

急性主动脉夹层 48 h 内死亡风险超声指标预测模型的构建

章燕¹ 冯文畅² 陈晨阳² 梁中书² 蔡金²

¹中南大学湘雅三医院超声科, 长沙 410000; ²中南大学湘雅三医院心血管内科, 长沙 410000

通信作者: 冯文畅, Email: fengwenchang88@163.com

【摘要】目的 探讨超声心动图指标中急性主动脉夹层患者 48 h 内发生死亡的危险因素, 构建风险预测模型并探讨其预测效能。**方法** 本研究为回顾性队列研究, 分析 2020 年 1 月至 2025 年 1 月于中南大学湘雅三医院确诊急性主动脉夹层患者的超声心动图资料, 根据 48 h 内存活情况分为生存组和死亡组, 比较两组患者超声心动图指标。采用多因素 logistic 回归模型分析死亡的相关因素, 建立风险预测模型并绘制列线图, 内部验证采用 Bootstrap 法 1 000 次重抽样。采用受试者工作特征曲线、校准曲线及决策曲线评估模型的预测性能及其临床适用性。**结果** 共纳入患者 93 例, 男 68 例 (73.1%), 女 25 例 (26.9%), 年龄为 56 (48, 68) 岁。死亡组 35 例, 生存组 58 例, 两组性别和年龄差异无统计学意义 (均 $P>0.05$), 多因素 Logistic 回归分析显示, 主动脉窦部内径 ($OR=1.148$, 95% CI : 1.007~1.308)、中/重度主动脉瓣反流 ($OR=3.870$, 95% CI : 1.080~13.869) 及 Stanford A 型 ($OR=4.172$, 95% CI : 1.098~15.854) 是急性主动脉夹层患者发生 48 h 内死亡的危险因素; 射血分数 ($OR=0.938$, 95% CI : 0.885~0.994) 是急性主动脉夹层患者发生 48 h 内死亡的保护因素。由此构建预测模型并绘制列线图, AUC 为 0.895 (95% CI : 0.823~0.954), 内部验证组的 AUC 为 0.904 (95% CI : 0.834~0.961), 校准曲线及临床决策曲线显示模型一致性和获益性较好。**结论** 在急性主动脉夹层患者中应用超声心动图构建的风险预测模型对夹层破裂 48 h 内死亡发生风险有一定的预测价值。

【关键词】 急性主动脉夹层; 超声心动图; 预测; 风险

基金项目: 国家自然科学基金 (82000300)

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20251126-00846

Construction of an ultrasound indicator-based predictive model for the risk of death within 48 hours in acute aortic dissection

Zhang Yan¹, Feng Wenchang², Chen Chenyang², Liang Zhongshu², Cai Jin²

¹Department of Ultrasound, Xiangya Third Hospital, Central South University, Changsha 410000, China;

²Department of Cardiology, Xiangya Third Hospital, Central South University, Changsha 410000, China

Corresponding author: Feng Wenchang, Email: fengwenchang88@163.com

【Abstract】Objective Exploring risk factors for death within 48 hours in patients with acute aortic dissection based on echocardiographic indicators, constructing a risk prediction model, and evaluating its predictive performance. **Methods** This was a retrospective cohort study. Echocardiographic data of patients diagnosed with acute aortic dissection at the Third Xiangya Hospital of Central South University from January 2020 to January 2025 were analyzed. Patients were divided into survival and death groups based on their survival status within 48 hours, and echocardiographic indicators were compared between the two groups. Multivariate logistic regression model was used to analyze the related factors of death, and the risk prediction model was established and nomogram was drawn. Bootstrap method was used for internal validation with 1 000 resampling. Receiver operating characteristic curve, calibration curve and

decision curve were used to evaluate the predictive performance and clinical applicability of the model.

Results A total of 93 patients were included, including 68 males (73.1%) and 25 females (26.9%), with aged of 56 (48, 68) years. There were 35 deaths in the death group and 58 survivors in the survival group. There was no statistically significant difference in gender and age between the two groups (both $P > 0.05$). Multivariate logistic regression analysis showed that, Sinus of valsalva ($OR = 1.148$, 95% CI : 1.007-1.308), moderate/severe aortic regurgitation ($OR = 3.870$, 95% CI : 1.080-13.869) and Stanford type A ($OR = 4.172$, 95% CI : 1.098-15.854) were risk factors for death within 48 h in patients with acute aortic dissection. Ejection fraction ($OR = 0.938$, 95% CI : 0.885-0.994) was a protective factor for death within 48 h in patients with acute aortic dissection. Based on these findings, a prediction model was constructed and presented as a nomogram, with an AUC of 0.895 (95% CI : 0.823-0.954). The AUC of the internal validation group was 0.904 (95% CI : 0.834-0.961). The calibration curve and clinical decision curve showed good consistency and benefit of the model. **Conclusions** The risk prediction model constructed by echocardiography in patients with acute aortic dissection has a certain predictive value for the risk of death within 48 h of dissection rupture.

【 Keywords 】 Acute aortic dissection; Ultrasonocardiography echocardiography; Forecasting; risk

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82000300)

DOI: 10.3760/cma.j.cn114656-20251126-00846

急性主动脉夹层 (acute aortic dissection, AAD) 指起病时间在 14 d 内, 主动脉内膜撕裂后高速高压血流穿过撕裂层致使主动脉壁层分离形成真、假两腔, 临床常采用 Stanford 分型系统, 其分型依据夹层累及范围进行划分: 累及升主动脉者归为 Stanford A 型, 未累及升主动脉者则属于 Stanford B 型^[1-2]。AAD 属于心脏大血管危急重症, 患者普遍起病急骤、进展迅速, 发病后 48 h 内是病情最为凶险、死亡风险最高的阶段, 多数致死性并发症 (如主动脉破裂、心包填塞、急性心肌梗死、卒中) 集中发生于该时间段。国际主动脉夹层注册研究及欧洲心脏病学会相关综述均指出, 急性主动脉夹层发病后 48 h 内病死率高达 50% 以上, 每小时死亡风险增加 1%~2%^[3-5]。目前手术是唯一根治 AAD 的方法, 现今研究大多侧重于主动脉夹层术中术式选择或者术后长期预后的评估^[6-8], 而关于 AAD 患者 48 h 内超急性期这一关键节点死亡风险预测的研究相对有限, 缺乏系统性的预测手段。本研究旨在通过超声心动图指标构建急性主动脉夹层患者建立 48 h 内死亡风险预测模型, 力求为临床评估术前高危患者提供简便实用的工具。

1 资料与方法

1.1 研究对象

本研究为回顾性队列研究, 纳入 2020 年 1 月至 2025 年 1 月就诊于中南大学湘雅三医院的 AAD

患者。纳入标准: (1) 经主动脉 CTA 明确诊断为原发性主动脉夹层且未行手术者; (2) 年龄 ≥ 18 岁; (3) 症状出现至首次就医时间 ≤ 48 h。排除标准: (1) 既往有主动脉夹层病史者; (2) 合并急性外伤者; (3) 合并严重的其他器官功能衰竭者; (4) 合并恶性肿瘤者。

分组标准: 本研究以症状出现后 48 h 内死亡作为早期死亡事件的界定标准, 记录患者发病时间 (以首次出现典型症状为准) 至死亡或观察终点 (48 h) 的时间间隔。根据是否发生 48 h 内死亡事件分为生存组和死亡组。

本研究经中南大学湘雅三医院伦理委员会审核通过 (审批号: 快 25399)。

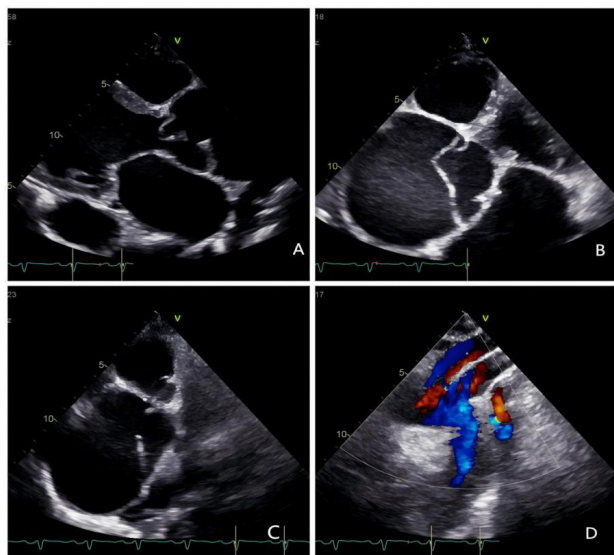
1.2 超声仪器与检查方法

使用美国通用公司 Vivid E95 型或荷兰飞利浦公司 Q7 型超声诊断及美国通用公司 M3S 心脏探头, 探头频率为 1.5~3.6 MHz, 分别在常规长轴、短轴、四腔心、五腔心、心尖长轴切面用二维及彩色多普勒测量心腔大小、评估夹层分型及瓣膜受累情况; 采用 M 超或者 Simpson 双平面法评估左室射血分数。

1.3 观察指标

收集患者的基本信息: 性别、年龄; 超声心动图指标: 左心房内径 (left atrial diameter, LAD)、左室舒张末期内径 (left ventricular end-diastolic diameter, LVEDD)、主动脉窦部内径 (sinus of

Valsalva, SoV)、升主动脉内径 (ascending aorta, AAO)、射血分数 (ejection fraction, EF)、主动脉瓣射流速度 (aortic jet velocity, AV)、主动脉瓣射流速度 (aortic jet velocity, AV)、主动脉 (aortic regurgitation, AR) 及二尖瓣返流 (mitral regurgitation, MR) 程度、Stanford A 分型 (图 1)。



注: A 图为左室长轴切面, 夹层撕裂内膜脱入左室流出道; B 图为不规则五腔心切面, 撕裂内膜紧贴主动脉瓣; C 图为不规则主动脉短轴切面, 夹层破口约 13mm; D 图为胸骨上窝切面, 夹层累及无名动脉及左颈总动脉

图 1 急性主动脉夹层 Stanford A 型超声心动图典型图像

Fig 1 Typical echocardiographic findings of acute Stanford type A aortic dissection

1.4 统计学方法

数据分析采用 SPSS 27.0 和 R 4.4.0 软件处理。计量资料通过 Shapiro-Wilk 正态性检验, 符合正态分布者采用均数 ± 标准差 ($\bar{x} \pm s$) 描述, 组间比较采用两独立样本 *t* 检验; 非正态分布者, 以中位数及四分位数 [$M(Q_1, Q_3)$] 表示, 两组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验。计数资料以例 (%) 表示, 两组间比较采用 χ^2 检验。将单因素分析中具有统计学意义 ($P < 0.05$) 的变量采用向前逐步选择法纳入多因素 Logistic 回归模型。选取多因素 Logistic 回归分析中的 $P < 0.05$ 的变量, 用 R 包 nomogramEX (3.0) 绘制列线图模型。绘制受试者工作特征 (receiver operator characteristic, ROC) 曲线, 计算曲线下面积 (area under the curve, AUC) 和 95%CI 来评估模型的区分度, 绘制校准曲线并通过 Hosmer-Lemeshow 检验评估模型的一致性。采用 Bootstrap 法 1 000 次重抽样对模型进行内部验证。绘制决策曲线评估模型的临床实用性。均为双侧检验, 检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 基本信息

最终纳入 93 例患者, 男 68 例 (73.1%), 女 25 例 (26.9%), 年龄为 56 (48, 68) 岁; 其中死亡组 35 例, 生存组 58 例, 两组性别及年龄差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$, 表 1)。

2.2 AAD 患者 48 h 内死亡风险单因素分析

LVEDD、SoV、AAO、EF、AV、AR、MR、Stanford A 型差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$), 死亡组 (LVEDD、SoV、AAO、AV) 测值、(中/重度 AR、中/重度 MR 及 Stanford A 型) 占比均高于生存组; 死亡组 EF 测值低于生存组。而两组间 LAD 测值差异无统计学意义 (均 $P > 0.05$)。见表 1。

表 1 AAD 患者 48 h 内死亡风险单因素分析
Table 1 Univariate analysis of risk factors for death within 48 hours in patients with AAD

指标	死亡组 (n=35)	生存组 (n=58)	$\chi^2/Z/t$ 值	P 值
男性 ^a	23(65.7)	45(77.6)	1.565	0.211
年龄 (岁) ^b	59.9 ± 16.6	55.7 ± 11.3	1.299	0.200
LAD(mm) ^c	38.0(33.0,41.0)	36.0(32.0,41.0)	-0.835	0.404
LVEDD(mm) ^b	57.1 ± 10.5	50.2 ± 8.1	3.372	0.001
SoV(mm) ^c	45.0(36.0,61.0)	34.0(31.0,38.0)	-5.183	<0.001
AAO(mm) ^f	45.0(35.0,67.0)	38.0(36.0,42.0)	-3.277	0.001
EF(%) ^c	46.0(37.0,63.0)	60.5(56.0,70.0)	-4.601	<0.001
AV(m/s) ^e	1.5(1.2,2.2)	1.3(1.1,1.5)	-2.197	0.028
中 / 重度 AR ^a	22(62.9)	14(24.1)	13.793	<0.001
中 / 重度 MR ^a	18(51.4)	11(19.0)	10.720	0.001
Stanford A 型 ^a	25(71.4)	21(36.2)	10.833	<0.001

注:^a 为例 (%);^b 为 $\bar{x} \pm s$;^c 为 $M(Q_1, Q_3)$; LAD 为左心房前后径, LVEDD 为左心室舒张末期内径, SoV 为主动脉窦部内径, AAO 为升主动脉内径, EF 为左室射血分数, AV 为主动脉流速, AR 为主动脉返流, MR 为二尖瓣返流

2.3 AAD 患者 48 h 内死亡风险多因素 Logistic 分析

将单因素分析中 $P < 0.05$ 的变量纳入多因素 Logistic 分析。结果显示, SoV ($OR = 1.148$, 95%CI: 1.007~1.308)、中 / 重度 AR ($OR = 3.870$, 95%CI: 1.080~13.869) 及 Stanford A 型 ($OR = 4.172$, 95%CI: 1.098~15.854) 是急性主动脉夹层患者发生 48 h 内死亡的危险因素; EF ($OR = 0.938$, 95%CI: 0.885~0.994) 是急性主动脉夹层患者发生 48 h 内死亡的保护因素。两组间 LVEDD、AV、AAO、中 / 重度 MR 差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$), 见表 2。

2.4 预测模型的建立及验证

通过多因素 logistic 回归分析, 纳入 SoV、EF、中 / 重度 AR 及 Stanford A 型, 绘制急性主动脉夹层患者 48 h 内死亡发生风险预测模型的列线

表 2 AAD 患者 48 h 内死亡发生相关因素的多因素 logistic 分析

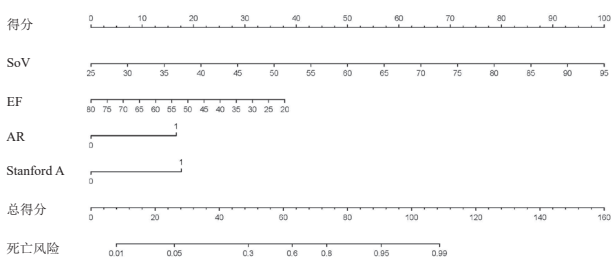
Table 2 Multivariate logistic analysis of factors associated with death within 48 hours in patients with AAD

变量	OR 值 (95%CI)	P 值
LVEDD	0.974(0.881~1.076)	0.601
SoV	1.148(1.007~1.308)	0.038
AAO	1.004(0.932~1.082)	0.913
EF	0.938(0.885~0.994)	0.030
AV	1.011(0.996~1.026)	0.157
中 / 重度 AR	3.870(1.080~13.869)	0.038
中 / 重度 MR	2.014(0.518~7.835)	0.313
Stanford A 型	4.172(1.098~15.854)	0.036

注：LVEDD 为左心室舒张末期内径，SoV 为主动脉窦部内径，AAO 为升主动脉内径，EF 为左室射血分数，AR 为主动脉返流，MR 为二尖瓣返流，AV 为主动脉流速；因变量为发生术前死亡（“是”=1；“否”=0）；自变量中，LVEDD、LA、AO、AAO、EF、AV 为连续型变量，中 / 重度 AR、中 / 重度 MR、Stanford A 型为二分类变量（以“否”为参照）

图（图 2）。

预测模型的 AUC 为 0.895 (95%CI: 0.823~0.954) (图 3)，Bootstrap 法内部验证的 AUC 为 0.904 (95%CI: 0.834~0.961)。校准曲线及 Hosmer-Lemeshow 拟合优度检验 ($\chi^2=12.498$, $P=0.130$) 提示模型的校准度良好 (图 4)，临床决



注：SoV 为主动脉窦部内径，EF 为左室射血分数，AR 为主动脉返流

图 2 AAD 患者 48 h 内死亡风险列线图模型

Fig 2 Nomogram model for the risk of death within 48 hours in patients with AAD

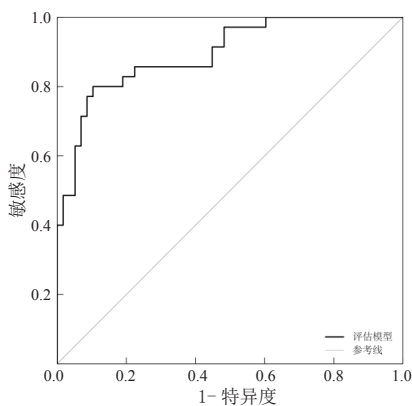


图 3 AAD 患者 48 h 内死亡风险预测模型的受试者工作曲线

Fig 3 ROC curve of the prediction model for 48-hour death risk in patients with AAD

策曲线提示模型有较好净收益 (图 5)。

3 讨论

AAD 是心血管系统最凶险的急症之一，具有高致死率和复杂病理生理机制。其研究背景涉及多个学科交叉（如心血管内外科、影像学、分子生物学）^[9-11]。国内研究显示，我国 AD 粗发病率约为 3.61/10 万人年^[12]，随着现代医学诊疗技术的进步，发病率呈上升趋势，早期识别术前高危人群，有助于降低 AAD 死亡率，本研究选择发病后 48 h 作为风险预测节点，主要基于该阶段高达 50% 以上的病死率以及每小时 1%~2% 的死亡风险增幅^[3]。同时从治疗决策的角度看，48 h 这一时间阈值近年来已被用于区分早期与延迟 TEVAR 干预^[13]。本研究采用同一时间节点，使得我们的预测模型能够更好地与现行临床研究证据对接，若能在发病后 48 h 内通过本模型识别出高危患者，即可为是否启动紧急介入治疗提供客观依据，从而将死亡风险最高的阶段转化为救治机会最大的“黄金干预窗口”。

本次研究针对 93 例急性主动脉夹层病例进行

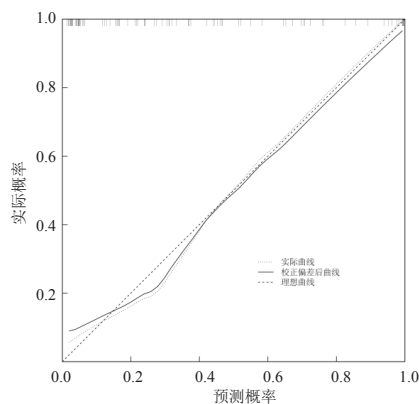


图 4 AAD 患者 48 h 内死亡风险预测模型的校准曲线

Fig 4 Calibration curve of the 48-hour death risk prediction model in patients with AAD

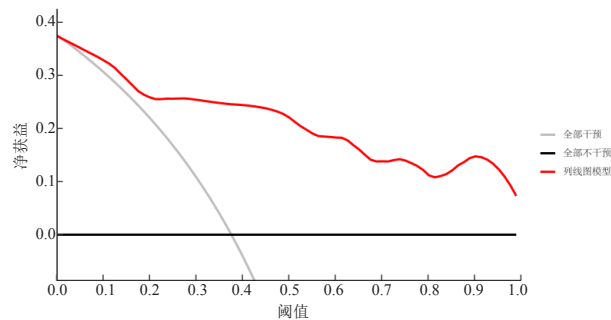


图 5 AAD 患者 48 h 内死亡风险预测模型的决策曲线

Fig 5 Decision curve of the 48-hour death risk prediction model in patients with AAD

分析, 其中 35 例患者发生 48 h 内死亡事件, 采用单因素及多因素 Logistic 回归分析对 11 项潜在危险因素进行评估, 结果显示 SoV、中 / 重度 AR、Stanford A 型及 EF 与 AAD 患者 48 h 内死亡风险显著相关 (均 $P < 0.05$), 其中 EF 为 AAD 患者 48 h 内死亡的保护因素, 另三个因素为 AAD 患者 48 h 内死亡的危险因素。

本研究发现 SoV 与 AAD 患者 48 h 内死亡的发生存在显著独立相关性 ($OR=1.148$, $95\%CI:1.007\sim1.308$, $P=0.038$) 该结论与高文博等^[14]通过多因素 COX 回归分析获得的 SoV 值作为独立预后指标的研究结论相一致。既往 Meta 分析提出这一独立危险因素的作用机制如下: 主动脉窦是主动脉根部的膨大部分, 紧邻心包腔, 与冠状动脉开口直接相连, 且窦壁较薄、弹性纤维较少, 窦部扩张会进一步削弱血管壁结构 (如中层弹力纤维断裂) 容易在高压下出现夹层破裂, 血液迅速涌入心包, 导致心包填塞猝死; SoV 的增宽可增加冠状动脉受累风险, 导致心肌缺血梗死或者恶性心律失常事件的发生^[15-16]。

本研究数据分析表明, 死亡组中 Stanford A 型夹层的发生率显著高于生存组患者 ($P < 0.05$), 通过多因素 Logistic 回归分析进一步证实, A 型夹层作为 AAD 患者 48 h 内死亡的独立危险因子具有统计学意义, 这一发现与国外研究结论相吻合^[17]。Stanford A 型夹层累及升主动脉, 而升主动脉直接连接心脏, 夹层撕裂可能迅速波及冠状动脉开口、主动脉瓣和心包, 与 Stanford B 型夹层相比, Stanford A 型夹层术前高死亡风险主要受其解剖位置 (升主动脉受累)、快速进展的致命并发症 (心包填塞、主动脉瓣反流、冠状动脉缺血) 以及全身血流动力学崩溃的影响^[2,18-19]。

本研究发现中 / 重度的 AR 同样是 AAD 患者 48 h 内死亡的危险因素, 这与既往报道的情况一致^[27], 导致这一研究结果出现的原因可能源于严重主动脉瓣反流可使舒张压显著降低, 冠状动脉灌注压下降, 加重心肌缺血, 形成恶性循环, 同时严重主动脉瓣反流导致有效前向血流减少, 导致全身器官灌注不足 (如脑、肾缺血), 这些因素都会加重患者死亡风险^[14,20]。

在本研究中, EF 作为 AAD 患者的唯一保护性因素, 多项回顾性分析表明, AAD 患者术前 $EF < 50\%$ 时, 院内病死率显著升高达 $30\%\sim 50\%$,

而 EF 正常者约 $15\%\sim 20\%$ ^[21-23]。既往动物研究实验显示, 心功能不全状态下, 主动脉壁的剪切应力分布异常, 可能加速夹层扩展^[24]。左室收缩功能正常将有效降低血流动力学的不稳定性及恶性循环的心脏损伤风险, 从而显著降低 AAD 患者 48 h 内死亡风险。

既往研究中, 年龄同样是急性主动脉夹层的独立危险因素^[25-26], 这与本研究结果不一致, 这可能与本次研究人群的选择偏倚相关, 老年 AAD 患者可能因症状不典型 (如无剧烈胸痛) 被误诊为其他疾病 (如心梗、脑卒中), 导致其未被纳入研究。同时排除了合并严重基础疾病 (如晚期肿瘤、终末期肾病) 的老年患者, 从而削弱了年龄的显性影响。

LAD 及 LVEDD 在本次研究中, 生存组与死亡组差异无统计学意义, 左心房及左心室的扩大通常与慢性容量或压力负荷增加相关, 反映长期心脏功能代偿或失代偿^[27]。而 AAD 死亡是急性事件, 其死亡风险主要由急性血流动力学崩溃或终末器官损伤主导, 而非慢性心脏结构改变, 因此 LAD 及 LVEDD 与 AAD 患者 48 h 内死亡无相关性。

本研究旨在建立 AAD 患者 48 h 内死亡风险超声评估体系, 以填补当前临床研究中关于该类患者超声心动图系统性分析的空白, 并建立基于循证医学证据的标准化评估工具。本研究构建的急性主动脉夹层患者 48 h 内死亡风险超声指标预测模型包括 SoV、中 / 重度 AR、Stanford A 型夹层、EF 四个因子, 研究数据证实了该模型具有良好的预测效能, 但本研究仍存在部分局限性: 其一, 本研究基于单中心回顾性研究, 受限于样本规模有限且缺乏外部验证, 模型的普适性尚需进一步验证, 未来需要前瞻性研究证实该模型临床效能; 其二, 在数据采集阶段可能存在样本选择偏倚。为进一步评估预测模型的临床应用价值后续可采用多中心及前瞻性联合研究, 扩大样本范围。

综上, 对于 AAD 患者, SoV、中 / 重度 AR、Stanford A 型夹层是 48 h 内死亡发生的危险因素; EF 是 48 h 内死亡发生的保护性因素, 而由此构建的临床预测模型有助于临床上识别高危 AAD 患者, 进而早期干预治疗, 降低 AAD 患者 48 h 内病死率。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明 章燕: 数据整理、统计学分析、论文撰写; 冯文畅: 研究设计、论文修改; 陈晨阳、梁中书、蔡金:

研究指导、经费支持

参 考 文 献

- [1] 袁千茹, 王宝珠, 马依彤. 主动脉夹层病理病因及临床治疗的研究进展 [J]. 中国心血管杂志, 2024, 29(1): 85-89. DOI:10.3969/j.issn.1007-5410.2024.01.016.
- [2] Clothier JS, Kobsa S. Management of acute type a aortic dissection[J]. *Cardiol Clin*, 2025, 43(2): 261-277. DOI:10.1016/j.ccl.2025.01.003.
- [3] Hagan PG, Nienaber CA, Isselbacher EM, et al. The international registry of acute aortic dissection (IRAD): new insights into an old disease[J]. *Jama*, 2000, 283(7): 897. DOI:10.1001/jama.283.7.897.
- [4] Bossone E, LaBounty TM, Eagle KA. Acute aortic syndromes: diagnosis and management, an update[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(9): 739-749d. DOI:10.1093/eurheartj/ehx319.
- [5] 祝明华, 江寅芳, 胡坚, 等. 主动脉夹层并心包填塞术前诊疗策略分析 [J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(5): 732-735. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2020.05.025.
- [6] 张晓阳, 陈苏伟, 贾博, 等. 改良岛状吻合技术治疗不同年龄 A 型主动脉夹层的中远期结果差异 [J]. 中国心血管病研究, 2025, 23(4): 348-353. DOI:10.3969/j.issn.1672-5301.2025.04.012.
- [7] 李晓宁, 张思雨, 岳之峰, 等. II 型杂交治疗急性 A 型主动脉夹层的疗效分析 [J]. 中国体外循环杂志, 2025, 23(2): 118-121. DOI: 10.13498/j.cnki.chin.j.ecc.2025.02.06.
- [8] 中华医学会放射学分会介入学组. 中国 Stanford B 型主动脉夹层影像诊断和介入治疗临床指南 [J]. 中华放射学杂志, 2023, 57(5): 457-473. DOI:10.3760/cma.j.cn112149-20230211-00091.
- [9] 郑凌飞, 孟杜娟, 王亚松, 等. 急性 Stanford B 型主动脉夹层合并胸腔积液的相关危险因素分析及腔内修复术后疗效观察 [J]. 中华内科杂志, 2023, 62(8): 964-971. DOI:10.3760/cma.j.cn112138-20220904-00653.
- [10] Mani N, Cherian N, Burkert J, et al. Bedside-focused transthoracic echocardiography in acute atraumatic thoracic aortic syndrome: a systematic review and meta-analysis of diagnostic accuracy[J]. *Eur J Emerg Med*, 2024, 31(6): 398-412. DOI:10.1097/mej.0000000000001174.
- [11] 韩依池, 何海威, 李欣. Notch3 信号通路调节主动脉夹层血管干细胞向平滑肌细胞分化的机制研究 [J]. 中华危重病急救医学, 2023, 35(5): 503-508. DOI:10.3760/cma.j.cn121430-20230131-00052.
- [12] 中国医师协会心血管外科医师分会, 中华医学会急诊医学分会. 急性主动脉综合征非外科强化治疗中国专家共识 [J]. 中华急诊医学杂志, 2025(4): 517-527. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2025.04.008.
- [13] 李诗媛, 周敏, 李晓强. 非复杂型 Stanford B 型主动脉夹层腔内修复术手术时机选择的研究进展 [J]. 中华血管外科杂志, 2023, 8(3): 302-306. DOI:10.3760/cma.j.cn101411-20230407-00030.
- [14] 高文博, 余泓池, 张瑶佳, 等. 胸主动脉夹层发病机制研究进展 [J]. 四川大学学报 (医学版), 2023, 54(3): 699-704. DOI:10.12182/20230260101.
- [15] Grasty MA, Lawrence K. Advances and innovation in acute type a aortic dissection[J]. *J Clin Med*, 2024, 13(24): 7794. DOI:10.3390/jcm13247794.
- [16] Gemelli M, Rojanathagoon T, van den Eynde J, et al. The German Registry of Acute Aortic Dissection Type A score for 30-day mortality prediction in Type A Acute Aortic Dissection surgery: a systematic review and meta-analysis[J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2025, 67(5): ezaf138. DOI:10.1093/ejcts/ezaf138.
- [17] David TE. Surgery for acute type A aortic dissection[J]. *Interdiscip CardioVascular Thorac Surg*, 2025, 40(2): ivaf028. DOI:10.1093/icvts/ivaf028.
- [18] 岳帅, 邵钧捷, 周晶晶, 等. 血流动力学数值仿真应用于心血管疾病的研究进展 [J]. 解放军医学杂志, 2025, 50(2): 232-237. DOI:10.11855/j.issn.0577-7402.1434.2024.1115.
- [19] 廖凤卿, 姚晨玲, 顾国嵘, 等. 急性主动脉夹层早期预警模型的构建及验证 [J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(7): 874-880. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.07.005.
- [20] Ashwat E, Ahmad D, Sá MP, et al. Acute aortic dissection after transcatheter aortic valve replacement[J]. *Am J Cardiol*, 2024, 222: 108-112. DOI:10.1016/j.amjcard.2024.04.059.
- [21] 张豪锋, 梁晓君, 杨冬, 等. 妊娠合并主动脉夹层的临床特征和妊娠结局分析 [J]. 中国循证心血管医学杂志, 2024, 16(1): 88-92. DOI: 10.3969/j.issn.1674-4055.2024.01.18.
- [22] 裴丽君. 主动脉夹层术后患者衰弱现状及影响因素分析 [J]. 中国医药科学, 2023, 13(18): 136-140. DOI:10.20116/j.issn2095-0616.2023.18.32.
- [23] Yang C, Wang YY, Teng F, et al. Predictive value of postoperative indices in acute stanford type a aortic dissection[J]. *J Coll Physicians Surg Pak*, 2023, 33(9): 1035-1039. DOI:10.29271/jcpsp.2023.09.1035.
- [24] Zhang TT, Lei QQ, He J, et al. Bestrophin3 deficiency in vascular smooth muscle cells activates MEKK2/3-MAPK signaling to trigger spontaneous aortic dissection[J]. *Circulation*, 2023, 148(7): 589-606. DOI:10.1161/circulationaha.122.063029.
- [25] 张志欣, 梁涛, 杨艳敏, 等. 急性主动脉夹层患者急诊救治期间夹层破裂死亡风险预测模型的构建与验证 [J]. 中国循环杂志, 2024, 39(9): 903-909. DOI:10.3969/j.issn.1000-3614.2024.09.010.
- [26] 王文丹, 王磊, 柴晨, 等. 年龄校正查尔森合并症指数预测急性 A 型主动脉夹层患者的病死率 [J]. 中华急诊医学杂志, 2023, 32(1): 76-81. DOI:10.3760/cma.j.issn.1671-0282.2023.01.013.
- [27] 王安军, 范佳. 心脏彩色多普勒超声对多病因慢性心力衰竭左室收缩末期左室舒张末期左室射血分数指标的影响及应用研究 [J]. 实用医学影像杂志, 2024, 25(5): 381-384. DOI:10.16106/j.cnki.cn14-1281/r.2024.05.015

(收稿日期: 2025-11-26)

(本文编辑: 姜宇婷)