

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

张文平 高胜浩 杨远舰 田翠杰 李成 忽新刚 刘辉 赵志刚 刘红梅 张晓菊 程剑剑
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,郑州 450003
通信作者:程剑剑,Email:chenjian030701@163.com

【摘要】目的 探讨 HACOR 评分〔包括心率(H)、酸中毒(A)、意识(C)、氧合(O)和呼吸频率(R)〕对无创正压通气治疗慢性阻塞性肺疾病(COPD)合并肺性脑病患者临床结局的预测价值。**方法** 采用前瞻性研究方法,选择2017年1月1日至2021年6月1日河南省人民医院收治的 COPD 合并肺性脑病且初始进行无创正压通气治疗的患者。患者在无创正压通气的同时,接受规范的内科治疗。将需要进行气管插管判定为无创通气治疗失败;其中早期失败为治疗48 h内需要气管插管,48 h及以后需要气管插管则定义为晚期失败。记录患者无创通气不同时间点 HACOR 评分,以及重症监护病房(ICU)住院时间、总住院时间和临床结局等。比较无创通气治疗成功与失败两组患者间上述指标的差异;绘制受试者工作特征曲线(ROC曲线),评价 HACOR 评分对无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病失败的预测效能。**结果** 共评估630例患者,最终51例纳入分析,其中男性42例(占82.35%),女性9例(占17.65%);中位年龄为70.0(62.0, 78.0)岁。51例患者中有36例(70.59%)初始无创正压通气治疗成功且好转出院;15例(29.41%)初始无创正压通气治疗失败,切换为有创通气,其中10例(19.61%)为早期失败,5例(9.80%)为晚期失败。无创通气治疗失败组患者 ICU 住院时间和总住院时间均较成功组显著延长〔ICU 住院时间(d):13.0(10.0, 16.0)比5.0(3.0, 8.0),总住院时间(d):23.0(12.0, 28.0)比12.0(9.0, 15.0),均 $P<0.01$ 〕。无创通气治疗失败组患者无创通气治疗1~2 h 的 HACOR 评分明显高于成功组〔分:10.47(6.00, 16.00)比6.00(3.25, 8.00), $P<0.05$ 〕;但两组无创通气治疗前及无创通气治疗3~6 h HACOR 评分差异均无统计学意义。ROC 曲线分析显示,无创通气治疗1~2 h HACOR 评分预测无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病失败的 ROC 曲线下面积(AUC)为0.686,95%可信区间(95%CI)为0.504~0.868;当最佳截断值为10.50分时,敏感度为60.03%,特异度为86.10%,阳性预测值为91.23%,阴性预测值为47.21%。**结论** 无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病,可使70.59%的患者避免气管插管;HACOR 评分有助于临床预测 COPD 合并肺性脑病患者无创正压通气治疗失败。

【关键词】 无创正压通气; 慢性阻塞性肺疾病; II型呼吸衰竭; 肺性脑病

基金项目:河南省医学科技攻关计划项目(201702227)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220531-00515

Predictive value of HACOR score on the clinical outcome of non-invasive positive pressure ventilation in the treatment of chronic obstructive pulmonary disease with pulmonary encephalopathy

Zhang Wenping, Gao Shenghao, Yang Yuanjian, Tian Cuijie, Li Cheng, Hu Xin'gang, Liu Hui, Zhao Zhigang, Liu Hongmei, Zhang Xiaoju, Cheng Jianjian

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

Corresponding author: Cheng Jianjian, Email: chengjian030701@163.com

【Abstract】 Objective To explore the predictive value of HACOR score [heart rate (H), acidosis (A), consciousness (C), oxygenation (O), and respiratory rate (R)] on the clinical outcome of non-invasive positive pressure ventilation in patients with pulmonary encephalopathy due to chronic obstructive pulmonary disease (COPD). **Methods** A prospective study was conducted. The patients with COPD combined with pulmonary encephalopathy who were admitted to Henan Provincial People's Hospital from January 1, 2017 to June 1, 2021 and initially received non-invasive positive pressure ventilation were enrolled. Besides non-invasive positive pressure ventilation, standard medical treatments were delivered to these patients according to guidelines. The need for endotracheal intubation was judged as failure of non-invasive ventilation treatment. Early failure was defined as the need for endotracheal intubation within 48 hours of treatment, and late failure was defined as the need for endotracheal intubation 48 hours and later. The HACOR score at different time points after non-invasive ventilation, the length of intensive care unit (ICU) stay, the total length of hospital stay, and the clinical outcome were recorded. The above indexes of patients with non-invasive ventilation were compared between successful and failed groups. The receiver operator characteristic curve (ROC curve) was drawn to evaluate the predictive effect of HACOR score on the failure of non-invasive positive pressure ventilation in the treatment of COPD with pulmonary encephalopathy. **Results** A total of 630 patients were evaluated, and 51 patients were enrolled, including 42 males (82.35%) and 9 females (17.65%), with a median age of 70.0 (62.0, 78.0) years old. Among the

51 patients, 36 patients (70.59%) were successfully treated with non-invasive ventilation and discharged from the hospital eventually, and 15 patients (29.41%) failed and switched to invasive ventilation, of which 10 patients (19.61%) were defined early failure, 5 patients (9.80%) were late failure. The length of ICU and the total length of hospital stay of the non-invasive ventilation successful group were significantly longer than those of the non-invasive ventilation failure group [length of ICU stay (days): 13.0 (10.0, 16.0) vs. 5.0 (3.0, 8.0), total length of hospital stay (days): 23.0 (12.0, 28.0) vs. 12.0 (9.0, 15.0), both $P < 0.01$]. The HACOR score of patients at 1–2 hours in the non-invasive ventilation failure group was significantly higher than that in the successful group [10.47 (6.00, 16.00) vs. 6.00 (3.25, 8.00), $P < 0.05$]. However, there was no significant difference in HACOR score before non-invasive ventilation and at 3–6 hours between the two groups. The ROC curve showed that the area under the ROC curve (AUC) of 1–2 hour HACOR score after non-invasive ventilation for predicting non-invasive ventilation failure in COPD patients with pulmonary encephalopathy was 0.686, and the 95% confidence interval (95%CI) was 0.504–0.868. When the best cut-off value was 10.50, the sensitivity was 60.03%, the specificity was 86.10%, positive predictive value was 91.23%, and negative predictive value was 47.21%. **Conclusions** Non-invasive positive pressure ventilation could prevent 70.59% of COPD patients with pulmonary encephalopathy from intubation. HACOR score was valuable to predict non-invasive positive pressure ventilation failure in pulmonary encephalopathy patients due to COPD.

[Key words] Non-invasive positive pressure ventilation; Chronic obstructive pulmonary disease; Type II respiratory failure; Pulmonary encephalopathy

Fund program: Medical Science and Technology Research Project in Henan Province (201702227)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220531-00515

慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)合并高碳酸血症可导致肺性脑病,是呼吸系统危重症,病死率高,主要表现为意识淡漠、肌肉震颤或者扑翼样震颤、间歇抽搐、昏睡,甚至昏迷^[1]。对于此类患者尤其是中重度肺性脑病患者的辅助通气治疗,早期推荐有创机械通气^[2-3]。随着无创正压通气用于治疗肺性脑病的循证医学证据的逐渐积累^[4-11],目前认为在有经验的医护团队的密切监护和必要的气道保护措施下,经过合理筛选患者,无创正压通气可应用于治疗高碳酸血症导致的肺性脑病^[1,12]。

但是,目前尚无一种能够有效预测无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病成功或者失败的评价工具。我国学者提出的 HACOR 评分[包括心率(heart rate, R)、酸中毒(acidosis, A)、意识(consciousness, C)、氧合(oxygenation, O)、呼吸频率(respiratory rate, R)]可快速评价及预测无创正压通气治疗低氧血症型呼吸衰竭失败, HACOR 评分 ≥ 5 分预测无创通气失败的敏感度为 72.6%,特异度为 90.2%^[13]。但目前鲜见应用 HACOR 评分预测无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病疗效的研究。本研究纳入 COPD 合并肺性脑病患者并进行无创正压通气治疗,将需要气管插管机械通气定义为无创通气失败,并作为研究终点,评价无创正压通气失败率及 HACOR 评分预测无创通气失败的效能。

1 资料与方法

1.1 伦理学: 本研究采用前瞻性研究方法,符合医学伦理学要求,已通过河南省人民医院医学伦理委员会批准(审批号:2017-10),所有治疗和检测均获

得患者或家属的知情同意。

1.2 研究对象: 选择 2017 年 1 月 1 日至 2021 年 6 月 1 日河南省人民医院收治的 COPD 合并肺性脑病且初始进行无创正压通气治疗的患者。

1.2.1 纳入标准: ① COPD 合并高碳酸血症; ② 诊断符合肺性脑病; ③ 需入住重症监护病房(intensive care unit, ICU)。同时符合以上 3 个条件者即纳入。

1.2.2 排除标准: ① 有基础精神疾病; ② 非肺性脑病所致神经精神障碍; ③ 血流动力学不稳定; ④ 自主呼吸微弱,无气道保护能力; ⑤ 存在无创正压通气的其他禁忌证,如呼吸心搏骤停、消化道出血、上气道阻塞等; ⑥ 入组前已行气管插管或气管切开; ⑦ 家属拒绝接受无创通气。存在以上任何一种情况者即排除。

1.3 治疗措施: 对入选患者进行无创正压通气治疗,无创呼吸机型号为飞利浦 V60,使用面罩及平台阀。根据 COPD 急性加重及急性呼吸衰竭患者机械通气指南^[2-3]为患者设置个体化的通气模式和治疗参数,在无创通气间歇期采用控制性氧疗。根据临床实际情况吸痰或必要时由医生评估进行支气管镜吸痰。对于胃胀气患者需留置胃管。所有患者均根据现行 COPD 诊治指南^[14]接受规范的内科治疗。对于临床表现为烦躁及谵妄的患者由医生评估使用镇静药物,维持 Ramsay 镇静评分为 2~3 分。通过监测生命体征、定时评估动脉血气分析及意识状态判断通气效果。

患者出现下列情况时进行气管插管机械通气:

① 无创通气 1~2 h 意识状态恶化或者出现一般镇静药物无法控制的躁动; ② 出现误吸或反复呕吐;

③ 呼吸或心搏骤停；④ 持续性气道分泌物引流困难；⑤ 严重的血流动力学不稳定，补液和血管活性药物效果差；⑥ 严重危及生命的低氧血症。如需要进行气管插管则判定无创通气治疗失败。无创正压通气治疗早期失败定义为治疗 48 h 内需要气管插管，或拒绝插管者仅能对症治疗；无创正压通气治疗晚期失败定义为经过初始改善阶段（48 h）后，突然发生或逐渐发生动脉血气恶化，pH 值 < 7.34 且动脉血二氧化碳分压（arterial partial pressure of carbon dioxide, PaCO₂）较前升高 15% ~ 20%，同时出现呼吸状况恶化^[15]。

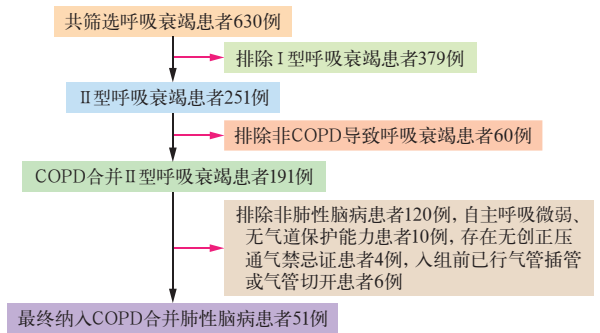
1.4 监测和记录指标：于无创通气前对患者进行动脉血气分析和意识状态评估〔包括格拉斯哥昏迷评分（Glasgow coma score, GCS）、Kelly-Matthay 昏迷评分（Kelly-Matthay scale, KMS）和 HACOR 评分〕^[16]。能够配合床旁小肺功能仪器检查的患者进行咳嗽峰流速（peak cough flow, PCF）检测。记录无创通气前及无创通气 1 ~ 2 h 和 3 ~ 6 h HACOR 评分。记录患者性别、年龄、合并症、来源、是否留置胃管、ICU 住院时间、总住院时间和临床结局等。

1.5 统计学分析：使用 SPSS 22.0 软件进行统计学分析。符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示，两组间比较采用 *t* 检验或 *t'* 检验；而不符合正态分布的计量资料以中位数（四分位数）〔 $M(Q_L, Q_U)$ 〕表示，两组间比较采用 Kruskal-Wallis 秩和检验。计数资料采用 χ^2 检验。绘制受试者工作特征曲线（receiver operator characteristic curve, ROC 曲线），分析 HACOR 评分对无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病失败的预测价值。*P* < 0.05 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料：共评估 630 例呼吸衰竭患者，最终 51 例 COPD 合并肺性脑病患者纳入分析（图 1）。表 1 显示，在 51 例患者中，男性 42 例（占 82.35%），女性 9 例（占 17.65%）；中位年龄 70.0（62.0, 78.0）岁；无创通气前意识状态 GCS 评分 13.00（9.00, 15.00）分，KMS 评分 4.00（3.00, 4.00）分，HACOR 评分 8.00（5.00, 14.00）分。仅有 25 例（49.02%）患者可配合 PCF 检测，中位数为 56.00（49.00, 68.00）L/min。

2.2 临床结局：51 例患者中有 36 例（70.59%）初始无创正压通气治疗成功且好转出院；15 例（29.41%）初始无创正压通气治疗失败，切换为有创通气，其中 10 例（19.61%）为早期失败，5 例（9.80%）为晚期失



注：HACOR 评分包括心率（H）、酸中毒（A）、意识（C）、氧合（O）和呼吸频率（R），COPD 为慢性阻塞性肺疾病

图 1 HACOR 评分对无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病临床结局预测价值的研究对象纳入流程

表 1 51 例 COPD 合并肺性脑病且初始进行无创正压通气治疗患者的主要人口学及基线资料

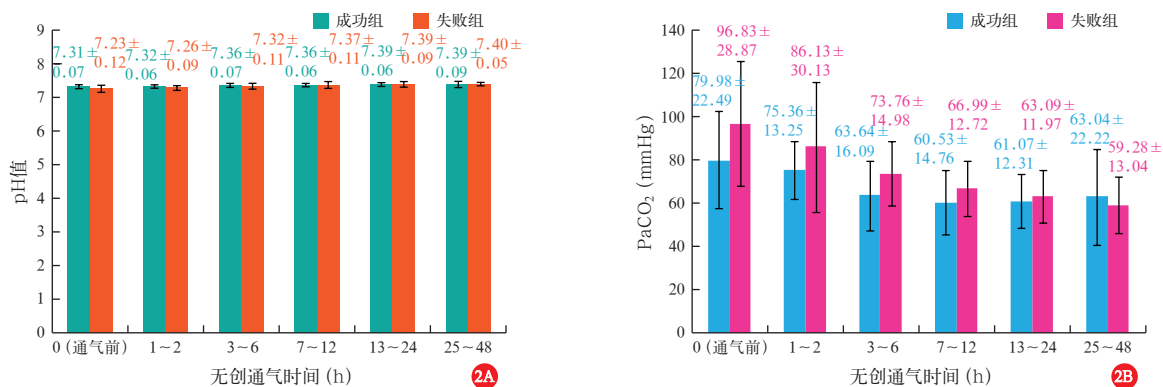
参数	数值	参数	数值
性别〔例（%）〕		无创通气前 PCF ^a	59.20 ± 11.08
男性	42 (82.35)	(L/min, $\bar{x} \pm s$)	
女性	9 (17.65)	无创通气前	13.00
年龄	70.0	GCS 评分	13.00
〔岁, $M(Q_L, Q_U)$ 〕	(62.0, 78.0)	〔分, $M(Q_L, Q_U)$ 〕	(9.00, 15.00)
主要合并症〔例（%）〕		无创通气前	4.00
高血压	15 (29.41)	KMS 评分	4.00
冠心病	8 (15.69)	〔分, $M(Q_L, Q_U)$ 〕	(3.00, 4.00)
糖尿病	6 (11.76)	无创通气前	8.00
患者来源〔例（%）〕		HACOR 评分	8.00
急诊科 (ICU)	30 (58.82)	〔分, $M(Q_L, Q_U)$ 〕	(5.00, 14.00)
普通病房	21 (41.18)	留置胃管〔例（%）〕	27 (52.94)

注：COPD 为慢性阻塞性肺疾病，ICU 为重症监护病房，PCF 为咳嗽峰流速，GCS 为格拉斯哥昏迷评分，KMS 为 Kelly-Matthay 昏迷评分，HACOR 评分包括心率（H）、酸中毒（A）、意识（C）、氧合（O）和呼吸频率（R）；a 代表无创通气前仅有 25 例患者能够配合 PCF 检测

败。初始无创正压通气治疗成功患者中通气反应延迟者占 8.33%（3/36），初始无创正压通气治疗失败患者中通气反应延迟者占 53.33%（8/15）。初始无创正压通气治疗成功者均好转出院；切换为有创通气患者中 8 例（15.69%）成功脱机拔管出院，4 例（7.84%）气管切开成功撤机出院，3 例（5.88%）死亡。

2.3 无创正压通气治疗成功与失败两组患者无创通气治疗前后临床参数变化比较：与无创正压通气治疗成功组比较，无创正压通气治疗失败组患者通气前 GCS 评分和通气 1 ~ 2 h HACOR 评分更高，ICU 住院时间和总住院时间更长（均 *P* < 0.05；表 2）。随着无创通气治疗时间延长，两组患者 pH 值均呈逐渐上升趋势，PaCO₂ 水平均呈逐渐下降趋势（图 2）。

2.4 ROC 曲线分析（图 3）：通气 1 ~ 2 h HACOR 评分预测无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病失败的 ROC 曲线下面积（area under the ROC curve, AUC）0.686，95% 可信区间（95% confidence interval, 95%CI）



注: COPD 为慢性阻塞性肺疾病, PaCO₂ 为动脉血二氧化碳分压; 1 mmHg ≈ 0.133 kPa

图2 初始无创正压通气治疗成功与失败两组 COPD 合并肺性脑病患者无创通气不同时间点 pH 值(A)和 PaCO₂(B)的变化趋势

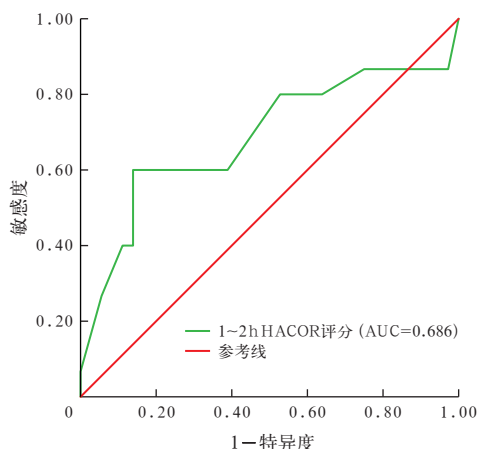
表2 初始无创正压通气治疗成功与失败两组 COPD 合并肺性脑病患者临床参数比较

组别	例数 (例)	性别 (例)		年龄 [岁, M(Q _L , Q _U)]	无创通气前 GCS 评分 [分, M(Q _L , Q _U)]	无创通气前 KMS 评分 [分, M(Q _L , Q _U)]
		男性	女性			
成功组	36	30	6	70.5 (62.5, 79.5)	13.00 (11.00, 15.00)	3.50 (3.00, 4.00)
失败组	15	12	3	69.0 (59.0, 77.0)	10.00 (9.00, 13.00)	4.00 (3.00, 5.00)
χ ² /Z 值		0.081		-0.559	-2.011	-1.302
P 值		0.776		0.576	0.044	0.193

组别	例数 (例)	HACOR 评分 [分, M(Q _L , Q _U)]			ICU 住院时间 [d, M(Q _L , Q _U)]	总住院时间 [d, M(Q _L , Q _U)]
		无创通气前	无创通气 1~2 h	无创通气 3~6 h		
成功组	36	7.50 (4.25, 12.00)	6.00 (3.25, 8.00)	3.00 (2.25, 5.00)	5.0 (3.0, 8.0)	12.0 (9.0, 15.0)
失败组	15	9.00 (6.00, 15.00)	10.47 (6.00, 16.00)	5.00 (2.50, 7.50)	13.0 (10.0, 16.0)	23.0 (12.0, 28.0)
Z 值		-1.194	-2.089	-1.168	-4.083	-3.161
P 值		0.233	0.037	0.243	0.000	0.000

注: COPD 为慢性阻塞性肺疾病, GCS 为格拉斯哥昏迷评分, KMS 为 Kelly-Matthay 昏迷评分, HACOR 评分包括心率(H)、酸中毒(A)、意识(C)、氧合(O)和呼吸频率(R), ICU 为重症监护病房

为 0.504 ~ 0.868; 最佳截断值为 10.50 分时, 敏感度为 60.03%, 特异度为 86.10%, 阳性预测值为 91.23%, 阴性预测值为 47.21%。



注: HACOR 评分包括心率(H)、酸中毒(A)、意识(C)、氧合(O)和呼吸频率(R), COPD 为慢性阻塞性肺疾病, ROC 曲线为受试者工作特征曲线, AUC 为 ROC 曲线下面积

图3 无创通气 1~2h HACOR 评分预测无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病患者失败的 ROC 曲线

3 讨论

无创正压通气是 COPD 合并 II 型呼吸衰竭的一线治疗手段。高碳酸血症导致肺性脑病时如何把握无创通气治疗指征是这一领域的难点。肺性脑病患者由于精神躁狂或昏睡引起气道保护能力不足, 同时无创通气的依从性较差, 是治疗时的常见问题。临床研究提示, 神经功能障碍是无创正压通气治疗效果不佳的危险因素^[17]; HR、血压、休克指数、白细胞计

数、C-反应蛋白联合对无创正压通气结局具有较大的预测价值^[18]。筛选合适的患者进行无创通气, 减少气管插管, 改善预后是关键问题。

近年来学者们仍然在积极寻找能够有效预测无创正压通气疗效的预测因子或评分系统, 如 HACOR 评分、无创通气插管风险评分和无创通气预后评分 (non-invasive ventilation outcomes score, NIVO); 与无创通气插管风险评分和 NIVO 评分比较, HACOR 评分更简洁, 且能够做到快速评价^[19-20]。有研究显示, HACOR 评分 ≥ 5 分预测无创正压通气治疗低氧血症型呼吸衰竭失败的敏感度为 72.6%, 特异度为 90.2%^[13]。最新发表的一项多中心临床研究对 HACOR 评分系统进行改良, 将患者的基础疾病作为其中一项参数进行赋值, 这些疾病包括肺炎、心源性肺水肿、急性呼吸窘迫综合征、免疫抑制状态、脓毒性休克。结果显示, 无创通气 1~2 h 改良 HACOR 评分 ≥ 14 分预测无创通气治疗失败的敏感度达到 75%^[21]。该研究提示, 改良 HACOR 评分能够有效

预测无创通气治疗低氧血症型呼吸衰竭的临床结局,为临床决策提供帮助;同时也提示,有必要以不同基础疾病的呼吸衰竭患者作为研究对象分别进行针对性研究,有助于更加明确 HACOR 评分的临床应用价值。本研究以 COPD 合并肺性脑病患者为研究对象,结果显示,以 10.50 分作为 HACOR 评分的最佳截断值,预测无创正压通气治疗失败的敏感度为 60.03%,特异度为 86.10%。以上结果提示:①无创通气 1~2 h HACOR 评分预测无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病失败的敏感度和特异度仍未达到非常理想的水平;② HACOR 评分系统需要进一步优化改良,以提高临床应用价值,在 COPD 合并肺性脑病患者中 PCF 是潜在的客观指标,能够反映气道保护能力,但目前临床应用较少,是潜在可纳入评分系统的客观指标。

初始无创正压通气治疗 2 h PaCO₂ 下降水平未达到 ≥15% 基线水平或仍存在酸中毒 (pH < 7.30),称为无创正压通气反应延迟^[22]。本研究中无创正压通气治疗成功患者通气反应延迟比例较无创正压通气失败患者更低,提示无创正压通气反应延迟可能预示着最终通气失败。

本研究中有 29.41% 的患者初始无创正压通气治疗失败,其中 19.61% 的患者为早期失败,9.80% 为晚期失败,提示临床治疗中初始无创正压通气患者即使早期表现为通气改善,也可能存在晚期失败的情况,进一步分析晚期失败的常见原因为继发下呼吸道感染和痰液引流不畅。

综上所述,无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病,可使 70.59% 的患者避免气管插管。无创正压通气治疗失败患者 ICU 住院时间和总住院时间较成功者显著延长。HACOR 评分有助于临床预测无创正压通气治疗 COPD 合并肺性脑病失败,但仍需对此评分系统进行优化及寻找更有效的预测工具,最大化发挥无创正压通气在 COPD 合并肺性脑病患者中的治疗价值。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Scala R. Hypercapnic encephalopathy syndrome: a new frontier for non-invasive ventilation? [J]. *Respir Med*, 2011, 105 (8): 1109-1117. DOI: 10.1016/j.rmed.2011.02.004.
- [2] 中华医学会重症医学分会. 慢性阻塞性肺疾病急性加重患者的机械通气指南(2007)[J]. *中国危重病急救医学*, 2007, 19 (9): 513-518. DOI: 10.3760/j.issn:1003-0603.2007.09.002.
- [3] American Thoracic Society, European Respiratory Society, European Society of Intensive Care Medicine, et al. International Consensus Conferences in Intensive Care Medicine: noninvasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2001, 163 (1): 283-291. DOI: 10.1164/

- ajrcem.163.1.ats1000.
- [4] Fernandez R, Blanch L, Valles J, et al. Pressure support ventilation via face mask in acute respiratory failure in hypercapnic COPD patients [J]. *Intensive Care Med*, 1993, 19 (8): 456-461. DOI: 10.1007/BF01711087.
- [5] Meduri GU, Turner RE, Abou-Shala N, et al. Noninvasive positive pressure ventilation via face mask. First-line intervention in patients with acute hypercapnic and hypoxemic respiratory failure [J]. *Chest*, 1996, 109 (1): 179-193. DOI: 10.1378/chest.109.1.179.
- [6] Scala R, Archinucci I, Naldi M, et al. Non-invasive nasal ventilation in a case of hypercapnic coma [J]. *Minerva Anestesiol*, 1997, 63 (7-8): 245-248.
- [7] Adnet F, Racine SX, Lapostolle F, et al. Full reversal of hypercapnic coma by noninvasive positive pressure ventilation [J]. *Am J Emerg Med*, 2001, 19 (3): 244-246. DOI: 10.1053/ajem.2001.22674.
- [8] Diaz GG, Alcaraz AC, Talavera JC, et al. Noninvasive positive-pressure ventilation to treat hypercapnic coma secondary to respiratory failure [J]. *Chest*, 2005, 127 (3): 952-960. DOI: 10.1378/chest.127.3.952.
- [9] Scala R, Nava S, Conti G, et al. Noninvasive versus conventional ventilation to treat hypercapnic encephalopathy in chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Intensive Care Med*, 2007, 33 (12): 2101-2108. DOI: 10.1007/s00134-007-0837-2.
- [10] Briones Claudett KH, Briones Claudett MH, Chung Sang Wong MA, et al. Noninvasive mechanical ventilation in patients with chronic obstructive pulmonary disease and severe hypercapnic neurological deterioration in the emergency room [J]. *Eur J Emerg Med*, 2008, 15 (3): 127-133. DOI: 10.1097/MEJ.0b013e3282f08d08.
- [11] 刘奇, 陈荣昌, 贾留群, 等. 无创通气用于肺性脑病患者疗效的 Meta 分析 [J]. *中华危重病急救医学*, 2016, 28 (1): 57-62. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-4352.2016.01.011.
- [12] Osadnik CR, Tee VS, Carson-Chahhoud KV, et al. Non-invasive ventilation for the management of acute hypercapnic respiratory failure due to exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017, 7: CD004104. DOI: 10.1002/14651858.CD004104.pub4.
- [13] Duan J, Han XL, Bai LF, et al. Assessment of heart rate, acidosis, consciousness, oxygenation, and respiratory rate to predict noninvasive ventilation failure in hypoxemic patients [J]. *Intensive Care Med*, 2017, 43 (2): 192-199. DOI: 10.1007/s00134-016-4601-3.
- [14] 中华医学会呼吸病学分会慢性阻塞性肺疾病学组. 慢性阻塞性肺疾病诊治指南(2013年修订版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2013, 36 (4): 255-264. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1001-0939.2013.04.007.
- [15] Lemyze M, Bury Q, Guiot A, et al. Delayed but successful response to noninvasive ventilation in COPD patients with acute hypercapnic respiratory failure [J]. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*, 2017, 12: 1539-1547. DOI: 10.2147/COPD.S136241.
- [16] Duan J, Wang SY, Liu P, et al. Early prediction of noninvasive ventilation failure in COPD patients: derivation, internal validation, and external validation of a simple risk score [J]. *Ann Intensive Care*, 2019, 9 (1): 108. DOI: 10.1186/s13613-019-0585-9.
- [17] Confalonieri M, Garuti G, Cattaruzza MS, et al. A chart of failure risk for noninvasive ventilation in patients with COPD exacerbation [J]. *Eur Respir J*, 2005, 25 (2): 348-355. DOI: 10.1183/09031936.05.00085304.
- [18] 刘经乐, 林锦乐, 卢彦秀, 等. 150 例急诊抢救室患者应用无创通气治疗的效果评价与预警信号分析 [J]. *中国中西医结合急救杂志*, 2021, 28 (3): 287-291. DOI: 10.3969/j.issn.1008-9691.2021.03.008.
- [19] Hartley T, Lane ND, Steer J, et al. The noninvasive ventilation outcomes (NIVO) score: prediction of in-hospital mortality in exacerbations of COPD requiring assisted ventilation [J]. *Eur Respir J*, 2021, 58 (2): 2004042. DOI: 10.1183/13993003.04042-2020.
- [20] Stefan MS, Priya A, Pekow PS, et al. A scoring system derived from electronic health records to identify patients at high risk for noninvasive ventilation failure [J]. *BMC Pulm Med*, 2021, 21 (1): 52. DOI: 10.1186/s12890-021-01421-w.
- [21] Duan J, Chen LJ, Liu XY, et al. An updated HACOR score for predicting the failure of noninvasive ventilation: a multicenter prospective observational study [J]. *Crit Care*, 2022, 26 (1): 196. DOI: 10.1186/s13054-022-04060-7.
- [22] Lemyze M, Taoufik P, Duhamel A, et al. Determinants of noninvasive ventilation success or failure in morbidly obese patients in acute respiratory failure [J]. *PLoS One*, 2014, 9 (5): e97563. DOI: 10.1371/journal.pone.0097563.

(收稿日期: 2022-05-31)