

本文引用: 刘玲宏, 杨建容, 易思, 等. 急性心肌梗死患者组织运动二尖瓣环位移与容量负荷及预后的关系[J]. 中国动脉硬化杂志, 2026, 34(3): 223-231. DOI: 10.20039/j.cnki.1007-3949.2026.03.005.

[文章编号] 1007-3949(2026)34-03-0223-09

· 临床研究 ·

急性心肌梗死患者组织运动二尖瓣环位移与容量负荷及预后的关系

刘玲宏¹, 杨建容¹, 易思², 龙平荣¹

1. 南充市高坪区人民医院超声科, 2. 南充市高坪区中医院超声科, 四川省南充市 637000

[摘要] **[目的]** 比较不同容量负荷状态下急性心肌梗死(AMI)患者的组织运动二尖瓣环位移(TMAD)与容量性指标,分析两者的相关性及其对患者预后的预测价值。**[方法]** 收集 164 例 AMI 患者临床资料,根据患者相对容量平衡水平,将其分为容量超负荷组($n=98$)和非容量超负荷组($n=66$)。对所有患者进行 30 d 随访,根据是否发生死亡或再住院情况,将其分为预后不良组($n=70$)和预后良好组($n=94$)。比较不同容量负荷患者的一般资料、TMAD 参数及容量性指标。Pearson 法分析 TMAD 参数与容量性指标的相关性。多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者预后不良的影响因素。采用广义线性模型评估容量负荷对 TMAD 参数与预后情况之间回归关系的影响。ROC 曲线分析 TMAD 参数、容量性指标预测 AMI 患者预后不良的效能。**[结果]** 与非容量超负荷组相比,容量超负荷组患者的收缩压(SBP)、舒张压(DBP)、TMAD 参数、白蛋白(ALB)、血红蛋白(Hb)及红细胞比容(HCT)水平较低,序贯器官衰竭(SOFA)评分、简化急性生理功能评分 II(SAPS II)评分、肌酐、血尿素氮(BUN)、肺毛血管瘤楔压(PCWP)及中心静脉压(CVP)较高($P<0.05$)。相关性分析结果显示,左心室室间隔处瓣环最大位移(TMAD1)、左心室侧壁处瓣环最大位移(TMAD2)、左心室室间隔-侧壁瓣环二尖瓣环中点最大位移(TMADMidpt)及其占左心室长径的百分数(TMADMidpt%)与 ALB、Hb、HCT 均存在正相关关系,与 PCWP、CVP 均存在负相关关系(均 $P<0.001$)。与预后良好组相比,预后不良组容量超负荷比例较高, TMAD1、TMAD2、TMADMidpt 及 HCT 水平较低, PCWP、CVP 水平较高(均 $P<0.05$)。TMAD1、TMAD2、TMADMidpt 及 HCT 水平增高是影响患者预后的独立保护因素,容量负荷情况、PCWP、CVP 水平增高是影响患者预后的独立危险因素(均 $P<0.05$)。广义线性模型结果显示,随着 TMAD 参数的增高,容量负荷与预后不良的负关联关系逐渐增强。ROC 曲线分析结果显示, TMAD 参数(包括 TMAD1、TMAD2、TMADMidpt)与容量性指标(包括 HCT、PCWP、CVP)联合检测的 AUC 为 0.971(95% CI:0.952~0.986, $P<0.001$),均高于各单项指标(TMAD1、TMAD2、TMADMidpt、HCT、PCWP、CVP)检测、联合 TMAD 参数(TMAD1、TMAD2、TMADMidpt)检测以及联合容量性指标(HCT、PCWP、CVP)检测。**[结论]** TMAD 可作为评估 AMI 患者容量负荷及预后的有效指标,联合容量性指标检测能进一步提高预后预测的准确性。

[关键词] 急性心肌梗死; 组织运动二尖瓣环位移; 容量负荷; 预后

[中图分类号] R5;R445

[文献标识码] A

Relationship between tissue motion mitral annulus displacement, volume load and prognosis in patients with acute myocardial infarction

LIU Linghong¹, YANG Jianrong¹, YI Si², LONG Pingrong¹

1. Department of Ultrasound, People's Hospital of Gaoping District, 2. Department of Ultrasound, Traditional Chinese Medicine Hospital of Gaoping District, Nanchong, Sichuan 637000, China

[ABSTRACT] **Aim** To compare tissue motion mitral annular displacement (TMAD) and volumetric indices in patients with acute myocardial infarction (AMI) under different volume load conditions, and to analyze their correlation and predictive value for patient prognosis. **Methods** The clinical data of 164 patients with AMI were collected, and they were divided into volume overload group ($n=98$) and non-volume overload group ($n=66$) according to the relative volume

[收稿日期] 2025-09-02

[修回日期] 2026-01-05

[基金项目] 四川省卫生健康委科研课题(SC521475-a2)

[作者简介] 刘玲宏,主治医师,研究方向为心血管疾病,E-mail:foreverlo5ve@163.com. 通信作者龙平荣,副主任医师,研究方向为心血管疾病的诊断与治疗,E-mail:3362492761@qq.com.

balance level of patients. All patients were followed up for 30 days, and further classified into poor prognosis group ($n=70$) and good prognosis group ($n=94$) based on the occurrence of death or rehospitalization. The general data, TMAD parameters and volumetric indexes were compared between groups. The Pearson correlation analysis was used to assess the correlation between TMAD parameters and volumetric indexes. Multivariate Logistic regression analysis was performed to analyze the influencing factors of poor prognosis of AMI patients. A generalized linear model was employed to evaluate the effect of volume load on the regression relationship between TMAD parameters and prognosis. ROC curves were used to assess the efficacy of TMAD parameters and volumetric indexes in predicting poor prognosis in patients with AMI.

Results Compared with the non-volume overload group, patients in the volume overload group had lower systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), TMAD parameters, albumin (ALB), hemoglobin (Hb), and hematocrit (HCT) levels, while their sequential organ failure assessment (SOFA) scores, simplified acute physiology score II (SAPS II) scores, creatinine, blood urea nitrogen (BUN), pulmonary capillary wedge pressure (PCWP), and central venous pressure (CVP) were higher ($P<0.05$). Correlation analysis showed that the maximal displacement of the annulus at the interventricular septum (TMAD1), the maximal displacement of the annulus at the left ventricular lateral wall (TMAD2), and the maximal displacement at the midpoint of the mitral annulus between the interventricular septum and lateral wall (TMADMidpt) and its percentage of left ventricular long axis (TMADMidpt%) were all significantly positively correlated with ALB, Hb and HCT, and significantly negatively correlated with PCWP and CVP (all $P<0.001$). Compared with the good prognosis group, the poor prognosis group had a higher proportion of volume overload, lower TMAD1, TMAD2, TMADMidpt and HCT levels, and higher PCWP and CVP levels (all $P<0.05$). Increases in TMAD1, TMAD2, TMADMidpt and HCT were independent protective factors affecting patient prognosis, whereas increased volume load, PCWP and CVP were independent risk factors affecting patient prognosis (all $P<0.05$). Results from the generalized linear model showed that as TMAD parameters increased, the negative correlation between volume load and poor prognosis gradually strengthened. ROC curve analysis showed that the combined detection of TMAD parameters (including TMAD1, TMAD2, TMADMidpt) and volume-related indicators (including HCT, PCWP, CVP) had an AUC of 0.971 (95% CI: 0.952 ~ 0.986, $P<0.001$), which was higher than for any individual indicator (TMAD1, TMAD2, TMADMidpt, HCT, PCWP, CVP), for the combined TMAD parameters (TMAD1, TMAD2, TMADMidpt), and for the combined volume-related indicators (HCT, PCWP, CVP).

Conclusion TMAD can be used as an effective indicator to evaluate the volume load and prognosis of patients with AMI, combination detection with volumetric indexes can further improve the accuracy of prognosis prediction.

[KEY WORDS] acute myocardial infarction; tissue motion mitral annular displacement; volume load; prognosis

急性心肌梗死(acute myocardial infarction, AMI)作为心血管急危重症,是全球最严重的冠状动脉疾病之一,如何降低 AMI 的院内死亡率是亟待解决的问题^[1]。有研究表明,较高的容量负荷与 AMI 患者的预后较差相关,容量性指标可能有助于完善 AMI 患者的风险分层^[2]。因此,容量管理是治疗 AMI 的重要目标。在 AMI 发生后,容量超负荷可导致左心室重塑,其特征是左心室结构和收缩功能变化,表现为左心室扩大、左心室射血分数降低或局部室壁运动异常,左心室收缩功能改变与不良临床结果有关^[3]。目前,临床上评估左心室收缩功能的方法主要为超声心电图,其整体纵向应变已被证明是 AMI 患者常规监测和风险分层的标志物,但其需以高图像质量描绘左心室心内膜,耗时较长^[4]。而组织运动二尖瓣环位移(tissue motion mitral annular displacement, TMAD)可通过超声心动图快速获得,是左心室功能评估的替代方法,可定量反映左心室纵

向收缩功能,且对图像质量的要求较低^[5]。已有研究证明, TMAD 参数可早期识别心肌缺血情况,与射血分数存在较好的相关性; TMAD 作为反映左心室纵向心肌运动的指标,可体现左心室收缩功能^[6]。基于上述背景,本研究通过分析 164 例 AMI 患者的临床资料,系统探讨 TMAD 参数与容量负荷指标的相关性,比较不同容量负荷状态下 TMAD 参数的差异,并进一步评估 TMAD 参数对患者短期预后的预测价值,为 AMI 患者容量管理及风险分层提供新的理论依据和临床参考。

1 资料和方法

1.1 研究对象

收集 2023 年 1 月—2024 年 1 月南充市高坪区人民医院收治的 164 例 AMI 患者临床资料。在所有研究对象中,男性 106 例,女性 58 例,年龄 47 ~

79 岁,平均年龄(62.99±9.48)岁。

1.2 样本量估计

设 $\alpha=0.05$ 、 $\beta=0.20$,考虑 20% 脱落率及多因素分析需求(Logistic 回归要求事件数应不小于自变量数的 10 倍),最终确定最小总样本量为 160 例。

1.3 纳入与排除标准

所有患者均符合 AMI 诊断标准^[7]:(1) 心肌缺血症状;(2) 心电图新出现的右心室和左心室 ST-T 改变或新出现的左束支传导阻滞;(3) 超声心电图发现室壁节段运动异常;(4) 心肌酶或肌钙蛋白动态变化;(5) 经冠状动脉造影(发作后 1.5 h~24 h 内)证实冠状动脉内有血栓。排除标准:(1) 排除心源性休克、肺栓塞和先天性心脏病患者;(2) 血液系统疾病患者;(3) 内分泌系统疾病患者;(4) 肝肾功能不全患者。本研究经南充市高坪区人民医院医学伦理委员会审核批准(批件号:2154-454),患者均签署知情同意书。

1.4 治疗方法

所有患者入院后均接受经皮冠状动脉介入治疗,并给予利尿剂、血管紧张素转化酶抑制剂、正性肌力药、支气管解痉剂、鼻导管吸氧等常规积极抗心衰治疗,疗程均为 3 个月。

1.5 一般资料收集

收集所有患者的一般资料,包括年龄、性别、体重指数(body mass index, BMI)、冠心病、高血压、糖尿病、收缩压(systolic blood pressure, SBP)及舒张压(diastolic blood pressure, DBP)。冠心病定义:静息或负荷状态下的心电图检查显示明确的心肌缺血改变^[8];高血压定义:在未使用降压药物的情况下,非同日进行 3 次测量,收缩压 ≥ 140 mmHg 和/或舒张压 ≥ 90 mmHg^[9];糖尿病定义:空腹血糖 ≥ 7.0 mmol/L 或口服葡萄糖耐量试验 2 h 血糖 ≥ 11.1 mmol/L 或糖化血红蛋白 $\geq 6.5\%$ ^[10]。记录序贯器官衰竭(sequential organ failure assessment, SOFA)评分^[11];通过评估 6 个器官/系统的功能障碍程度,评分越高,表明器官衰竭越严重,患者的预后也越差;每个系统最高得分 4 分,总分为 0~24 分。记录简化急性生理功能评分 II (simplified acute physiology score II, SAPS II)评分^[12];基于患者入院 24 h 内的急性生理指标、年龄以及慢性健康状况,预测重症患者的住院死亡率,评分范围为 0~163 分,评分越高,死亡风险越高。入院次日清晨采集患者肘静脉血 5 mL,采用脲酶法检测肌酐和血尿素氮(blood urea nitrogen, BUN)。

1.6 TMAD 检测与容量性指标检测

应用 Qlab 6.0 软件进行处理分析。选取清晰

二尖瓣瓣环图,分别于二尖瓣环处的室间隔、左心室侧壁及心尖部取样,取样框大小为 2 mm×2 mm。测定 TMAD 参数,包括左心室室间隔处瓣环最大位移(TMAD1)、左心室侧壁处瓣环最大位移(TMAD2)及左心室室间隔-侧壁瓣环二尖瓣瓣环中点最大位移(TMADMidpt)及其占左心室长径的百分数(TMAD-Midpt%)。分别于左心室心尖四腔、两腔及心尖左心室长轴切面选择 TMAD 选项,在二尖瓣环两侧各放置 1 个固定点,于心尖的心内膜面放置第 3 个固定点,观察瓣环相对于心尖的运动情况。仪器将自动生成上述两个取样点的同步位移曲线,分别记录两个位点二尖瓣环的收缩期位移峰值,从而获取二尖瓣环在左心室侧壁、室间隔、前壁、下壁、前室间隔及后壁共 6 个位点的运动力学参数。最后,计算这 6 个位点的平均心脏收缩期位移峰值。以上数据取 3 次测量的平均值作为最终结果,所有超声图像资料均由同一人完成分析。

患者入院治疗前抽取肘静脉血 2 mL,采用全自动血液分析仪检测血红蛋白(hemoglobin, Hb)、红细胞比容(hematocrit, HCT);另取 2 mL 静脉血,以 3 000 r/min 的转速、10 cm 的离心半径离心 15 min,分离血清后检测血清白蛋白(albumin, ALB)。所有患者均置入肺动脉导管,检测肺毛细血管楔压(pulmonary capillary wedge pressure, PCWP)和中心静脉压(central venous pressure, CVP)的指标水平。

1.7 容量负荷分组

统计所有患者入院后的 BMI、液体总摄入量(口服液体量、静脉输液量、经胃管注入液体量)和总出量(引流液量、尿量、粪便量、不显性失水量)。相对容量平衡=[液体总摄入量(L)-液体总出量(L)]/BMI(kg)×100。以入院后 72 h 相对容量平衡水平 $\geq 10\%$ 基础体质量为容量超负荷组($n=98$), $<10\%$ 基础体质量为非容量超负荷组($n=66$)^[13-14]。

1.8 随访

治疗后对所有患者进行 30 d 随访,统计再住院及死亡的发生情况。其中,发生再住院或死亡的患者纳入预后不良组($n=70$),未发生上述情况的患者纳入预后良好组($n=94$)。

1.9 统计学分析

采用 SPSS 26.0 软件进行统计分析。计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,组间比较行独立样本 t 检验;计数资料以例(%)表示,组间比较行 χ^2 检验。采用 Pearson 法分析 TMAD 参数与容量性指标的相关性。多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者预后不良的影响因素。采用广义线性模型评估 TMAD 参数对容量负

荷与预后情况的交互作用。使用 ROC 曲线分析 TMAD 参数、容量性指标预测 AMI 患者预后不良的效能,并计算曲线下面积 (area under the curve, AUC) 及 95% 置信区间 (confidence interval, CI)。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同容量负荷组患者的一般资料比较

容量超负荷组患者的 SBP、DBP 低于非容量超负荷组 (均 $P < 0.001$), SOFA 评分、SAPS II 评分及肌酐、BUN 水平高于非容量超负荷组 (均 $P < 0.001$; 表 1)。

表 1. 不同容量负荷组患者的一般资料比较

Table 1. Comparison of general data among patients with different volume load groups

项目	非容量 超负荷组 (n=66)	容量 超负荷组 (n=98)	统计值	P
性别/[例(%)]			1.239	0.266
男	46(69.70)	60(61.22)		
女	20(30.30)	38(38.78)		
年龄/岁	63.11±9.75	62.92±9.34	0.124	0.901
BMI/(kg/m ²)	24.14±2.66	24.94±2.84	1.822	0.070
冠心病/[例(%)]	16(24.24)	23(23.47)	0.013	0.909
高血压/[例(%)]	19(28.79)	24(24.49)	0.377	0.539
糖尿病/[例(%)]	13(19.70)	19(19.39)	0.002	0.961
SBP/mmHg	116.95±0.83	111.50±1.12	33.701	<0.001
DBP/mmHg	67.12±0.81	58.92±0.86	61.308	<0.001
SOFA 评分/分	2.13±0.11	4.02±0.15	87.331	<0.001
SAPSII 评分/分	25.78±1.16	32.64±1.62	29.726	<0.001
肌酐/(mg/L)	8.5±0.1	12.4±0.7	42.735	<0.001
BUN/(mg/L)	162.8±4.6	215.7±8.1	47.762	<0.001

表 3. TMAD 参数与容量性指标的相关性分析

Table 3. Correlation analysis between TMAD parameters and volumetric indicators

项目	TMAD1		TMAD2		TMADMidpt		TMADMidpt%	
	r	P	r	P	r	P	r	P
ALB	0.626	<0.001	0.520	<0.001	0.666	<0.001	0.216	<0.001
Hb	0.625	<0.001	0.487	<0.001	0.637	<0.001	0.236	<0.001
HCT	0.585	<0.001	0.420	<0.001	0.640	<0.001	0.195	<0.001
PCWP	-0.518	<0.001	-0.475	<0.001	-0.533	<0.001	-0.172	<0.001
CVP	-0.633	<0.001	-0.529	<0.001	-0.612	<0.001	-0.228	<0.001

2.2 不同容量负荷组患者的 TMAD 参数和容量性指标比较

容量超负荷组患者的 TMAD1、TMAD2、TMAD-Midpt、TMADMidpt% 分别为非容量超负荷组的 81.10%、85.38%、79.61%、93.59% (均 $P < 0.01$), ALB、Hb、HCT 分别为非容量超负荷组的 57.33%、73.09%、81.44% (均 $P < 0.001$), 而 PCWP、CVP 分别为非容量超负荷组的 1.34 倍、1.31 倍 (均 $P < 0.001$; 表 2)。

表 2. 不同容量负荷组患者的 TMAD 参数和容量性指标比较

Table 2. Comparison of TMAD parameters and volumetric indicators among patients with different volume load groups

项目	非容量 超负荷组 (n=66)	容量 超负荷组 (n=98)	统计值	P
TMAD 参数				
TMAD1	10.95±1.33	8.88±1.06	11.035	<0.001
TMAD2	10.26±1.15	8.76±1.16	8.129	<0.001
TMADMidpt	11.28±1.59	8.98±1.15	11.996	<0.001
TMADMidpt%	11.85±1.41	11.09±1.59	3.141	0.002
容量性指标				
ALB/(g/L)	28.19±2.43	16.16±1.21	41.906	<0.001
Hb/(g/L)	123.00±6.96	89.90±4.34	37.513	<0.001
HCT/%	45.16±2.02	36.78±2.02	26.083	<0.001
PCWP/mmHg	13.18±1.19	17.67±1.97	16.556	<0.001
CVP/cmH ₂ O	11.06±0.55	14.54±0.62	36.939	<0.001

2.3 TMAD 参数与容量性指标的相关性分析

Pearson 相关性分析结果显示, TMAD 参数与 ALB、Hb、HCT 均存在正相关关系, 与 PCWP、CVP 均存在负相关关系 (均 $P < 0.001$; 表 3)。

2.4 不同预后患者的一般资料比较

与预后良好组相比,预后不良组容量超负荷比例增高 ($P = 0.001$), TMAD1、TMAD2、TMADMidpt、HCT 低于预后良好组,PCWP、CVP 高于预后良好组 (均 $P < 0.001$;表 4)。

2.5 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者预后不良的影响因素

以 AMI 患者预后情况为因变量(预后良好 = 0, 预后不良 = 1),以单因素回归分析中存在统计学意义的因素为自变量,多因素 Logistic 回归分析结果显示, TMAD1、TMAD2、TMADMidpt 及 HCT 增高是影响患者预后的独立保护因素 ($P < 0.05$),容量负荷情况、PCWP 及 CVP 增高是影响患者预后的独立危险因素 ($P < 0.05$;表 5)。

2.6 不同 TMAD 参数及不同容量性指标下预后不良差异的比较

以指标中位数为分界点,比较高、低水平 TMAD 参数及容量性指标下预后不良的差异,结果显示,低水平 TMAD1、TMAD2、TMADMidpt、HCT 及高水平 PCWP、CVP 对应的预后不良比例较高(表 6)。

2.7 容量负荷与 TMAD 参数对预后不良的交互作用

随着 TMAD1、TMAD2、TMADMidpt 水平的增高,容量负荷指标与预后不良的负关联关系均逐渐增强 ($\gamma = -0.164、-0.318、-0.313, P < 0.001$;图 1)。

表 4. 不同预后患者的一般资料比较

Table 4. Comparison of general data among patients with different prognoses

项目	预后不良组 (n=70)	预后良好组 (n=94)	统计值	P
性别/[例(%)]			1.147	0.284
男	42(60.00)	64(68.09)		
女	28(40.00)	30(31.91)		
年龄/岁	67.42±5.95	68.23±5.93	0.821	0.413
BMI/(kg/m ²)	23.83±1.58	24.01±2.03	0.572	0.568
冠心病/[例(%)]	15(21.43)	24(25.53)	0.373	0.542
高血压/[例(%)]	14(20.00)	29(30.85)	2.442	0.118
糖尿病/[例(%)]	10(14.29)	23(24.47)	2.588	0.108
SBP/mmHg	112.83±1.76	113.33±2.16	1.584	0.115
DBP/mmHg	60.34±3.58	61.23±4.61	1.342	0.182
容量负荷/[例(%)]			10.721	0.001
容量超负荷	52(74.29)	46(48.94)		
非容量超负荷	18(25.71)	48(51.06)		
肌酐/(mg/L)	10.7±2.4	9.8±3.5	1.851	0.066
BUN/(mg/L)	203.4±26.4	194.6±36.4	1.714	0.088
TMAD1	8.93±1.16	10.51±1.45	6.982	<0.001
TMAD2	8.90±1.18	9.92±1.30	4.864	<0.001
TMADMidpt	9.24±1.39	10.75±1.62	5.869	<0.001
TMADMidpt%	10.87±1.64	11.52±2.68	1.794	0.075
ALB/(g/L)	17.53±2.59	18.49±3.65	1.876	0.062
Hb/(g/L)	97.65±11.26	101.26±15.46	1.654	0.100
HCT/%	37.45±3.35	43.45±3.78	9.907	<0.001
PCWP/mmHg	17.23±2.30	14.33±2.49	7.184	<0.001
CVP/cmH ₂ O	14.28±1.12	11.74±1.52	10.905	<0.001

表 5. 多因素 Logistic 回归分析 AMI 患者预后不良的影响因素

Table 5. Multivariate Logistic regression analysis of factors affecting poor prognosis in AMI patients

项目	β	SE	Wald χ^2	P	OR	95% CI
容量负荷情况	0.447	0.154	8.434	<0.001	1.564	1.284 ~ 1.864
TMAD1	-0.200	0.055	13.180	<0.001	0.819	0.576 ~ 0.941
TMAD2	-0.259	0.076	11.593	<0.001	0.772	0.603 ~ 0.868
TMADMidpt	-0.350	0.128	7.458	<0.001	0.705	0.486 ~ 0.869
HCT	-0.231	0.103	5.016	0.042	0.794	0.643 ~ 0.937
PCWP	0.344	0.138	6.225	0.025	1.411	1.106 ~ 1.623
CVP	0.287	0.112	6.552	0.022	1.332	1.138 ~ 1.529

2.8 TMAD 参数、容量性指标对 AMI 患者预后不良的诊断效能

ROC 曲线分析结果显示,联合 TMAD 参数预测 AMI 预后的 AUC 为 0.835 (95% CI: 0.770 ~ 0.901, $P < 0.001$),联合容量性指标预测 AMI 预后的 AUC 为 0.951 (95% CI: 0.916 ~ 0.975, $P < 0.001$),二者均

明显高于单项预测 (均 $P < 0.05$);而 TMAD 参数与容量性指标联合预测的 AUC 为 0.971 (95% CI: 0.952 ~ 0.986, $P < 0.001$),该值高于单项检测结果,也高于仅联合 TMAD 参数或仅联合容量性指标的预测结果(表 7 和图 2)。

表 6. 不同 TMAD 参数及不同容量性指标下预后不良差异的比较

Table 6. Comparison of poor prognosis differences across different TMAD parameters and different volumetric indicators

单位:例(%)

项目	指标水平	TMAD1		TMAD2		TMADMidpt	
		<9.66	≥9.66	<9.24	≥9.24	<9.88	≥9.88
HCT/%	<39.08	34(48.57)	17(24.29)	32(45.71)	20(28.57)	39(55.71)	15(21.43)
	≥39.08	11(15.71)	8(11.43)	13(18.57)	5(7.14)	6(8.57)	10(14.29)
PCWP/mmHg	<15.37	17(24.29)	7(10.00)	14(20.00)	10(14.29)	12(17.14)	7(10.00)
	≥15.37	28(40.00)	18(25.71)	31(44.29)	15(21.43)	33(47.14)	18(25.71)
CVP/cmH ₂ O	<13.87	30(42.86)	10(14.29)	17(24.29)	8(11.43)	11(15.71)	9(12.86)
	≥13.87	15(21.43)	15(21.43)	28(40.00)	17(24.29)	34(48.57)	16(22.86)

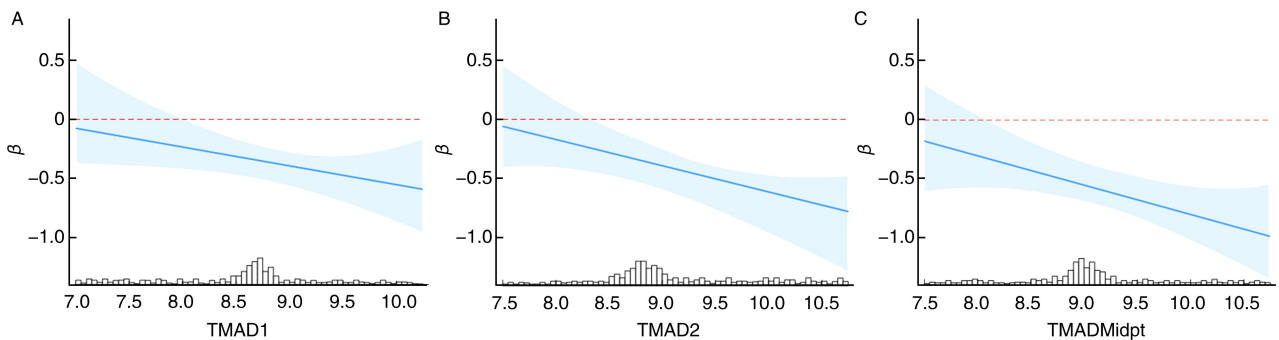


图 1. 容量负荷对 TMAD 参数与预后不良的影响

Figure 1. Effect of volume load on the relationship between TMAD parameters and poor prognosis

表 7. TMAD 参数、容量性指标对 AMI 患者预后不良的诊断效能

Table 7. Diagnostic performance of TMAD parameters and volumetric indicators for poor prognosis in AMI patients

项目	AUC	95% CI	灵敏度	特异度	P
TMAD1	0.783	0.712 ~ 0.853	0.586	0.834	<0.001
TMAD2	0.712	0.634 ~ 0.790	0.863	0.468	<0.001
TMADMidpt	0.765	0.690 ~ 0.841	0.615	0.871	<0.001
TMAD 联合检测	0.835	0.770 ~ 0.901	0.778	0.833	<0.001
HCT	0.853	0.789 ~ 0.918	0.780	0.908	<0.001
PCWP	0.869	0.807 ~ 0.931	0.858	0.851	<0.001
CVP	0.921	0.876 ~ 0.966	0.986	0.859	<0.001
容量性指标联合检测	0.951	0.916 ~ 0.975	0.926	0.958	<0.001
TMAD、容量性指标联合检测	0.971	0.952 ~ 0.986	0.976	0.914	<0.001

3 讨论

容量超负荷是 AMI 患者常见的病理生理状态,其特征为循环血容量异常增多,导致组织间隙液体滞留和心脏前负荷增高^[15]。容量超负荷可造成器官功能异常,引起肺部感染、心肌缺血等问题,从而增加再住院率及预后不良风险^[16]。因此,加强容量管理是重要的治疗策略。本研究通过检测 AMI 患

者容量性指标及 TMAD 指标,分析两者的相关性及联合检测对患者预后的预测价值。

AMI 患者因心肌坏死导致心室收缩功能下降,而容量超负荷会进一步增加心室前负荷,加重心肌耗氧和泵功能障碍,导致患者心输出量降低,SBP、DBP 为反映患者心输出量的直接指标。SOFA 评分用于评估多器官功能障碍程度,SAPS II 评分用于判断重症患者的整体病情严重程度。有研究发现,容量

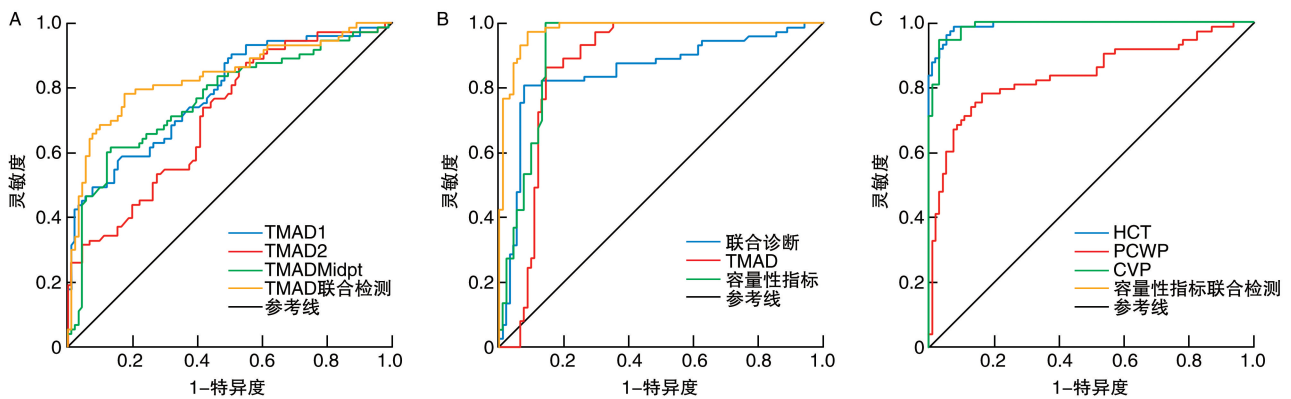


图 2. TMAD 参数、容量性指标对 AMI 患者预后不良的诊断效能

A 为 TMAD 参数及联合检测诊断 AMI 患者预后不良的 ROC 曲线, B 为容量性指标及联合检测诊断 AMI 患者预后不良的 ROC 曲线, C 为 TMAD 联合检测、容量性指标联合检测及二者联合检测诊断 AMI 患者预后不良的 ROC 曲线。

Figure 2. Diagnostic performance of TMAD parameters and volumetric indicators for poor prognosis in AMI patients

负荷较高的患者表现出更高的 BUN、肌酐、SAPS II 评分和 SOFA 评分^[17]。肌酐和 BUN 是反映肾功能的核心指标,两者增高提示肾功能损伤严重。有研究证明,AMI 患者容量负荷增加是心肌缺血加重的关键因素,容量超负荷与肾功能损伤有关^[18]。本研究发现,与非容量超负荷组相比,容量超负荷组的 SBP 和 DBP 显著降低,这与相关研究结果一致^[19],提示容量超负荷可能导致心输出量下降。其原因可能在于 AMI 时心肌收缩力受损,过量液体滞留会增加心脏前负荷,进而诱发心力衰竭。低血压是心功能失代偿的典型表现,与组织灌注不足直接相关^[20]。容量超负荷组的 SOFA 评分与 SAPS II 评分显著更高,表明容量超负荷会增加多器官功能障碍的风险。该组的肌酐与 BUN 水平也明显升高,提示肾小球滤过功能下降。当发生容量超负荷时,肾静脉淤血与心输出量减少会导致肾灌注不足,进而激活肾素-血管紧张素-醛固酮系统,进一步促进水钠潴留,形成恶性循环^[21-22]。

TMAD 可反映 AMI 患者左心室的纵向收缩能力。其中, TMAD1 和 TMAD2 分别代表二尖瓣环侧壁、室间隔基底段在收缩期的最大位移值; TMADMidpt 为 TMAD1 与 TMAD2 的中点位移,能更全面地反映左心室整体收缩功能; TMADMidpt% 则是 TMADMidpt 相对于左心室总长度的百分比,可减少因个体左心室大小差异导致的偏差。已有研究证明, TMAD 可作为心血管疾病的早期诊断和治疗效果评估的工具^[23]。本研究发现非容量超负荷组的 TMAD 指标明显优于容量超负荷组,究其原因,可能在于 TMAD 主要反映左心室的纵向收缩能力,对前负荷变化具有较高敏感性。AMI 会直接损伤

参与纵向缩短并牵拉二尖瓣环的心肌纤维,而容量超负荷则会进一步加重左心室结构与功能的损害。容量超负荷意味着左心室前负荷增加,这会加速并加重左心室扩张,进而进一步削弱左心室的纵向收缩能力^[24]。此外,循环血容量显著增加可加强心包约束,对心室的扩张形成物理限制,尤其是在 AMI 患者中,心室的顺应性下降,心包约束效应更为明显,从而限制左心室纵向应变^[25]。其次,容量超负荷会改变心室-动脉的耦合关系,影响心肌的机械效率,进而对二尖瓣环的纵向位移产生影响^[26]。

ALB、Hb、HCT、PCWP、CVP 是目前临床上公认的容量性相关指标^[12]。其中, ALB、Hb、HCT 反映患者的血容量水平,若这些指标降低,提示血容量不足;若指标异常升高,则可能提示患者存在容量超负荷情况。有研究发现, CVP、PCWP 在 AMI 患者容量状态评价中发挥了重要作用^[27]。本研究发现, TMAD 与 ALB、Hb、HCT 呈正相关,与 PCWP、CVP 呈负相关。提示 TMAD 与容量性指标存在相关性, TMAD 可反映 AMI 患者容量超负荷。本研究还发现,预后不良组容量超负荷患者比例较高, TMAD1、TMAD2、TMADMidpt、HCT 水平较低, PCWP、CVP 水平较高。多因素 Logistic 回归分析结果进一步显示, TMAD1、TMAD2、TMADMidpt、HCT 增高是患者预后不良的独立保护因素,容量负荷情况、PCWP 和 CVP 增高是患者预后不良的独立危险因素。已有研究表明, PCWP、CVP 增高与 AMI 患者的死亡率增加有关^[28]。本研究的交互作用分析进一步表明,容量超负荷可增强 TMAD 参数与预后的负相关关系,提示容量超负荷会进一步恶化患者预后。ROC 曲线分析结果显示,联合 TMAD 参数预测

AMI 预后的 AUC 为 0.835,联合容量性指标预测的 AUC 为 0.951,表明 TMAD 参数与容量性指标对 AMI 患者预后均具有一定预测价值。进一步的分析发现, TMAD 参数与容量性指标联合检测的 AUC 达 0.971,高于各单项检测及上述两种联合检测的结果,提示两者联合检测可显著提升预测效能。

本研究综合分析了 TMAD 各参数与容量性指标的相关性,证实 TMAD 不仅能反映左心室收缩功能,还可作为评估容量超负荷的无创性指标,为临床评估 AMI 患者容量状态提供了新工具。此外,本研究还证实 TMAD 参数与容量性指标联合检测对 AMI 患者短期预后具有极高预测价值,具备重要的临床转化意义。

综上所述, TMAD 可作为评估 AMI 患者容量负荷及预后的有效指标,联合容量性指标检测能进一步提高预后预测的准确性,为 AMI 患者的预后评估提供了重要参考。本研究仍存在以下局限性:(1) 本研究为单中心回顾性研究,共纳入 164 例患者,样本量相对有限,未来需开展多中心、大样本的前瞻性研究;(2) 随访时间较短, TMAD 与容量负荷对 AMI 患者长期预后的影响尚未明确,需延长随访时间;(3) AMI 急性期患者存在心肌顿抑、微循环障碍等因素,可能会影响左心室收缩功能及 TMAD 的测量值,未来研究可在统一时间点进行测量,以进一步明确 TMAD 在急性期动态变化中的价值;(4) TMAD 及容量性指标仅在入院初期进行了测量,未评估其动态变化对预后的影响。

[参考文献]

- [1] LUO W, TAO Z, LI X, et al. The association between triglyceride-glucose index, atherogenic index of plasma, systemic immune-inflammation index, and mortality in patients with acute coronary syndrome: the direct effects of glucose-lipid metabolism and U-shaped immune modulation in mortality risk[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2025, 12: 1604284.
- [2] LIN Y, XUE Y, LIU J, et al. Prognostic value of estimated plasma volume in patients with chronic systolic heart failure [J]. *J Investig Med*, 2021, 69(2): 338-344.
- [3] ZHANG S, ZHU Z, LUO M, et al. The optimal definition and prediction nomogram for left ventricular remodelling after acute myocardial infarction [J]. *ESC Heart Fail*, 2023, 10(5): 2955-2965.
- [4] ZHANG Y, SUN W, WU C, et al. Prognostic value of right ventricular ejection fraction assessed by 3D echocardiography in COVID-19 patients[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8: 641088.
- [5] 郭园园, 王雲雲, 李海龙. 三维超声心动图右心室特征对急性左心室下壁心肌梗死患者 PCI 术后心力衰竭的预测价值 [J]. *中国动脉硬化杂志*, 2024, 32(2): 149-154.
GUO Y Y, WANG Y Y, LI H L. Predictive value of right ventricular features on three-dimensional echocardiography for heart failure after PCI in patients with inferior wall myocardial infarction [J]. *Chin J Arterioscler*, 2024, 32(2): 149-154.
- [6] 姚驰, 葛丽丽, 李鑫, 等. 组织运动二尖瓣环位移自动追踪技术评价不同程度冠状动脉病变患者左心室收缩功能 [J]. *中国超声医学杂志*, 2023, 39(10): 1117-1121.
YAO C, GE L L, LI X, et al. Evaluation of left ventricular systolic function in patients with varying degrees of coronary artery disease using tissue motion tracking of mitral annular displacement [J]. *Chin J Ultrasound Med*, 2023, 39(10): 1117-1121.
- [7] HSIEH Y K, WANG M T, WANG C Y, et al. Recent advances in the diagnosis and management of acute myocardial infarction [J]. *J Chin Med Assoc*, 2023, 86(11): 950-959.
- [8] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组, 中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组, 中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会, 等. 稳定性冠心病诊断与治疗指南 [J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(9): 680-694.
Interventional Cardiology Group of Cardiovascular Branch of Chinese Medical Association, Atherosclerosis and Coronary Heart Disease Group of Cardiovascular Branch of Chinese Medical Association, and Thrombosis Prevention Professional Committee of Cardiovascular Physicians Branch of Chinese Medical Association, et al. Guidelines for diagnosis and treatment of stable coronary heart disease [J]. *Chin J Cardiol*, 2018, 46(9): 680-694.
- [9] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2024 年修订版) [J]. *中华高血压杂志*, 2024, 32(7): 603-700.
Chinese Hypertension Prevention and Treatment Guidelines Revision Committee, Hypertension Alliance (China), Hypertension Branch of China Association for International Exchange and Promotion of Healthcare, et al. Chinese guidelines for the prevention and treatment of hypertension (revised 2024 edition) [J]. *Chin J Hypertens*, 2024, 32(7): 603-700.
- [10] 中华医学会糖尿病学分会. 中国糖尿病防治指南(2024 版) [J]. *中华糖尿病杂志*, 2025, 17(1): 16-139.
Diabetes Branch of Chinese Medical Association. Guideline for the prevention and treatment of diabetes mellitus in

- China (2024 edition) [J]. *Chin J Diabetes*, 2025, 17 (1): 16-139.
- [11] MORENO R, RHODES A, PIQUILLOUD L, et al. The sequential organ failure assessment (SOFA) score: has the time come for an update? [J]. *Crit Care*, 2023, 27 (1): 15.
- [12] ZHENG X, HU T, LIU T, et al. Simplified acute physiology score III is excellent for predicting in-hospital mortality in coronary care unit patients with acute myocardial infarction: a retrospective study [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 989561.
- [13] 马丽, 刘元生, 余剑波, 等. 急性心力衰竭 NT-proBNP 水平及下腔静脉塌陷指数对患者容量负荷及预后的预测价值 [J]. *医学研究生学报*, 2020, 33 (3): 289-295.
- MA L, LIU Y S, YU J B, et al. Predictive value of NT-proBNP level and IVC-CI on volume load and prognosis in patients with acute heart failure [J]. *J Med Postgra*, 2020, 33(3): 289-295.
- [14] LOUTRADIS C, SARAFIDIS P A, FERRO C J, et al. Volume overload in hemodialysis: diagnosis, cardiovascular consequences, and management [J]. *Nephrol Dial Transplant*, 2021, 36(12): 2182-2193.
- [15] KARIMI A, MATHEW K, POURAFSHAR N. Mechanisms of congestion in acute decompensated heart failure [J]. *Cardiorenal Med*, 2025, 15(1): 544-551.
- [16] GRIGORE M, NICOLAE C, GRIGORE A M, et al. Contemporary perspectives on congestion in heart failure: bridging classic signs with evolving diagnostic and therapeutic strategies [J]. *Diagnostics (Basel)*, 2025, 15 (9): 1083.
- [17] CHEN J, SHEN J, CAI D, et al. Estimated plasma volume status (ePVS) is a predictor for acute myocardial infarction in-hospital mortality: analysis based on MIMIC-III database [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2021, 21(1): 530.
- [18] TAPIA K, BARBOSA B, CROISSANT Y, et al. Total body water and acute kidney injury in myocardial infarction [J]. *Eur Heart J. Acute Cardiovasc Care*, 2023, 12 (Supplement_1): zuad036.118.
- [19] YOSHIOKA G, TANAKA A, WATANABE N, et al. Prognostic impact of incident left ventricular systolic dysfunction after myocardial infarction [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 1009691.
- [20] LI B, DAI Y, CAI W, et al. Monitoring of perioperative tissue perfusion and impact on patient outcomes [J]. *J Cardiothorac Surg*, 2025, 20(1): 100.
- [21] OH S, KIM J H, CHO K H, et al. Renin-angiotensin-aldosterone system inhibitions and cardiovascular outcomes in acute myocardial infarction with renal impairment [J]. *Mayo Clin Proc*, 2023, 98(9): 1310-1322.
- [22] MOISES A I, TIGHIOUART H, TESTANI J M, et al. Association of volume overload with kidney function outcomes among patients with acute decompensated heart failure [J]. *Am J Kidney Dis*, 2025, 86(3): 324-334.
- [23] SONG J, YAO Y, LIN S, et al. Feasibility and discriminatory value of tissue motion annular displacement in sepsis-induced cardiomyopathy: a single-center retrospective observational study [J]. *Crit Care*, 2022, 26(1): 220.
- [24] HAVLENOVA T, SKAROUPKOVA P, MIKLOVIC M, et al. Right versus left ventricular remodeling in heart failure due to chronic volume overload [J]. *Sci Rep*, 2021, 11 (1): 17136.
- [25] MASSALHA E, BRODOV Y, OREN D, et al. Pericardial involvement in ST-segment elevation myocardial infarction as detected by cardiac MRI [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 752626.
- [26] LI H, YE T, SU L, et al. Assessment of right ventricular-arterial coupling by echocardiography in patients with right ventricular pressure and volume overload [J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2023, 24(12): 366.
- [27] MILLER W L. Volume and pressure in heart failure: complementary but not two sides of the same coin [J]. *J Card Fail*, 2018, 24(8): S23-S24.
- [28] HEEGAARD B, DEIS T, ROSSING K, et al. Diabetes mellitus and hemodynamics in advanced heart failure [J]. *Int J Cardiol*, 2023, 379: 60-65.

(此文编辑 文玉珊)