

ROX 指数相关参数对肺炎所致急性低氧性呼吸衰竭老年患者经鼻高流量湿化氧疗失败的预测价值

郭晓婷¹ 林移¹ 吴燕丽¹

[摘要] **目的:**探讨呼吸频率氧合(respiratory rate oxygenation, ROX)指数、改良 ROX(modified ROX, mROX)指数、ROX 增加心率(ROX-HR)指数和 mROX 增加心率(mROX-HR)指数对肺炎所致急性低氧性呼吸衰竭(acute hypoxemic respiratory failure, AHRF)老年患者经鼻高流量湿化氧疗(high-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC)治疗失败的预测价值。**方法:**回顾性研究 2021 年 1 月—2023 年 6 月期间收住在海南医学院第二附属医院重症监护病房(intensive care unit, ICU)的 294 例接受 HFNC 治疗的肺炎所致 AHRF 老年患者的临床资料,以是否接受机械通气将患者分为失败组(102 例)和成功组(192 例)。采集 2 组患者的一般资料、生理参数、血气分析参数、实验室指标,并计算 HFNC 治疗启动时和 HFNC 治疗后 2 h 时的 ROX 指数、ROX-HR 指数、mROX 指数和 mROX-HR 指数。采用单因素分析和多因素 logistic 回归分析探讨 ROX 指数相关参数与 HFNC 治疗失败的关系。采用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线和决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)评价 ROX 指数相关参数对 HFNC 治疗失败的预测价值和临床实用性。**结果:**本研究中的 HFNC 治疗失败率为 34.69%。失败组患者年龄、合并慢性阻塞性肺疾病比例、合并脑血管疾病比例、序贯器官衰竭估计评分、ICU 停留时间、28 d 病死率高于(长于)成功组,治疗后 2 h 时 ROX 指数、ROX-HR 指数、mROX 指数和 mROX-HR 指数低于成功组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。多因素 logistic 回归分析显示,经调整其他相关因素后,HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数($OR = 0.550, 95\%CI: 0.437 \sim 0.693$)和 mROX-HR 指数($OR = 0.327, 95\%CI: 0.236 \sim 0.453$)升高分别为 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的独立保护因素($P < 0.05$)。ROC 曲线分析显示,HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数预测 HFNC 治疗失败的曲线下面积(area under the curve, AUC)为 0.742($95\%CI: 0.688 \sim 0.791$),最佳截断值为 5.38,灵敏度为 65.69%,特异度为 79.17%;HFNC 治疗 2 h 时的 mROX-HR 指数预测 HFNC 治疗失败的 AUC 为 0.829($95\%CI: 0.781 \sim 0.870$),最佳截断值为 5.48,灵敏度为 83.33%,特异度为 88.02%;mROX-HR 指数的 AUC 大于 mROX 指数的 AUC($Z = 4.027, P < 0.001$)。DCA 结果显示,当高风险阈值在 0.15~0.90 范围内,mROX-HR 指数预测 HFNC 治疗失败的净获益率优于 mROX 指数预测。**结论:**HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数和 mROX-HR 指数升高是 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的独立保护因素,并且对 HFNC 治疗失败有一定的预测价值和临床实用性。

[关键词] 经鼻高流量湿化氧疗;老年人;肺炎;急性呼吸衰竭;ROX 指数;改良 ROX 指数;预测价值

DOI:10.13201/j.issn.1009-5918.2024.02.005

[中图分类号] R563.8 **[文献标志码]** A

The predictive value of ROX index related parameters for high-flow nasal cannula oxygen therapy failure in elderly patients with pneumonia-related acute hypoxemia respiratory failure

GUO Xiaoting LIN Yi WU Yanli

(Department of Emergency, the Second Affiliated Hospital of Hainan Medical University, Haikou, 570311, China)

Corresponding author: WU Yanli, E-mail: 517772451@qq.com

Abstract Objective: To investigate the predictive value of respiratory rate oxygenation(ROX) index, modified ROX(mROX) index, ROX by adding heart rate(ROX-HR) index, and mROX by adding heart rate(mROX-HR) index for high-flow nasal cannula oxygen therapy(HFNC) failure in elderly patients with pneumonia-related acute hypoxemia respiratory failure(AHRF). **Methods:** A retrospective study was conducted to investigate clinical data of 294 elderly patients with pneumonia-related AHRF treated with HFNC in the department of intensive care unit (ICU) of the Second Affiliated Hospital of Hainan Medical University from January 2021 to June 2023. Patients were divided into the failure group($n = 102$) and the success group($n = 192$) according to whether they subsequently received mechanical ventilation. The general data, physiological parameters, blood gas analysis param-

¹海南医学院第二附属医院急诊科(海口,570311)

通信作者:吴燕丽,E-mail:517772451@qq.com

ters and laboratory indicators in the two groups were collected, and the ROX index, ROX-HR index, mROX index and mROX-HR index were calculated at HFNC initiation and 2 h after HFNC. Univariate analysis and multivariate logistic regression analysis were used to explore the relationship between ROX index related parameters and HFNC failure. The receiver operating characteristic(ROC) curve and decision curve analysis(DCA) were used to evaluate the predictive value and clinical practicability of ROX index related parameters for HFNC failure. **Results:** The rate of HFNC failure in this study was 34.69%. The age, proportion of chronic obstructive pulmonary disease, proportion of cardiovascular disease, sequential organ failure assessment score, length of stay in ICU, and 28-days mortality in the failure group were higher/longer than those of the success group, and the ROX index, ROX-HR index, mROX index and mROX-HR index at 2 h after HFNC in the failure group were lower than those of the success group, with the differences were statistically significant($P < 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that after adjusting other related factors, the elevated value of mROX index($OR = 0.550$, 95% $CI: 0.437-0.693$) and mROX-HR index($OR = 0.327$, 95% $CI: 0.236-0.453$) at 2 h after HFNC were independent protective factors for HFNC failure in elderly patients with AHRF($P < 0.05$). The ROC curve analysis showed that the area under the curve(AUC) for mROX index at 2 h after HFNC to predict HFNC failure curve was 0.742(95% $CI: 0.688-0.791$), the best cut-off value was 5.38, the sensitivity was 65.69%, and specificity was 79.17%. The AUC for mROX-HR index at 2 h after HFNC to predict HFNC failure curve was 0.829(95% $CI: 0.781-0.870$), the best cut-off value was 5.48, the sensitivity was 83.33%, and specificity was 88.02%. The AUC of mROX-HR index was greater than that of mROX index($Z = 4.027$, $P < 0.001$). The DCA results showed that, within the thresholds of 0.15-0.90, the net benefit rate of mROX-HR index to predicted HFNC failure was better than that of the mROX index. **Conclusion:** The elevated value of mROX index and mROX-HR index at 2 h after HFNC are independent protective factors for HFNC failure in elderly patients with AHRF, and have certain predictive value and clinical practicability for HFNC failure.

Key words high-flow nasal cannula oxygen therapy; elderly; pneumonia; acute respiratory failure; ROX index; modified ROX index; predictive value

肺炎所致急性低氧性呼吸衰竭(acute hypoxic respiratory failure, AHRF)是重症监护病房(intensive care unit, ICU)中一种具有较高发病率和病死率的严重疾病^[1]。早期应用经鼻高流量湿化氧疗(high-flow nasal cannula oxygen therapy, HFNC)已被研究证实是预防此类人群气管插管和有创机械通气的有效呼吸支持手段^[2-3]。然而, HFNC 应用在临床上面临的一个重要问题是经 HFNC 治疗失败的 AHRF 患者, 气管插管可能会被延迟, 并导致机械通气持续时间延长和 ICU 病死率增加^[4]。因此, 早期识别 HFNC 治疗可能失败的 AHRF 患者以避免气管插管延误显得至关重要, 但目前尚缺乏简便有效的评估指标。呼吸频率氧合(respiratory rate oxygenation, ROX)指数是脉搏血氧饱和度(saturation of pulse oxygen, SpO_2)/吸入氧浓度(fraction of inspired oxygen, FiO_2)与呼吸频率(respiratory rate, RR)之比, 目前在临床上被广泛应用于评估肺炎所致 AHRF 患者 HFNC 治疗的有效性, 但该指标的预测准确性和最佳阈值在不同研究中存在较大差异, 可能与 SpO_2 的监测受到体温、酸碱状态、低灌注和血红蛋白等较多因素影响有关^[5]。因此, 有学者认为 PaO_2 比 SpO_2 更能反映 AHRF 患者的真实氧合状态, 并提出结合 PaO_2 的改良 ROX(modified ROX, mROX)指数以应用于 HFNC 治疗失败的预测^[6]。此外, 另有研究发现 AHRF 患者心动过速可能反

映交感神经驱动增强或心肺系统失代偿, 并与 HFNC 失败有关^[7]。因此, ROX 指数、mROX 指数是否可以通过纳入心率(heart rate, HR)以获得更好的预测效能值得进一步探索。本研究通过回顾性分析 294 例肺炎所致 AHRF 老年患者 HFNC 启动时和治疗 2 h 时的 ROX 指数、ROX-HR 指数、mROX 指数、mROX-HR 指数, 探讨这些参数与 HFNC 治疗失败的关系。

1 资料与方法

1.1 临床资料

纳入 2022 年 1 月—2023 年 6 月海南医学院第二附属医院 ICU 连续收治的接受 HFNC 治疗的肺炎所致 AHRF 老年患者作为研究对象。研究期间共纳入 325 例患者, 排除 31 例患者, 最终 294 例患者纳入研究。男 172 例(58.50%), 女 122 例(41.50%); 年龄 65~88 岁, 平均(73.50±6.87)岁。根据 HFNC 治疗是否成功, 将患者分为失败组 102 例(34.69%), 成功组 192 例(65.31%), 筛选流程图见图 1。在数据收集前, 本研究获得海南医学院第二附属医院伦理委员会审核批准(No: LW2023155)。

纳入标准: ①年龄≥65 岁; ②诊断符合肺炎所致 AHRF, 并具有 HFNC 适应证和接受 HFNC 治疗^[8-9]; ③ HFNC 治疗时间≥2 h; ④临床资料完整。

排除标准: ①纳入前已接受 HFNC 或机械通气治疗; ②伴有创伤、气管切开或术后患者; ③有紧

急建立人工气道指征的患者；④其他原因所致 AHRF,如哮喘、心源性肺水肿等；⑤伴有高碳酸血症($\text{PaCO}_2 \geq 50 \text{ mmHg}$, $1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$)；⑥安装心脏起搏器、应用抗心律失常药物或镇静药物等影响心率变化的患者；⑦伴有慢性器官衰竭、血液病、恶性肿瘤等疾病终末期患者；⑧伴有免疫系统疾病、应用免疫抑制剂或器官移植后患者；⑨转院、放弃治疗或自动出院者。

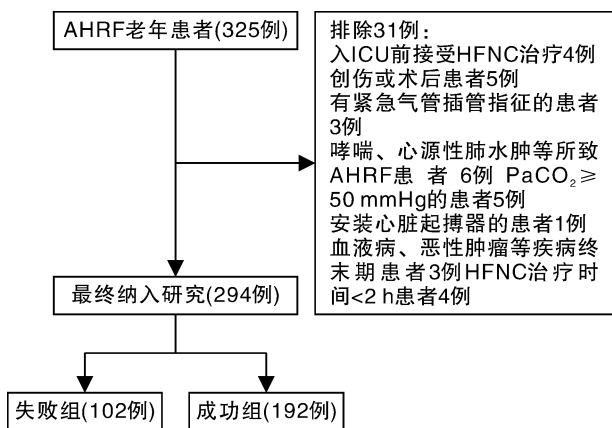


图 1 筛选流程图

1.2 方法

1.2.1 治疗 所有纳入研究的患者入 ICU 后均根据肺炎相关诊疗指南给予规范治疗,包括血流动力学监测、液体复苏和(或)应用血管活性药物、留取病原微生物学标本、经验或目标抗生素治疗、器官支持和对症处理等措施^[8-9]。HFNC 治疗采用 AirvO₂ 呼吸湿化治疗仪(新西兰费雪派克公司生产,型号:PT101AZ),由经过严格培训的医护人员根据患者病情设定初始参数(温度为 34~37 °C、流量为 40~60 L/min),并根据病情和血气分析结果动态调整 FiO₂ 以维持 SpO₂ ≥ 92%。当流量 < 20 L/min, FiO₂ < 30% 至少持续 6 h 时改用标准氧疗。当接受 HFNC 治疗的 AHRF 患者出现以下至少一种情况,并接受更高级呼吸支持(无创或有创机械通气),即被判定为 HFNC 失败^[9-10]:①呼吸性酸中毒($\text{PaCO}_2 > 50 \text{ mmHg}$, $\text{pH} < 7.25$)；②血流动力学不稳定(心跳骤停、恶性心律失常、严重血流动力学不稳定等)；③意识状态恶化、气道保护能力下降；④出现呼吸肌疲劳征象,如前倾坐位、大汗、三凹征等。

1.2.2 资料收集 收集患者的一般资料,包括年龄、性别、体质量指数(body mass index, BMI)、吸烟史、慢性合并症[包括高血压、糖尿病、慢性心衰、脑血管疾病、慢性阻塞性肺疾病(chronic obstructive pulmonary disease, COPD)]、肺炎分型、病原体分型(痰细菌培养呈阳性,判断为细菌感染;呼吸

道常见病毒抗体检测呈阳性,判断为病毒感染;肺炎支原体 DNA 检测呈阳性,判断为支原体感染;以上检测 2 种及以上呈阳性,判断为混合感染;以上检测均呈阴性,判断为病原体阴性)以及 HFNC 启动时的序贯器官衰竭估计(sequential organ failure assessment, SOFA)评分、实验室指标[包括白细胞计数(white blood cell count, WBC)、中性粒细胞计数(neutrophil count, NeuC)、降钙素原(procalcitonin, PCT)、C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、血乳酸(lactate, Lac)],并记录 HFNC 治疗结果、ICU 停留时间和 28 d 预后转归情况。

1.2.3 ROX 指数相关参数计算 记录 HFNC 启动时和治疗后 2 h 时的 RR、HR、FiO₂、SpO₂、PaO₂,并通过以下公式计算 ROX 指数相关参数,包括 ROX 指数 = $\text{SpO}_2 / (\text{FiO}_2 \times \text{RR})$ 、ROX-HR 指数 = $100 \times \text{SpO}_2 / (\text{FiO}_2 \times \text{RR} \times \text{HR})$ 、mROX 指数 = $\text{PaO}_2 / (\text{FiO}_2 \times \text{RR})$ 和 mROX-HR 指数 = $100 \times \text{PaO}_2 / (\text{FiO}_2 \times \text{RR} \times \text{HR})$ ^[10]。

1.3 统计学方法

运用 SPSS 软件(美国 IBM 公司,版本:26.0)对数据进行统计学分析。符合正态分布的连续数据采用 $\bar{X} \pm S$ 表示,两组间比较采用独立样本 *t* 检验;非正态分布的连续数据采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,2 组间比较采用非参数秩和检验(Mann-Whitney *U* 检验);计数资料采用例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。采用多因素 logistic 回归分析评价 ROX 指数相关参数与 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的关系。应用受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线评价 ROX 指数相关参数对 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的预测价值。不同指标曲线下面积(area under the curve, AUC)的差异比较采用 MedCalc 统计软件(版本:15.0)中的 *Z* 检验。采用 R 软件(版本:4.1.2)和“rmda”程序包绘制决策曲线,以评价 ROX 指数相关参数预测 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的临床实用性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者临床资料比较

失败组患者年龄、合并 COPD 比例、合并脑血管疾病比例、SOFA 评分、ICU 停留时间、28 d 病死率高于(长于)成功组,治疗后 2 h 时 ROX 指数、ROX-HR 指数、mROX 指数和 mROX-HR 指数低于成功组,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。两组患者性别、BMI、慢性心衰、高血压、糖尿病、肺炎分型、病原体分型、WBC、NeuC、PCT、CRP、Lac 以及 HFNC 启动时 ROX 指数相关参数等指标比较差异均无统计学意义($P > 0.05$)。见表 1。

表 1 两组患者临床资料比较

$\bar{X} \pm S, M(P_{25}, P_{75})$

指标	失败组(102 例)	成功组(192 例)	Z/t/ χ^2	P
性别/例			0.230	0.631
男	64	108		
女	38	84		
年龄/岁	74.88±6.97	72.76±6.72	-2.547	0.011
BMI/(kg/m ²)	25.46±3.71	25.37±3.83	-0.184	0.854
基础疾病/例(%)				
慢性心衰	25(24.51)	32(16.67)	2.622	0.105
高血压	47(46.08)	73(38.02)	1.790	0.181
糖尿病	29(28.43)	49(25.52)	0.289	0.591
COPD	44(43.14)	34(17.71)	22.098	<0.001
脑血管疾病	39(38.24)	36(18.75)	13.309	<0.001
肺炎分型/例(%)			0.665	0.415
社区获得性	72(70.59)	144(75.00)		
医院获得性	30(29.41)	48(25.00)		
病原体分型/例(%)			1.382	0.847
细菌	31(30.39)	53(27.60)		
病毒	15(14.71)	38(19.79)		
支原体	11(10.78)	22(11.46)		
混合	13(12.75)	21(10.94)		
病原体阴性	32(30.48)	58(30.21)		
SOFA 评分/分	7.71±2.96	6.72±2.70	-2.898	0.004
实验室指标				
WBC/($\times 10^9$ /L)	14.25±6.23	13.68±5.61	-0.792	0.429
NeuC/($\times 10^9$ /L)	13.05±6.79	12.11±5.42	-1.292	0.198
PCT/(μ g/L)	5.24(1.43,14.69)	3.74(1.31,12.33)	-1.217	0.224
CRP/(mg/L)	27.75(22.84,42.50)	26.00(21.09,39.11)	-0.987	0.323
Lac/(mmol/L)	3.40(2.39,4.40)	3.20(1.84,4.20)	-1.013	0.311
启动时 ROX 相关参数				
RR/(次/min)	26.31±4.76	26.37±5.10	0.108	0.914
HR/(次/min)	101.87±18.71	99.15±14.90	-1.360	0.175
SpO ₂ /%	92.89±7.08	93.44±5.99	0.704	0.482
PaO ₂ /mmHg	76.78±29.69	81.01±32.09	1.103	0.271
FiO ₂	0.57±0.19	0.57±0.24	-0.023	0.982
ROX	7.02±2.47	7.44±3.12	1.199	0.232
ROX-HR	7.09±2.60	7.76±3.96	1.535	0.126
mROX	5.68±2.61	6.16±2.46	1.506	0.134
mROX-HR	5.77±2.93	6.39±2.91	1.733	0.084
2 h 时 ROX 相关参数				
RR/(次/min)	25.24±5.04	24.31±4.56	-1.600	0.111
HR/(次/min)	99.53±14.22	97.13±13.01	-1.461	0.145
SpO ₂ /%	94.21±2.85	94.63±1.96	1.504	0.134
PaO ₂ /mmHg	80.83±36.49	86.85±21.90	1.765	0.079
FiO ₂	0.60±0.13	0.58±0.12	-1.194	0.234
ROX	6.77±1.79	7.28±2.02	2.147	0.033
ROX-HR	6.93±2.03	7.67±2.60	2.487	0.013
mROX	5.34±1.67	6.35±1.30	5.721	<0.001
mROX-HR	5.32±1.28	6.56±1.23	8.154	<0.001
预后指标				
ICU 停留时间/d	6.00(4.00,9.00)	4.00(3.00,7.00)	-3.902	<0.001
28 d 死亡/例(%)	25(24.51)	24(12.50)	6.918	0.009

2.2 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的多因素 logistic 回归分析

以 AHRF 老年患者 HFNC 治疗是否失败(是=1,否=0)为因变量,分别以 HFNC 治疗 2 h 时的 ROX 指数、ROX-HR 指数、mROX 指数和 mROX-HR 指数为自变量,调整年龄(实测值纳入)、COPD

(是=1,否=0)、脑血管疾病(是=1,否=0)和 SOFA 评分(实测值纳入),进行多因素 logistic 回归分析,结果显示,HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数和 mROX-HR 指数升高分别为 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的独立保护因素($P < 0.05$)。见表 2。

表 2 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的多因素 logistic 回归分析

自变量	β	SE	Wald χ^2	OR	95%CI	P
2 h 时 ROX 指数 ^{a)}	-0.054	0.075	0.530	0.947	0.818~1.096	0.467
2 h 时 ROX-HR 指数 ^{a)}	-0.066	0.062	1.142	0.936	0.829~1.057	0.285
2 h 时 mROX 指数 ^{a)}	-0.597	0.117	25.947	0.550	0.437~0.693	<0.001
2 h 时 mROX-HR 指数 ^{a)}	-1.118	0.167	45.062	0.327	0.236~0.453	<0.001

注:^{a)}调整年龄、COPD、脑血管疾病、SOFA 评分。

2.3 HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数和 mROX-HR 指数对 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的预测价值

经 ROC 曲线分析, HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数、mROX-HR 指数预测 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的 AUC 分别为 0.742(95% CI: 0.688 ~ 0.791)、0.829(95% CI: 0.781 ~ 0.870), mROX-HR 指数的 AUC 大于 mROX 指数的 AUC($Z = 4.027, P < 0.001$)。mROX 指数最佳截断值为 5.38, 灵敏度为 65.69%, 特异度为 79.17%, 约登指数为 0.449; mROX-HR 指数最佳截断值为 5.48, 灵敏度为 83.33%, 特异度为 88.02%, 约登指数为 0.714。见图 2。

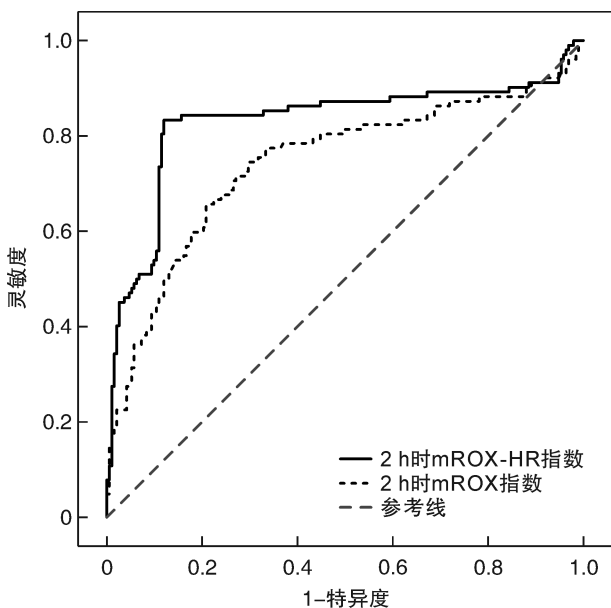


图 2 HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数和 mROX-HR 指数预测 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的 ROC 曲线

2.4 HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数和 mROX-HR 指数预测 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的决策曲线分析

决策曲线分析结果显示,当 HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数、mROX-HR 指数的高风险阈值分别为 0.18~0.68、0.15~0.90 时,均有临床实用性。当高风险阈值在 0.15~0.90 范围内,2 h 时 mROX 指数预测 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的净获益率优于 2 h 时 mROX-HR 指数预测。见图 3。

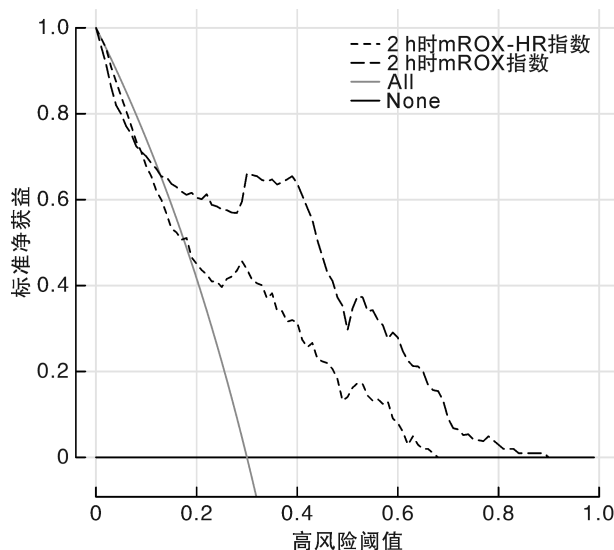


图 3 HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数和 mROX-HR 指数预测 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的决策曲线

3 讨论

HFNC 是一种无创、高浓度供氧装置,具有舒适度高、误吸和谵妄发生率低等优点。研究证实, HFNC 治疗可以减少 AHRF 患者气管插管的需求,因此被广泛应用于该类患者的治疗中^[11-14]。但

研究也发现, HFNC 治疗失败会造成 AHRF 患者气管插管延迟, 导致有创机械通气持续时间和 ICU 停留时间延长, 甚至更高病死率^[13]。Frat 等^[7,15]的研究显示, 在使用 HFNC 治疗的 AHRF 患者中, 有 38% (40/106) 的患者后续需要气管插管, 且 ICU 停留时间延长, 病死率高达 27% (29/106), 这与本研究结果基本一致。因此, 寻找能早期准确预测 AHRF 患者 HFNC 治疗结果的客观指标, 以避免因延迟插管而耽误病情, 是临床亟待解决的重要问题。

ROX 指数是基于 SpO_2 、 FiO_2 和 RR 等参数计算得出的一个新变量, 已有多项研究证实其在肺炎所致 AHRF 患者 HFNC 治疗结果中具有潜在预测价值^[16-20]。但最近一项纳入 13 项观察性研究的荟萃分析显示, ROX 指数在早期预测肺炎所致 AHRF 患者 HFNC 治疗失败方面存在敏感度和特异度偏低、最佳阈值范围过宽、时间窗口滞后等局限性^[5]。此外, 另有研究发现, 在大部分 AHRF 患者中, 气管插管发生在 HFNC 治疗后 10~24 h, 并且延迟气管插管与病死率增加有关^[20]。因此, 早期预测 HFNC 治疗是否成功至关重要, ROX 指数难以满足临床决策需求。鉴于此, 一些学者尝试对 ROX 指数进行改良, 如采用 PaO_2 替代 SpO_2 的 mROX 指数、增加 HR 的 ROX-HR 指数和 mROX-HR 指数等, 以期提高预测能力^[6,21-22], 但目前在肺炎所致 AHRF 老年患者中尚缺少这方面的研究数据。

本研究结果显示, 失败组与成功组 HFNC 启动时 ROX 指数相关参数差异无统计学意义, 与 Kansal 等^[10] 研究结果类似; 此外, 失败组 HFNC 治疗后 2 h 时的 ROX 指数、ROX-HR 指数、mROX 指数和 mROX-HR 指数均低于成功组, 提示 HFNC 治疗后 ROX 指数相关参数继续下降与 HFNC 治疗失败有关。logistic 回归分析也显示, HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数、mROX-HR 指数升高分别为 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的独立保护因素。由此可见, 与 ROX 指数相比, HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数、mROX-HR 指数与 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的关联更强, 可能是 HFNC 治疗失败的更好预测指标。究其原因可能与以下几方面有关: ①脉搏血氧仪监测 SpO_2 的准确性容易受到肤色、体温、贫血和外周低灌注等因素的影响^[23]; ②在急危重患者中, SpO_2 与 PaO_2 呈 S 形的非线性关系, 当 PaO_2 低于 60 mmHg 时, 即使 PaO_2 轻微降低, 也会导致 SpO_2 急剧下降, 此时的 SpO_2 的可靠性降低, 不能反映真实的氧合状态^[24-25]; ③心血管对急性低氧血症的代偿性心输出量增加主要由心动过速介导, 尽管此时 PaO_2 下降与 HR 增快的变化未完全呈反

比关系, 但呈反向趋势, 因此以比值计算时可以更敏感地反映相应的心肺功能变化趋势^[7]。由此可见, 肺炎所致 AHRF 老年患者可能由于一系列病理生理变化, 导致 SpO_2 不能准确反映这类患者的氧合状态, 从而限制了 ROX 指数早期识别这类患者呼吸功能恶化风险的能力, 而 PaO_2 、HR 分别能反映真实的氧合状态和心脏储备状态, 也使结合 PaO_2 、HR 的 mROX 指数、mROX-HR 指数在预测 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败方面可能更具有潜在优势。

本研究 ROC 曲线分析和决策曲线分析结果显示, HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数、mROX-HR 指数在评估 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败中具有一定的价值, 并且 mROX-HR 指数具有更高的预测效能和临床实用性, 提示 mROX-HR 可作为早期识别 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败风险的有效工具。然而, 值得注意的是 HR 易受药物 (抗心律失常药物、镇静药物等)、体温、焦虑等因素影响, 并且由于在临床实践中难以区分由心血管代偿引起的心动过速与其他病理生理刺激 (如体温、焦虑等) 引起的心动过速, 因此本研究未排除此类患者。因此, 在监测 mROX 指数、mROX-HR 指数时, 应尽量排除干扰因素的影响, 以优化对 HFNC 治疗失败的预测。

综上所述, HFNC 治疗 2 h 时的 mROX 指数、mROX-HR 指数升高为 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的独立保护因素, 并且具有一定预测价值; 相比 mROX 指数, mROX-HR 指数预测肺炎所致 AHRF 老年患者 HFNC 治疗失败的效能和净收益率更高, 有助于指导早期临床决策, 以减少呼吸支持升级延误。虽然 PaO_2 的获取需要有创动脉采血, 并可能产生额外的检测成本, 但在 ICU 危重患者的临床实践中, 动脉血气分析是一项常见且必要的床旁检测, 因此建议入住 ICU 的 AHRF 患者监测 mROX-HR 指数以早期评估 HFNC 治疗失败风险。由于本研究为单中心小样本回顾性研究, 因此研究结果可能会存在一定的局限性, 尚需多中心大样本研究以进一步验证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Kwizera A, Nakibuuka J, Nakiyingi L, et al. Acute hypoxaemic respiratory failure in a low-income country: a prospective observational study of hospital prevalence and mortality[J]. *BMJ Open Respir Res*, 2020, 7 (1): e000719.
- [2] 刘霜, 朱华栋, 于学忠, 等. 经鼻高流量氧疗和无创正压通气对于肺源性中重度急性呼吸窘迫综合征患者初始治疗的效果评价[J]. *临床急诊杂志*, 2020, 21 (3): 181-187.
- [3] Rochwerg B, Granton D, Wang DX, et al. High flow

- nasal cannula compared with conventional oxygen therapy for acute hypoxemic respiratory failure; a systematic review and meta-analysis[J]. *Intensive Care Med*, 2019, 45(5):563-572.
- [4] Yasuda H, Okano H, Mayumi T, et al. Association of noninvasive respiratory support with mortality and intubation rates in acute respiratory failure: a systematic review and network meta-analysis [J]. *J Intensive Care*, 2021, 9(1):32.
- [5] Zhou X, Liu J, Pan J, et al. The ROX index as a predictor of high-flow nasal cannula outcome in pneumonia patients with acute hypoxemic respiratory failure: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMC Pulm Med*, 2022, 22(1):121.
- [6] Karim HMR, Esquinas AM. Success or Failure of High-Flow Nasal Oxygen Therapy: The ROX Index Is Good, but a Modified ROX Index May Be Better [J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 200(1):116-117.
- [7] Frat JP, Ragot S, Coudroy R, et al. Predictors of intubation in patients with acute hypoxemic respiratory failure treated with a noninvasive oxygenation strategy[J]. *Crit Care Med*, 2018, 46(2):208-215.
- [8] 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(2016年版)[J]. *中华结核和呼吸杂志*, 2016, 39(4):253-279.
- [9] 中国医师协会急诊医师分会, 中华医学会急诊医学分会, 中国急诊专科医联体, 等. 急诊成人经鼻高流量氧疗临床应用专家共识[J]. *中国急救医学*, 2021, 41(9):739-749.
- [10] Kansal A, Ong WJD, Dhanvijay S, et al. Comparison of ROX index(SpO_2/FiO_2 ratio/respiratory rate) with a modified dynamic index incorporating PaO_2/FiO_2 ratio and heart rate to predict high flow nasal cannula outcomes among patients with acute respiratory failure: a single centre retrospective study[J]. *BMC Pulm Med*, 2022, 22(1):350.
- [11] Zhang C, Ou M. Comparison of hypoxemia, intubation procedure, and complications for non-invasive ventilation against high-flow nasal cannula oxygen therapy for patients with acute hypoxemic respiratory failure: a non-randomized retrospective analysis for effectiveness and safety (NIVaHIC-aHRF) [J]. *BMC Emerg Med*, 2021, 21(1):6.
- [12] Rochweg B, Einav S, Chaudhuri D, et al. The role for high flow nasal cannula as a respiratory support strategy in adults: a clinical practice guideline[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(12):2226-2237.
- [13] Ricard JD, Roca O, Lemiale V, et al. Use of nasal high flow oxygen during acute respiratory failure[J]. *Intensive Care Med*, 2020, 46(12):2238-2247.
- [14] 林钊华, 黄霞, 杨叶桂, 等. 经鼻高流量氧疗在老年急性呼吸衰竭患者中应用效果及预后危险因素分析[J]. *临床急诊杂志*, 2023, 24(2):62-67.
- [15] Frat JP, Ricard JD, Quenot JP, et al. Non-invasive ventilation versus high-flow nasal cannula oxygen therapy with apnoeic oxygenation for preoxygenation before intubation of patients with acute hypoxaemic respiratory failure: a randomised, multicentre, open-label trial [J]. *Lancet Respir Med*, 2019, 7(4):303-312.
- [16] 王重阳, 王璐, 郭仁楠, 等. ROX 指数预测老年重症社区获得性肺炎患者气管插管的有效性分析[J]. *临床急诊杂志*, 2022, 23(12):854-858.
- [17] Roca O, Messika J, Caralt B, et al. Predicting success of high-flow nasal cannula in pneumonia patients with hypoxemic respiratory failure: the utility of the ROX index[J]. *J Crit Care*, 2016, 35(1):200-205.
- [18] Junhai Z, Jing Y, Beibei C, et al. The value of ROX index in predicting the outcome of high flow nasal cannula: a systematic review and meta-analysis[J]. *Respir Res*, 2022, 23(1):33.
- [19] Prakash J, Bhattacharya PK, Yadav AK, et al. 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[J]. *J Crit Care*, 2021, 66(1):102-108.
- [20] Roca O, Caralt B, Messika J, et al. An Index Combining Respiratory Rate and Oxygenation to Predict Outcome of Nasal High-Flow Therapy[J]. *Am J Respir Crit Care Med*, 2019, 199(11):1368-1376.
- [21] Goh KJ, Chai HZ, Ong TH, et al. Early prediction of high flow nasal cannula therapy outcomes using a modified ROX index incorporating heart rate[J]. *J Intensive Care*, 2020, 8(1):41.
- [22] Choi SH, Kim DY, Song BY, et al. Analysis of ROX Index, ROX-HR Index, and SpO_2/FiO_2 Ratio in Patients Who Received High-Flow Nasal Cannula Oxygen Therapy in Pediatric Intensive Care Unit [J]. *J Korean Acad Nurs*, 2023, 53(4):468-479.
- [23] Ray S, Rogers L, Pagel C, et al. PaO_2/FiO_2 Ratio Derived From the SpO_2/FiO_2 Ratio to Improve Mortality Prediction Using the Pediatric Index of Mortality-3 Score in Transported Intensive Care Admissions[J]. *Pediatr Crit Care Med*, 2017, 18(3):e131-e136.
- [24] Carvalho EB, Leite TRS, Sacramento RFM, et al. Rationale and limitations of the SpO_2/FiO_2 as a possible substitute for PaO_2/FiO_2 in different preclinical and clinical scenarios[J]. *Rev Bras Ter Intensiva*, 2022, 34(1):185-196.
- [25] Röttgering JG, De Man AME, Schuurs TC, et al. Determining a target SpO_2 to maintain PaO_2 within a physiological range [J]. *PLoS One*, 2021, 16(5):e0250740.

(收稿日期:2023-08-26)