

口腔颌面部间隙感染患者术后机械通气时间延长的危险因素分析

郑启航 李文哲 王靖彦 徐婧楠 马涛 王敬杰 聂迪 王毅 于湘友

新疆医科大学第一附属医院重症医学中心, 乌鲁木齐 830054

通信作者: 于湘友, Email: yu2796@163.com

【摘要】 目的 探讨口腔颌面部间隙感染 (OMSI) 患者全麻术后在重症监护病房 (ICU) 治疗中机械通气时间延长 (PMV) 的相关危险因素, 建立预测模型, 并评估模型的预测价值。**方法** 采用回顾性队列研究方法, 纳入 2020 年 1 月至 2024 年 12 月新疆医科大学第一附属医院收治的 OMSI 全麻术后转入 ICU 接受有创机械通气治疗的患者。收集患者的基线特征、病史资料、辅助检查、手术、气道管理等数据 (生命体征取术后转入 ICU 1 h 内首次测量值, 实验室检查指标取术后转入 ICU 首次检测值), 并根据患者在 ICU 的机械通气时间分为非 PMV 组 (<72 h) 和 PMV 组 (≥ 72 h)。比较两组患者的临床资料; 采用单因素及多因素 Logistic 回归分析筛选 PMV 的危险因素。基于多因素 Logistic 回归分析结果构建列线图模型, 并采用受试者工作特征曲线 (ROC 曲线)、校准曲线、决策曲线分析 (DCA) 曲线评估该模型预测 PMV 的准确性。**结果** 最终纳入 111 例 OMSI 患者, 其中男性 76 例 (占 68.5%), 女性 35 例 (占 31.5%); 中位年龄 55.0 (41.0, 63.5) 岁。111 例 OMSI 患者中, 术后 PMV 59 例 (占 53.2%), 52 例 (占 46.8%) 未发生 PMV。两组患者年龄、急性生理学与慢性健康状况评分 II (APACHE II)、院前自行治疗、颌下间隙感染、纵隔感染、使用血管活性药物、术前合并肺炎、术后并发症 (胸腔积液、脓毒症、肺炎)、手术次数、经口气管插管、气管切开、总住院时间、ICU 住院时间及入 ICU 首次体温、心率、血红蛋白 (Hb)、血尿素氮 (BUN)、总蛋白 (TP)、白蛋白 (Alb)、炎症指标等差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。单因素 Logistic 回归分析显示, 高龄、APACHE II 评分升高、院前自行治疗、颌下间隙感染、纵隔感染、使用血管活性药物、术前合并肺炎、术后并发症 (胸腔积液、脓毒症、肺炎)、手术次数 ≥ 2 次、经口气管插管、总住院时间延长, 以及入 ICU 首次体温、心率、C-反应蛋白 (CRP)、白细胞介素-6 (IL-6) 升高和 TP、Alb 下降是发生 PMV 的影响因素 (均 $P < 0.05$)。多因素 Logistic 回归分析显示, 高龄 [优势比 (OR) = 1.05, 95% 置信区间 (95%CI) 为 1.01 ~ 1.09, $P = 0.027$]、颌下间隙感染 (OR = 9.56, 95%CI 为 2.53 ~ 36.12, $P < 0.001$)、使用血管活性药物 (OR = 3.58, 95%CI 为 1.04 ~ 12.35, $P = 0.044$)、手术次数 ≥ 2 次 (OR = 8.60, 95%CI 为 2.26 ~ 32.73, $P = 0.002$)、经口气管插管 (OR = 11.04, 95%CI 为 1.65 ~ 74.00, $P = 0.013$) 和入 ICU 首次体温升高 (OR = 6.20, 95%CI 为 1.50 ~ 25.69, $P = 0.012$) 为 OMSI 患者术后 PMV 的独立危险因素。基于多因素 Logistic 回归分析结果建立列线图模型。ROC 曲线分析显示, 该模型对 PMV 具有良好的预测价值 [ROC 曲线下面积 (AUC) = 0.908, 95%CI 为 0.842 ~ 0.959, $P < 0.001$], 敏感度为 86.4%, 特异度为 80.8%; 校准曲线趋于理想曲线, 提示模型的拟合优度良好; DCA 显示, 该模型在广泛风险阈值下具有临床净收益。**结论** 高龄、使用血管活性药物、颌下间隙感染、手术次数 ≥ 2 次、经口气管插管和入 ICU 首次体温升高是 OMSI 患者术后 PMV 的独立危险因素; 基于上述危险因素构建的列线图模型对 PMV 具有良好的预测价值。

【关键词】 口腔颌面部间隙感染; 机械通气时间延长; 危险因素; 预测模型

基金项目: 国家自然科学基金 (82460372)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250902-00470

Analysis of risk factors for postoperative prolonged mechanical ventilation in patients with oral and maxillofacial space infection

Zheng Qihang, Li Wenzhe, Wang Jingyan, Xu Jingnan, Ma Tao, Wang Jingjie, Nie Di, Wang Yi, Yu Xiangyou

Department of Critical Care Medicine, The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University, Urumqi 830054, China

Corresponding author: Yu Xiangyou, Email: yu2796@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the risk factors associated with prolonged mechanical ventilation (PMV) in patients with oral and maxillofacial space infections (OMSI) treated in the intensive care unit (ICU) after general anesthesia, to establish a predictive model, and to evaluate its predictive value. **Methods** A retrospective cohort study was performed. OMSI patients who underwent invasive mechanical ventilation and were admitted to the ICU after general anesthesia at The First Affiliated Hospital of Xinjiang Medical University from January 2020 to December 2024 was enrolled. Data including baseline characteristics, medical history, auxiliary examinations, surgical conditions, airway management, initial vital signs within 1 hour after ICU admission, and the first laboratory results after ICU admission were collected. Patients were divided into a non-PMV group (<72 hours) and a PMV group (≥ 72 hours) according to

the duration of mechanical ventilation in the ICU. Clinical data were compared between the two groups. Univariate and multivariate Logistic regression analyses were used to identify risk factors for PMV. A nomogram model was established based on the results of multivariate Logistic regression analysis, and its performance was evaluated using receiver operator characteristic curve (ROC curve), calibration curve, and decision curve analysis (DCA) curve. **Results** A total of 111 OMSI patients were finally included, including 76 males (68.5%) and 35 females (31.5%), with a median age of 55.0 (41.0, 63.5) years. Postoperative PMV occurred in 59 patients (53.2%), and no PMV occurred in 52 patients (46.8%). Significant differences were observed between the two groups in age, Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II (APACHE II) score, pre-hospital self-treatment, submental space infection, mediastinal infection, use of vasoactive drugs, preoperative comorbid pneumonia, postoperative complications (pleural effusion, sepsis, pneumonia), number of surgeries, orotracheal intubation, incision of trachea, total length of hospital stay, length of ICU stay, and initial body temperature, heart rate, hemoglobin (Hb), blood urea nitrogen (BUN), total protein (TP), albumin (Alb), and inflammatory markers after ICU admission (all $P<0.05$). Univariate Logistic regression analysis indicated that advanced age, elevated APACHE II score, pre-hospital self-treatment, submental space infection, mediastinal infection, use of vasoactive drugs, preoperative comorbid pneumonia, postoperative complications (pleural effusion, sepsis, pneumonia), ≥ 2 surgical procedures, orotracheal intubation, prolonged total hospital stay, as well as elevated initial body temperature, heart rate, C-reactive protein (CRP), interleukin-6 (IL-6), and decreased TP and Alb after ICU admission, were influencing factors for PMV (all $P<0.05$). Multivariate Logistic regression analysis demonstrated that advanced age [odds ratio (OR)=1.05, 95% confidence interval (95%CI) was 1.01–1.09, $P=0.027$], submental space infection (OR=9.56, 95%CI was 2.53–36.12, $P<0.001$), use of vasoactive drug (OR=3.58, 95%CI was 1.04–12.35, $P=0.044$), ≥ 2 surgical procedures (OR=8.60, 95%CI was 2.26–32.73, $P=0.002$), orotracheal intubation (OR=11.04, 95%CI was 1.65–74.00, $P=0.013$), and elevated initial body temperature after ICU admission (OR=6.20, 95%CI was 1.50–25.69, $P=0.012$) were independent risk factors for postoperative PMV in patients with OMSI. A nomogram model was constructed based on the results of multivariate Logistic regression analysis. ROC curve analysis showed that the model had good predictive performance for PMV [area under the ROC curve (AUC)=0.908, 95%CI was 0.842–0.959, $P<0.001$], with a sensitivity of 86.4% and a specificity of 80.8%. The calibration curve was close to the ideal curve, suggesting good fitness of the model. DCA showed that the model achieved favorable net clinical benefit within a wide range of threshold probabilities. **Conclusions** Advanced age, use of vasoactive drug, submental space infection, ≥ 2 surgical procedures, orotracheal intubation, and elevated initial body temperature after ICU admission are independent risk factors for postoperative PMV in patients with OMSI. The nomogram model established based on these factors shows good predictive value for PMV.

【Key words】 Oral and maxillofacial space infection; Prolonged mechanical ventilation; Risk factor; Predictive modeling

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82460372)

DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250902-00470

口腔颌面部间隙感染(oral and maxillofacial space infection, OMSI)是口腔颌面外科常见的面部疾病。头颈部解剖结构复杂,筋膜包绕的结构之间存在许多疏松间隙^[1],当出现感染时常表现为急性炎症,若治疗不及时可导致严重的并发症,包括纵隔炎、脓毒症、脓毒性休克、气道压迫等,甚至危及生命^[2-4]。因此,气道管理是此类患者的核心治疗方案之一。研究表明,由于 OMSI 患者术区感染水肿、术前合并肺炎、术后炎症因子风暴等会导致气道水肿,术后早期拔管会增加二次插管风险,造成大多数 OMSI 患者术后需使用呼吸机支持治疗,待气道水肿程度好转后才考虑脱机拔管,引起患者术后机械通气时间延长(prolonged mechanical ventilation, PMV)^[5-6]。PMV 可造成患者气道损伤、呼吸机相关性肺炎、呼吸肌萎缩等并发症,增加患者死亡风险,还会延长患者重症监护病房(intensive care unit, ICU)住院时间和总住院时间,增加医疗费用^[7]。然而,目前关于 OMSI 术后应用机械通气的研究较少,相关危险因素尚未

明确。因此,本研究通过分析新疆医科大学第一附属医院 ICU 收治的 OMSI 术后接受有创机械通气患者的临床资料,探讨 OMSI 术后引起 PMV 的危险因素,并构建预测模型,为临床早期识别 PMV 高风险患者提供量化依据,进而缩短 OMSI 术后机械通气时间,避免 PMV 引起的并发症。

1 资料与方法

1.1 研究对象:采用回顾性队列研究方法,选择 2020 年 1 月至 2024 年 12 月新疆医科大学第一附属医院收治的 OMSI 全麻术后转入 ICU 接受有创机械通气治疗的患者。

1.1.1 纳入标准:①符合 OMSI 诊断标准^[8];②接受手术治疗且术后转入 ICU 需有创机械通气支持。

1.1.2 排除标准:①年龄 <18 岁;②妊娠期和哺乳期妇女;③入院后 24 h 内自动出院或死亡;④数据资料严重缺失。

1.2 伦理学:本研究符合医学伦理学标准,并通过新疆医科大学第一附属医院医学伦理委员会审核批

准(审批号:K202412-28)。

1.3 数据收集:收集 OMSI 术后转入 ICU 继续治疗患者的临床指标数据,包括性别、年龄、体质量指数(body mass index, BMI)、入 ICU 首次急性生理学与慢性健康状况评分 II (Acute Physiology And Chronic Health Evaluation II, APACHE II)、序贯器官衰竭评分(Sequential Organ Failure Assessment, SOFA)、高血压、糖尿病、院前是否自行治疗、感染部位(下颌间隙感染、咽旁间隙感染、翼下颌间隙感染、颞下间隙感染、咬肌间隙感染、纵隔感染)、血管活性药物使用情况(去甲肾上腺素、间羟胺)、术前合并肺炎、术后并发症(胸腔积液、脓毒症、肺炎)、是否附加手术治疗(复杂牙拔除术、阻生牙拔除术、游离皮瓣移植术等)、是否存在牙源性感染或腺源性感染、美国麻醉医师协会(American Society of Anesthesiologists, ASA)分级、手术次数(同一住院周期内手术次数)、负压封闭引流(vacuum sealing drainage, VSD)装置数量、人工气道方式(经口气管插管、经鼻气管插管、气管切开)、总住院时间、ICU 住院时间;全麻术后入 ICU 首次生命体征(体温、心率、呼吸频率、血压),其中入 ICU 首次体温定义为患者术后转入 ICU 1 h 内首次监测的体温值,以保证测量的一致性,并用于观察术后早期炎症变化;入 ICU 首次白细胞计数(white blood cell, WBC)、血红蛋白(hemoglobin, Hb)、血小板计数(platelet, PLT)、血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)、血肌酐(serum creatinine, SCr)、总蛋白(total protein, TP)、白蛋白(albumin, Alb)、C-反应蛋白(C-reactive protein, CRP)、白细胞介素-6(interleukin-6, IL-6)、降钙素原(procalcitonin, PCT)等实验室指标。对收集的数据进行严格质量控制,并根据纳入 OMSI 患者术后机械通气时间分为非 PMV 组(<72 h)和 PMV 组(≥ 72 h)^[9-11]。

1.4 统计学分析:使用 R 语言 4.3.0 版本 MICE 程序包的多重插补策略,针对缺失率小于 20% 的变量进行多重插补。使用 SPSS 22.0 软件进行数据统计学分析。定量资料符合正态分布时以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,不符合正态分布时以中位数(四分位数) $[M(Q_1, Q_3)]$ 表示;正态性检验由 Shapiro-Wilk 检验判断。方差齐采用 t 检验,方差不齐则采用校正 t 检验;符合正态分布的定量资料采用两独立样本 t 检验,不符合正态分布的连续资料采用非参数秩和检验。分类资料使用频数(%)表示,两两比较采用 χ^2 检验。将数据中单因素 Logistic 回归分析有统计学

意义的变量($P<0.05$),结合临床实际情况进行多因素逐步 Logistic 回归分析,并进一步构建 PMV 的列线图预测模型。针对模型预测价值,应用 R 语言的 pROC 包绘制受试者工作特征曲线(receiver operator characteristic curve, ROC 曲线)评估诊断效能,并计算 ROC 曲线下面积(area under the ROC curve, AUC),通过 rms 包构建列线图并结合 ResourceSelection 包完成校准曲线分析,采用 rmda 包绘制决策曲线分析(decision curve analysis, DCA)曲线,评估该模型的准确性。采用 Spearman 相关法分析多因素变量之间的相关性,采用 ggplot2 包绘制相关性热图。检验水准 α 值取双侧 0.05。

2 结果

2.1 基本临床资料:最终共纳入 111 例患者,其中男性 76 例(占 68.5%),女性 35 例(占 31.5%);年龄 18~87 岁,中位年龄 55.0(41.0, 63.5)岁。52 例患者(占 46.8%)纳入非 PMV 组,59 例患者(占 53.2%)纳入 PMV 组。两组患者基本临床资料数据分析显示(表 1),以下变量差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),包括两组患者的年龄、APACHE II 评分、院前自行治疗、颞下间隙感染、纵隔感染、使用血管活性药物(去甲肾上腺素、间羟胺)、术前合并肺炎、术后并发症(胸腔积液、脓毒症、肺炎)、手术次数、经口气管插管、气管切开、总住院时间、ICU 住院时间,以及入 ICU 首次体温、心率、Hb、BUN、TP、Alb、CRP、IL-6、PCT。

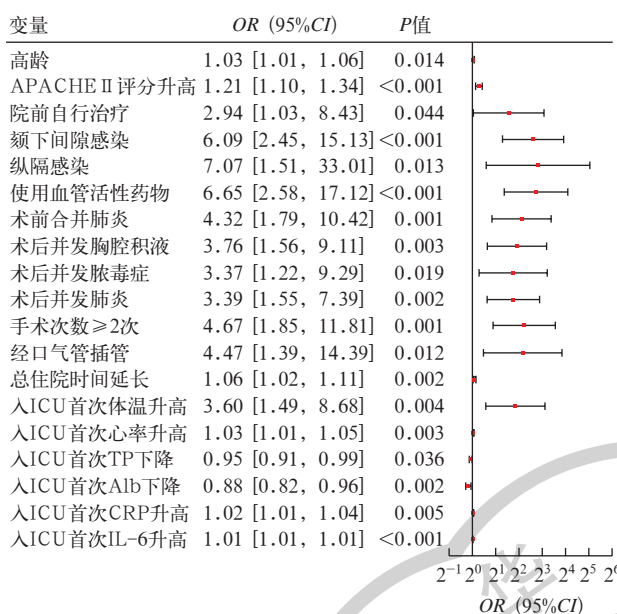
2.2 PMV 的单因素 Logistic 回归分析(图 1;表 2):基于组间数据分析结果进行单因素 Logistic 回归分析,结果显示,高龄、APACHE II 评分升高、院前自行治疗、颞下间隙感染、纵隔感染、使用血管活性药物、术前合并肺炎、术后并发胸腔积液、术后并发脓毒症、术后并发肺炎、手术次数 ≥ 2 次、经口气管插管、总住院时间延长、入 ICU 首次体温升高、入 ICU 首次心率升高、入 ICU 首次 TP 下降、入 ICU 首次 Alb 下降、入 ICU 首次 CRP 升高、入 ICU 首次 IL-6 升高为 OMSI 患者术后 PMV 的影响因素(均 $P<0.05$)。

2.3 PMV 的多因素 Logistic 回归分析(图 2;表 2):将单因素 Logistic 回归分析中有统计学意义的变量($P<0.05$),结合临床实际进行多因素逐步 Logistic 回归分析,结果显示,高龄、颞下间隙感染、使用血管活性药物、手术次数 ≥ 2 次、经口气管插管及入 ICU 首次体温升高是 OMSI 患者术后 PMV 的独立危险因素(均 $P<0.05$)。

表 1 OMSI 全麻术后是否发生 PMV 两组有创机械通气患者基本临床资料比较

变量	非 PMV 组 (52 例)	PMV 组 (59 例)	统计量值	P 值
男性 [例 (%)]	36 (69)	40 (68)	$\chi^2=0.026$	0.871
年龄 [岁, $M(Q_1, Q_3)$]	51.00 (35.75, 59.25)	58.00 (48.00, 66.00)	$Z=-2.531$	0.011
BMI [kg/m^2 , $M(Q_1, Q_3)$]	23.49 (20.48, 25.42)	24.22 (21.01, 26.12)	$Z=-0.441$	0.659
APACHE II 评分 [分, $M(Q_1, Q_3)$]	10.50 (7.00, 14.00)	14.00 (10.00, 16.50)	$Z=-3.698$	<0.001
SOFA 评分 [分, $M(Q_1, Q_3)$]	1.50 (0, 2.00)	1.00 (0, 3.00)	$Z=-0.103$	0.918
高血压 [例 (%)]	9 (17)	18 (31)	$\chi^2=2.617$	0.106
糖尿病 [例 (%)]	20 (38)	23 (39)	$\chi^2=0.003$	0.955
院前自行治疗 [例 (%)]	39 (75)	53 (90)	$\chi^2=4.285$	0.038
下颌间隙感染 [例 (%)]	39 (75)	49 (83)	$\chi^2=1.091$	0.296
咽旁间隙感染 [例 (%)]	19 (37)	32 (54)	$\chi^2=3.486$	0.062
翼下颌间隙感染 [例 (%)]	23 (44)	19 (32)	$\chi^2=1.700$	0.192
颌下间隙感染 [例 (%)]	8 (15)	31 (53)	$\chi^2=16.745$	<0.001
咬肌间隙感染 [例 (%)]	16 (31)	15 (25)	$\chi^2=0.392$	0.531
纵隔感染 [例 (%)]	2 (4)	13 (22)	$\chi^2=7.823$	0.005
血管活性药物使用情况 [例 (%)]	7 (13)	30 (51)	$\chi^2=17.384$	<0.001
去甲肾上腺素	4 (8)	18 (31)	$\chi^2=9.054$	0.003
间羟胺	2 (4)	9 (15)	$\chi^2=4.029$	0.045
术前合并肺炎 [例 (%)]	9 (17)	28 (47)	$\chi^2=11.306$	<0.001
术后并发胸腔积液 [例 (%)]	9 (17)	26 (44)	$\chi^2=9.168$	0.002
术后并发脓毒症 [例 (%)]	6 (12)	18 (31)	$\chi^2=5.869$	0.015
术后并发肺炎 [例 (%)]	19 (37)	39 (66)	$\chi^2=9.682$	0.002
附加手术治疗 [例 (%)]	19 (37)	13 (22)	$\chi^2=2.834$	0.092
牙源性感染 [例 (%)]	32 (62)	35 (59)	$\chi^2=0.057$	0.812
腺源性感染 [例 (%)]	17 (33)	15 (25)	$\chi^2=0.712$	0.399
ASA 分级 [例 (%)]			$\chi^2=1.454$	0.228
I ~ II 级	7 (13)	3 (5)		
III ~ IV 级	45 (87)	56 (95)		
手术次数 [例 (%)]			$\chi^2=11.580$	<0.001
1 次	22 (42)	8 (14)		
≥ 2 次	30 (58)	51 (86)		
VSD 装置数量 [例 (%)]				
1 个	34 (65)	29 (49)	$\chi^2=2.967$	0.085
2 个	6 (12)	13 (22)	$\chi^2=2.146$	0.143
>2 个	5 (10)	14 (24)	$\chi^2=3.881$	0.049
人工气道方式 [例 (%)]				
经口气管插管	4 (8)	16 (27)	$\chi^2=7.061$	0.008
经鼻气管插管	34 (65)	38 (64)	$\chi^2=0.012$	0.914
气管切开	10 (19)	4 (7)	$\chi^2=3.888$	0.049
总住院时间 [d, $M(Q_1, Q_3)$]	14.34 (11.03, 20.23)	21.51 (16.77, 33.76)	$Z=-3.894$	<0.001
ICU 住院时间 [h, $M(Q_1, Q_3)$]	43.83 (28.29, 113.46)	155.50 (38.12, 295.08)	$Z=-2.591$	0.010
入 ICU 首次体温 [$^{\circ}\text{C}$, $M(Q_1, Q_3)$]	36.60 (36.50, 37.00)	36.90 (36.70, 37.15)	$Z=-2.750$	0.006
入 ICU 首次心率 [次/min, $M(Q_1, Q_3)$]	78.00 (65.00, 90.00)	92.00 (78.00, 111.50)	$Z=-3.288$	0.001
入 ICU 首次呼吸频率 [次/min, $M(Q_1, Q_3)$]	15.00 (15.00, 17.00)	16.00 (15.00, 18.00)	$Z=-1.850$	0.064
入 ICU 首次收缩压 [mmHg, $M(Q_1, Q_3)$]	123.00 (117.75, 142.00)	135.00 (121.00, 153.50)	$Z=-1.407$	0.159
入 ICU 首次舒张压 [mmHg, $M(Q_1, Q_3)$]	70.00 (62.00, 76.25)	74.00 (62.00, 80.00)	$Z=-1.156$	0.248
入 ICU 首次 WBC [$\times 10^9/\text{L}$, $M(Q_1, Q_3)$]	11.40 (8.66, 14.92)	12.61 (9.82, 15.55)	$Z=-0.949$	0.343
入 ICU 首次 Hb [g/L, $M(Q_1, Q_3)$]	78.00 (65.00, 90.00)	92.00 (78.00, 111.50)	$Z=-3.288$	0.001
入 ICU 首次 PLT ($\times 10^9/\text{L}$, $\bar{x} \pm s$)	254.44 $\pm$ 91.66	243.12 $\pm$ 107.68	$t=0.592$	0.555
入 ICU 首次 BUN [mmol/L, $M(Q_1, Q_3)$]	5.40 (3.75, 8.07)	6.90 (4.68, 10.17)	$Z=-2.133$	0.033
入 ICU 首次 Scr [$\mu\text{mol/L}$, $M(Q_1, Q_3)$]	49.18 (40.72, 57.99)	54.16 (37.84, 68.85)	$Z=-0.629$	0.529
入 ICU 首次 TP (g/L, $\bar{x} \pm s$)	61.98 $\pm$ 7.65	58.51 $\pm$ 9.01	$t=2.170$	0.032
入 ICU 首次 Alb (g/L, $\bar{x} \pm s$)	30.96 $\pm$ 4.80	27.76 $\pm$ 5.32	$t=3.307$	0.001
入 ICU 首次 CRP [mg/L, $M(Q_1, Q_3)$]	90.00 (49.25, 90.00)	90.00 (85.90, 90.00)	$Z=-2.680$	0.007
入 ICU 首次 IL-6 [ng/L, $M(Q_1, Q_3)$]	32.75 (14.85, 98.60)	123.00 (29.53, 311.95)	$Z=-3.874$	<0.001
入 ICU 首次 PCT [$\mu\text{g/L}$, $M(Q_1, Q_3)$]	0.18 (0.06, 1.53)	0.59 (0.20, 2.40)	$Z=-2.548$	0.011

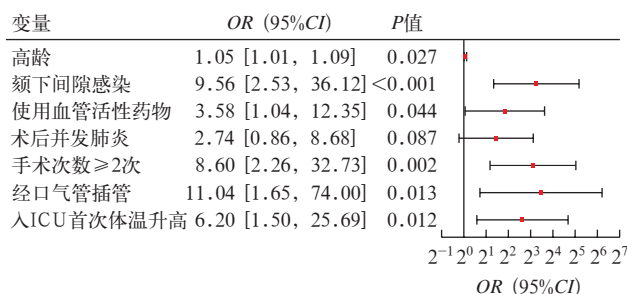
注: OMSI 为口腔颌面部间隙感染, PMV 为机械通气时间延长, BMI 为体质指数, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II, SOFA 为序贯器官衰竭评分, ASA 为美国麻醉医师协会, VSD 为负压封闭引流, ICU 为重症监护病房, WBC 为白细胞计数, Hb 为血红蛋白, PLT 为血小板计数, BUN 为血尿素氮, Scr 为血肌酐, TP 为总蛋白, Alb 为白蛋白, CRP 为 C-反应蛋白, IL-6 为白细胞介素-6, PCT 为降钙素原; 手术次数为同一住院周期内手术次数; 1 mmHg=0.133 kPa



注: OMSI 为口腔颌面部间隙感染, PMV 为机械通气时间延长, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II, ICU 为重症监护病房, TP 为总蛋白, Alb 为白蛋白, CRP 为 C-反应蛋白, IL-6 为白细胞介素-6, OR 为优势比, 95%CI 为 95% 置信区间; 手术次数为同一住院周期内手术次数

图 1 OMSI 患者全麻术后 PMV 的单因素 Logistic 回归分析森林图

2.4 多因素分析中筛选出的 PMV 独立危险因素间的关联性(图 3): 各独立危险因素之间的相关系数均处于较低水平, 使用血管活性药物与年龄的相关性较强($r=0.276$, $P=0.003$), 入 ICU 首次体温与经口气管插管的相关性较弱($r=-0.085$, $P=0.375$)。



注: OMSI 为口腔颌面部间隙感染, PMV 为机械通气时间延长, ICU 为重症监护病房, OR 为优势比, 95%CI 为 95% 置信区间; 手术次数为同一住院周期内手术次数

图 2 OMSI 患者全麻术后 PMV 的多因素 Logistic 回归分析森林图

所有变量间的相关系数均低于 0.7, 提示各独立危险因素之间不存在明显的多重共线性。

2.5 PMV 预测模型的建立及预测效能分析: 基于多因素 Logistic 回归分析中筛选出的独立危险因素建立列线图模型(图 4)。模型总分为 80 ~ 176 分, 所对应的 PMV 发生风险为 0.1 ~ 0.9, 得分越高表明 OMSI 患者 PMV 的风险越大。以 1 例 70 岁女性 OMSI 患者为例: 患者因下颌下间隙和咬肌间隙感染入院, 术后转入 ICU 时采用经鼻气管插管且给予去甲肾上腺素, 此次入院共行 2 次感染清创手术, 且入 ICU 时首次体温为 37 °C, 将各值的风险概率转换为点数并累加得到总分, 从而得出该患者 PMV 的发生概率为 0.856, 最终该患者机械通气时间为 175.5 h, 表明该模型具有较高的预测准确性。

表 2 OMSI 患者全麻术后 PMV 的单因素和多因素 Logistic 回归分析

变量	单因素分析					多因素分析				
	β 值	s_e	Z 值	P 值	OR (95%CI)	β 值	s_e	Z 值	P 值	OR (95%CI)
高龄	0.03	0.01	2.45	0.014	1.03 (1.01 ~ 1.06)	0.05	0.02	2.21	0.027	1.05 (1.01 ~ 1.09)
APACHE II 评分升高	0.19	0.05	3.76	<0.001	1.21 (1.10 ~ 1.34)					
院前自行治疗	1.08	0.54	2.01	0.044	2.94 (1.03 ~ 8.43)					
颌下间隙感染	1.81	0.46	3.89	<0.001	6.09 (2.45 ~ 15.13)	2.26	0.68	3.33	<0.001	9.56 (2.53 ~ 36.12)
纵隔感染	1.96	0.79	2.49	0.013	7.07 (1.51 ~ 33.01)					
使用血管活性药物	1.89	0.48	3.93	<0.001	6.65 (2.58 ~ 17.12)	1.28	0.63	2.02	0.044	3.58 (1.04 ~ 12.35)
术前合并肺炎	1.46	0.45	3.25	0.001	4.32 (1.79 ~ 10.42)					
术后并发胸腔积液	1.33	0.45	2.94	0.003	3.76 (1.56 ~ 9.11)					
术后并发脓毒症	1.21	0.52	2.34	0.019	3.37 (1.22 ~ 9.29)					
术后并发肺炎	1.22	0.40	3.06	0.002	3.39 (1.55 ~ 7.39)	1.01	0.59	1.71	0.087	2.74 (0.86 ~ 8.68)
手术次数≥2次	1.54	0.47	3.26	0.001	4.67 (1.85 ~ 11.81)	2.15	0.68	3.16	0.002	8.60 (2.26 ~ 32.73)
经口气管插管	1.50	0.60	2.51	0.012	4.47 (1.39 ~ 14.39)	2.40	0.97	2.47	0.013	11.04 (1.65 ~ 74.00)
总住院时间延长	0.06	0.02	3.16	0.002	1.06 (1.02 ~ 1.11)					
入ICU首次体温升高	1.28	0.45	2.85	0.004	3.60 (1.49 ~ 8.68)	1.82	0.73	2.52	0.012	6.20 (1.50 ~ 25.69)
入ICU首次心率升高	0.03	0.01	2.99	0.003	1.03 (1.01 ~ 1.05)					
入ICU首次TP下降	-0.05	0.02	-2.10	0.036	0.95 (0.91 ~ 0.99)					
入ICU首次Alb下降	-0.12	0.04	-3.06	0.002	0.88 (0.82 ~ 0.96)					
入ICU首次CRP升高	0.02	0.01	2.80	0.005	1.02 (1.01 ~ 1.04)					
入ICU首次IL-6升高	0.01	0.00	3.54	<0.001	1.01 (1.01 ~ 1.01)					

注: OMSI 为口腔颌面部间隙感染, PMV 为机械通气时间延长, APACHE II 为急性生理学与慢性健康状况评分 II, ICU 为重症监护病房, TP 为总蛋白, Alb 为白蛋白, CRP 为 C-反应蛋白, IL-6 为白细胞介素-6, OR 为优势比, 95%CI 为 95% 置信区间; 手术次数为同一住院周期内手术次数; 空白代表无此项

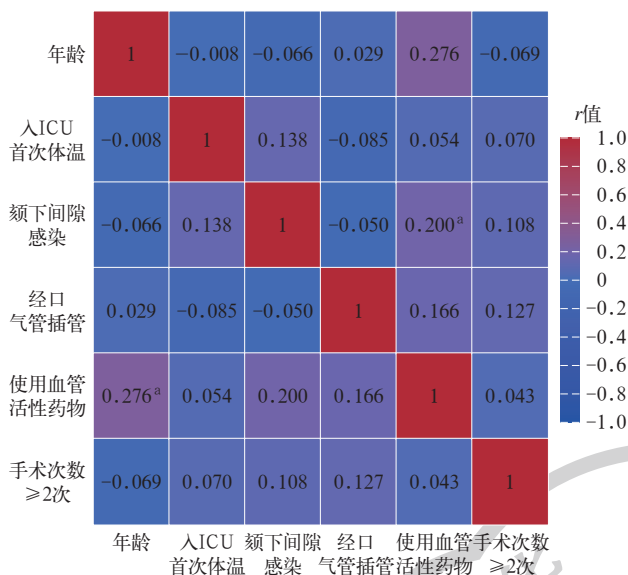


图 3 OMSI 患者全麻术后 PMV 多因素 Logistic 回归分析中筛选出的独立危险因素的相关性热图

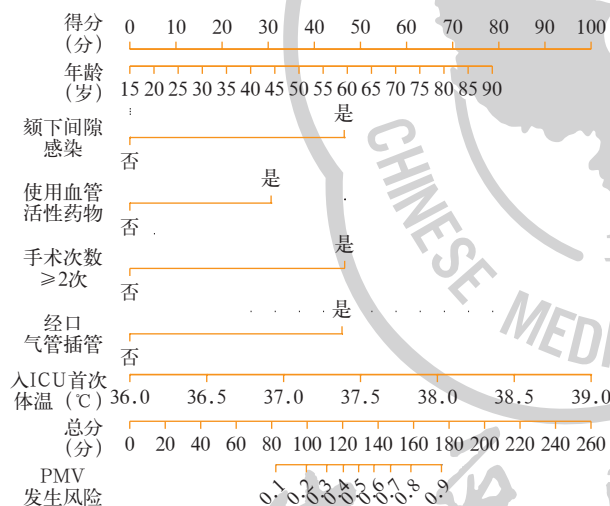


图 4 OMSI 患者全麻术后 PMV 的列线图模型

采用 ROC 曲线评估年龄、颌下间隙感染、使用血管活性药物、手术次数 ≥ 2 次、经口气管插管及入 ICU 首次体温 6 个变量对 OMSI 患者术后 PMV 的预测价值，结果显示，6 个变量均有一定预测价值，且基于上述 6 个变量建立的列线图模型的 AUC 大于单独变量的 AUC (图 5; 表 3)。Hosmer-Lemeshow 检验校准曲线趋于理想曲线 (图 6)，提示预测模型的拟合优度良好 ($\chi^2 = 8.640, P = 0.374$)。DCA 显示 (图 7)，在任何选定的高风险阈值下，与全部判定为高风险或全部判定为低风险策略相比，该预测模型展现出更高的标准化净收益。

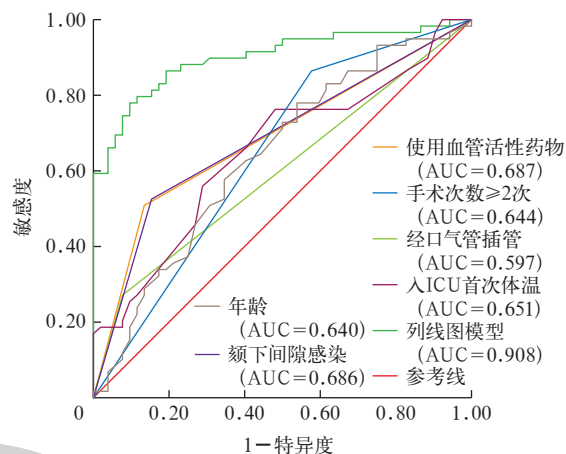


图 5 各项变量及基于各项变量建立的列线图模型预测 OMSI 患者全麻术后 PMV 的 ROC 曲线

表 3 各项变量及基于各项变量建立的列线图模型对 OMSI 患者全麻术后 PMV 的预测价值

变量	AUC (95%CI)	P 值	最佳截断值	敏感度 (%)	特异度 (%)
年龄	0.640 (0.534 ~ 0.733)	0.027	48.00 岁	78.0	46.2
颌下间隙感染	0.686 (0.606 ~ 0.778)	<0.001		52.5	84.6
使用血管活性药物	0.687 (0.618 ~ 0.762)	0.044		50.8	86.5
手术次数 ≥ 2 次	0.644 (0.575 ~ 0.703)	0.002		86.4	42.3
经口气管插管	0.597 (0.525 ~ 0.670)	0.013		27.1	92.3
入 ICU 首次体温	0.651 (0.542 ~ 0.740)	0.012	36.70 $^{\circ}\text{C}$	76.3	51.9
列线图模型	0.908 (0.842 ~ 0.959)	<0.001		86.4	80.8

注：OMSI 为口腔颌面部间隙感染，PMV 为机械通气时间延长，ICU 为重症监护病房，AUC 为受试者工作特征曲线下面积，95%CI 为 95% 置信区间；手术次数为同一住院周期内手术次数；空白代表无此项

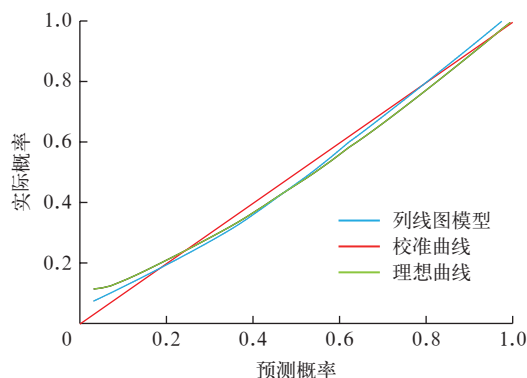
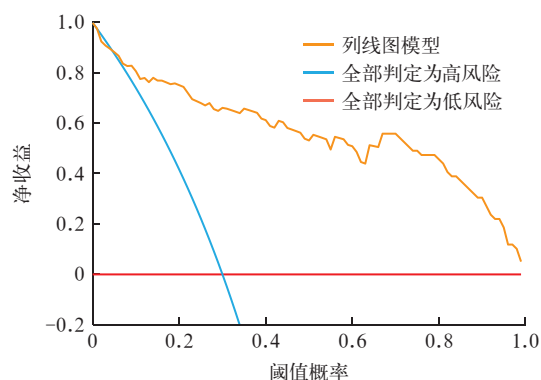


图 6 列线图模型预测 OMSI 患者全麻术后 PMV 的校准曲线



注: OMSI 为口腔颌面部间隙感染, PMV 为机械通气时间延长, DCA 为决策曲线分析

图 7 列线图模型预测 OMSI 患者全麻术后 PMV 的 DCA 曲线

3 讨论

本研究显示, PMV 组 OMSI 患者术后并发症发生率高于非 PMV 组, 且 ICU 住院时间、总住院时间均较非 PMV 组延长。早期识别 OMSI 术后 PMV 的危险因素并建立预测模型, 可为临床制定针对性干预策略提供量化依据, 对于后续降低 PMV 发生率、改善患者预后具有潜在的参考价值。

OMSI 患者术后在 ICU 治疗期间可能因全身炎症或者长期卧床导致肺部炎症并发症的发生。尽管本研究多因素 Logistic 回归分析中术后并发肺炎未达到统计学意义, 但与其与 PMV 仍存在联系。有研究表明, 当外科术后患者在进行呼吸机辅助呼吸时, 人工气道的建立破坏呼吸道的自然防御屏障, 或口腔部定植菌通过误吸进入下呼吸道等因素, 均增加了肺炎的发生风险, 进而导致 PMV^[12-13]。

本研究显示, 使用血管活性药物和入 ICU 首次体温升高是 OMSI 患者术后 PMV 的独立危险因素。临床上, 血管活性药物的使用(如去甲肾上腺素、间羟胺)通常标志着循环衰竭, 其使用不仅直接反映组织低灌注和微循环障碍, 还可能通过间接机制加剧肺损伤^[14-15], 从而导致 PMV。在 2021 版《拯救脓毒症运动: 国际脓毒症和脓毒性休克管理指南》中, 推荐使用去甲肾上腺素作为一线升压药物^[16], 这与本研究中 PMV 组患者使用去甲肾上腺素比例大于非 PMV 组的结果相似。本研究中 PMV 组患者 APACHE II 评分高于非 PMV 组, 进一步支持血管活性药物的使用与疾病严重程度及多器官功能障碍之间存在恶性循环关系^[17]。同时, OMSI 患者会因炎症反应的加剧导致体温上升, 而体温异常在感染相关研究中被认为是反映机体代谢状态和内环境紊乱的关键指标^[18-19]。本研究显示, OMSI 患者入 ICU

首次体温与 PMV 发生风险呈正相关, 提示入 ICU 时体温越高、感染越严重, 可能需要机械通气的时间就越长。一项多中心观察性数据分析表明, 机械通气期间发热与总通气时间显著延长独立相关, 体温每升高 1℃, 重症患者的总机械通气时间平均延长 1.8~3.0 d^[20], 这与本研究的结论一致。因此, 临床上, 对于 OMSI 术后转入 ICU 治疗的患者, 应动态监测其体温变化, 通过外科干预或调整抗菌药物控制感染, 有利于降低 PMV 发生率。

本研究中大多数 OMSI 患者的人工气道方式为经鼻气管插管, 但有部分患者因为病情需要行经口气管插管, 多因素 Logistic 回归分析显示, 经口气管插管是造成 PMV 的危险因素之一。一项随机对照试验表明, 经口气管插管持续时间显著长于经鼻气管插管时间^[12], 这可能与经口气管插管使用的导管管径较粗、患者耐受性差有关。经口气管插管长时间压迫舌根、会厌等部位, 对吞咽功能的影响显著, 使含有胃酸和细菌的胃内容物反流至气道, 进一步诱发或加重肺部感染, 增加 PMV 的发生风险^[21]。

在本研究构建的列线图模型中, 高龄是 OMSI 患者术后 PMV 的危险因素, 年龄每增加 1 岁, PMV 风险升高 5%, 这可能与老年患者呼吸肌萎缩、肺泡弹性减退有关。Zilberberg 等^[22]对美国重症患者的研究表明, 高龄是 PMV 的独立危险因素, 其机制可能与衰老导致线粒体功能障碍及炎症调控能力下降有关。Ko 等^[23]的研究表明, 高龄患者术后肺功能恢复迟缓, 拔管时机相对迟于年轻患者, 与本研究的结论相符。

颌下间隙位于舌和口底黏膜之下, 与下颌下间隙和舌下间隙相通, 感染易扩散至口底、颈部深层组织^[24]。本研究显示, 颌下间隙感染预测 OMSI 患者术后 PMV 的特异度较高, 可能因为局部肿胀压迫气管, 与 Wu 等^[25]提出的颈部深间隙感染可增加气道管理难度的结论一致。在 OMSI 病程中, 可能由于患者个体差异、感染间隙较深或感染区域较大, 不能一次手术解决问题, 此时需要外科多次干预。本研究显示, 手术次数≥2 次为 OMSI 患者术后 PMV 的独立危险因素。当患者需要多次手术时, 在每次手术间隔期间, 为防止气道因局部感染刺激引发水肿, 临床上通常需要维持气管插管, 这也增加了 PMV 的发生率。

本研究也存在不足之处: ① 本研究为单中心回顾性研究, 地域和医院类型具有局限性, 且纳入样

本量较小,可能存在选择偏倚;②本研究缺失外部队列或前瞻性验证,列线图模型仅在本中心的回顾性样本中验证,其在临床环境中的预测能力和实用性有待进一步证实;③本研究中未分析患者营养状态〔如营养风险筛查 2002 (Nutritional Risk Screening 2002, NRS2002) 评分等〕对机械通气时间的影响,后续研究可进一步探讨。

4 结 论

对于 OMSI 患者,高龄、使用血管活性药物、颈下间隙感染、手术次数 ≥ 2 次、经口气管插管、入 ICU 首次体温升高是引起术后 PMV 的独立危险因素。基于上述 6 个变量构建的列线图模型预测效能良好,可为临床早期识别 OMSI 术后 PMV 高风险患者提供初步的量化参考,其临床应用价值需在更大样本量的多中心前瞻性研究中进一步验证。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

作者贡献声明 郑启航: 酝酿和设计实验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、起草文章、对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析、获取研究经费;李文哲: 酝酿和设计实验、分析/解释数据、对文章的知识性内容作批评性审阅;王靖彦、徐婧楠、王敬杰: 采集数据、分析/解释数据;马涛: 对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析;聂迪: 分析/解释数据、统计分析;王毅: 实施研究、对文章的知识性内容作批评性审阅、获取研究经费;于湘友: 酝酿和设计实验、实施研究、对文章的知识性内容作批评性审阅、统计分析、获取研究经费、行政、技术或材料支持、指导、支持性贡献

参考文献

- [1] Cobzeanu BM, Moisii L, Palade OD, et al. Management of deep neck infection associated with descending necrotizing mediastinitis: a scoping review[J]. *Medicina (Kaunas)*, 2025, 61(2): 325. DOI: 10.3390/medicina61020325.
- [2] Das R, Nath G, Mishra A. Clinico-pathological profile of deep neck space infection: a prospective study[J]. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg*, 2017, 69(3): 282-290. DOI: 10.1007/s12070-017-1067-8.
- [3] Weise H, Naros A, Weise C, et al. Severe odontogenic infections with septic progress: a constant and increasing challenge: a retrospective analysis[J]. *BMC Oral Health*, 2019, 19(1): 173. DOI: 10.1186/s12903-019-0866-6.
- [4] 郑春歌, 姜彦, 于龙刚, 等. 颈深间隙感染: 一项关于手术风险因素的回顾性队列研究[J]. *中华耳鼻咽喉头颈外科杂志*, 2023, 58(1): 59-63. DOI: 10.3760/cma.j.cn115330-20220506-00253.
- [5] Huang HM, Wang JY, Zhu Y, et al. Development of a machine-learning model for prediction of extubation failure in patients with difficult airways after general anesthesia of head, neck, and maxillofacial surgeries[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(3): 1066. DOI: 10.3390/jcm12031066.
- [6] Trudinski FC, Neetz B, Bornitz F, et al. Risk factors for prolonged mechanical ventilation and weaning failure: a systematic review[J]. *Respiration*, 2022, 101(10): 959-969. DOI: 10.1159/000525604.
- [7] 孙榕, 王美平, 朱小慧, 等. 2014 至 2021 年单中心重症患者疾病特征、资源占用及预后的时间变化趋势[J]. *中华危重病急救医学*, 2025, 37(11): 1047-1053. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20250528-00514.
- [8] 李云鹏, 石冰, 张浚睿, 等. 口腔颌面部间隙感染诊疗专家共识[J]. *中华口腔医学杂志*, 2021, 56(2): 136-144. DOI: 10.3760/cma.j.cn112144-20200323-00169.
- [9] Liu Q, Chen PF, Wang WW, et al. A novel scoring model for predicting prolonged mechanical ventilation in cardiac surgery patients: development and validation[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2025, 12: 1573874. DOI: 10.3389/fcvm.2025.1573874.
- [10] Lin ZQ, Xu Z, Chen LW, et al. Development and validation of prediction model for prolonged mechanical ventilation after total thoracoscopic valve replacement: a retrospective cohort study[J]. *Sci Rep*, 2024, 14(1): 25703. DOI: 10.1038/s41598-024-76420-y.
- [11] Xie Q, Li CN, Zhong YL, et al. Blood transfusion predicts prolonged mechanical ventilation in acute Stanford type A aortic dissection undergoing total aortic arch replacement[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 832396. DOI: 10.3389/fcvm.2022.832396.
- [12] 何天慧, 沈锋, 李书文, 等. 腹部术后并发脓毒症患者机械通气延长的危险因素分析[J]. *中华危重病急救医学*, 2022, 34(7): 693-698. DOI: 10.3760/cma.j.cn121430-20220211-00121.
- [13] Nisar O, Nisar S, Khattak Haroon Ur Rashid S, et al. Clinical and etiological exploration of ventilator-associated pneumonia in the intensive care unit of a developing country[J]. *Cureus*, 2023, 15(10): e47515. DOI: 10.7759/cureus.47515.
- [14] Chignalia AZ, Weinberg G, Dull RO. Norepinephrine induces lung microvascular endothelial cell death by NADPH oxidase-dependent activation of caspase-3[J]. *Oxid Med Cell Longev*, 2020, 2020: 2563764. DOI: 10.1155/2020/2563764.
- [15] Xu C, Zheng L, Jiang YC, et al. A prediction model for predicting the risk of acute respiratory distress syndrome in sepsis patients: a retrospective cohort study[J]. *BMC Pulm Med*, 2023, 23(1): 78. DOI: 10.1186/s12890-023-02365-z.
- [16] Evans L, Rhodes A, Alhazzani W, et al. Surviving Sepsis Campaign: international guidelines for management of sepsis and septic shock 2021[J]. *Intensive Care Med*, 2021, 47(11): 1181-1247. DOI: 10.1007/s00134-021-06506-y.
- [17] Smischney NJ, Demirci O, Rieter BD, et al. Vasopressor use as a surrogate for post-intubation hemodynamic instability is associated with in-hospital and 90-day mortality: a retrospective cohort study[J]. *BMC Res Notes*, 2015, 8: 445. DOI: 10.1186/s13104-015-1410-7.
- [18] O'Grady NP, Alexander E, Alhazzani W, et al. Society of Critical Care Medicine and the Infectious Diseases Society of America guidelines for evaluating new fever in adult patients in the ICU[J]. *Crit Care Med*, 2023, 51(11): 1570-1586. DOI: 10.1097/CCM.0000000000006022.
- [19] Doman M, Thy M, Dessajan J, et al. Temperature control in sepsis[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2023, 10: 1292468. DOI: 10.3389/fmed.2023.1292468.
- [20] Fever and Antipyretic in Critically ill patients Evaluation (FACE) Study Group in Japan-Korea Intensive Care Study (JAKOICS) Group. The association of fever with total mechanical ventilation time in critically ill patients[J]. *J Korean Med Sci*, 2016, 31(12): 2033-2041. DOI: 10.3346/jkms.2016.31.12.2033.
- [21] 中华医学会重症医学分会. 机械通气临床应用指南(2006)[J]. *中国危重病急救医学*, 2007, 19(2): 65-72. DOI: 10.3760/j.issn:1003-0603.2007.02.002.
- [22] Zilberberg MD, Nathanson BH, Ways J, et al. Characteristics, hospital course, and outcomes of patients requiring prolonged acute versus short-term mechanical ventilation in the United States, 2014-2018[J]. *Crit Care Med*, 2020, 48(11): 1587-1594. DOI: 10.1097/CCM.0000000000004525.
- [23] Ko HK, Liu CY, Ho LI, et al. Predictors of delayed extubation following lung resection: focusing on preoperative pulmonary function and incentive spirometry[J]. *J Chin Med Assoc*, 2021, 84(4): 368-374. DOI: 10.1097/JCMA.0000000000000509.
- [24] Maharaj S, Ahmed S, Pillay P. Deep neck space infections: a case series and review of the literature[J]. *Clin Med Insights Ear Nose Throat*, 2019, 12: 1179550619871274. DOI: 10.1177/1179550619871274.
- [25] Wu JH, Li X, Chen GP, et al. Changing trends of deep neck infections in southern China: a review of 127 cases[J]. *Sci Prog*, 2021, 104(2): 368504211028367. DOI: 10.1177/00368504211028367.

(收稿日期: 2025-09-02)

(本文编辑: 孙茜)