IL-6、CRP、PCT、CD3+细胞分数、CD4+细胞分数、CD8+细胞分数、频繁败血症、肺炎等均是 NIV 失败的独立危险因素[14] [21] [22]。这些指标往往反映患者感染情况加重,预示着当前无创呼吸治疗状态下不能满足患者通气需要,切换通气治疗方式则变得必要。

4.6. HFNC 与 NIV 比较

感染相关指标总体上反映了机体感染风险、全身免疫反应及病变严重程度,对于 HFNC 和 NIV 失败具有大致相同的预测能力;该类别指标可以与其他呼吸力学指标结合以强化其预测能力,进而帮助临床医生更好地区分不同氧疗方式的优势与劣势。

5. 评分模型

5.1. HACOR 评分

HACOR 评分是一个专门用于预测因急性呼吸衰竭而接受无创通气治疗患者失败风险的床边评估工

具,以心率、酸中毒(PH 值评估)、意识状态(GCS 评分评估)、氧合指数($\text{PaO}_2/\text{FiO}_2$ 评估)及呼吸频率五项指标构成的评分系统,总分为 25 分,以 5 分作为判断阈值,大于 5 分预示着患者无创通气失败风险高,小于或等于 5 分则预示失败风险较低[23]。

5.1.1. 预测能力

在 NIV 后 1 h,其评分灵敏度也可达 60%以上,特异度也可接近 90% [24]。对于急性呼吸衰竭患者,NIV 失败的预测准确度也在 80%以上[25][26]。HACOR 评分相较于传统的呼吸系统指标,能够对患者整体的生命体征进行更加全面的评估。

5.1.2. 临界值与测定时间

HACOR 评分起初设定临界值为 5,测定时间为 NIV 后 1 h。随着后续发展,Ding 等[27]通过对 148 名 II 型呼吸衰竭患者进行前瞻性研究,认为要获得最佳的灵敏度和特异性,不同时间点的应设置不同的临界值,如:NIV 起始时的截止值为 7(灵敏度为 68%,特异性为 61%),NIV 1~2 h 后为 5(敏感性为 90%,特异性为 85%)。NIV 12 h 后为 4(敏感性 82%,特异性 91%),24 h 后为 2(敏感性为 100%,特异性为 76%)。2023 年,张文平[28]等在对 51 例 COPD 合并肺性脑病的患者进行研究时,将临界值设置在 10.5,对于 NIV 后 1~2 小时的患者进行预测,其敏感度为 60.03%,特异度为 86.10%;临界值与测定时间的变化可能与样本量及治疗设备的差异相关,其值还需要更多研究明确。

5.1.3. 新发展

除了上述因素外,2022 年,Duan 等[29]通过对 1451 名 I 型呼吸衰竭患者的前瞻性研究,将肺炎诊断和通气前的 ARDS、免疫抑制、感染性休克以及 SOFA 评分视作 NIV 失败的风险因素,而将心源性肺水肿(CPE)视作 NIV 失败的保护性因素,并将上述六项与 HACOR 评分整合,形成新的 HACOR 评分;更新后的 HACOR 评分 = 原始 HACOR 评分 + $0.5 \times \text{SOFA}$ + $2.5 \times \text{肺炎}$ + $3 \times \text{ARDS}$ + $1.5 \times \text{免疫抑制}$ + $2.5 \times \text{感染性休克}$ - $4 \times \text{心源性肺水肿}$ (定性结果:是或有记为 1,否或无记为 0)。更新后的 HACOR 评分在 NIV 使用后 1~2 小时具有最强的预测能力,通过设定不同临界值区间,可将患者分成低危组(临界值 ≤ 7)、中危组(7.5~10.5)、高危组(11~14)和极高危组(>14),其失败率分别为 12.4%、38.2%、67.1%和 83.7%,其预测准确率需要更多研究验证。

5.2. APACHE II 评分

APACHE II 评分由急性生理评分、年龄评分及慢性健康评分三部分构成。该评分可以客观且实用地评估患者病情,其分值越高表示病情越重。多数研究都肯定其与治疗失败之间的关系[30]-[32]。值得注意的是,有些研究还将 APACHE II 评分与其他检查结果相结合,这更加提高了对于 NIV 失败的预测能力[3]。但是,该评分存在与疾病的相关性过高、获取数据困难、操作复杂等缺点,这使其在预测失败中起不到太大作用;而与 ROX 指数相比,ROX 指数在预测失败方面似乎更有效[33]。

5.3. SOFA 评分

SOFA 评分可以评估患者器官功能障碍及衰竭程度,评估内容包括呼吸功能、凝血功能、肝脏功能、心血管功能、中枢神经系统功能及肾脏功能。对于 NIV 失败来说,SOFA 评分越高,治疗失败的可能性越高。对于 COVID-19 患者,SOFA 评分可作为治疗失败的独立危险因素[34]。对于 ARF 患者,一项包含 140 名患者的研究指出,入住 ICU 时 SOFA 评分 ≤ 2 、3~4、5~6、7~8 和 ≥ 9 的患者,NIV 失败率分别为 12%、32%、36%、62%和 75% [35]。该评分反映了患者身体整体功能状态,预示着在无创通气状态下患者预后较差,治疗失败风险的增加。

5.4. 临床虚弱量表(CFS 评分)

CFS 评分可以有效评估个体虚弱程度,它不关注具体的疾病诊断,而是聚焦于患者的整体功能状态、活动能力和共存疾病情况。通过该评分可将患者分为健康(1~3 分)、脆弱(4 分)或虚弱(5~9 分)。CFS 评分与 NIV 失败具有一定相关性[36],其原因可能是虚弱患者配合 NIV 能力下降,肺部气体无法正常与外界交换。

5.5. 查尔森共病指数(CCI 评分)

CCI 评分可以评估慢性病患者共病,综合考虑患者疾病数量、严重程度、年龄等相关因素,反映患者长期预后和死亡率。研究指出,临界值为 2.5 时,CCI 的最佳临界点敏感性为 64.1%,特异性略高,为 75.0%,这可能是由于患有多种疾病的患者更难以配合 NIV 治疗,从而导致不良后果[19]。CCI 指数的增高往往提示患者病情危重,临床医生则需为有创通气早做准备。

5.6. CROW-65 评分

CROW-65 评分是 ROX 指数的延续,定义了一个由四个变量组成的风险评分模型:CCI>4, ROX 指数 ≤ 4.11 , LDH 与 WBC 比值,年龄 > 65 岁。该评分可以综合评价患者病情严重程度,与 NIV 失败关系密切[37]。

5.7. CAPS 评分

CAPS 评分可以对不同生理指标变化程度和预后之间的关系进行分析,其指标包括心率、平均动脉压、pH 值、尿素氮等,相较于 APACHE 评分具有更好的针对性。研究[38]表明,当 CAPS 评分 > 25 分时 NIV 失败率较高,其预测敏感性为 93%,特异性为 82%。该评分的增高往往预示着无创通气治疗效力的不足。

5.8. GCS 评分

GCS 评分是评估患者昏迷程度的重要方式,分数越低表示患者障碍越严重。部分研究[39]表明 GCS 评分 < 13 分是 NIV 失败的独立危险因素。意识障碍患者呼吸功能、咳嗽咳痰功能及吞咽功能下降,容易导致呼吸抑制及肺部感染,切换至有创呼吸变得必要。

5.9. HFNC 与 NIV 比较

HACOR 评分、GCS 评分主要是针对 NIV 失败的预测工具,是判断更换氧疗方式时机的重要预测工具;而对于 HFNC 来说,两者的各项指标是治疗失败的普适高危标志,并不具有独特性,其预测能力也需要更多研究进行验证;而 SOFA 评分、CFS 评分、CCI 评分等均是治疗失败的重要预测背景,对于 HFNC 和 NIV 治疗具有相近的预测能力。

6. 其他相关指标

6.1. 男性性别

部分研究[34]表明,男性患者更容易出现 NIV 失败。这可能与上气道解剖结构、肺力学差异、疾病趋势、激素差异及吸烟饮酒习惯等有关。对于男性患者,采取更积极、更细致、更前瞻性的管理策略,是优化 NIV 临床应用、提高总体成功率的关键所在。

6.2. 高龄

高龄是无创呼吸支持治疗失败的一个强有力的预测因子,部分研究[40]指出年龄 ≥ 65 岁可以作为

NIV 失败的相关因素。其原因可能是高龄患者抵抗力更差，更容易出现肺部感染、误吸、痰液粘稠等状况。

6.3. 白蛋白(ALB)

ALB 水平可反映患者整体营养状态，ALB 水平降低可导致低蛋白血症、营养不良，既可以侧面提示 NIV 失败，同时也是肺部疾病的相关危险因素[41]。

6.4. HFNC 与 NIV 比较

上述指标主要反映了患者疾病脆弱性，属于启动无创呼吸支持治疗前应评估的基线风险指标，在 HFNC 与 NIV 失败预测能力方面具有大致相同的预测能力。

7. 小结与展望

无创呼吸治疗对于呼吸系统疾病患者及病情危重患者十分重要，因其无创、便捷、能避免气管插管相关并发症等优势，在临床上得到了广泛应用。无创呼吸支持治疗失败往往会直接延迟有创通气开始时间，导致患者预后不佳及医院死亡率上升。了解相关危险因素及流行的预测模型对于临床医生十分重要。在上述因素中，对于 NIV 失败来说，HACOR 评分、GCS 评分、呼气潮气量、膈肌功能障碍等通气相关指标属于强预测因子，而对于 HFNC 失败来说，ROX 指数、氧合指数等氧合指标属于强预测因子；而肌钙蛋白、感染相关指标、基线指标及部分评分均为潜在因素。目前，关于无创呼吸支持治疗失败的相关因素研究仍有很多不足，一方面，部分相关因素与治疗失败的关系仍需继续明确，如呼气潮气量、膈肌功能异常等指标在 HFNC 方式下的预测能力，明确 HFNC 与 NIV 两种氧疗方式治疗失败的预测因素在其他氧疗方式下的预测能力；另一方面，丰富预测模型及验证模型至关重要，通过纳入更多呼吸系统，如呼吸机相关指标、影像学指标等，及其他系统的相关指标以增强其预测能力；此外，多中心研究或针对特定疾病的预测也十分重要。总而言之，这一领域需要更多更全面的研究加以论证其可行性，从而降低患者住院死亡率，改善患者预后，提高医疗质量。

参考文献

- [1] Katsuno, T., Suzuki, M., Morishita, M., Kawajiri, K., Saito, S., Horikawa, Y., *et al.* (2023) High-Flow Nasal Cannula for Severe COVID-19 Patients in a Japanese Single-Center, Retrospective, Observational Study: 1 Year of Clinical Experience. *Global Health & Medicine*, **5**, 47-53. <https://doi.org/10.35772/ghm.2022.01054>
- [2] Suttapanit, K., Boriboon, J. and Sanguanwit, P. (2021) Risk Factors for Non-Invasive Ventilation Failure in Influenza Infection with Acute Respiratory Failure in Emergency Department. *The American Journal of Emergency Medicine*, **45**, 368-373. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.08.094>
- [3] Sun, W., Luo, Z., Cao, Z., Wang, J., Zhang, L. and Ma, Y. (2022) A Combination of the APACHE II Score, Neutrophil/Lymphocyte Ratio, and Expired Tidal Volume Could Predict Non-Invasive Ventilation Failure in Pneumonia-Induced Mild to Moderate Acute Respiratory Distress Syndrome Patients. *Annals of Translational Medicine*, **10**, Article 407. <https://doi.org/10.21037/atm-22-536>
- [4] Roca, O., Messika, J., Caralt, B., García-de-Acilu, M., Sztrymf, B., Ricard, J., *et al.* (2016) Predicting Success of High-Flow Nasal Cannula in Pneumonia Patients with Hypoxemic Respiratory Failure: The Utility of the ROX Index. *Journal of Critical Care*, **35**, 200-205. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2016.05.022>
- [5] Alshahrani, M.S., Alshaqah, H.M., Alhumaid, J., Binammar, A.A., AlSalem, K.H., Alghamdi, A., *et al.* (2021) High-flow Nasal Cannula Treatment in Patients with COVID-19 Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *Saudi Journal of Medicine & Medical Sciences*, **9**, 215-222. https://doi.org/10.4103/sjmm.sjmm.316_21
- [6] Prakash, J., Bhattacharya, P.K., Yadav, A.K., Kumar, A., Tudu, L.C. and Prasad, K. (2021) ROX Index as a Good Predictor of High Flow Nasal Cannula Failure in COVID-19 Patients with Acute Hypoxemic Respiratory Failure: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Critical Care*, **66**, 102-108. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2021.08.012>
- [7] 宋建奇, 房颖, 吕维, 等. ROX 指数在经鼻高流量湿化氧疗治疗 I 型呼吸衰竭中的应用价值[J]. 新乡医学院学报,

- 2021, 38(7): 671-675.
- [8] Roca, O., Caralt, B., Messika, J., Samper, M., Sztrymf, B., Hernández, G., *et al.* (2019) An Index Combining Respiratory Rate and Oxygenation to Predict Outcome of Nasal High-Flow Therapy. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, **199**, 1368-1376. <https://doi.org/10.1164/rccm.201803-0589oc>
 - [9] Suliman, L., Abdelgawad, T., Farrag, N. and Abdelwahab, H. (2020) Validity of ROX Index in Prediction of Risk of Intubation in Patients with COVID-19 Pneumonia. *Advances in Respiratory Medicine*, **89**, 1-7. <https://doi.org/10.5603/arm.a2020.0176>
 - [10] Junhai, Z., Jing, Y., Beibei, C. and Li, L. (2022) The Value of ROX Index in Predicting the Outcome of High Flow Nasal Cannula: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Respiratory Research*, **23**, Article No. 33. <https://doi.org/10.1186/s12931-022-01951-9>
 - [11] Goh, K.J., Chai, H.Z., Ong, T.H., Sewa, D.W., Phua, G.C. and Tan, Q.L. (2020) Early Prediction of High Flow Nasal Cannula Therapy Outcomes Using a Modified ROX Index Incorporating Heart Rate. *Journal of Intensive Care*, **8**, Article No. 41. <https://doi.org/10.1186/s40560-020-00458-z>
 - [12] Patel, N.B., Jain, G., Chauhan, U., Bhadoria, A.S., Chandrakar, S. and Indulekha, H. (2023) Evaluating Diaphragmatic Dysfunction and Predicting Non-Invasive Ventilation Failure in Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease in India. *Acute and Critical Care*, **38**, 200-208. <https://doi.org/10.4266/acc.2022.01060>
 - [13] Kocyigit, H., Gunalp, M., Genc, S., Oguz, A.B., Koca, A. and Polat, O. (2021) Diaphragm Dysfunction Detected with Ultrasound to Predict Noninvasive Mechanical Ventilation Failure: A Prospective Cohort Study. *The American Journal of Emergency Medicine*, **45**, 202-207. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2020.08.014>
 - [14] Barreto, L.M., Ravetti, C.G., Athaide, T.B., Bragança, R.D., Pinho, N.C., Chagas, L.V., *et al.* (2020) Factors Associated with Non-Invasive Mechanical Ventilation Failure in Patients with Hematological Neoplasia and Their Association with Outcomes. *Journal of Intensive Care*, **8**, Article No. 68. <https://doi.org/10.1186/s40560-020-00484-x>
 - [15] 丁伟超, 许铁, 燕宪亮, 等. AECOPD 患者无创通气成败的危险因素评估[J]. 中华灾害救援医学, 2021, 9(9): 1206-1210.
 - [16] 杜安琪, 李纾, 吕姗, 等. 非心脏术后低氧性呼吸患者经鼻高流量氧疗失败危险因素及早期预警模型[J]. 实用医学杂志, 2021, 37(7): 914-918.
 - [17] 卢健聪, 邱惠中, 陈丽丽. 经鼻高流量氧疗对慢性阻塞性肺疾病急性加重合并呼吸衰竭患者治疗失败的危险因素分析[J]. 检验医学与临床, 2021, 18(11): 1582-1586.
 - [18] Sun, W., Luo, Z.J., Jin, J.W., Cao, Z.X. and Ma, Y.M. (2021) The Neutrophil/Lymphocyte Ratio Could Predict Noninvasive Mechanical Ventilation Failure in Patients with Acute Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease: A Retrospective Observational Study. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, **16**, 2267-2277.
 - [19] Zablockis, R., Šlekutė, G., Mereškevičienė, R., Kėvelaitienė, K., Zablockienė, B. and Danila, E. (2022) Predictors of Noninvasive Respiratory Support Failure in COVID-19 Patients: A Prospective Observational Study. *Medicina*, **58**, Article 769. <https://doi.org/10.3390/medicina58060769>
 - [20] Ferrer, M., Ioanas, M., Arancibia, F., Marco, M.A., de la Bellacasa, J.P. and Torres, A. (2005) Microbial Airway Colonization Is Associated with Noninvasive Ventilation Failure in Exacerbation of Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Critical Care Medicine*, **33**, 2003-2009. <https://doi.org/10.1097/01.ccm.0000178185.50422.db>
 - [21] Xu, J., Yang, X., Huang, C., Zou, X., Zhou, T., Pan, S., *et al.* (2020) A Novel Risk-Stratification Models of the High-Flow Nasal Cannula Therapy in COVID-19 Patients with Hypoxemic Respiratory Failure. *Frontiers in Medicine*, **7**, Article 607821. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.607821>
 - [22] Gungor, S., Mocin, O.Y., Tuncay, E., Aksoy, E., Goksenoglu, N.C., Ocakli, B., *et al.* (2020) Risk Factors of Unfavorable Outcomes in Chronic Obstructive Pulmonary Disease Patients Treated with Noninvasive Ventilation for Acute Hypercapnic Respiratory Failure. *The Clinical Respiratory Journal*, **14**, 1083-1089. <https://doi.org/10.1111/crj.13245>
 - [23] Duan, J., Han, X., Bai, L., Zhou, L. and Huang, S. (2016) Assessment of Heart Rate, Acidosis, Consciousness, Oxygenation, and Respiratory Rate to Predict Noninvasive Ventilation Failure in Hypoxemic Patients. *Intensive Care Medicine*, **43**, 192-199. <https://doi.org/10.1007/s00134-016-4601-3>
 - [24] Carrillo, A., Lopez, A., Carrillo, L., Caldeira, V., Guia, M., Alonso, N., *et al.* (2020) Validity of a Clinical Scale in Predicting the Failure of Non-Invasive Ventilation in Hypoxemic Patients. *Journal of Critical Care*, **60**, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.jcrc.2020.08.008>
 - [25] Magdy, D. and Metwally, A. (2021) The Utility of HACOR Score in Predicting Failure of High-Flow Nasal Oxygen in Acute Hypoxemic Respiratory Failure. *Advances in Respiratory Medicine*, **89**, 23-29. <https://doi.org/10.5603/arm.a2021.0031>
 - [26] Mathen, P.G., Kumar, K.G., Mohan, N., Sreekrishnan, T., Nair, S.B., Krishnan, A.K., *et al.* (2022) Prediction of Noninvasive Ventilation Failure in a Mixed Population Visiting the Emergency Department in a Tertiary Care Center in India.

- Indian Journal of Critical Care Medicine*, **26**, 1115-1119. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10071-24338>
- [27] Ding, M., Han, X., Bai, L., Huang, S. and Duan, J. (2021) Impact of HACOR Score on Noninvasive Ventilation Failure in Non-COPD Patients with Acute-On-Chronic Respiratory Failure. *Canadian Respiratory Journal*, **2021**, Article ID: 9960667. <https://doi.org/10.1155/2021/9960667>
- [28] 张文平, 高胜浩, 杨远舰, 等. HACOR 评分对无创正压通气治疗慢性阻塞性肺疾病合并肺性脑病临床结局的预测价值[J]. 中华危重病急救医学, 2023, 35(2): 130-134.
- [29] Duan, J., Chen, L., Liu, X., Bozbay, S., Liu, Y., Wang, K., *et al.* (2022) An Updated HACOR Score for Predicting the Failure of Noninvasive Ventilation: A Multicenter Prospective Observational Study. *Critical Care*, **26**, Article No. 196. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04060-7>
- [30] Fukuda, Y., Tanaka, A., Homma, T., Kaneko, K., Uno, T., Fujiwara, A., *et al.* (2021) Utility of SpO₂/FiO₂ Ratio for Acute Hypoxemic Respiratory Failure with Bilateral Opacities in the ICU. *PLOS ONE*, **16**, e0245927. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0245927>
- [31] Liang, Y., Lan, C., Su, W., Yang, M., Chen, S. and Wu, Y. (2022) Factors and Outcomes Associated with Failed Non-invasive Positive Pressure Ventilation in Patients with Acute Respiratory Failure. *International Journal of General Medicine*, **15**, 7189-7199. <https://doi.org/10.2147/ijgm.s363892>
- [32] Abali, H., Kutbay Ozcelik, H., Akkutuk Ongel, E., Beyhan, N., Tokgoz Akyil, F., Tural Onur, S., *et al.* (2022) Prognostic Predictors for Mortality of Patients with COVID-19 in an Intensive Care Unit. *The Journal of Infection in Developing Countries*, **16**, 1555-1563. <https://doi.org/10.3855/ijdc.16973>
- [33] Arunachala, S., Parthasarathi, A., Basavaraj, C.K., Kaleem Ullah, M., Chandran, S., Venkataraman, H., *et al.* (2023) The Validity of the ROX Index and APACHE II in Predicting Early, Late, and Non-Responses to Non-Invasive Ventilation in Patients with COVID-19 in a Low-Resource Setting. *Viruses*, **15**, Article 2231. <https://doi.org/10.3390/v15112231>
- [34] Ma, X., An, M., Yin, F., Zhang, J., Peng, M., Guan, H., *et al.* (2022) Factors Associated with Failure of High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Patients with Severe COVID-19: A Retrospective Case Series. *Journal of International Medical Research*, **50**, 5. <https://doi.org/10.1177/03000605221103525>
- [35] Watson, A., Yadollahi, S., Fahmy, A., Mahar, S., Fritche, D., Beecham, R., *et al.* (2023) Non-Invasive Ventilation for Community-Acquired Pneumonia: Outcomes and Predictors of Failure from an ICU Cohort. *Medicina*, **60**, Article 81. <https://doi.org/10.3390/medicina60010081>
- [36] Polok, K., Fronczek, J., Artigas, A., Flaatten, H., Guidet, B., De Lange, D.W., *et al.* (2022) Noninvasive Ventilation in COVID-19 Patients Aged ≥ 70 Years—A Prospective Multicentre Cohort Study. *Critical Care*, **26**, Article No. 224. <https://doi.org/10.1186/s13054-022-04082-1>
- [37] Kljakovic Gaspic, T., Pavicic Ivelja, M., Kumric, M., Matetic, A., Delic, N., Vrkic, I., *et al.* (2021) In-Hospital Mortality of COVID-19 Patients Treated with High-Flow Nasal Oxygen: Evaluation of Biomarkers and Development of the Novel Risk Score Model CROW-65. *Life*, **11**, Article 735. <https://doi.org/10.3390/life11080735>
- [38] 苑仁祥, 赵卉, 刘云峰, 等. 两种评分系统对预测 AECOPD 合并 II 型呼吸衰竭患者无创通气治疗效果分析[J]. 安徽医科大学学报, 2019, 54(3): 495-497, 502.
- [39] 谢连进, 刘福松, 朱银珍. 急性呼吸衰竭患者无创通气失败的危险因素分析[J]. 大医生, 2022, 7(23): 86-88.
- [40] 吴令波, 张芬. 肺心病无创呼吸机治疗失败的相关因素分析及护理对策[J]. 护理实践与研究, 2020, 17(14): 16-18.
- [41] 赵东方. AECOPD 合并 II 型呼吸衰竭患者无创通气治疗失败的影响因素[J]. 医药论坛杂志, 2022, 43(2): 22-24, 28.