

• 论著 •

冠状动脉慢性完全闭塞合并左室射血分数轻度降低的心力衰竭患者介入术后短期不良心血管事件的预测模型建立

许中兴¹ 董翔宇¹ 王霆¹ 刘永¹ 周立英¹ 王冬² 冯艳² 王凤霞¹

(1. 新疆维吾尔自治区人民医院心脏及泛血管医学诊疗中心心血管内科, 新疆 乌鲁木齐 830001; 2. 新疆维吾尔自治区人民医院心脏及泛血管医学诊疗中心心电学科, 新疆 乌鲁木齐 830001)

【摘要】目的 预测冠状动脉慢性完全闭塞(CTO)合并左室射血分数轻度降低的心力衰竭(HFmrEF)患者行经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后短期主要不良心血管事件(MACE)风险的发生,构建列线图预测模型并评价其性能。**方法** 回顾性选取2020年9月1日—2023年3月1日就诊于新疆维吾尔自治区人民医院的CTO合并HFmrEF并行PCI患者共364例作为研究对象,术后随访1年,采用logistic回归分析预测PCI后发生MACE的独立危险因素,采用多因素分析构建列线图预测模型并采用Bootstrap法对模型进行内部验证;采用ROC曲线、曲线下面积、校准曲线和决策曲线评估模型的准确度、预测效能和临床净获益。**结果** 多因素logistic分析显示,心律失常病史、病变开通、血红蛋白、N末端脑钠肽前体和中性粒细胞/淋巴细胞比值为预测PCI后MACE发生的独立危险因素,以此构建的列线图经内部验证,曲线下面积为0.919(95% CI 0.890~0.947),具有较好的一致性。决策曲线显示此预测模型可提供额外的临床净获益。**结论** 本研究构建的预测CTO合并HFmrEF患者PCI后发生短期MACE的列线图模型具有较好的预测效能,有助于医护人员尽早制定对策,降低MACE的发生风险,提高患者生存概率。

【关键词】 冠状动脉慢性完全闭塞;左室射血分数轻度降低;经皮冠状动脉介入治疗;不良心血管事件;列线图预测模型

【DOI】10.16806/j.cnki.issn.1004-3934.2024.11.016

Predictive Modeling of Short-Term Adverse Cardiovascular Events After Intervention in Patients with Coronary Artery Chronic Total Occlusion Combined with Heart Failure with Mildly Reduced Left Ventricular Ejection Fraction

XU Zhongxing¹, DONG Xiangyu¹, WANG Ting¹, LIU Yong¹, ZHOU Liying¹, WANG Dong², FENG Yan², WANG Fengxia¹

(1. Cardiovascular Medicine Department, Heart and Panvascular Medicine Diagnosis and Treatment Center, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830001, Xinjiang, China; 2. Department of Electrophysiology, Heart and Panvascular Medicine Diagnosis and Treatment Center, People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi 830001, Xinjiang, China)

【Abstract】 Objective To predict the occurrence of short-term risk of major adverse cardiovascular event (MACE) after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with coronary artery chronic total occlusion (CTO) combined with heart failure with mildly reduced left ventricular ejection fraction (HFmrEF), to construct a nomogram prediction model and to evaluate its performance. **Methods** A total of 364 patients with CTO combined with HFmrEF who underwent PCI in People's Hospital of Xinjiang Uygur Autonomous Region from September 1, 2020 to March 1, 2023 were retrospectively selected as the study subjects, and were followed up for 1 year after the procedure. Logistic regression analysis was used to predict the independent risk factors for the occurrence of MACE after PCI, multifactorial analysis was used to construct a nomogram prediction model and the model was internally validated using the Bootstrap method; the accuracy, predictive efficacy and net clinical benefit of the model were assessed using the ROC curve, area under the curve (AUC), calibration curve and decision curve. **Results** Multivariate logistic analysis showed that arrhythmia history, lesion opening, hemoglobin, N-terminal pro-brain natriuretic peptide and neutrophil to lymphocyte ratio were independent risk factors for predicting the occurrence of MACE after PCI, and the nomogram constructed in this way was internally validated with an AUC of 0.919 (95% CI 0.890~0.947), which was in good agreement. The decision curve showed that this predictive model could provide additional net clinical benefit. **Conclusion** The nomogram prediction model constructed in this study to predict the occurrence of short-term MACE after PCI in patients with CTO combined with HFmrEF has good

基金项目:新疆维吾尔自治区区域协同创新专项-科技援疆计划(2021E02051)

通信作者:王凤霞, E-mail: wfx3569916@qq.com

predictive efficacy, which can help healthcare professionals to formulate countermeasures as early as possible to reduce the risk of MACE and improve the chances of patient survival.

【Keywords】 Coronary artery chronic total occlusion; Mildly reduced left ventricular ejection fraction; Percutaneous coronary intervention; Adverse cardiovascular event; Nomogram prediction model

心力衰竭(heart failure, HF)是由心脏结构发生变化和/或功能性异常所导致的一种临床综合征,具有较高的发病率和病死率,临床特征包括呼吸困难、乏力、心脏重构^[1]和外周水肿等症状。在过去 15 年中, HF 的总患病率增加了 44%^[2]。射血分数轻度降低的心力衰竭(heart failure with mildly reduced ejection fraction, HFmrEF)是指左室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)为 41%~49% 的心力衰竭^[3],占 HF 患者总数的 12%~25%^[4]。HFmrEF 患者的 LVEF 水平下降可减弱心脏收缩能力,引起心脏重构,增加不良预后风险。冠心病是冠状动脉管腔狭窄、阻塞致心肌缺血、缺氧而引起的心脏病,是全球范围内临床最常见心脏病及主要致死病因之一,也是导致 HFmrEF 患者住院的最常见病因^[5]。冠状动脉慢性完全闭塞(chronic total occlusions, CTO)是冠心病的一种常见类型,指在前向心肌梗死溶栓治疗试验(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)中血流分级 0 级、无血栓、近端纤维帽未染色、有成熟侧支循环等典型表现,且闭塞时间 ≥ 3 个月^[6]。CTO 冠状动脉造影表现为闭塞冠状动脉无前向造影剂通过(TIMI 0 级)或仅有少量造影剂通过(TIMI 1 级)^[7]。与其他类型的 HF 一样, HFmrEF 合并包括 CTO 在内的冠心病患者的治疗主要分为药物治疗(钠-葡萄糖共转运蛋白 2 抑制剂^[8]、 β 受体阻滞剂、血管紧张素受体脑啡肽酶抑制剂、血管紧张素转化酶抑制剂、血管紧张素 II 受体阻滞剂和盐皮质激素受体拮抗剂等)和血运重建。主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular event, MACE)主要包括术后不稳定型心绞痛、再发心肌梗死、严重心律失常和猝死等,严重影响患者预后,而经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)是缓解冠心病患者心绞痛症状、改善预后的方法。目前临床上 PCI 在 CTO 患者中应用率较低^[9],原因可能为病变开通难度较高,且术后并发症发生率较高。尽管目前 PCI 技术取得了很大进步,但对于 CTO 合并 HFmrEF 患者, PCI 后 MACE 发生率和预后仍有争议。本研究旨在探讨 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后发生 MACE 的危险因素并建立预测模型进行早期风险预测,以便作出应对措施。

1 资料和方法

1.1 一般资料

选取 2020 年 9 月 1 日—2023 年 3 月 1 日就诊于

新疆维吾尔自治区人民医院的 CTO 合并 HFmrEF 行 PCI 患者 364 例,年龄为(63.41 ± 9.85)岁,对患者进行 1 年的术后随访,根据是否发生 MACE 分为 MACE 组($n = 75$)和非 MACE 组($n = 289$)。纳入标准:(1)患者年龄 > 18 岁;(2)接受心脏超声和冠状动脉造影检查并于本院行 PCI。排除标准:(1)严重的肺通气功能障碍;(2)冠状动脉造影禁忌证;(3)有紧急血运重建适应证;(4)合并严重恶性肿瘤或重大疾病,预期寿命 < 1 年;(5)临床资料不完整。本研究中受试者知情同意并签署生物样本及健康相关信息捐赠者知情同意书。

1.2 数据收集

收集两组患者的一般资料,包括:年龄、性别、体重指数、心肌梗死病史、卒中史、吸烟史、冠心病家族史、糖尿病史、高血压病史、心律失常病史、外周动脉粥样硬化史等;血管紧张素转化酶抑制剂类药物、利尿剂、 β 受体阻滞剂等口服用药情况;实验室检查包括血红蛋白、总胆固醇、N 末端脑钠肽前体(N-terminal pro-brain natriuretic peptide, NT-proBNP)、肾小球滤过率、高密度脂蛋白胆固醇、甘油三酯、低密度脂蛋白胆固醇、LVEF、中性粒细胞/淋巴细胞比值(neutrophil to lymphocyte ratio, NLR)等;手术情况包括侧支循环状况、冠状动脉多支病变情况、CTO 病变位置分布、手术并发症、病变是否开通等冠状动脉介入手术资料;通过在线评分系统(<https://m.medsci.cn/scale/show.do?id=6a3a45832a>)计算 J-CTO 评分、通过在线评分系统(<https://syntaxscore.org/calculator/syntaxscore/frameset.htm>)计算 SYNTAX 评分及基线西雅图心绞痛量表(Seattle Angina Questionnaire, SAQ)评分。

1.3 MACE 的定义

MACE 主要包括心源性死亡、恶性心律失常、充血性心力衰竭、心源性休克、心脏骤停、心源性猝死和卒中等。

1.4 统计学方法

采用 R4.2.0 软件分析。符合正态分布的连续变量用平均值 \pm 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,比较采用 t 检验;非正态分布的连续变量采用中位数(四分位间距)表示,分类变量以频数和百分比 $n(\%)$ 表示,采用 χ^2 检验。各独立危险因素采用多因素 logistic 回归分析,单因素分析结果纳入多因素 logistic 回归分析,明确预测 PCI

后 MACE 风险的独立危险因素并构建列线图模型。采用 Bootstrap 重抽样法对列线图模型进行内部验证,通过重复 1 000 次抽样以降低过拟合偏差绘制 ROC 曲线及校准曲线,通过曲线下面积(area under the curve, AUC)评估模型的预测效能,通过校准曲线评估模型的一致性。采用决策曲线分析评判预测模型的可用性及实际效益, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基本特征

本研究共纳入 364 例患者,在两组患者中年龄、性别、体重指数等一般资料比较,差异无统计学意义($P > 0.05$)。MACE 组中血红蛋白含量、NT-proBNP

值、肾小球滤过率、心律失常病史、病变有无开通等数据差异明显,差异具有统计学意义($P < 0.05$)。

2.2 术后 MACE 风险的危险因素

单因素 logistic 结果显示,非 MACE 组和 MACE 组的心律失常病史、病变开通、血红蛋白、NT-proBNP、NLR、肾小球滤过率均具有差异性($P < 0.05$)。多因素 logistic 结果显示,心律失常病史($OR = 2.40, P = 0.018$)、病变开通($OR = 0.37, P = 0.010$)、血红蛋白($OR = 1.05, P = 0.021$)、NT-proBNP($OR = 1.01, P < 0.001$)、NLR($OR = 1.49, P = 0.005$)为 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后 MACE 风险的独立危险因素,见表 1。

表 1 预测 PCI 后 MACE 风险的单因素和多因素分析结果

变量	单因素分析		多因素分析	
	<i>P</i>	<i>OR</i> (95% <i>CI</i>)	<i>P</i>	<i>OR</i> (95% <i>CI</i>)
年龄	0.371	1.01(0.99~1.04)		
体重指数	0.527	0.94(0.79~1.13)		
SYNTAX 评分	0.803	0.99(0.95~1.04)		
SAQ 评分	0.636	0.99(0.97~1.02)		
LVEF	0.369	0.96(0.88~1.05)		
血红蛋白	0.027	1.03(1.01~1.06)	0.021	1.05(1.01~1.09)
总胆固醇	0.593	0.93(0.72~1.20)		
高密度脂蛋白胆固醇	0.561	0.69(0.20~2.38)		
低密度脂蛋白胆固醇	0.544	0.85(0.50~1.44)		
甘油三酯	0.644	1.04(0.88~1.22)		
NT-proBNP	<0.001	1.01(1.01~1.01)	<0.001	1.01(1.01~1.01)
肾小球滤过率	0.011	0.97(0.96~0.99)	0.161	0.98(0.96~1.01)
NLR	<0.001	1.57(1.27~1.93)	0.005	1.49(1.13~1.97)
性别				
男		1.00		
女	0.955	0.98(0.55~1.75)		
心肌梗死病史				
无		1.00		
有	0.908	0.97(0.57~1.64)		
卒中史				
无		1.00		
有	0.109	1.59(0.90~2.79)		
吸烟史				
无		1.00		
有	0.844	1.05(0.63~1.77)		
冠心病家族史				
无		1.00		
有	0.186	1.70(0.77~3.73)		
糖尿病史				
无		1.00		
有	0.101	0.61(0.34~1.10)		

续表

变量	单因素分析		多因素分析	
	<i>P</i>	<i>OR</i> (95% <i>CI</i>)	<i>P</i>	<i>OR</i> (95% <i>CI</i>)
高血压病史				
无		1.00		
有	0.173	1.43(0.85~2.39)		
心律失常病史				
无		1.00		1.00
有	<0.001	3.13(1.83~5.37)	0.018	2.40(1.16~4.95)
外周动脉粥样硬化史				
无		1.00		
有	0.641	1.14(0.66~1.94)		
血管紧张素转化酶抑制剂				
无		1.00		
有	0.281	1.36(0.78~2.38)		
利尿剂				
无		1.00		
有	0.069	1.62(0.96~2.72)		
β受体阻滞剂				
无		1.00		
有	0.540	0.85(0.50~1.44)		
侧支循环状况				
0 级		1.00		
1 级	0.462	0.74(0.34~1.64)		
2 级	0.586	1.22(0.60~2.49)		
3 级	0.970	1.01(0.51~2.03)		
J-CTO 评分				
0		1.00		
1	0.909	1.14(0.13~10.09)		
2	0.806	1.31(0.15~11.60)		
3	0.578	2.00(0.17~22.95)		
4	0.280	4.00(0.32~49.60)		
冠状动脉多支病变情况				
无		1.00		
有	0.557	1.16(0.70~1.94)		
CTO 病变位置分布				
前降支		1.00		
回旋支	0.893	1.04(0.56~1.93)		
右冠状动脉	0.488	0.80(0.43~1.49)		
病变开通				
无		1.00		1.00
有	<0.001	0.32(0.18~0.55)	0.010	0.37(0.18~0.79)
手术并发症				
无		1.00		
有	0.100	1.90(0.88~4.07)		

2.3 构建列线图预测模型

图 1 为根据多因素分析结果构建的列线图模型。根据患者临床资料分别获得各指标得分并相加,总分线上的对应数值即为该患者术后出现 MACE 的风险概率。例

如,第 5 个患者无心律失常病史,血红蛋白为 163 g/L, NLR 值为 3.3,有病变开通,NT-proBNP 为 2 330 ng/L,则各指标对应分数分别为 25、36、30、11、54 分,总分 156 分,对应发生 MACE 的概率约为 64.1%。

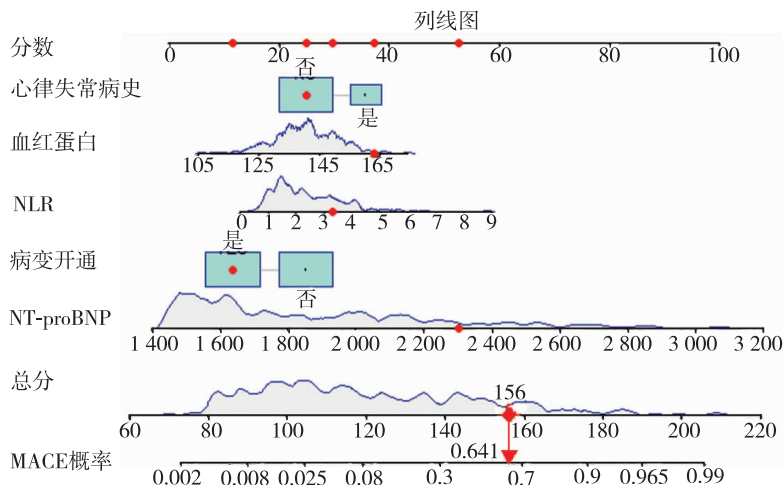


图 1 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后 MACE 风险的列线图预测模型

2.4 列线图模型的预测效能

通过 Bootstrap 重抽样法绘制脑钠肽 (brain natriuretic peptide, BNP) 与预测模型的 ROC 曲线评估模型区分度,图 2 表明,BNP 的 AUC 为 0.677 (95% CI 0.609 ~ 0.746),预测模型的 AUC 为 0.919 (95% CI

0.890 ~ 0.947),该模型具有良好的区分度。图 3 表明,此列线图预测模型的校正曲线趋于理想曲线,经 1 000 次重抽样内部自验证后,平均绝对误差为 0.023。图 4 显示当风险阈值 > 0.03 时,此预测模型在预测 MACE 发生风险方面可提供额外的临床净获益。

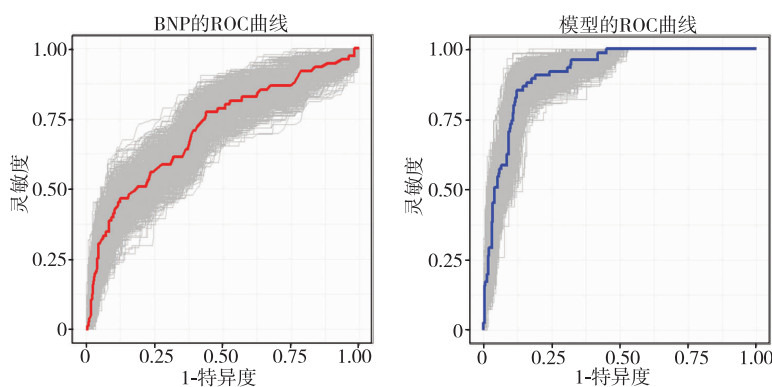


图 2 Bootstrap 后 BNP 与预测模型的 ROC 曲线

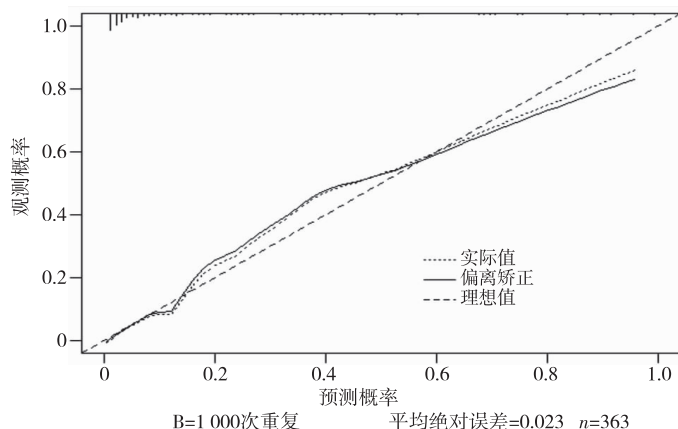


图 3 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后 MACE 发生风险列线图预测模型的校正曲线

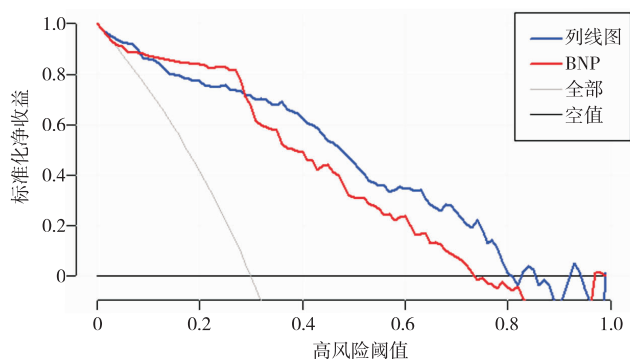


图4 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后 MACE 发生风险列线图预测模型的决策曲线

3 讨论

CTO 是指冠状动脉在粥样硬化基础上表现出完全阻塞且持续时间 > 3 个月的病变,是冠心病患者常见病变类型。对于 CTO 合并 HFmrEF 的患者,PCI 能有效改善心脏灌注并提高 LVEF,然而 LVEF 的提高对预后的影响尚无定论^[10]。随着 PCI 技术的不断发展,CTO 病变的治疗成功率显著提高,PCI 成为近年来对 CTO 患者的治疗热点^[11]。但 PCI 后 MACE 发生率居高不下^[12],且接受 PCI 的患者数量不足 1/3^[13]。因此,分析并筛选出 PCI 后 MACE 的独立危险因素,制作风险预测模型进行早期风险预测,具有重大临床意义。

本研究基于临床资料对 CTO 合并 HFmrEF 的患者行 PCI 后 MACE 的影响因素进行 logistic 回归分析,结果显示心律失常病史、病变开通、血红蛋白、NT-proBNP 和 NLR 是患者术后 MACE 的独立危险因素。基于上述指标所建立的列线图模型 AUC 为 0.92,经内部验证,具有较好的预测性能,能有效帮助临床医师在临床早期施行个性化对策,改善患者预后。

心房颤动是严重的心房电活动紊乱现象,会导致不同类型的冠心病患者再次发生冠状动脉事件及脑血管疾病,显著增加 MACE 发生风险^[14-15]。有研究^[16]指出,室性期前收缩提示患者冠状动脉病变广泛且严重,PCI 后发生无复流风险增加,可能为 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后 MACE 风险增加的潜在机制。本研究结果显示心律失常是 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后发生 MACE 的独立危险因素,这与既往研究结论一致。NT-proBNP 是一种由心肌细胞应激后产生的心脏激素,能调节心血管自身的稳定性,是目前 HF 诊疗中应用最广泛的生物标志物。本研究结果证实 NT-proBNP 是 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后发生 MACE 的独立危险因素,与范磊等^[17]的研究结果一致。

CTO 介入开通是 PCI 中的重要课题,整体 PCI 开通治疗能显著提高 CTO 患者介入治疗开通的成功率,

且手术并发症发生率较低^[11]。病变开通是 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后发生 MACE 的独立危险因素,成功的病变开通能有效降低患者 PCI 后 MACE 的发生率,起到保护作用。随着新一代介入材料的研发和医师水平的不断进步,病变开通取得了较好的介入效果和临床预后^[18]。

中性粒细胞与机体炎症反应密切相关。有研究^[19]指出,中性粒细胞被激活后可通过损伤心肌细胞的细胞膜产生的方式导致心肌细胞坏死,同时释放血管活性因子刺激血管增生,加重心肌纤维化。而淋巴细胞具有减少炎症因子释放、促进抗炎因子分泌的作用。NLR 指标为两种细胞的综合,反映了机体炎症水平,可能为 NLR 影响 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后 MACE 发生的机制,一项收集了 205 例样本的研究^[20]也证实了这一结果。在一项前瞻性队列研究^[21]中,血红蛋白水平与 MACE 的发生呈显著负相关,血红蛋白每增加 1 g/dL, MACE 发生率降低 13%。本研究结果也证实了血红蛋白含量与 MACE 的相关性。

综上所述,本研究构建的 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后 MACE 发生风险的列线图预测模型具有良好预测效能,可提高 CTO 合并 HFmrEF 患者 PCI 后风险防控,改善预后。但本研究样本量较少且为单中心研究,未来仍需扩大样本量进行更多外部对照验证。

参考文献

- [1] Ikoma T, Obokata M, Okada K, et al. Impact of right atrial remodeling in heart failure with preserved ejection fraction[J]. *J Card Fail*, 2021, 27(5): 577-584.
- [2] Writing committee of the report on cardiovascular health and diseases in China. Report on cardiovascular health and diseases in China 2021: an updated summary[J]. *Biomed Environ Sci*, 2022, 35(7): 573-603.
- [3] Bozkurt B, Coats AJS, Tsutsui H, et al. Universal definition and classification of heart failure: a report of the Heart Failure Society of America, Heart Failure Association of the European Society of Cardiology, Japanese Heart Failure Society and Writing Committee of the Universal Definition of Heart Failure: Endorsed by the Canadian Heart Failure Society, Heart Failure Association of India, Cardiac Society of Australia and New Zealand, and Chinese Heart Failure Association[J]. *Eur J Heart Fail*, 2021, 23(3): 352-380.
- [4] Shang Z, Wang X, Gao W. Heart failure with mildly reduced ejection fraction: emerging frontiers in clinical characteristics, prognosis, and treatment[J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2022, 23(1): 30.
- [5] Ni T, Liu Y, Huang M, et al. Association between anemia status and the risk of different types of heart failure: a RCSCD-TCM study in China[J]. *Angiology*, 2024, 75(2): 190-196.
- [6] Koelbl CO, Nedeljkovic ZS, Jacobs AK. Coronary chronic total occlusion (CTO): a review[J]. *Rev Cardiovasc Med*, 2018, 19(1): 33-39.
- [7] Jaup T, Allemann Y, Urban P, et al. The Magnum wire for percutaneous coronary balloon angioplasty in 723 patients[J]. *J Invasive Cardiol*, 1995, 7(9): 259-264.
- [8] Anker SD, Butler J, Filippatos G, et al. Empagliflozin in heart failure with a preserved ejection fraction[J]. *N Engl J Med*, 2021, 385(16): 1451-1461.

(下转第 1056 页)

风险相关性的研究进展[J]. 实用心电图学杂志, 2021, 30(6): 424-427.

- [8] Pelliccia F, Gersh BJ, Camici PG. Gaps in evidence for risk stratification for sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Circulation*, 2021, 143(2): 101-103.
- [9] Guttman OP, Pavlou M, O' Mahony C, et al. Predictors of atrial fibrillation in hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Heart*, 2017, 103(9): 672-678.
- [10] Carrick RT, Maron MS, Adler A, et al. Development and validation of a clinical predictive model for identifying hypertrophic cardiomyopathy patients at risk for atrial fibrillation: the HCM-AF score[J]. *Circ Arrhythm Electrophysiol*, 2021, 14(6): e009796.
- [11] Sridharan A, Maron MS, Carrick RT, et al. Impact of comorbidities on atrial fibrillation and sudden cardiac death in hypertrophic cardiomyopathy[J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2022, 33(1): 20-29.
- [12] 中华医学会心血管病学分会, 中国生物医学工程学会心律分会. 心房颤动诊断和治疗中国指南[J]. 中华心血管病杂志, 2023, 51(6): 572-618.
- [13] Kwon S, Kim HK, Kim B, et al. Comparison of mortality and cause of death between adults with and without hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Sci Rep*, 2022, 12(1): 6386.
- [14] Becker RC, Owens AP 3rd, Sadayappan S. Tissue-level inflammation and ventricular remodeling in hypertrophic cardiomyopathy[J]. *J Thromb Thrombolysis*, 2020, 49(2): 177-183.
- [15] Musumeci B, Tini G, Russo D, et al. Left ventricular remodeling in hypertrophic cardiomyopathy: an overview of current knowledge[J]. *J Clin Med*, 2021, 10(8): 1547.
- [16] 曹丹宁, 周碧蓉. 肥厚型心肌病患者合并心房颤动的危险因素及预后分析[J]. 实用心电图学杂志, 2023, 32(6): 405-410.
- [17] MacIntyre C, Lakdawala NK. Management of atrial fibrillation in hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Circulation*, 2016, 133(19): 1901-1905.
- [18] Maron BJ, Desai MY, Nishimura RA, et al. Management of hypertrophic cardiomyopathy: JACC state-of-the-art review[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2022, 79(4): 390-414.
- [19] Ishihara K, Kubota Y, Matsuda J, et al. Predictive factors for decreasing left ventricular ejection fraction and progression to the dilated phase of hypertrophic cardiomyopathy[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(15): 5137.
- [20] Björnsson T, Thorólfsson RB, Sveinbjörnsson G, et al. A rare missense mutation in MYH6 associates with non-syndromic coarctation of the aorta[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(34): 3243-3249.
- [21] Orr N, Arnaout R, Gula LJ, et al. A mutation in the atrial-specific myosin light chain gene (MYL4) causes familial atrial fibrillation[J]. *Nat Commun*, 2016, 7: 11303.
- [22] Patel AP, Dron JS, Wang M, et al. Association of pathogenic DNA variants predisposing to cardiomyopathy with cardiovascular disease outcomes and all-cause mortality[J]. *JAMA Cardiol*, 2022, 7(7): 723-732.
- [23] Zeppenfeld K, Tfelt-Hansen J, de Riva M, et al. 2022 ESC Guidelines for the management of patients with ventricular arrhythmias and the prevention of sudden cardiac death[J]. *Eur Heart J*, 2022, 43(40): 3997-4126.
- [24] Ommen SR, Mital S, Burke MA, et al. 2020 AHA/ACC Guideline for the diagnosis and treatment of patients with hypertrophic cardiomyopathy: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 76(25): 3022-3055.
- [25] Ommen SR, Mital S, Burke MA, et al. 2020 AHA/ACC guideline for the diagnosis and treatment of patients with hypertrophic cardiomyopathy: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. *Circulation*, 2020, 142(25): e558-e631.
- [26] Arbelo E, Protonotarios A, Gimeno JR, et al. 2023 ESC Guidelines for the management of cardiomyopathies[J]. *Eur Heart J*, 2023, 44(37): 3503-3626.
- [27] Zhang HD, Ding L, Weng SX, et al. Characteristics and long-term ablation outcomes of supraventricular arrhythmias in hypertrophic cardiomyopathy: a 10-year, single-center experience[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8: 766571.

收稿日期: 2024-07-07

(上接第 1038 页)

- [9] di Mario C, Mashayekhi KA, Carbo R, et al. Recanalisation of coronary chronic total occlusions[J]. *EuroIntervention*, 2022, 18(7): 535-561.
- [10] Hoebers LP, Claessen BE, Elias J, et al. Meta-analysis on the impact of percutaneous coronary intervention of chronic total occlusions on left ventricular function and clinical outcome[J]. *Int J Cardiol*, 2015, 187: 90-96.
- [11] Farag M, Eged M. CTO in contemporary PCI[J]. *Curr Cardiol Rev*, 2022, 18(1): e310521193720.
- [12] Ren XY, Li YF, Liu HQ, et al. Anti-inflammatory therapy progress in major adverse cardiac events after PCI: Chinese and Western medicine[J]. *Chin J Integr Med*, 2023, 29(7): 655-664.
- [13] Azzalini L, Jolicœur EM, Pighi M, et al. Epidemiology, management strategies, and outcomes of patients with chronic total coronary occlusion[J]. *Am J Cardiol*, 2016, 118(8): 1128-1135.
- [14] Kosmidou I, Liu Y, Zhang Z, et al. Incidence and prognostic impact of atrial fibrillation after discharge following revascularization for significant left main coronary artery narrowing[J]. *Am J Cardiol*, 2020, 125(4): 500-506.
- [15] Batra G, Svennblad B, Held C, et al. All types of atrial fibrillation in the setting of myocardial infarction are associated with impaired outcome[J]. *Heart*, 2016, 102(12): 926-933.
- [16] Berezin AE, Berezin AA. Adverse cardiac remodelling after acute myocardial infarction: old and new biomarkers[J]. *Dis Markers*, 2020, 2020: 1215802.
- [17] Fan L, Zhang ZL, Tang JN, et al. The age, NT-proBNP, and ejection fraction score as a novel predictor of clinical outcomes in CAD patients after PCI[J]. *Clin Appl Thromb Hemost*, 2022, 28: 10760296221113345.
- [18] Shi Y, He S, Luo J, et al. Lesion characteristics and procedural complications of chronic total occlusion percutaneous coronary intervention in patients with prior bypass surgery: a meta-analysis[J]. *Clin Cardiol*, 2022, 45(1): 18-30.
- [19] Shimada BK, Yang Y, Zhu J, et al. Extracellular miR-146a-5p induces cardiac innate immune response and cardiomyocyte dysfunction[J]. *Immunohorizons*, 2020, 4(9): 561-572.
- [20] Sheng J, Liu N, He F, et al. Changes in the neutrophil-to-lymphocyte and platelet-to-lymphocyte ratios before and after percutaneous coronary intervention and their impact on the prognosis of patients with acute coronary syndrome[J]. *Clinics (Sao Paulo)*, 2021, 76: e2580.
- [21] Yang Y, Huang Y. Association between serum hemoglobin and major cardiovascular adverse event in Chinese patients with ST-segment elevation myocardial infarction after percutaneous coronary intervention[J]. *J Clin Lab Anal*, 2022, 36(1): e24126.

收稿日期: 2024-07-08