

·论 著·

基于贝叶斯网络的机械通气患者误吸风险预测模型构建

贾佳妹 黄贇英

[摘要] **目的** 利用贝叶斯网络构建机械通气患者误吸风险预测模型,并评估模型的预测性能。**方法** 选取2021年1月至2023年12月在杭州市第一人民医院急诊科中符合纳入标准的机械通气患者262例。通过单因素分析和多因素logistic回归分析筛选出独立危险因素,并结合专家意见确定最终纳入模型的变量,构建贝叶斯网络模型。利用受试者工作特征(ROC)曲线评估模型的灵敏度、特异度及曲线下面积(AUC),并通过验证集进行外部验证。**结果** 本次研究共纳入262例机械通气患者,其中56例发生误吸,发生率为21.37%。多因素logistic回归显示,体位角度、口腔分泌物量和声门下吸引是机械通气患者发生误吸的独立危险因素(OR 分别=1.57、7.84、5.56, P 均<0.05)。专家建议的胃肠道症状、胃残余量共同纳入风险模型。最终,模型AUC值为0.79,95%CI 0.74~0.85。**结论** 机械通气患者发生误吸的独立危险因素包括胃肠道症状、胃残余量、体位角度、声门下吸引和口腔分泌物量。基于贝叶斯网络构建的机械通气患者误吸风险预测模型具有较好的预测价值。

[关键词] 机械通气; 误吸; 贝叶斯网络; 预测模型

Construction of predictive model for the risk of aspiration in mechanically ventilated patients on the basis of Bayesian network JIA Jiamei, HUANG Ganying, Fourth School of Clinical Medicine, Zhejiang Chinese Medicine University, Hangzhou 310003, China.

[Abstract] **Objective** To construct a predictive model for aspiration risk in mechanically ventilated patients using Bayesian network, and to assess its predictive performance. **Methods** A total of 262 mechanically ventilated patients who met the inclusion criteria were included in the emergency department of Hangzhou First People's Hospital from January 2021 to December 2023. Independent risk factors were identified through univariate analysis and multivariate logistic regression, with final variables incorporated into the model based on expert consensus. Independent risk factors were screened through univariate analysis and multi-factor logistic regression analysis, and the final variables included in the model were determined by combining expert opinions to build a Bayesian network model. The sensitivity, specificity, and area under the curve (AUC) of the model were evaluated using receiver operating characteristic (ROC) curves and externally verified by validation sets. **Results** Among the 262 mechanically ventilated patients, 56 (21.37%) occurred aspiration. Multivariate logistic regression revealed that position angle, salivary secretion volume, and suction below the glottis were independent risk factors for aspiration in patients with mechanical ventilation ($OR=1.57, 7.84, 5.56, P<0.05$). Expert recommendations of gastrointestinal symptoms and gastric residual volume were included in the risk model. Finally, the model AUC value was 0.79, 95%CI 0.74~0.85. **Conclusion** Independent risk factors for aspiration in patients with mechanical ventilation include gastrointestinal symptoms, gastric residual volume, postural angle, subglottic aspiration, and oral discharge volume. The risk prediction model of aspiration for patients with mechanical ventilation based on Bayesian network has good prediction value.

[Key words] mechanical ventilation; aspiration; Bayesian network; predictive model

DOI:10.13558/j.cnki.issn1672-3686.2025.004.006

基金项目: 杭州市医药卫生科技重点项目 (ZD20230008); 浙江省医药卫生科技计划项目 (2022519502)

作者单位: 310003 浙江杭州, 浙江中医药大学第四临床医学院; 杭州市第一人民医院急诊科

机械通气常指通过建立人工气道后连接呼吸机替代患者自主呼吸的方式^[1]。然而,机械通气患者易出现呼吸机相关性肺炎等并发症^[2],其中误吸是主要原因。误吸指吞咽过程中有数量不一的食

物、口腔内分泌物或胃食管反流物等进入声门以下气道^[3]。隐性误吸的发生率高达70%,因其临床症状不明显常被临床忽略,筛查误吸有助于降低肺炎的发生率,基于科学的评估体系和合理的预警是预防和减少误吸发生的有效手段^[4,5]。因此,本次研究旨在构建机械通气患者误吸风险预测的贝叶斯网络模型,深入分析相关风险因素,为预防机械通气患者发生误吸提供科学依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料 本次研究回顾性分析2021年1月至2023年12月杭州市第一人民医院急诊科收治的机械通气患者。纳入标准包括:①经鼻或口气管插管机械通气患者;②年龄 ≥ 14 岁。排除标准包括:①机械通气时间不足48 h;②未进入脱机程序即中断机械通气。本次研究经医院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 前期准备 本次研究通过系统文献检索和质量评估,分析和整合文献中的误吸危险因素,初步构建条目池。随后,根据18位急危重症护理专家的两轮意见咨询,修订并优化条目。通过均值、变异系数及专家意见赋值,确定机械通气患者误吸风险评估量表的条目。

1.2.2 资料收集 通过查阅病历资料,依据机械通气患者误吸风险评估量表收集相关指标,并以患者是否发生误吸为结局指标。对于缺失数据,以风险评估量表的中位数录入。

1.3 误吸的诊断标准与各指标评估标准

1.3.1 诊断标准 ①胃内容物从口鼻腔涌出,伴呼吸困难、肺部湿啰音增多;②气道中吸出胃内容物或痰中存在胃内容物;③经影像学检查确诊为吸入性肺炎^[6]。满足其中一项标准就诊断为误吸。

1.3.2 评估标准 ①基础疾病为导致胃肠道蠕动减慢、胃排空延迟、吞咽功能障碍的疾病,如神经系统疾病(脑卒中、重症肌无力等);消化系统疾病(食管疾病、贲门关闭功能障碍等)及创伤(颅脑损伤、多发伤等);其他疾病(低钾血症、低血压等)。②机械通气时患者的吞咽功能由纤维内镜评价^[7]。③胃肠道症状指机械通气期间出现呃逆或呕吐。④肠内营养方式分为一次性注入(每次灌注量 > 100 mL)、间歇泵入输注和持续泵注^[8]。⑤经膀胱腹内压测定法评估腹内压^[9]。⑥胃内残余量指停止鼻饲后,使用灌注器回抽使胃内完全排空后所得的胃内容物总量。⑦机械通气患者若有声门下吸引,通过声门

下吸引量精准评估口腔内分泌物;无声门下吸引者使用视觉模拟评分法,0分为无分泌物,1分指少量分泌物,2分指中量分泌物,3分指大量分泌物需吸引^[10]。⑧自主咳嗽能力使用半定量咳嗽强度评分^[11],0分为自主咳嗽消失,1~2分为自主咳嗽减弱。⑨镇静镇痛药物指阿片类、右美托咪定、丙泊酚等ICU常用药物。

1.4 统计学方法 采用SPSS 27.0软件进行数据分析。计量资料以均数 $\pm$ 标准差($\bar{x} \pm s$)表示。组间计量资料比较采用 t 检验;计数资料比较采用 χ^2 检验和Fisher确切概率法。设 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 本次研究共纳入262例符合标准的急诊重症监护室机械通气患者,其中56例发生误吸,误吸发生率为21.37%,未发生误吸的有206例。

2.2 机械通气患者发生误吸的单因素分析见表1

表1 机械通气患者发生误吸的单因素分析结果/例(%)

项目		发生误吸 (n=56)	未发生误吸 (n=206)
性别	男	38(67.86)	126(61.17)
	女	18(32.14)	80(38.83)
年龄	< 70 岁	24(42.86)	116(56.31)
	≥ 70 岁	32(57.14)	90(43.69)
既往误吸病史	有	10(17.86)	31(15.05)
	无	46(82.14)	175(84.95)
基础疾病	有	27(48.21)	99(48.06)
	无	29(51.79)	107(51.94)
格拉斯哥昏迷评分	≥ 12 分	32(57.14)	150(72.82)
	8~11分	24(42.86)	56(27.18)
吞咽功能	可疑	9(16.07)	21(10.19)
	异常	21(37.50)	45(21.85)
胃肠道症状	正常	26(46.43)	140(67.96)
	有	21(37.50)	47(22.82)
肠内营养途径	无	35(62.50)	159(77.18)
	经鼻	9(16.07)	23(11.17)
肠内营养方式	经胃	25(44.64)	111(53.88)
	其他或无肠内营养	22(39.29)	72(34.95)
肠内营养方式	持续	55(98.21)	206(100)
	一次性注射	1(1.79)	0
肠鸣音	有	7(12.50)	20(9.71)
	无	49(87.50)	186(90.29)

续表1 机械通气患者发生误吸的单因素分析结果/例(%)

项目		发生误吸 (n=56)	未发生误吸 (n=206)
腹内压	<12 cmH ₂ O	51(91.07)	194(94.17)
	12~15 cmH ₂ O	2(3.57)	5(2.43)
	16~20 cmH ₂ O	2(3.57)	4(1.94)
	21~25 cmH ₂ O	1(1.79)	2(0.97)
	>25 cmH ₂ O	0	1(0.49)
胃残余量	>500 mL	49(87.50)	198(96.12)
	200~500 mL	5(8.93)	8(3.88)
	<200 mL	2(3.57)	0
体位角度	平卧	39(69.64)	93(45.14)
	20°~30°	6(10.72)	29(14.08)
	>30°	11(19.64)	84(40.78)
机械通气方式	气管切开	5(8.93)	12(5.83)
	气管插管	51(91.07)	194(94.17)
气囊压力	25~30 mmHg	55(98.21)	204(99.03)
	<25 mmHg	1(1.79)	2(0.97)
自主咳嗽能力	减弱	43(76.79)	165(80.10)
	消失	13(23.21)	41(19.90)
口腔分泌物量	大量	25(44.64)	171(83.01)
	中量	12(21.43)	21(10.19)
	少量	19(33.93)	14(6.80)
声门下吸引	间断	4(7.14)	12(5.83)
	无	52(92.86)	194(94.17)

续表1 机械通气患者发生误吸的单因素分析结果/例(%)

项目		发生误吸 (n=56)	未发生误吸 (n=206)
镇静评分	2~4分	1(1.79)	1(0.49)
	<2分或>4分	55(98.21)	205(99.51)
镇痛药物	使用	30(53.57)	105(50.97)
	未使用	26(46.43)	101(49.03)
肌松药物	使用	2(3.57)	8(3.89)
	未使用	54(96.43)	198(96.11)

由表1可见,不同性别、年龄、既往误吸史、基础疾病、肠内营养途径、肠鸣音、机械通气方式、自主咳嗽能力、镇痛药物、肌松药物的机械通气患者误吸发生率比较,差异均无统计学意义(χ^2 分别=0.95、3.42、0.30、0.00、0.34、0.89、0.08、0.97、0.11、0.01, P 均>0.05),不同肠内营养方式、腹内压、气囊压力、镇静评分的机械通气患者误吸发生率比较,差异均无统计学意义(P 均>0.05)。不同格拉斯哥昏迷评分、吞咽功能、胃肠道症状、胃残余量、体位角度、口腔分泌物量和声门下吸引的机械通气患者发生误吸发生率比较,差异均有统计学意义(χ^2 分别=7.88、14.73、10.60、7.89、11.18、27.56、7.03, P 均<0.05)。

2.3 机械通气患者发生误吸的多因素logistic回归分析见表2

表2 机械通气患者发生误吸的多因素logistic回归分析

危险因素	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95%CI	
						下限	上限
格拉斯哥昏迷评分	0.55	0.47	1.39	>0.05	1.73	-0.25	1.32
吞咽功能(正常)			0.56	>0.05			
可疑	0.33	0.59	0.29	>0.05	1.38	0.44	4.35
异常	-0.32	0.47	0.45	>0.05	0.73	0.29	1.84
胃肠道症状	0.29	0.31	0.88	>0.05	1.34	-0.29	16.85
胃残余量(<200 mL)			0.28	>0.05			
200~500 mL	0.65	0.57	1.31	>0.05	1.92	-0.25	18.47
>500 mL	0.45	0.29	2.39	>0.05	1.56	0.89	2.74
体位角度(>30°)			3.14	>0.05			
20°~30°	-1.30	0.45	8.24	<0.05	0.27	0.11	0.66
平卧	0.45	0.54	9.71	<0.05	1.57	1.13	3.27
口腔分泌物量(少量)			1.89	>0.05			
中量	1.15	0.72	2.67	>0.05	3.19	0.79	12.70
大量	2.06	0.19	132.33	<0.05	7.84	5.51	11.11
无声门下吸引	1.72	0.60	8.07	<0.05	5.56	1.70	18.17

由表2可见,体位角度平卧、大量口腔分泌物量、无声门下吸引均为机械通气患者发生误

吸的独立危险因素(OR分别=1.57、7.84、5.56, P 均<0.05)。

2.4 贝叶斯网络模型的构建 根据多因素 *logistic* 回归分析结果及专家意见,最终确定5个自变量(体位角度、口腔分泌物量、声门下吸引、胃肠道症状、胃残余量)和1个因变量(误吸),用于贝叶斯网络结构学习(见图1)。

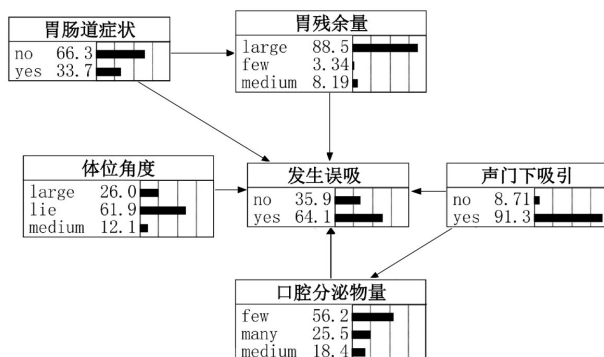


图1 最大最小爬山算法构建的误吸贝叶斯网络结构图

由图1可见,胃肠道症状、胃残余量、体位角度、声门下吸引、口腔分泌物量均为发生误吸的直接影响因素。同时,胃肠道症状和声门下吸引除了直接影响发生误吸外,还可间接影响误吸发生。

2.5 模型预测机械通气患者误吸发生的ROC曲线见图2

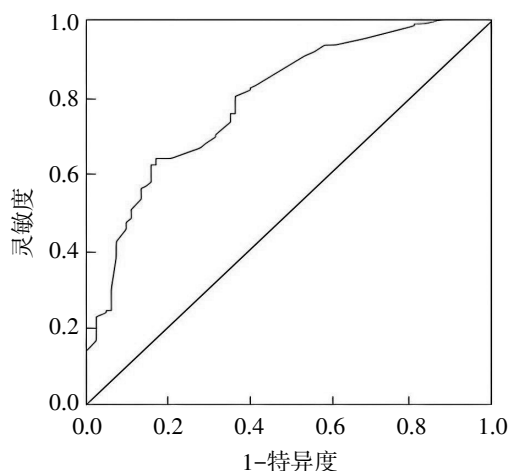


图2 模型预测机械通气患者误吸发生的ROC曲线

由图2可见,预测模型的ROC曲线示该模型的AUC为0.79,95%CI 0.74~0.85,灵敏度为63.91%,特异度为82.93%,准确率为76.74%,说明所构建的贝叶斯网络模型效果较为良好。

3 讨论

误吸是机械通气患者发生呼吸机相关性肺炎的主要诱因之一,早期识别和诊断存在挑战。本次研究中机械通气患者的误吸发生率为21.37%,与既往研究数据一致^[12]。

多因素 *logistic* 回归分析显示,体位角度较小,大量口腔分泌物和无声门下吸引是机械通气患者误吸的独立危险因素(P 均 <0.05),表明在机械通气患者的护理过程中,应特别关注患者的体位、口腔分泌物管理,以及声门下吸引的实施,以降低误吸风险。已有研究表明平卧位是机械通气患者发生呼吸机相关性肺炎的独立风险因素^[13],抬高床头 30° 可显著减少误吸的发生^[14],在临床实践中应当加强对机械通气患者的体位管理,若无禁忌证,将患者床头抬高 $>30^{\circ}$ 以降低误吸风险。有研究指出,声门下吸引能够减少口腔分泌物滞留,从而降低误吸率^[15],这与本次研究结论一致。

本次研究还发现,胃肠道症状与机械通气患者误吸相关。尽管多因素 *logistic* 回归结果未提示其为独立风险因素,但既往文献指出频繁、长时间的呃逆易引起呛咳,从而引发呕吐和误吸^[16]。此外,本次研究发现胃残余量 ≥ 200 mL的患者发生误吸的风险明显高于胃残余量 <200 mL者,其中胃残余量在200~500 mL者与 >500 mL者之间误吸风险发生率差异不大。既往研究显示,肠内营养不耐受者易发生反流、呕吐、误吸,临床常用胃残余量评估、监测患者胃排空功能和肠内营养耐受性^[17]。因此,胃肠道症状与胃残余量也被纳入本预测模型。

本次研究的优势在于采用了贝叶斯网络模型,能够直观展示复杂风险机制,揭示变量间的调控关系,弥补了传统模型的不足。贝叶斯网络结构显示,胃肠道症状和声门下吸引不仅直接影响误吸的发生,还可通过改变其他因素(如胃残余量、口腔分泌物量)间接影响误吸发生。但本次研究也存在局限性:样本量较少,可能存在选择偏倚。未来需多中心、前瞻性研究,并结合其他机器学习算法,以提高模型的准确性和适用性。

综上所述,基于贝叶斯网络构建的机械通气患者误吸预测模型表现出良好的预测性能和较高的准确性,能够有效识别误吸的主要风险因素,为临床早期识别和预防机械通气患者发生误吸提供了可靠的参考依据。

参考文献

- 杭莺,刘马超,刘芳.机械通气患者不同体位及并发症的护理研究进展[J].护士进修杂志,2020,35(7):633-637.
- 田志英,赵延云.循证护理对ICU机械通气重症病人并发症发生率及临床指标的影响[J].全科护理,2020,18(9):1115-1117,1125.

(下转第341页)

教学之中^[6,7]。本研究结果显示,试验组住院医师的理论知识及操作考核成绩均明显优于对照组(P 均 <0.05)。教学满意度方面,本研究通过这些住院医师对超声技能的兴趣、对教学效果及自身能力提升的满意度等方面进行评价,结果显示试验组各项满意度评价指标均优于对照组(P 均 <0.05)。并且对本次教学过程进行评价,试验组的总体教学满意度明显优于对照组(P 均 <0.05)。说明床旁超声多维联合教学模式应用于轮转血管外科的住院医师后,可明显提高这些住院医师的临床技能水平。

随着人工智能技术的不断发展,床旁超声多维教学模式将逐渐向智能化方向发展。智能化的教学系统可以根据学生的学习进度和能力,提供个性化的学习资源和建议,提高教学效果和学习效率。借助互联网和通信技术,床旁超声多维教学模式可以实现远程教学,可以打破地域限制,使更多的学生接受到高质量的超声医学教育。

参考文献

- 1 床旁超声在急危重症临床应用专家共识组.床旁超声在急危重症临床应用的专家共识[J].中华急诊医学杂志,2016,25(1):10-21.
- 2 Kok B, Wolthuis D, Bosch F, et al. POCUS in dyspnea, nontraumatic hypotension, and shock: A systematic review of existing evidence[J]. Eur J Intern Med, 2022, 106: 9-38.
- 3 马湑, 刘尚明, 赵雷, 等. 创建虚拟慕课(virtual MOOC)在基础医学课程整合中的设计与应用[J]. 中国高等医学教育, 2023, 37(10): 37-38.
- 4 王佳力, 全昌云, 张超. 大学生“慕课”建设的体会与启示[J]. 高教学刊, 2023, 9(31): 130-133.
- 5 Gao XL, Wang L, Deng JJ, et al. The effect of the problem based learning teaching model combined with mind mapping on nursing teaching: A meta-analysis[J]. Nurse Educ Today, 2022, 111: 105306.
- 6 王理, 吴红波, 钱安瑜, 等. 以岗位胜任力为目标的教考结合体系在急诊专业教学的探索[J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(1): 131-134.
- 7 邹洪波, 苏虹. 多学科协作(MDT)联合情景模拟教学模式在临床实践教学中的应用探讨[J]. 中国卫生产业, 2023, 20(7): 172-175.

(收稿日期 2025-01-08)

(本文编辑 葛芳君)

(上接第314页)

- 3 杜杰, 郑松柏. 误吸的诊断进展[J]. 中华老年多器官疾病杂志, 2011, 10(6): 563-565.
- 4 叶向红, 许冰茹, 王慧君, 等. 重症病人早期肠内营养误吸风险评估表的构建[J]. 肠外与肠内营养, 2019, 26(6): 346-350.
- 5 Oliveira A, Costa A, Morais H, et al. Clinical factors predicting risk for aspiration and respiratory aspiration among patients with Stroke[J]. Rev Lat Am Enfermagem, 2015, 23(2): 216-224.
- 6 窦祖林. 吞咽障碍评估与治疗[M]. 2版. 北京: 人民卫生出版社, 2017.
- 7 倪啸晓, 谢秋幼, 王恒, 等. 意识障碍患者的吞咽功能障碍研究进展[J]. 实用医学杂志, 2015, 31(13): 2101-2103.
- 8 Metheny NA, Stewart BJ, McClave SA. Relationship between feeding tube site and respiratory outcomes[J]. J Parenter. Enteral Nutr, 2011, 35(3): 346-355.
- 9 郝桂华, 李幼生, 王鹏飞, 等. 成人患者经膀胱腹内压测量的最佳证据总结[J]. 中华急危重症护理杂志, 2023, 4(10): 936-942.
- 10 Vijai MN, Ravi PR, Setlur R, et al. Efficacy of intermittent sub-glottic suctioning in prevention of ventilator-associated pneumonia: A preliminary study of 100 patients[J]. Indian J Anaesth, 2016, 60(5): 319-324.
- 11 项丽君, 曹猛, 宋学梅, 等. 吸痰时咳嗽强度对气囊压力不达标的预测价值[J]. 解放军护理杂志, 2022, 39(2): 46-50.
- 12 Metheny NA, Davis-Jackson J, Stewart BJ. Effectiveness of an aspiration risk-reduction protocol[J]. Nurs Res, 2010, 59(1): 18-25.
- 13 Huff A, Reed MD, Smith BK, et al. Strategies for the integration of cough and swallow to maintain airway protection in humans[J]. Lung, 2018, 196(5): 601-608.
- 14 于翠香, 王西艳. 《中国成人医院获得性肺炎与呼吸机相关性肺炎诊断和治疗指南(2018年版)》解读[J]. 中国医刊, 2021, 56(9): 951-953.
- 15 张娜, 陈香凤, 陈素萍. 声门下吸引预防气管切开最小意识状态患者吞咽误吸的作用[J]. 护理学杂志, 2019, 34(2): 34-35.
- 16 张丽萍, 郑丹萍, 李楠. 肿瘤顽固性呃逆的治疗护理进展[J]. 护理学杂志, 2010, 25(3): 90-93.
- 17 李阳洋, 俞荷花, 彭飞, 等. 超声监测胃残余量在急性创伤性完全性颈脊髓损伤患者肠内营养中的应用研究[J]. 军事护理, 2023, 40(6): 5-8.

(收稿日期 2024-04-30)

(本文编辑 高金莲)