

急性 Stanford A 型主动脉夹层患者术后机械通气时间延长预测模型的构建及验证

陈芳¹, 李晓妹², 王倩², 安庆²

(1. 山东大学齐鲁第二医院 关节外科/运动医学科, 山东 济南 250033;

2. 山东大学齐鲁第二医院 心血管外科)

【摘要】目的 探讨急性 Stanford A 型主动脉夹层患者(acute type A aortic dissection, ATAAD) 术后机械通气时间延长影响因素, 构建预测模型并验证, 为早期识别高危患者和制订干预措施提供参考。**方法** 回顾性分析 2020 年 1 月至 2025 年 8 月于山东省某三级甲等医院心血管外科就诊的 765 例 ATAAD 患者的病例资料, 以 7:3 的比例分为建模组和验证组。采用 Lasso 回归筛选预测变量, Logistic 回归确定独立影响因素并构建预测模型。采用 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验、受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC) 曲线下面积(area under curve, AUC) 及临床决策曲线评估模型拟合优度及预测效能。**结果** 765 例 ATAAD 患者术后机械通气时间延长发生率为 26.54%。手术时长、深低温停循环时间、发病至手术时间、年龄是 ATAAD 患者术后机械通气时间延长的独立危险因素(均 $P < 0.05$)。建模组 AUC 为 0.749, 验证组 AUC 为 0.779。ROC 曲线、校准曲线和决策曲线验证模型预测效能较优。**结论** 构建的列线图预测模型具有良好的区分度和预测效能, 可为临床评估机械通气时间延长风险提供参考。

【关键词】 急性 Stanford A 型主动脉夹层; 机械通气时间延长; 预测模型; 围术期护理

DOI: 10.3969/j.issn.2097-1826.2026.06.014

【中图分类号】 R473 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 2097-1826(2026)06-0057-04

Construction and Validation of a Prediction Model for Prolonged Postoperative Mechanical Ventilation Time in Patients with Acute Stanford Type A Aortic Dissection

CHEN Fang¹, LI Xiaoshu², WANG Qian², AN Qing² (1. Department of Joint Surgery and Sports Medicine, The Second Qilu Hospital of Shandong University, Jinan 250033, Shandong Province, China; 2. Department of Cardiovascular Surgery, The Second Qilu Hospital of Shandong University)

【Abstract】Objective To explore the influencing factors of prolonged postoperative mechanical ventilation time in patients with acute Stanford type A aortic dissection (ATAAD), construct and validate a prediction model, so as to provide references for early identification of high-risk patients and formulation of intervention measures. **Methods** A retrospective analysis was conducted on the clinical data of 765 patients with ATAAD admitted to the Department of Cardiovascular Surgery of a tertiary A hospital in Shandong Province from January 2020 to August 2025. The patients were divided into the modeling group and the validation group at a ratio of 7:3. Lasso regression was used to screen predictive variables, and Logistic regression was adopted to identify independent influencing factors and establish the prediction model. The Hosmer-Lemeshow goodness-of-fit test, the area under the receiver operating characteristic (ROC) curve (AUC) and clinical decision curve analysis were used to evaluate the goodness of fit and predictive efficacy of the model. **Results** The incidence of prolonged postoperative mechanical ventilation time among 765 ATAAD patients was 26.54%. Operation duration, deep hypothermic circulatory arrest time, time from onset to operation, and age were independent risk factors for prolonged postoperative mechanical ventilation time in ATAAD patients (all $P < 0.05$). The AUC of the modeling group was 0.749, and that of the validation group was 0.779. ROC curve, calibration curve and decision curve verified that the model had favorable predictive performance. **Conclusions** The constructed nomogram prediction model possesses good discrimination ability and predictive efficacy, which can provide a reference for clinical risk assessment of prolonged mechanical ventilation time.

【Key words】 acute Stanford type A aortic dissection; prolonged mechanical ventilation time; prediction model; perioperative nursing

[Mil Nurs, 2026, 43(06): 57-60]

急性 Stanford A 型主动脉夹层(acute type A aortic dissection, ATAAD) 是一种发病急、病死率高的心血管

急症, 术后发生血流动力学不稳定、呼吸功能障碍等并发症的风险较高^[1]。机械通气是心外科术后常用的辅助通气技术, ATAAD 患者术后机械通气时间延长(>48 h) 的发生率为 18.0%~36.1%^[2], 是该人群术后

【收稿日期】 2026-02-24 **【修回日期】** 2026-05-06

【作者简介】 陈芳, 硕士, 主管护师, 电话: 0531-67726151

最严重的并发症之一^[3]。目前,针对 ATAAD 术后患者的特异性证据仍相对不足。由于 ATAAD 患者病情危重,且手术往往涉及体外循环、主动脉弓处理等复杂操作,其围术期风险特征与其他心脏手术人群存在显著差异,既往研究结果难以直接用于该类患者的风险评估,制约了早期风险识别与护理干预的精准实施。因此,本研究将探讨 ATAAD 患者术后机械通气时间延长的危险因素,并构建列线图预测模型,以早期识别高危人群,改善患者生存质量。

1 对象与方法

1.1 研究对象 2020年1月至2025年8月,采用便利抽样法选取山东省某三级甲等医院心血管外科术后 ATAAD 患者为研究对象。纳入标准:(1)经主动脉计算机断层血管造影(computed tomography angiography,CTA)诊断为 ATAAD;(2)发病至手术时间 <14 d^[4];(3)手术后行机械通气;(4)年龄 ≥ 18 岁。排除标准:(1)住院期间死亡;(2)原发疾病恶化,家属要求自动出院或放弃治疗;(3)术前已存在严重呼吸功能衰竭,需有创机械通气支持的患者;(4)合并其他手术;(5)既往有心脏相关手术史。根据影响因素分析中样本量估算原则,样本量是自变量的5~10倍^[5]。本研究涉及自变量17个,选取10倍计算,考虑20%的失访率,样本量至少204例,实际最终纳入765例患者。本研究经医院伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 资料收集 本研究通过文献回顾及专家咨询确定候选预测变量。专家咨询采用德尔菲法,邀请山东省某三级甲等医院心血管外科、麻醉科和重症医学科的5名副高级及以上职称专家进行2轮咨询,所有专家均具有10年以上ATAAD诊疗经验。最终确定17个候选预测变量(见表1),包括3个部分:(1)研究对象的基线资料,包括年龄、性别、体重指数、吸烟史、糖尿病、高血压;(2)术前实验室检查及相关资料,包括术前白细胞计数、术前血肌酐水平、术前血小板计数、术前D-二聚体、术前心脏射血分数、发病至手术时间;(3)术中及术后相关资料,包括体外循环时间(自主动脉插管成功至拔除主动脉插管结束)、深低温停循环时间(自停止全身循环至恢复灌注的持续时间)、手术时长(自切口至关皮结束)、术中红细胞输注量、手术结束时乳酸水平等。

1.2.2 结局指标 机械通气时间延长(prolonged mechanical ventilation,PMV)尚无统一标准,美国胸外科医师协会采用较为保守的标准,将心脏术后机械通气时间超过24 h定义为PMV^[6]。但鉴于ATAAD手术的复杂性和特殊性,许多国内外研究者更倾向于采用相对宽松的标准,将PMV定义为

术后机械通气时间超过48 h或72 h^[7]。本研究将机械通气时间超过48 h作为结局指标。

1.2.3 质量控制 在医院电子病历系统中收集原始数据资料,并经双人核对后录入,以确保数据的准确性。对于缺失变量采用多重插补法进行填补^[8]。

1.2.4 统计学处理 采用SPSS 26.0和R 4.3.3软件进行统计分析。分类变量以例数和百分比表示,采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法;连续变量符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示,并采用 t 检验;非正态分布者以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,并采用秩和检验。按7:3比例将样本随机分为建模组与验证组。候选变量经标准化后纳入LASSO回归,采用5折交叉验证及1个标准误原则筛选特征变量。随后建立多因素Logistic回归模型,采用方差膨胀因子(variance inflation factor,VIF)检测多重共线性。 $VIF > 10$ 表明存在严重的多重共线性,需要进一步处理^[9]。模型区分度通过接受者操作特性(receiver operating characteristic,ROC)曲线下面积(area under the curve,AUC)评价,校准度通过校准曲线评价,临床实用性通过决策曲线(decision curve analysis,DCA)评价。依据约登指数确定最佳截断值,采用Bootstrap重抽样估计灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值及准确度。均为双侧检验,以 $P < 0.05$ 或 $P < 0.01$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者临床特征的比较 本研究纳入ATAAD术后患者共765例,以7:3的比例随机分为建模组和验证组,最终建模组纳入537例,验证组纳入228例。两组术后机械通气时间延长的患者分别有143例和60例,发生率分别为26.63%和26.32%。组间比较结果显示,两组人群在性别、年龄、有无糖尿病、有无高血压、有无吸烟史、体重指数、术前白细胞计数、术前血肌酐水平、术前血小板计数、术前D-二聚体、术前心脏射血分数、发病至手术时间、体外循环时间、深低温停循环时间、手术时长、术中红细胞输注量、手术结束时乳酸水平等指标比较,差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$),见表1。

2.2 预测因子 在建模组中,以ATAAD患者术后机械通气时间是否延长作为因变量,采用Lasso回归分析进行预测变量筛选。为使模型拟合效果良好,经过交叉验证,选择距离最小均方误差1个标准误对应的 λ 作为最优惩罚系数。Lasso回归分析结果显示,共获得4个变量,分别为手术时长、深低温停循环时间、发病至手术时间、年龄。

2.3 二元Logistic回归分析 将Lasso回归选取的4个变量为自变量,术后机械通气时间是否延长为因变量进行Logistic回归分析。结果显示:手术时长、深

低温停循环时间、发病至手术时间、年龄是 ATAAD 患者术后机械通气时间延长的独立危险因素,见表 2。

表 1 ATAAD 术后患者建模组与验证组临床资料分析结果(N=765)

项 目	建模组 (n=537)	验证组 (n=228)	χ^2 或 Z	P
性别[n(%)]			0.036	0.850
女	133 (24.77)	55 (24.12)		
男	404 (75.23)	173 (75.88)		
高血压[n(%)]			2.341	0.126
有	329 (61.27)	153 (67.11)		
无	208 (38.73)	75 (32.89)		
糖尿病[n(%)]			0.027	0.870
有	25 (4.66)	10 (4.39)		
无	512 (95.34)	218 (95.61)		
吸烟[n(%)]			2.268	0.132
有	95 (17.69)	51 (22.37)		
无	442 (82.31)	177 (77.63)		
年龄[岁,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	52(45,60)	52(46,58)	-0.213	0.832
体重指数	26.78	26.36	-0.891	0.373
[kg/m ² ,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(24.39,29.73)	(24.22,29.39)		
术前白细胞计数	12.21	12.48	-0.468	0.640
[$\times 10^9/L$,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(10.06,14.71)	(9.92,15.38)		
血肌酐[$\mu\text{mol} \cdot L^{-1}$, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	76.20 (59.20,96.40)	75.95 (60.98,94.60)	-0.340	0.734
术前血小板计数	184	185	-0.556	0.578
[$\times 10^9/L$,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(151,221)	(156,221)		
术前 D-二聚体	17.01	14.37	-1.017	0.309
[$\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(4.91,20.00)	(5.27,20.00)		
术前心脏射血分数	60	60	-0.295	0.768
[% ,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(58,61)	(58,61)		
发病至手术时间	14	15	-1.538	0.124
[t/h,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(10,24)	(11,30)		
体外循环时间	146	144	-0.862	0.389
[t/min,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(127,173)	(124,173)		
深低温停循环时间	24	23	-1.591	0.112
[t/min,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(21,27)	(20,27)		
手术时长	330	330	-0.028	0.978
[t/min,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(290,390)	(290,390)		
术中红细胞输注量	6	6	-0.632	0.528
[U,M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	(6,10)	(6,10)		
乳酸[$\text{mmol} \cdot L^{-1}$, M(P ₂₅ ,P ₇₅)]	7.70 (5.10,10.70)	7.25 (4.95,10.62)	-0.577	0.564

表 2 ATAAD 患者术后机械通气时间延长的二元 Logistic 回归分析结果(n=765)

项 目	b	Sb	Wald χ^2	P	VIF
常数项	5.935	0.822	-7.220	<0.001	
手术时长(t/min)	0.007	0.001	4.880	<0.001	1.083
深低温停循环时间(t/min)	0.047	0.016	2.910	0.004	1.065
发病至手术时间(t/h)	-0.020	0.006	-3.420	<0.001	1.011
年龄(岁)	0.033	0.010	3.420	<0.001	1.025

2.4 列线图预测模型构建 根据二元 Logistic 回归分析筛选出的 4 个预测变量构建列线图预测模型,见图 1。在列线图中,每个变量在图上方均有各自对应的数值,将各数值相加即为总分,与总分对应的预测概率就是 ATAAD 患者术后机械通气时间延长的概率。

2.5 预测模型的验证与评价 建模组 AUC 为 0.749 (95%CI :0.704~0.793),验证组 AUC 为 0.779 (95%CI :0.709~0.848)。根据约登指数确定最佳截断值为

0.228,模型性能指标见表 3,表明模型区分度良好。校准曲线显示模型预测概率与实际概率基本一致。建模组 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验结果显示 $\chi^2 = 9.15, P = 0.329 (P > 0.05)$,平均绝对误差为 0.024;验证组 $\chi^2 = 10.76, P = 0.215 (P > 0.05)$,平均绝对误差为 0.026,表明模型校准度良好。验证组 DCA 结果显示,模型在阈值概率 0.02~1.00 范围内均可提供临床净获益,表明模型临床应用价值良好。

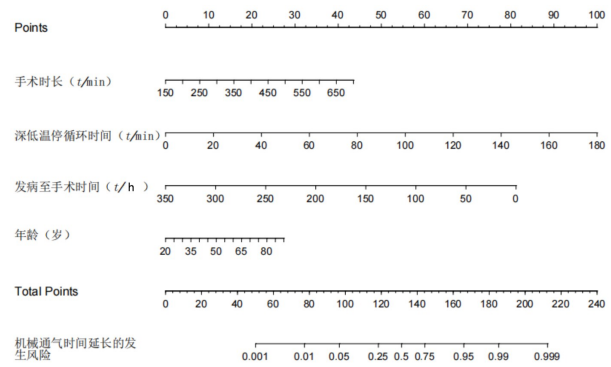


图 1 ATAAD 患者术后机械通气时间延长列线图预测模型

表 3 模型在建模组和验证组的性能指标

项 目	建模组	验证组
最佳截断值	0.228	—(沿用训练集用于验证)
灵敏度	0.804 (0.742~0.871)	0.717 (0.592~0.831)
特异度	0.584 (0.533~0.628)	0.601 (0.527~0.671)
阳性预测值	0.412 (0.359~0.471)	0.391 (0.301~0.482)
阴性预测值	0.891 (0.854~0.929)	0.856 (0.787~0.919)
准确度	0.642 (0.603~0.683)	0.632 (0.566~0.689)
F1 分数	0.545 (0.490~0.605)	0.506 (0.403~0.594)

3 讨论

3.1 ATAAD 患者术后机械通气时间延长的发生率较高 本研究中 ATAAD 患者术后机械通气时间延长的发生率为 26.45%,提示 ATAAD 术后机械通气时间延长在临床中较为常见。因此,针对高危患者开展早期识别和个体化干预,可能有助于减少相关并发症并改善患者预后^[10]。

3.2 手术时间较长和深低温停循环时间较长的患者易发生术后机械通气时间延长 手术持续时间和深低温停循环(deep hypothermia circulatory arrest,DHCA)持续时间越长,患者发生机械通气时间延长的风险越高,与研究^[1]结果相符。麻醉和体外循环时间会随手术时间的延长而增长,身体组织和器官长期处于低灌注状态,会引起组织缺氧^[11],增加机体耗氧量^[12],导致机械通气时间延长。深低温停循环阶段,低温会降低肺的顺应性和氧的弥散能力,导致肺缺血再灌注损伤,引发肺血管损伤和肺水肿。因此,医护人员应高度重视手术时长和深低温停循环时间对患者机械通气时间的潜在影响。该预

测模型可早期识别术后机械通气时间延长的高危患者,为医护人员针对性地实施术前呼吸功能评估及术后早期拔管提供参考。

3.3 高龄患者术后易发生机械通气时间延长 随着年龄增大,机械通气时间延长的风险也增加,这与既往研究^[13]结果相似。高龄患者大多存在身体机能的下降及多种合并症的存在,导致心肺的储备能力下降、手术耐受性降低、肺脑并发症的风险升高。梅翔等^[14]的研究表明,65~75岁患者发生PMV的风险比低龄患者增加2.2倍。因此,医护人员应对高龄患者实施如缩唇腹式呼吸、主动呼吸循环训练等呼吸功能锻炼,以减少术后机械通气时间。

3.4 发病至手术时间较短的患者易发生机械通气时间延长 发病至手术时间越短,术后机械通气时间延长的风险越高,这与既往研究^[2]的结论一致。发病至手术时间并非单纯反映手术时机早晚,其本质上更可能是患者术前病情严重程度和急诊紧迫程度的替代指标。发病至手术时间较短的患者往往提示发病突然,术前可能处于血流动力学不稳定、组织灌注不足及器官功能受损状态,从而增加围术期管理难度和术后呼吸功能恢复障碍的风险。既往研究^[2]表明,ATAAD急诊手术患者死亡风险明显高于择期手术患者,发病至手术时间<1周是ATAAD术后机械通气时间延长的危险因素^[15]。因此,发病至手术时间较短的患者应被视为术后机械通气时间延长的高危人群,着重加强术前评估、围术期呼吸循环支持及术后严密监测,以降低术后并发症的风险及机械通气时间延长的发生率。

3.5 ATAAD患者术后机械通气时间延长列线图预测模型分析 建模组AUC为0.749,验证组AUC为0.779,具有良好的区分度和预测能力。Hosmer-Lemeshow检验 $P > 0.05$,模型拟合良好。本研究构建的预测模型基于常规临床指标,可为临床早期识别ATAAD患者术后机械通气时间延长的高危人群提供参考依据。

4 小结

本研究发现,高龄、手术时长、深低温停循环时间以及发病至手术时间是ATAAD患者术后机械通气时间延长的独立危险因素。构建的列线图预测模型,经内部验证证实其具有良好的区分度、校准度和临床实用性。该模型操作简便,可在术后早期快速完成个体化风险评估,为临床个性化预测机械通气时间延长风险提供实用的评估工具。本研究仍存在以下局限性:数据来源于单中心,且为回顾性收

集。未来需要开展多中心、前瞻性研究进一步验证模型的外部有效性,并根据临床实践及时对模型进行调整。

【参考文献】

[1] GE M,WANG Z,CHEN T,et al.Risk factors for and outcomes of prolonged mechanical ventilation in patients received DeBakey type I aortic dissection repairment[J].J Thorac Dis,2021,13(2):735-742.

[2] 雷迁.主动脉弓手术后机械通气和重症监护室时间延长的危险因素分析及预测模型的建立[D].北京:中国协和医科大学,2010.

[3] 骆菲菲,杨彦伟,金沐,等.375例急性Stanford A型主动脉夹层手术后延迟拔管相关因素的回顾性分析[J].心肺血管病杂志,2021,40(10):1053-1057.

[4] NIENABER C A,CLOUGH R E.Management of acute aortic dissection[J].Lancet,2015,385(9970):800-811.

[5] 徐娟,刘婷婷,高俊,等.基于机器学习的老年全身麻醉颈椎术后谵妄发生风险模型的构建与验证[J].军事护理,2025,42(2):58-61,66.

[6] EVANGELISTA A,ISSELBACHER E M,BOSSONE E,et al. Insights from the international registry of acute aortic dissection;a 20-year experience of collaborative clinical research[J]. Circulation,2018,137(17):1846-1860.

[7] MAISAT W,SIRIRATWARANGKUL S,CHAROENSRI A,et al.Perioperative risk factors for delayed extubation after acute type A aortic dissection surgery[J].J Thorac Dis,2020,12(9):4796-4804.

[8] JAKOBSEN J C,GLUUD C,WETTERSLEV J,et al.When and how should multiple imputation be used for handling missing data in randomised clinical trials—a practical guide with flowcharts [J/OL]. [2026-01-15]. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12874-017-0442-1>.DOI:10.1186/s12874-017-0442-1.

[9] KIM J H.Multicollinearity and misleading statistical results[J]. Korean J Anesthesiol,2019,72(6):558-569.

[10] 邵勤文,孙向红,赵海平.ICU后综合征心理功能障碍的研究进展[J].护士进修杂志,2021,36(6):525-529.

[11] 胡凯利,杨斯钰,吴前胜,等.心脏术后患者机械通气时间延长风险预测模型的构建及验证[J].护理学报,2022,29(20):60-64.

[12] 郭滢琦,蒋玥芾,甘林望,等.成人体外循环心脏手术后急性肾损伤发生的危险因素及其早期预测价值[J].中国急救医学,2021,41(2):149-153.

[13] LIN L,LIN Y,PENG Y,et al.Admission hyperglycemia in acute type A aortic dissection predicts for a prolonged duration of mechanical ventilation[J].Int Heart J,2022,63(1):106-112.

[14] 梅翔,夏宇,梁贵友.心脏外科术后长时间机械通气危险因素的研究进展[J].中国胸心血管外科临床杂志,2018,25(12):1073-1079.

[15] 里程楠,孙立忠,朱俊明,等.急性StanfordA型主动脉夹层孙氏手术后机械通气时间延长的危险因素分析[J].中国医药,2014,9(7):953-957.

(本文编辑:郁晓路)