·基层园地·

呼吸频率氧合指数相关参数在评估急性呼吸衰竭患者经鼻高流量湿化氧疗结果中的应用

温暖，陈治乐，余英章，徐良志

【关键词】 急性呼吸衰竭；经鼻高流量湿化氧疗；呼吸频率氧合指数；预测价值
doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2025.09.023
【中图分类号】 R563.8 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-0800(2025)09-0965-04

急性呼吸衰竭（acute respiratory failure，ARF）是呼吸内科发病率较高的危重症。目前，经鼻高流量氧疗（high-flow nasal cannula，HFNC）是ARF患者常用的呼吸支持方法，相比有创或无创机械通气（non-invasive mechanical ventilation，NIV）具有更高的耐受性与舒适性。《急诊成人经鼻高流量氧疗临床应用专家共识》中已推荐HFNC替代传统呼吸支持疗法，建议将其作为初始呼吸支持一线方案[1]。但HFNC可能会掩盖疾病恶化进程，导致延迟插管，增加死亡风险。因此，寻求有效的评估方法预测HFNC结果至关重要。已有研究将呼吸频率氧合指数（respiratory rate oxygenation index，ROX）用于评估HFNC的有效性，但评估效果差异较大，可能与血氧饱和度（SpO_2）稳定性较差有关[2]。研究发现，血氧分压（PaO_2）相比SpO_2更稳定，可进一步反映真实氧合状况，提出改良ROX（mROX）[3]。另外，还有学者发现，心率（HR）也可反映心肺系统失代偿及交感神经情况，可能与HFNC失败存在一定关联[4]。因此，本研究通过多维度分析HFNC后ROX相关参数变化，对比不同指数预测HFNC结果的价值，现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取2024年4月至2025年3月平阳县人民医院收治80例ARF患者。纳入标准：符合《成人经鼻高流量湿化氧疗临床规范应用专家共识》[5]指征；年龄＞18岁；轻度-中度ARF，148＜SpO_2/FiO_2≤315，SpO_2≤97%；HFNC＞2 h。排除标准：重度通气功能障碍（pH＜7.25）；自主呼吸弱；昏迷状态；心跳呼吸骤停，急需有创机械通气；单纯心力衰竭；多器官功能衰竭；鼻腔阻塞；合并肺癌；合并焦虑、抑郁等精神疾病；入组前1个月有抗心律失常、镇静药物治疗史。本研究获得平阳县人民医院伦理委员会批准，所有研究者均同意参加本研究并签署书面知情同意书。

1.2 方法 所有患者均使用高流量呼吸湿化治疗仪（Airvo2，新西兰）治疗，初始参数：温度37 ℃，流量50 L/min，吸氧浓度100%。I型患者滴定吸入氧浓度（FiO_2），保持SpO_2 92%～96%；II型患者滴定FiO_2，保持SpO_2 88%～92%。依据HFNC治疗48 h内是否行气管插管或NIV分为成功组（持续HFNC）与失败组（转为气管插管或NIV）。

1.3 观察指标 记录所有患者的基线资料，包括性别、年龄、体质量指数（BMI）、治疗前序贯器官衰竭估计（SOFA）评分、是否合并高血压、是否合并糖尿病、有无吸烟史及治疗前实验室指标［白细胞计数（WBC）、降钙素原（PCT）、C反应蛋白（CRP）、血乳酸（Lac）］。

记录所有患者HFNC前与治疗后2 h HR、呼吸频率（RR）、SpO_2、FiO_2及PaO_2，计算ROX相关参数。$ROX=SpO_2/(FiO_2\times RR)$，$mROX=PaO_2/(FiO_2\times RR)$，$ROX\text{-}HR=100\times SpO_2/(FiO_2\times RR\times HR)$，$mROX\text{-}HR=100\times PaO_2/(FiO_2\times RR\times HR)$。

1.4 统计方法 采用SPSS 23.0统计软件进行数据分析。计量数据以均数±标准差表示，组间比较采用

基金项目：温州市基础性科研项目（Y20240179）
作者单位：325400 浙江省温州，平阳县人民医院
通信作者：温暖，Email：wn13732075071@163.com

独立样本 t 检验；计数资料采用 χ^2 检验。多因素分析采用 Logistic 回归模型。绘制受试者工作特征（ROC）曲线，评估各 ROX 指标在预测 HFNC 治疗效果中的判别能力。$P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 HFNC 结果 80 例 ARF 患者，经 HFNC 治疗后共 25 例转为有创或 NIV 治疗（失败组），55 例持续采用 HFNC（成功组）。

2.2 两组基线资料比较 两组性别、年龄、BMI、合并症、吸烟史、治疗前实验室指标、治疗前血气分析指标及治疗前 ROX 相关参数差异均无统计学意义（均 $P > 0.05$）；失败组治疗后 2 h ROX、ROX-HR、mROX 及 mROX-HR 均低于成功组（均 $P < 0.05$），见表 1。

2.3 多因素分析 将 HFNC 结果作为因变量（1=失败，0=成功），将表 1 有统计学意义的指标作为自变量，进行多因素 Logistic 回归分析，结果显示治疗后

表 1 两组基线资料比较

指标		失败组（n=25）	成功组（n=55）	t（χ^2）值	P 值
性别[例（%）]	男	13（52.00）	30（54.55）	（0.05）	＞0.05
	女	12（48.00）	25（45.45）		
年龄（岁）		45.3±4.4	44.3±4.9	0.89	＞0.05
BMI（kg/m^2）		21.85±1.32	21.90±1.17	0.17	＞0.05
SOFA 评分（分）		4.88±0.41	4.86±0.44	0.19	＞0.05
合并高血压[例（%）]	是	9（36.00）	22（40.00）	（0.12）	＞0.05
	否	16（64.00）	33（60.00）		
合并糖尿病[例（%）]	是	7（28.00）	19（34.55）	（0.34）	＞0.05
	否	18（72.00）	36（65.45）		
吸烟史[例（%）]	有	14（56.00）	34（61.82）	（0.24）	＞0.05
	无	11（44.00）	21（38.18）		
pH		7.40±0.08	7.41±0.10	0.44	＞0.05
治疗前	WBC（×10^9/L）	13.25±5.61	13.70±5.03	0.36	＞0.05
	PCT（μg/L）	5.05±2.06	4.02±2.31	1.91	＞0.05
	CRP（mg/L）	25.26±6.75	24.61±7.31	0.38	＞0.05
	Lac（mmol/L）	3.45±0.35	3.31±0.32	1.76	＞0.05
	HR（次/min）	101.26±12.36	101.58±12.61	0.11	＞0.05
	RR（次/min）	25.69±5.37	25.93±5.82	0.18	＞0.05
	SpO_2（%）	93.25±1.28	93.42±1.19	0.58	＞0.05
	FiO_2	0.58±0.16	0.57±0.15	0.27	＞0.05
	PaO_2（mmHg）	57.25±10.36	57.98±8.47	0.33	＞0.05
	$PaCO_2$（mmHg）	40.26±7.87	36.26±8.84	1.94	＞0.05
	ROX	6.25±0.91	6.32±1.12	0.27	＞0.05
	ROX-HR	6.18±1.36	6.22±1.74	0.10	＞0.05
	mROX	3.84±0.36	3.88±0.51	0.35	＞0.05
	mROX-HR	3.79±0.20	3.82±0.28	0.48	＞0.05
治疗后 2 h	HR（次/min）	99.23±13.25	97.52±12.52	0.56	＞0.05
	RR（次/min）	24.74±4.62	22.98±4.20	1.68	＞0.05
	SpO_2（%）	95.25±1.89	95.67±1.64	1.01	＞0.05
	FiO_2	0.55±0.15	0.56±0.16	0.26	＞0.05
	PaO_2（mmHg）	84.74±12.25	89.61±10.45	1.83	＞0.05
	ROX	7.00±0.58	7.43±0.61	2.97	＜0.05
	ROX-HR	7.05±0.25	7.18±0.18	2.64	＜0.05
	mROX	6.23±0.28	6.56±0.13	7.23	＜0.05
	mROX-HR	6.28±0.30	6.73±0.20	7.93	＜0.05

注：BMI 为体质量指数，SOFA 为序贯器官衰竭估计评分，WBC 为白细胞计数，PCT 为降钙素原，CRP 为 C 反应蛋白，Lac 为乳酸，HR 为心率，RR 为呼吸频率，SpO_2 为血氧饱和度，FiO_2 为吸入氧浓度，PaO_2 为血氧分压，$PaCO_2$ 为二氧化碳分压，ROX 为呼吸频率氧合指数，mROX 为改良呼吸频率氧合指数

2 h ROX、ROX-HR 与 HFNC 无关（均 $P > 0.05$），mROX、mROX-HR 上升是 HFNC 失败的保护因素（均 $P < 0.05$），见表 2。

2.4　治疗后 2 h mROX、mROX-HR 对 HFNC 结果的预测价值　将 HFNC 结果作为状态变量（1=失败，0=成功），将治疗后 2 h 时 mROX、mROX-HR 作为检验变量，绘制 ROC 曲线发现，治疗后 2 h mROX、mROX-HR 预测 HFNC 结果的曲线下面积（*AUC*）分别为 0.847、0.887，见表 3、图 1。

3　讨论

近年来，随着新型冠状病毒、流感病毒、肺炎支原体的流行，ARF 发生率逐年上升，给患者生活质量及社会医疗造成巨大负担。ARF 发病急骤，病情进展速度快，主要症状为呼吸困难、心悸、多汗等，若未得到及时救治，会危及生命安全[6]。目前，救治 ARF 患者的主要宗旨为尽快恢复通气，降低 RR，减缓 HR。HFNC 具有无创、安全性高等优势，可快速纠正通气障碍，已得到广泛应用。然而近期有报道指出，HFNC 失败后未及时接受气管插管或 NIV，是导致疾病恶化或病死的关键原因[7]。因此，积极探索有效的指标预测 HFNC 疗效是临床面临的重要难题。

ROX 是以 SpO_2、FiO_2、RR 为基础计算得出的变量，既往被证实在 HFNC 治疗结果中具有一定的预测价值，但该变量敏感性、特异性欠佳，无法供临床决策参考。本研究结果显示，失败组治疗后 2 h ROX、ROX-HR、mROX 及 mROX-HR 较成功组均低，提示 ROX 相关参数下降可能与 HFNC 失败存在关联。进一步多因素分析显示，治疗后 2 h ROX、ROX-HR 与 HFNC 无关，而 mROX、mROX-HR 上升是 HFNC 失败的保护因素（均 $P < 0.05$），可见 mROX、mROX-HR 相比 ROX、ROX-HR 与 HFNC 失败的关联性更明显，推测可能是预测 HFNC 结果的有效指标。分析其原因：（1）SpO_2 的准确度会受到体温、贫血、皮肤颜色等其他因素影响，且在危重症患者中，其与 PaO_2 表现为“S 形”非线性关系，若 $PaO_2 < 60$ mmHg（1 mmHg≈0.133 kPa）时，其水平轻微下降，也会引起 SpO_2 明显降低，该状态下 SpO_2 水平的可靠性较差，无法呈现机体真实氧合状况[8]。

表 2　多因素分析

指标	*β* 值	标准误	*Wald* 值	*P* 值	*OR* 值	95%*CI*
治疗后 2 h ROX	−0.589	0.398	2.19	＞0.05	0.555	0.254 ～ 1.211
治疗后 2 h ROX-HR	−1.885	1.161	2.63	＞0.05	0.152	0.016 ～ 1.479
治疗后 2 h mROX	−7.501	1.652	20.62	＜0.05	0.001	0.000 ～ 0.014
治疗后 2 h mROX-HR	−7.447	1.694	19.33	＜0.05	0.001	0.000 ～ 0.016

表 3　治疗后 2 h mROX、mROX-HR 对 HFNC 结果的预测价值

指标	*AUC*	*SE* 值	*Cut-off* 值	95%*CI*	*P* 值
治疗后 2 h mROX	0.847	0.062	6.325	0.726 ～ 0.967	＜0.05
治疗后 2 h mROX-HR	0.887	0.044	6.412	0.801 ～ 0.972	＜0.05

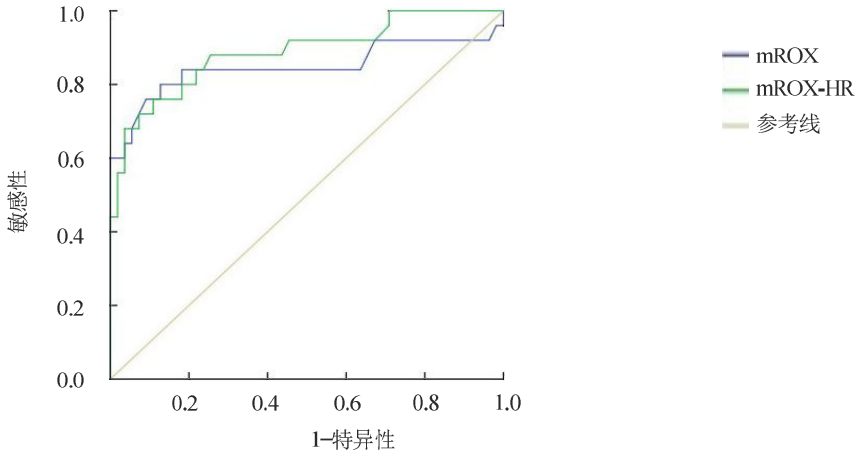


图 1　治疗后 2 h mROX、mROX-HR 对 HFNC 的预测价值

ROX与mROX不同之处在于，前者与SpO_2相关，后者与均与PaO_2相关，同理mROX-HR相比ROX-HR也是如此[9]。因此，SpO_2限制了ROX、ROX-HR反映氧合状态的敏感性与特异性，而mROX、mROX-HR有助于早期识别病情恶化风险。（2）心动过速会介导急性低氧血症代偿性心输出量上升，导致PaO_2下降，与HR变化呈反向趋势[10]。因此，在ROX相关参数比值计算中添加HR可更准确反映心肺功能状态。由此推测，评估mROX-HR相比mROX用于HFNC结果的预测价值更高。同时，ROC曲线显示，治疗后2 h mROX、mROX-HR预测HFNC结果的*AUC*分别为0.847、0.887，这一结果证实上述猜测，mROX-HR预测效能高于mROX。但本研究尚存在一定不足，ROX相关参数可呈动态变化，本研究取治疗后2 h参数作为参考，建议临床应用可持续动态监测mROX、mROX-HR值，尽早预测HFNC结果，以指导临床准确掌握气管插管或NIV时机，降低病死风险。

综上所述，HFNC治疗后2 h mROX、mROX-HR对ARF患者HFNC结果的早期预测价值较高，且mROX-HR指数预测价值更佳。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

[1] 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.

[2] 孙瑾,杭轶,徐哓,等.ROX指数对重症肺炎合并呼吸衰竭患者经鼻高流量湿化氧疗失败的预测价值[J]. 中国急救复苏与灾害医学杂志,2024,19(1):61-64.

[3] 赵玲丹,陈淑娴,李晓妍.ROXI与MROXI对急性呼吸衰竭患者高流量鼻导管氧疗治疗失败的预测价值[J]. 医疗装备,2024,37(21):89-93.

[4] 阮春花,彭小玲,管丽红,等.急性低氧血症性呼吸衰竭患者经鼻高流量氧疗失败风险预测模型的构建[J].广西医科大学学报,2023,40(8):1348-1354.

[5] 中华医学会呼吸病学分会呼吸危重症医学学组, 中国医师协会呼吸医师分会危重症医学工作委员会. 成人经鼻高流量湿化氧疗临床规范应用专家共识[J]. 中华结核和呼吸杂志,2019,42(2):83-91.

[6] 牛亚芳. 经鼻高流量氧疗在急危重症患者中成功应用的早期影响因素分析[D].甘肃:兰州大学,2023.

[7] 林玉霞,陈名智.ROX指数、淋巴细胞指标、血糖对重症肺炎经鼻高流量氧疗后再次气管插管的预测效能及意义[J]. 实用临床医药杂志,2024,28(6):30-36.

[8] 崔芳芳,张传红,傅元冬,等.改良动态ROX指数对急性呼吸衰竭患者HFNC治疗失败的预测价值[J].临床肺科杂志,2024,29(4):487-491.

[9] 王雪婷,张志明,曹雯 .mROX指数预测经鼻高流量氧疗治疗新冠病毒感染致急性呼吸窘迫综合征患者结局的价值[J]. 中华危重病急救医学,2024,36(6):585-590.

[10] 郭晓婷,林移,吴燕丽.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[J]. 临床急诊杂志,2024,25(2):76-82.

收稿日期：2025-04-23
（本文编辑：吴迪汉）

·编读往来·

医学伦理问题及知情同意

须遵循医学伦理基本原则。当论文的主体是以人为研究对象时，作者应说明其遵循的程序是否符合伦理审核委员会（单位性的、地区性的或国家性的）所制订的伦理学标准，并提供该委员会的批准文件（批准文号著录于论文中）及受试对象或其亲属的知情同意书；当论文主体以动物为研究对象时，需说明是否遵循了单位和国家有关实验动物管理和使用的规定，如获得审查批准，应提交实验动物伦理审查委员会审批文件和批准文号。

（本刊编辑部）