

重症肺炎机械通气患者拔管失败的危险因素分析及预测模型建立

开封中心医院急救中心 孙鑫 刘单霞 韦兆吉 翟红瑞 李拥军 罗松平, 河南开封 475000

摘要 目的:分析重症肺炎机械通气患者拔管失败(需要再次插管)的危险因素。方法:回顾性选取重症肺炎行有创机械通气的 138 例患者的病历资料,其中 115 例患者治疗后达到撤机标准,撤机前综合评估患者状态,拔管后常规用经鼻高流量吸氧进行序贯性氧疗,统计拔管成功率。比较拔管成功组与拔管失败组相关临床指标,并分析其与拔管结局的相关性,建立预警风险模型,利用外部数据对风险模型进行验证。结果:115 例撤机患者中,拔管失败 11 例,占 9.56%;拔管成功组与拔管失败组间体质指数(BMI)、体温、 Na^+ 、D 二聚体,血清肌酐(Scr)、降钙素原(PCT)水平及排痰障碍、有创机械通气时间等 8 项指标有统计学差异;进一步多因素 Logistic 回归分析示 $\text{BMI} < 18.5 \text{ kg/m}^2$ 、排痰障碍、有创机械通气 $> 7 \text{ d}$ 为拔管失败独立危险因素,建立风险模型: $\text{logit } P = \ln[P/(1 - P)] = -1.530 + 1.291 \times (\text{BMI} < 18.5) + 1.164 \times (\text{排痰障碍}) + 1.996 \times (\text{有创机械通气} > 7 \text{ d})$ 。当最佳临界值 P 取 0.34 时,预测模型的灵敏度和特异性分别为 0.75 和 0.72,提示当 $P > 0.34$ 时,重症肺炎患者拔管失败风险较高。利用外部数据验证显示该模型具有较好的预测价值。结论:排痰障碍、 $\text{BMI} < 18.5 \text{ kg/m}^2$ 、有创机械通气 $> 7 \text{ d}$ 三者联合可较好地预测重症肺炎机械通气患者拔管失败的风险。

关键词 重症肺炎;拔管失败;风险模型

中图分类号 R475

文献标识码 A

DOI 10.11768/nkjwzzzz20250112

重症肺炎治疗往往离不开机械通气支持,早期插管能有效促进排痰,改善氧合,有利于原发病的控制,当通气与换气功能得到改善后,需要逐渐地撤除机械通气对呼吸的支持,使患者恢复自主呼吸。过早拔管会导致脱机失败率上升,增加再次插管几率,延迟拔管则增加医疗费用和并发症的发生率^[1]。研究显示,因为脱机拔管失败最终导致病死率高达 25%~50%^[2]。本文回顾性分析重症肺炎行有创机械通气患者拔管失败相关因素,报道如下。

资料与方法

1. 一般资料:回顾性选取 2019 年 3 月-2022 年 3 月开封中心医院急诊重症监护病房的 138 例重症肺炎行有创机械通气患者病历资料。纳入标准:符合 2016 年《中国急诊重症肺炎临床实践专家共识》^[3,4] 中重症肺炎的诊断标准,同时行有创机械通气。排除标准:①气胸;②睡眠呼吸暂停低通气综合征;③严重肺外脏器功能不全;④脑血管后遗症。

2. 临床指标的收集与分组:入选重症肺炎患者均进行有创机械通气治疗,同时给予抗感染、化痰、平喘、维持水电解质平衡、营养支持、适度镇静、预防下肢深静脉血栓等治疗,经过治疗患者症状改善后,

根据 2016 年美国胸科学会(the American Thoracic Society, ATS)/美国胸科医师学会(the American College of Chest Physicians, ACCP)临床实践指南《危重症患者机械通气撤机》流程进行撤机拔管^[4],见图 1。其中 115 例达到撤机拔管标准,拔管后给与经鼻高流量吸氧序贯性治疗,对于拔管后 48 h 内需要再次插管的患者认定为拔管失败。

收集 115 例患者一般资料[年龄、性别、体质指数(body mass index, BMI)],并采集拔管前患者体温、呼吸频率、心率、平均动脉压(MAP)、WBC、Hb、 K^+ 、 Na^+ 、 Cl^- 、pH、氧合指数、血乳酸(Lac)、D 二聚体、血肌酐(Scr)、白蛋白、C 反应蛋白(CRP)、脑利钠肽(BNP)、降钙素原(PCT)、排痰障碍、有创机械通气时间。最终拔管成功 104 例,拔管失败 11 例。比较拔管成功组与拔管失败组各项指标的差异,分析以上因素与拔管结果的相关性。建立预警风险模型,并利用外部数据验证模型,评估模型的预测价值及使用价值。

3. 统计学分析:采用 SPSS 19.0 统计学软件。计数资料以例数(百分数)表示,组间比较采用 χ^2 检验,计量资料以($\bar{x} \pm s$)表示,采用 t 检验,组内指标先进行单因素分析,将有统计学差异的指标进行二分类 Logistic 回归分析,制定风险预测模型。并使

机械通气脱机拔管流程。

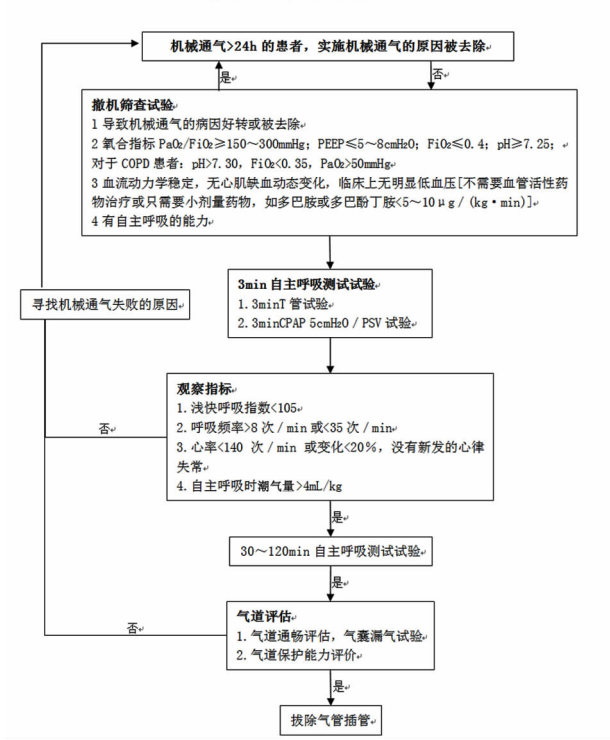


图1 机械通气撤机拔管流程(peep为呼气末正压,FiO₂为吸入气氧浓度,COPD为慢性阻塞性肺疾病,PaO₂为动脉氧分压,CPAP为持续气道正压通气,PSV为压力支持通气)

用外部数据进行前瞻性研究,判断模型的预测价值及临床使用价值。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结果

1. 临床资料:2 组患者 BMI、T、Na⁺、D 二聚体、Scr、PCT、排痰障碍、有创机械通气时间等比较,差异有统计学意义(P 均 <0.05),见表 1。

2. 二分类 Logistic 回归分析:以拔管失败为因变量,2 组间有统计学差异指标为自变量,进行二分类 Logistic 回归分析;各种临床资料按照临床共识及中位数进行二分类赋值^[5]。Logistic 回归分析显示 BMI $<18.5\text{ kg/m}^2$ 、排痰障碍、有创机械通气 $>7\text{ d}$ 是拔管失败的危险因素($r=2.079、3.016、3.684,P$ 均 <0.05),见表 2。

3. 预测模型的建立:根据 Logistic 回归分析结果,构建 Logistic 回归方程,BMI $<18.5\text{ kg/m}^2$ 、排痰障碍、有创机械通气 $>7\text{ d}$ 的回归系数依次为1.317、1.730、1.315,常量为 -2.792 ,构建模型 $\text{Logit } P = \ln[P/(1 - P)] = -2.792 + 1.317 \times (\text{BMI} < 18.5\text{ kg/m}^2) + 1.730 \times (\text{排痰障碍}) + 1.315 \times (\text{有创机械通气} > 7\text{d})$;通过此模型预测重症肺炎患者

表1 2 组患者临床因素比较

项目	拔管成功 (n = 104)	拔管失败 (n = 11)	χ^2/t 值	P 值
男性[例(%)]	49(47.11)	5(45.45)	0.28	>0.05
年龄(岁, $\bar{x} \pm s$)	74.44 $\pm$ 10.28	75.04 $\pm$ 9.78	1.26	>0.05
BMI(kg/m^2 , $\bar{x} \pm s$)	21.53 $\pm$ 2.43	18.51 $\pm$ 5.28	1.01	<0.05
T($^{\circ}\text{C}$, $\bar{x} \pm s$)	36.48 $\pm$ 0.90	37.66 $\pm$ 0.66	1.67	<0.05
呼吸(次/min, $\bar{x} \pm s$)	24.19 $\pm$ 4.10	25.15 $\pm$ 7.97	0.99	>0.05
心率(次/min, $\bar{x} \pm s$)	101.12 $\pm$ 13.23	102.34 $\pm$ 11.42	1.58	>0.05
MAP(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	98.34 $\pm$ 15.14	95.89 $\pm$ 16.27	-1.56	>0.05
WBC($\times 10^9/\text{L}$, $\bar{x} \pm s$)	10.91 $\pm$ 2.72	11.61 $\pm$ 1.86	4.96	>0.05
Hb(g/L, $\bar{x} \pm s$)	98.24 $\pm$ 17.72	87.73 $\pm$ 19.04	-1.05	>0.05
K ⁺ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	3.80 $\pm$ 0.66	3.60 $\pm$ 0.77	2.11	>0.05
Na ⁺ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	135.76 $\pm$ 8.74	141.34 $\pm$ 10.25	2.89	<0.05
Cl ⁻ (mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	98.32 $\pm$ 7.32	96.45 $\pm$ 8.35	2.27	>0.05
pH($\bar{x} \pm s$)	7.35 $\pm$ 0.17	7.17 $\pm$ 0.24	-2.67	>0.05
氧合指数(mmHg, $\bar{x} \pm s$)	304.12 $\pm$ 85.35	285.93 $\pm$ 74.64	3.14	>0.05
Lac(mmol/L, $\bar{x} \pm s$)	1.98 $\pm$ 1.43	2.06 $\pm$ 1.04	2.65	>0.05
D 二聚体(ng/ml, $\bar{x} \pm s$)	1.80 $\pm$ 1.06	2.36 $\pm$ 1.60	3.76	<0.05
Scr($\mu\text{mol/L}$, $\bar{x} \pm s$)	81.67 $\pm$ 49.72	115.20 $\pm$ 68.21	2.92	<0.05
白蛋白(g/L, $\bar{x} \pm s$)	35.21 $\pm$ 5.10	33.94 $\pm$ 9.71	-0.98	>0.05
CRP(mg/L, $\bar{x} \pm s$)	53.43 $\pm$ 69.18.5	62.44 $\pm$ 67.74	1.46	>0.05
BNP(pg/mL, $\bar{x} \pm s$)	405.25 $\pm$ 558.53	615.13 $\pm$ 811.16	1.46	>0.05
PCT($\mu\text{g/L}$, $\bar{x} \pm s$)	0.56 $\pm$ 0.15	1.23 $\pm$ 0.87	3.98	<0.05
排痰障碍[例(%)]	26(25.00)	7(63.64)	5.15	<0.05
有创机械通气时间(d, $\bar{x} \pm s$)	5.8 $\pm$ 1.68	8.45 $\pm$ 1.36	3.12	<0.05

表 2 重症肺炎拔管失败因素 logistic 回归分析

因素	B	S. E	Wald χ^2	df	Sig.	Exp (B)
BMI	1. 317	0. 479	7. 543	1	0. 006	3. 732
T	-0. 140	0. 503	0. 077	1	0. 781	0. 869
Na ⁺	0. 580	0. 486	1. 423	1	0. 233	1. 785
D 二聚体	0. 206	0. 493	0. 176	1	0. 675	1. 229
Scr	-0. 081	0. 505	0. 026	1	0. 873	0. 922
PCT	0. 503	0. 493	1. 040	1	0. 308	1. 654
排痰障碍	1. 730	0. 537	10. 392	1	0. 001	5. 639
有创机械通气时间	1. 315	0. 487	7. 291	1	0. 007	3. 723
常量	-2. 792	0. 599	21. 721	1	0. 000	0. 061

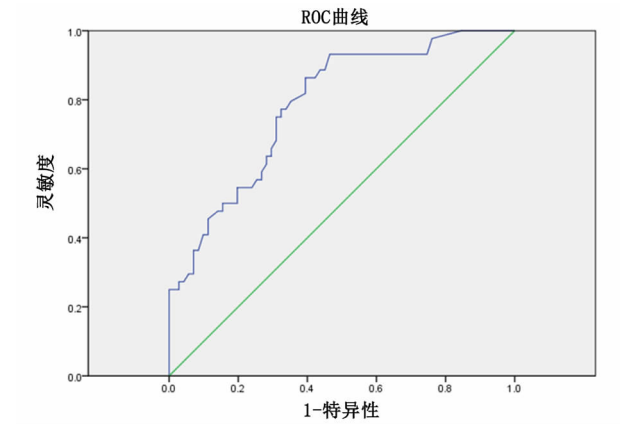


图 2 ROC 曲线

拔管失败的发生概率 P,建立 P 值的 ROC 曲线,曲线下面积(AUC)为 0. 821,见图 2,提示该预测模型具有较好的效用价值。当最佳临界值 $P=0. 34$ 时预测模型的灵敏度和特异性分别为 0. 75 和 0. 72 ,提示当 $P>0. 34$ 时,重症肺炎患者拔管失败风险较高。

4. 预测模型的验证:选取开封中心医院 2022 年 4 月~2023 年 6 月重症医学科的重症肺炎并机械通气患者 126 例,经过治疗后 98 例达到脱机标准,其中模型预测拔管失败低风险患者 86 例,均实施撤机拔管,最终 1 例拔管失败再次插管;模型预测拔管失败高风险患者 12 例,均选择气管切开,其中 1 例脱机失败最终死亡。应用预测模型后重症肺炎拔管失败率下降至 2. 04% (2/98),提示该风险模型有较好的预测价值和临床使用价值,见表 3。

表 3 利用风险预测模型前、后拔管失败率比较

组别	达到脱机 拔管标准 (例)	拔管失败	
		例数	百分率(%)
回顾性队列(n=138)	115	11	9. 57
前瞻性队列(n=126)	98	2	2. 04
χ^2 值	0. 972		3. 994
P 值	0. 324		0. 045

讨 论

重症肺炎患者撤机失败原因多包括感染未有效控制、合并心功能不全、呼吸肌无力、精神心理因素等^[6]。因此,在撤机前须进行全面评估,积极预测和处理可能导致撤机失败的高危因素^[7]。本研究提示有创机械通气时间(>7 d)、排痰障碍、营养不良(BMI <18. 5 kg/m²)是重症肺炎撤机拔管的独立危险因素。

在机械通气的情况下,全身其他肌群尚在代偿范围,但膈肌可能提前发生废用性萎缩^[8,9]。有创通气使用时间越长,发生呼吸肌无力的几率越高,会导致呼吸泵功能下降,引起排痰能力下降,从而出现难以改善的通气和氧合下降^[10]。文献报道,当患者出现“肺部感染控制窗”期间拔除气管插管进行序贯无创机械通气,能显著缩短有创机械通气时间,降低病死率;若未能在时间窗脱机拔管,那么拔管失败风险将明显升高^[11,12],这可能与长时间有创机械通气出现呼吸肌萎缩,镇痛镇静药物蓄积,呼吸肌相关肺炎的发生等综合相关。

ICU 患者往往合并不同程度的营养不良,营养不良可表现为消瘦及低蛋白血症,可能是发病的原因,也可能是发病导致的结果^[13]。低蛋白血症、贫血可以通过输注白蛋白及红细胞悬液进行纠正,但患者往往会出现进行性体重下降^[14,15],继而加速呼吸肌无力的发生,同时营养不良患者会伴有免疫功能下降而导致感染的迁延不愈与反复,最终导致撤机拔管失败^[16,17]。对于此类患者,及时行气管切开,能方便有创-无创之间自由切换,有利于协助排痰及呼吸肌锻炼,减少镇痛镇静药物应用,减少谵妄的发生从而更利于脱机拔管。

参 考 文 献

1 Mcdonald SJ,Sun M,Agoston DV,et al. The effect of concomitant pe-

- ripheral injury on traumatic brain injury pathobiology and outcome [J]. J Neuroinflammation, 2016, 13 (1) : 90.
- 2 Budohoski KP, Zweifel C, Kasprowitz M, et al. What comes first? The dynamics of cerebral oxygenation and blood flow in response to changes in arterial pressure and intracranial pressure after head injury [J]. Br J Anaesth, 2012, 108 (1) : 89-99.
- 3 中国医师协会急诊医师分会. 中国急诊重症肺炎临床实践专家共识 [J]. 中国急救医学, 2016, 36 (2) : 97-107.
- 4 甘惠玲, 赵双平. APACHE II 评分对重症肺炎致急性肺损伤患者撤机结局的预测价值 [J]. 内科急危重症杂志, 2019, 25 (2) : 123-125.
- 5 Blanco P, Abdo-Cuza A. Transcranial Doppler ultrasound in neurocritical care [J]. J Ultrasound, 2018, 21 (1) : 1-16.
- 6 Jeon JP, Lee SU, Kim SE, et al. Correlation of optic nerve sheath diameter with directly measured intracranial pressure in Korean adults using bedside ultrasonography [J]. PLoS One, 2017, 12 (9) : e0183170.
- 7 Khellaf A, Khan DZ, Helmy A. Recent advances in traumatic brain injury [J]. J Neurol, 2019, 266 (11) : 2878-2889.
- 8 张晶, 白颖, 刘涪悠. 早期气管插管的创伤患者发生呼吸机相关性肺炎的危险因素分析 [J]. 中国医刊, 2020, 55 (4) : 390-393.
- 9 廖秋霞, 冯志, 陈小莉, 等. ICU 肺炎克雷伯杆菌感染患者住院 28 天死亡的危险因素 [J]. 内科急危重症杂志, 2024, 30 (1) : 75-79.
- 10 Quintard H, Patet C, Zerlauth JB, et al. Improvement of neuroenergetics by hypertonic lactate therapy in patients with traumatic brain injury is dependent on baseline cerebral lactate/pyruvate ratio [J]. J Neurotrauma, 2016, 33 (7) : 681-687.
- 11 Carteron L, Solari D, Patet C, et al. Hypertonic lactate to improve cerebral perfusion and glucose availability after acute brain injury [J]. Crit Care Med, 2018, 46 (10) : 1649-1655.
- 12 Achinger SG, Ayus JC. Treatment of hyponatremic encephalopathy in the critically ill [J]. Crit Care Med, 2017, 45 (11) : 1762-1771.
- 13 李林, 刘琴, 何兰萍. 老年慢性阻塞性肺疾病急性加重期患者发生呼吸机相关性肺炎的危险因素分析 [J]. 中国医刊, 2019, 54 (6) : 618-621.
- 14 Huang G, Zhang Y, Zhang H, et al. Clinical value of noninvasive monitoring of cerebral hemodynamics for evaluating intracranial pressure and cerebral perfusion pressure in patients with moderate to severe traumatic brain injury [J]. Neurology Asia, 2012, 17 (2) : 133-140.
- 15 杨金连, 杨鑫, 杜文杰. 中心静脉血氧饱和度、下腔静脉呼吸变异指数对脓毒症休克机械通气患者容量反应有评估作用 [J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29 (4) : 301-303, 323.
- 16 Aries MJ, Czosnyka M, Budohoski KP, et al. Continuous determination of optimal cerebral perfusion pressure in traumatic brain injury [J]. Crit Care Med, 2012, 40 (8) : 2456-2463.
- 17 Piccinini A, Lewis M, Benjamin E, et al. Intracranial pressure monitoring in severe traumatic brain injuries: a closer look at level 1 trauma centers in the United States [J]. Injury, 2017, 48 (9) : 1944-1950.

(2023-11-28 收稿 2024-09-20 修回)

(上接第 35 页)

参考文献

- 1 刘浩然, 张震. 循环及呼吸机械支持设备在心脏急危重症救治中的发展现状 [J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29 (6) : 450-454.
- 2 Makdee O, Monsomboon A, Surabenjawong U, et al. High-flow nasal cannula versus conventional oxygen therapy in emergency department patients with cardiogenic pulmonary edema: a randomized controlled trial [J]. Ann Emerg Med, 2017, 70 (4) : 465-472.
- 3 安勇鹏, 罗松平, 杨秀芝. 经鼻高流量氧疗治疗心源性肺水肿的疗效观察 [J]. 临床急诊杂志, 2018, 19 (11) : 3-5.
- 4 薛翔, 杨敬辉, 贾凌, 等. 经鼻高流量氧疗在急性左心衰竭中的疗效观察 [J]. 中华危重症医学杂志 (电子版), 2019, 12 (1) : 25-30.
- 5 Ko DR, Beom J, Lee HS, et al. Benefits of high-flow nasal cannula therapy for acute pulmonary edema in patients with heart failure in the emergency department: a prospective multi-center randomized controlled trial [J]. MDPI AG, 2020, 9 (6) : 1937-1950.
- 6 李秋红, 赵千文, 孙丽娜. 经鼻高流量湿化氧疗应用于急性左心功能衰竭的疗效观察 [J]. 临床急诊杂志, 2021, 22 (10) : 4-7.
- 7 Tan D, Walline JH, Ling B, et al. High-flow nasal cannula oxygen therapy vs non-invasive ventilation for chronic obstructive pulmonary disease patients after extubation: a multicenter, randomized controlled trial [J]. Crit Care, 2020, 24 : 489-498.
- 8 胡志青, 叶正龙. 经鼻高流量湿化氧疗在急性心力衰竭的临床研究进展 [J]. 中国临床研究, 2019 (4) : 3-5.
- 9 岳伟岗, 张志刚, 张彩云, 等. 经鼻高流量氧疗对呼吸衰竭患者疗效的 Meta 分析 [J]. 中华危重病急救医学, 2017, 29 (5) : 7-13.
- 10 Nishimura M. High-flow nasal cannula oxygen therapy in adults: physiological benefits, indication, clinical benefits, and adverse effects [J]. Respiratory Care, 2016, 61 (4) : 529.
- 11 Groves N, Tobin A. High flow nasal oxygen generates positive airway pressure in adult volunteers [J]. Aust Crit Care, 2007, 20 (4) : 126-131.
- 12 Rizvi H, Sanchez-Vega F, La K, et al. Molecular determinants of response to anti-programmed cell death (PD)-1 and anti-programmed death-ligand 1 (PD-L1) blockade in patients with non-small-cell lung cancer profiled with targeted next-generation sequencing [J]. J Clin Oncol, 2018, 36 (7) : 633-641.
- 13 Martincorena I, Campbell PJ. Somatic mutation in cancer and normal cells [J]. Science, 2015, 349 (6255) : 1483-1489.
- 14 Esquinas Rodriguez AM, Scala R, Soroksky A, et al. Clinical review: humidifiers during non-invasive ventilation--key topics and practical implications [J]. Crit Care, 2012, 16 (1) : 203-209.
- 15 黄斌, 覃超群, 林惠旻, 等. 经鼻高流量湿化氧疗在慢性阻塞性肺疾病急性加重期合并 II 型呼吸衰竭患者中的临床疗效 [J]. 内科急危重症杂志, 2023, 29 (5) : 381-385.
- 16 Douglas N, Ng I, Nazeem F, et al. A randomised controlled trial comparing high-flow nasal oxygen with standard management for conscious sedation during bronchoscopy [J]. Anaesthesia, 2018, 73 : 169-176.

(20230914 收稿 20241117 修回)