

【DOI】 10.3969/j.issn.1671-6450.2025.08.007

论著·临床

心脏电生理平衡指数对老年冠心病患者药物涂层球囊扩张术后主要不良心血管事件的预测价值

景永丽, 朱慧敏, 李东程, 郑凯, 马君



基金项目: 江苏省卫生健康委科研基金资助项目(ZD2022041)

作者单位: 223300 江苏淮安, 南京医科大学附属淮安第一医院电生理室(景永丽、朱慧敏、郑凯、马君), 心血管内科(李东程)

通信作者: 李东程, E-mail: jingyli0908@163.com

【摘要】目的 探讨心脏电生理平衡指数(iCEB)对老年冠心病患者药物涂层球囊扩张术后主要不良心血管事件的预测价值。**方法** 回顾性选取2021年4月—2023年2月在南京医科大学附属淮安第一医院行药物涂层球囊扩张术治疗的老年冠心病患者256例,依据术后1年是否发生MACE分为MACE组($n=37$)和非MACE组($n=219$)。采集患者基线资料、术前、术中及术后资料。多因素 Logistic 回归分析术后 MACE 的影响因素,ROC 曲线分析 iCEB 对术后 MACE 的预测价值。**结果** MACE 组脂蛋白(a)[Lp(a)], iCEB、冠状动脉中重度钙化占比高于非 MACE 组($\chi^2/t/P=8.127/<0.001, 57.239/<0.001, 21.241/<0.001$), MACE 组左回旋支(LCX)、边支血管病变占比、QT、QRS 均低于非 MACE 组($\chi^2/t/P=4.775/0.029, 4.700/0.030, 22.450/<0.001, 7.625/<0.001$), 2 组其余临床资料比较差异无统计学意义($P>0.05$); Logistic 回归分析结果显示 LCX($OR=0.347, 95\%CI 0.130\sim 0.929$)、边支血管($OR=0.433, 95\%CI 0.200\sim 0.937$)均对术后 MACE 的发生影响较小,冠状动脉中重度钙化($OR=2.979, 95\%CI 1.464\sim 6.061$)、iCEB 高($OR=6.018, 95\%CI 3.551\sim 10.199$)均为术后 MACE 的危险因素($P<0.05$); ROC 曲线分析结果显示,冠状动脉中重度钙化、iCEB 及二者联合预测术后 MACE 的 AUC 分别为 0.745、0.789 和 0.887, 二者联合检测效能优于各指标单独检测($Z=3.200, 2.958, P$ 均 <0.001)。**结论** iCEB 与老年冠心病患者药物涂层球囊扩张术后 MACE 存在相关性,可能具有一定的预后预测价值。

【关键词】 冠心病; 药物涂层球囊扩张术; 心脏电生理平衡指数; 主要不良心血管事件; 老年人**【中图分类号】** R541.4; R444 **【文献标识码】** A

Cardiac electrophysiological balance index (iCEB) predicts major adverse cardiovascular events after drug-coated balloon angioplasty in elderly CAD patients Jing Yongli*, Zhu Huimin, Li Dongcheng, Zheng Kai, Ma Jun.

* Department of Cardiology, Huai'an First Hospital, Nanjing Medical University, Jiangsu, Huai'an 223300, China

Funding program: Jiangsu Health Commission Project (ZD2022041)

Corresponding author: Li Dongcheng, E-mail: jingyli0908@163.com

【Abstract】 Objective To assess iCEB's predictive value for post-procedural MACE. **Methods** A retrospective study was conducted on 256 elderly patients with coronary heart disease who underwent drug coated balloon angioplasty at Huai'an First Hospital affiliated with Nanjing Medical University from April 2021 to February 2023. The patients were divided into MACE group ($n=37$) and non-MACE group ($n=219$) based on whether MACE occurred one year after surgery. Collect baseline data, preoperative, intraoperative, and postoperative data from patients. Multivariate Logistic regression analysis of the influencing factors of postoperative MACE, and ROC curve analysis of the predictive value of iCEB for postoperative MACE. **Results** The proportion of Lp(a), iCEB, and moderate to severe coronary artery calcification in the MACE group was higher than that in the non-MACE group ($\chi^2/t/P=8.127/<0.001, 57.239/<0.001, 21.241/<0.001$), while the LCX, collateral vessel proportion, QT, and QRS in the MACE group were lower than those in the non-MACE group ($\chi^2/t/P=4.775/0.029, 4.700/0.030, 22.450/<0.001, 7.625/<0.001$). There was no statistically significant difference in other clinical data between the two groups ($P>0.05$); The results of logistic regression analysis showed that LCX [$OR=0.347, 95\%CI 0.130\sim 0.929$] and collateral vessels [$OR=0.433, 95\%CI 0.200\sim 0.937$] were non risk factors for postoperative MACE, while moderate to severe coronary artery calcification [$OR=2.979, 95\%CI 1.464\sim 6.061$] and iCEB [$OR=6.018, 95\%CI 3.551\sim 10.199$] were risk factors for postoperative MACE ($P<0.05$); The ROC curve analysis results showed that the AUC of moder-

ate to severe coronary artery calcification, iCEB, and their combined prediction of postoperative MACE were 0.745, 0.789, and 0.887, respectively. The combined detection efficiency of the two was better than that of each indicator detected separately ($Z=3.200, 2.958, P<0.001$ for all). **Conclusion** iCEB is a novel electrophysiological marker for post-DCB risk stratification in elderly CAD.

【Key words】 Coronary artery disease; Drug-coated balloon; Electrophysiological balance index; Major adverse cardiovascular events; Elderly

据统计,全球每年约有 740 万人死于冠心病^[1]。我国老年人口比例逐年增加,冠心病的发生率逐年上升,成为了一个重要的公共健康问题^[2]。药物涂层球囊(drug-coated balloon, DCB)作为一种新型的介入治疗方法,因其较低的再狭窄率和出血风险,逐渐被广泛应用于冠心病的治疗^[3]。然而,老年冠心病患者的心血管事件风险较高,术后主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACE)的发生率依然不容忽视,影响患者的长期预后。文献报道 3%~15% 的患者 DCB 扩张术后出现 MACE^[4]。因此,如何有效预测术后 MACE,针对高风险患者进行早期干预,成为亟需解决的问题。心脏电生理平衡指数(index of cardiac electrophysiological balance, iCEB)作为一种新兴的生物标志物,已被提出用于评估心脏电生理状态和心血管风险^[5]。研究表明^[6], iCEB 与心血管事件的发生密切相关,能够有效反映患者的心脏功能和电生理状态。本研究旨在探讨 iCEB 对老年冠心病患者 DCB 扩张术后 MACE 的预测价值,以期为临床决策提供依据,报道如下。

1 资料与方法

1.1 临床资料 纳入 2021 年 4 月—2023 年 2 月在南京医科大学附属淮安第一医院行药物涂层球囊扩张术治疗的老年冠心病患者 256 例,男 193 例,女 63 例,年龄 66~79(72.33±2.09)岁;体质指数(body mass index, BMI)21~28(24.13±1.17) kg/m²;合并症:原发性高血压 167 例,2 型糖尿病 82 例,高脂血症 48 例,脑血管病 40 例;疾病类型:急性心肌梗死 55 例,不稳定型心绞痛 171 例,稳定型心绞痛 30 例;用药情况:阿司匹林 251 例,氯吡格雷 157 例,替格瑞洛 108 例,他汀类药物 249 例。依据术后 1 年是否发生 MACE 分为 MACE 组($n=37$)和非 MACE 组($n=219$)。本研究已通过南京医科大学附属淮安第一医院医学伦理委员会审核批准(KY-2023-145-01),所有患者在纳入研究前均签署书面知情同意书,研究过程严格遵循《赫尔辛基宣言》相关伦理原则。

1.2 病例选择标准 纳入标准:冠心病符合《中国心血管病预防指南(2017)》标准^[7];年龄≥65 岁;临床

资料完整。排除标准:近 6 个月内有心肌梗死或心绞痛发作史;合并严重心律失常、慢性心力衰竭、严重瓣膜病、先天性心脏病等;伴严重的肝、肾等脏器功能障碍,或肝疾病、肾功能不全(肌酐清除率<30 ml/min);存在严重贫血、白血病、血小板减少症等;近 3 个月内接受过血管内介入治疗或心脏手术;术前合并严重感染或其他严重全身性疾病;预计生存期<1 年。

1.3 观察指标与方法

1.3.1 基线资料收集:采集患者基线资料,包括人口学特征(性别、年龄、身高、体质量、体质量指数)、病史(原发性高血压、2 型糖尿病、高脂血症、脑血管病等基础疾病史,既往经皮冠状动脉介入治疗史)、用药情况(抗血小板药物、他汀类药物、ACEI/ARB 类药物等使用史)、体格检查(血压、心率等)及疾病类型(急性心肌梗死、不稳定型心绞痛、稳定型心绞痛)。

1.3.2 血糖、血脂指标检测:清晨空腹状态下采集血清样本 5 ml,置于含分离胶的真空采血管中,以 3 000 r/min 离心 10 min,取上层血清进行检测。其中,糖化血红蛋白 A_{1c}(glycated hemoglobin A_{1c}, HbA_{1c})采用高效液相色谱法检测(西门子 ADVIA 2120i 全自动生化分析仪);低密度脂蛋白胆固醇(low-density lipoprotein cholesterol, LDL-C)、高密度脂蛋白胆固醇(high-density lipoprotein cholesterol, HDL-C)、总胆固醇(total cholesterol, TC)、三酰甘油(triglycerides, TG)采用酶法检测(罗氏 Cobas 8000 全自动生化分析仪)。

1.3.3 心功能指标检测:左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)通过超声心动图检测,使用飞利浦 iE33 彩色多普勒超声诊断仪(探头频率 2.5~3.5 MHz),取心尖四腔心及两腔心切面测量;脂蛋白(a)[lipoprotein(a), Lp(a)]采用免疫比浊法检测,仪器为贝克曼库尔特 AU5800 全自动生化分析仪。病变位置包括左主干(left main coronary artery, LM)、左前降支(left anterior descending artery, LAD)、左回旋支(left circumflex artery, LCX)、右冠状动脉(right coronary artery, RCA)、边支血管(包括 LAD 对角支、LCX 钝圆支、RCA 锐缘支等),病变血管数量及程度通过冠状动脉造影确定,使用西门子 Angiograph Ysio 血管造

影机。

1.3.4 围术期相关资料收集:包括预扩张球囊类型、DCB 直径、DCB 长度、DCB 释放时间、DCB 释放压力、冠状动脉中重度钙化、造影剂用量、术后心肌梗死溶栓治疗临床试验(thrombolysis in myocardial infarction, TIMI)血流分级、术后冠状动脉夹层等。冠状动脉中重度钙化判定:有无心脏做功时均可出现高密度钙化影,通常涉及管壁两侧。斑块性质通过血管内超声(intravascular ultrasound, IVUS, 波士顿科学 Eagle Eye Gold 导管)或光学相干断层成像(optical coherence tomography, OCT, LightLab 成像导管)评估^[8];将纤维脂质斑、纤维钙化斑、纤维斑块、混合斑块和钙化斑块定为硬斑块,脂质斑块定为软斑块。

1.3.5 iCEB 计算:使用十二导联心电图仪采集心电图数据,参照文献^[9]方法,选择 V4 导联上测量 3 个连续完整的 QRS 间期、QT 间期,QT 间期的测量从 QRS 波群起点到 T 波终点,并采用 Bazett 公式校正。iCEB=QT/QRS。

1.3.6 随访与 MACE 判断:术后通过门诊复查及电话随访持续 1 年,随访时间点为术后 1 个月、3 个月、6 个月及 12 个月。记录患者生存状态、MACE 发生情况,包括心血管死亡、非致死性心肌梗死、靶血管血运重建及心绞痛复发。MACE 定义参照《欧洲心脏病学会稳定性冠心病管理指南》^[10],其中心肌梗死诊断符合第四版全球心肌梗死通用定义^[11],心绞痛复发判定基于加拿大心血管学会(Canadian Cardiovascular Society, CCS)分级标准^[12]。所有终点事件由 2 名心血管医师独立依据临床症状、心电图及实验室检查结果共同判定。

1.4 统计学方法 应用 SPSS 27.0 软件行统计学分析。正态分布计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,比较用 t 检验;计数资料以频数或构成比(%)表示,比较用 χ^2 检验,多因素 Logistic 回归分析术后 MACE 的影响因素,绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析 iCEB 对术后 MACE 的预测价值。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 MACE 组与非 MACE 组临床资料比较 MACE 组 Lp(a)、iCEB、冠状动脉中重度钙化占比、QT、QRS 高于非 MACE 组($P < 0.01$),MACE 组 LCX、边支血管病变占比均低于非 MACE 组($P < 0.01$),2 组其余临床资料比较差异无统计学意义($P > 0.05$),见表 1、2。

2.2 老年冠心病患者药物涂层球囊扩张术后 MACE 的影响因素分析 以术后是否出现 MACE(0 = 非 MACE, 1 = MACE)作为因变量,以 Lp(a)(实测值)、

表 1 MACE 组与非 MACE 组基线资料及术前资料比较

Tab. 1 Comparison of baseline and preoperative data between MACE group and non MACE group

项 目	非 MACE 组 (n=219)	MACE 组 (n=37)	χ^2/t 值	P 值
男性[例(%)]	166(75.80)	27(72.97)	0.136	0.712
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	72.27 \pm 2.11	71.76 \pm 2.22	1.350	0.178
BMI($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	24.11 \pm 1.15	24.23 \pm 1.32	0.574	0.566
合并症[例(%)]				
原发性高血压	147(67.12)	21(56.76)	1.508	0.219
2 型糖尿病	68(31.05)	14(37.84)	0.670	0.413
高脂血症	37(16.89)	11(29.73)	3.423	0.064
脑血管病	33(15.07)	7(18.92)	0.356	0.551
疾病类型[例(%)]			4.923	0.085
急性心肌梗死	50(22.83)	5(13.51)		
不稳定型心绞痛	147(67.12)	24(64.86)		
稳定型心绞痛	22(10.05)	8(21.62)		
PCI 史[例(%)]	83(37.90)	9(24.32)	2.534	0.111
用药情况[例(%)]				
阿司匹林	215(98.17)	36(97.30)	0.127	0.722
氯吡格雷	131(59.82)	25(67.57)	0.799	0.371
替格瑞洛	88(40.18)	18(48.65)	0.935	0.334
他汀类	215(98.17)	35(94.59)	1.771	0.183
ACEI/ARB	116(52.97)	25(67.57)	2.727	0.099
β -受体阻滞剂	188(85.84)	28(75.68)	2.483	0.115
利尿剂	37(16.89)	10(27.03)	2.168	0.141
FPG($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	5.49 \pm 0.47	5.54 \pm 0.38	0.614	0.540
HbA _{1c} ($\bar{x} \pm s$, %)	7.07 \pm 1.12	6.79 \pm 1.07	1.415	0.158
LDL-C($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	2.48 \pm 0.21	2.51 \pm 0.17	0.824	0.411
HDL-C($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	0.98 \pm 0.13	1.02 \pm 0.11	1.767	0.078
TC($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	3.84 \pm 1.12	3.93 \pm 1.02	0.458	0.648
TG($\bar{x} \pm s$, mmol/L)	1.23 \pm 0.28	1.15 \pm 0.19	1.672	0.096
LVEF($\bar{x} \pm s$, %)	62.68 \pm 5.22	63.09 \pm 4.96	0.445	0.657
Lp(a)($\bar{x} \pm s$, mg/L)	145.22 \pm 16.13	343.18 \pm 17.61	8.127	<0.001

LCX(0 = 否, 1 = 是)、边支血管(0 = 否, 1 = 是)、冠状动脉中重度钙化(0 = 否, 1 = 是)、QT(实测值)、QRS(实测值)、iCEB(实测值)作为自变量进行 Logistic 回归分析,结果显示 LCX($OR = 0.347, 95\%CI 0.130 \sim 0.929$)、边支血管($OR = 0.433, 95\%CI 0.200 \sim 0.937$)均对术后 MACE 的发生影响较小,冠状动脉中重度钙化($OR = 2.979, 95\%CI 1.464 \sim 6.061$)、iCEB 高($OR = 6.018, 95\%CI 3.551 \sim 10.199$)均为术后 MACE 的危险因素($P < 0.05$),见表 3。

2.3 iCEB 及其他影响因素对术后 MACE 的预测效能评估 ROC 曲线分析结果显示,冠状动脉中重度钙化、iCEB 及二者联合预测术后 MACE 的 AUC 分别为 0.745、0.789 和 0.887,二者联合诊断的预测效能显著高于各指标单独检测($Z = 3.200, 2.958, P$ 均 < 0.001),见表 4、图 1。

表 2 MACE 组与非 MACE 组术中、术后资料及 iCEB 比较

Tab.2 Comparison of intraoperative and postoperative data and iCEB between MACE group and non MACE group

项 目	非 MACE 组 (n=219)	MACE 组 (n=37)	χ^2/t 值	P 值
病变位置[例(%)]*				
LM	4(1.83)	1(2.70)	0.127	0.722
LAD	64(29.22)	16(43.24)	2.896	0.089
LCX	68(31.05)	5(13.51)	4.775	0.029
RCA	31(14.16)	9(24.32)	2.483	0.115
边支血管	101(46.12)	10(27.03)	4.700	0.030
病变血管数量[例(%)]			0.213	0.899
单支	42(19.18)	8(21.62)		
两支	50(22.83)	9(24.32)		
多支	127(57.99)	20(54.05)		
斑块性质[例(%)]			3.409	0.065
硬斑块	191(87.21)	28(75.68)		
软斑块	28(12.79)	9(24.32)		
预扩张球囊类型[例(%)]			2.203	0.138
普通球囊	162(73.97)	23(62.16)		
特殊球囊	57(26.03)	14(37.84)		
DCB 直径($\bar{x}\pm s$,mm)	2.62±0.25	2.70±0.31	1.735	0.084
DCB 长度($\bar{x}\pm s$,mm)	25.79±1.15	25.94±1.38	0.712	0.477
DCB 释放时间($\bar{x}\pm s$,s)	60.29±11.19	59.25±10.15	0.530	0.597
DCB 释放压力($\bar{x}\pm s$,atm)	10.56±3.26	10.14±4.02	0.699	0.485
冠状动脉中重度钙化 [例(%)]	61(27.85)	20(54.05)	57.239	<0.001
造影剂用量($\bar{x}\pm s$,ml)	126.15±20.31	131.56±18.26	1.519	0.130
术后 TIMI 血流分级 3 级[例(%)]	217(99.09)	36(97.30)	0.875	0.350
术后冠状动脉夹层 [例(%)]	9(4.11)	0	1.576	0.209
QT($\bar{x}\pm s$,ms)	348.75±28.45	521.35±46.72	22.450	<0.001
QRS($\bar{x}\pm s$,ms)	80.20±6.35	90.15±8.08	7.625	<0.001
iCEB($\bar{x}\pm s$)	4.36±0.35	5.79±0.52	21.241	<0.001

注:病变位置有多处,故总数大于病例数。

3 讨 论

近年来,冠心病在老年人群中的发病率呈显著上升趋势,药物涂层球囊扩张术作为一种新兴的血运重建技术,因其避免支架植入的优势在临床中得到广泛应用^[13]。然而,术后 MACE 仍是影响患者预后的重要问题,亟需寻找有效的预测指标以优化个体化治疗策

表 3 老年冠心病患者药物涂层球囊扩张术后 MACE 发生的 Logistic 回归分析结果

Tab.3 Logistic regression analysis results of MACE occurrence in elderly patients with coronary heart disease after drug coated balloon dilation surgery

自变量	β 值	SE 值	Wald 值	P 值	OR 值	95%CI
LCX	-1.059	0.503	4.436	0.035	0.347	0.130~0.929
边支血管	-0.838	0.394	4.515	0.034	0.433	0.200~0.937
冠状动脉中重 度钙化	1.092	0.362	9.074	0.003	2.979	1.464~6.061
iCEB 高	1.795	0.269	44.466	<0.001	6.018	3.551~10.199

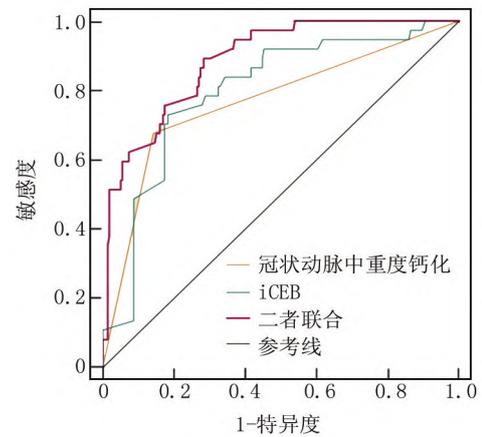


图 1 冠状动脉中重度钙化、iCEB 及二者联合预测术后 MACE 的 ROC 曲线

Fig.1 ROC curves of moderate to severe coronary artery calcification, iCEB, and their combined prediction of postoperative MACE

略^[14]。iCEB 为反映心肌复极化与去极化动态平衡的新型指标,其在冠心病患者中的临床价值逐渐受到关注^[15]。本研究旨在探讨 iCEB 对老年冠心病患者 DCB 术后 1 年 MACE 的预测效能,并分析其潜在机制,为临床风险分层提供新的理论依据。

在本研究中,iCEB 高被证实是术后 MACE 的独立危险因素。iCEB 通过 QT 间期与 QRS 间期的比值量化评估,其中 QT 间期反映心肌复极化时程,QRS 间期代表心室去极化过程。QT 间期延长提示心肌复极化

表 4 iCEB 对术后 MACE 的预测效能评估

Tab.4 Evaluation of the predictive efficacy of iCEB for postoperative MACE

自变量	cut-off 值	AUC	95%CI	P 值	敏感度	特异度	约登指数
冠状动脉中重度钙化	-	0.745	0.668~0.822	0.003	0.757	0.733	0.490
iCEB	4.885	0.789	0.717~0.860	<0.001	0.838	0.740	0.578
二者联合	-	0.887	0.836~0.937	<0.001	0.892	0.717	0.609

储备功能下降,这种电生理异常在老年冠心病群体中尤为显著——衰老相关的心肌细胞离子通道重构与病理状态叠加,可导致心肌细胞电活动动态平衡失调^[16]。临床研究显示,QT 间期延长与心血管事件风险呈剂量效应关系,尤其在合并基础心血管疾病的患者中,其室性心律失常风险显著升高^[17]。iCEB 与冠状动脉病理改变存在双向关联。冠心病患者常伴有的动脉粥样硬化斑块、管腔狭窄及钙化病变,不仅造成血流动力学障碍,更可通过机械应力改变影响心肌细胞电传导特性^[18]。老年患者冠状动脉钙化程度通常较重,这种结构性病变可通过干扰心肌细胞间隙连接蛋白分布,引发局部电活动异质性增加。临床数据显示,冠状动脉钙化评分与 QT 离散度呈正相关,提示其可能通过加剧电生理失衡促进 MACE 发生。此外,老年人群特有的病理生理特征进一步强化了 iCEB 的预测价值。随着年龄增长,自主神经调节功能衰退导致交感神经活性占优,心肌氧供需失衡状态加剧,易诱发电活动紊乱^[19]。同时,老年患者常合并高血压、糖尿病等基础疾病,可通过内皮功能障碍、电解质紊乱等机制进一步影响心肌细胞离子通道功能。这种多维度病理状态的叠加,使得 iCEB 不仅反映局部电生理异常,更成为整体心血管风险的综合标志物。尽管 DCB 技术可有效改善冠状动脉血流储备,但术后再狭窄及血栓形成风险仍与电生理状态密切相关。研究表明,iCEB 升高患者术后更易出现 ST 段改变及心律失常等电风暴现象,这种术后即刻的电生理应激反应可能通过触发血小板聚集、加重内皮损伤等机制,最终导致 MACE 发生率升高^[20]。

LCX 病变对术后 MACE 的发生影响较小,可能与该血管供血区域的解剖学特征及其在心肌血供中的相对权重相关。在冠状动脉系统中,LAD 承担约 50% 的心肌血供,而 LCX 主要负责左室侧壁及后壁的部分血供^[21]。这种供血区域的差异导致 LCX 狭窄病变引发的心肌缺血阈值较高,尤其在合并其他主要血管病变时,其血流动力学影响常被更严重的 LAD 或 RCA 病变所掩盖。LCX 区域心肌对缺血的耐受性可能通过以下机制实现:该区域心肌细胞具有更高的糖原储备,且侧支循环代偿能力较前壁心肌更强^[22]。边支血管病变对 MACE 的发生影响较小可能源于其独特的血流动力学特征。边支血管作为主支冠状动脉的主要分支如对角支、钝缘支等,通常负责供应局限性心肌区域的血流,由于其解剖分布特点,边支血管狭窄所致的缺血范围较为局限,对整体心脏功能的影响显著弱于左主干、前降支等主干血管病变。这种解剖学特性使得

边支血管狭窄对整体心脏功能的影响显著低于主干血管病变。研究显示,边支血管狭窄程度 $<70\%$ 时,其血流储备分数多保持在 0.8 以上,提示该类病变可能不会显著降低心肌灌注储备^[23-24]。中重度冠状动脉钙化与 MACE 的显著相关性,体现了结构病变与功能异常的协同作用。钙化病变通过 2 种机制影响临床预后,首先钙化导致的血管僵硬增加可使冠状动脉血流储备降低,心肌氧供需失衡加剧;其次,钙化斑块表面的不规则性增加血小板聚集风险,促进血栓形成^[25-27]。钙化病变常合并内皮功能障碍,这种双重病理状态可通过激活肾素—血管紧张素系统,进一步加重心肌纤维化与电重构。最新研究表明,冠状动脉钙化评分(Agatston 积分) >400 单位的患者,术后 ST 段压低发生率较非钙化患者升高 2.3 倍^[28]。

通过 ROC 曲线分析评估 iCEB 对老年冠心病患者药物涂层球囊扩张术后 MACE 的预测能力。分析结果表明,iCEB 的 AUC 为 0.789,说明 iCEB 在预测术后 MACE 方面具有良好的诊断效能。

综上所述,LCX、边支血管、冠状动脉重度钙化及 iCEB 均为老年冠心病患者药物涂层球囊扩张术后 MACE 的显著影响因素。LCX 和边支血管病变可能相对风险较低,而重度钙化及 iCEB 则强调了冠状动脉病理改变和电生理状态在术后并发症中的重要性。因此,临床医师在制定个性化治疗方案时,应综合评估患者的冠状动脉病变特点及电生理状态,以优化术后管理,提高患者的长期预后。iCEB 作为评估 MACE 风险的有效工具,具有良好的敏感度和合理的特异度,适用于临床实践。然而,本研究也存在一些不足,样本量相对较小可能影响结果的普遍性和可靠性;而单中心观察性设计缺乏多中心数据的验证,可能导致选择偏倚。因此,未来研究需要更大样本量和多中心设计,以提升结果的外部有效性和临床应用价值。

利益冲突:所有作者声明无利益冲突

作者贡献声明

景永丽、郑凯:研究构思与设计、数据分析、论文撰写与修改;朱慧敏:研究实施及数据收集整理;李东程:患者筛选与随访、临床终点事件判定、论文终审;马君:数据收集整理,统计学处理

参考文献

- [1] Sethi NJ, Safi S, Korang SK, et al. Antibiotics for secondary prevention of coronary heart disease [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021, 2 (2): CD003610. DOI: 10.1002/14651858.CD003610.pub4.
- [2] Yang H, Luo C, Shen C, et al. Influence of drugs on the prospective diagnostic method for coronary heart disease with urine [J]. *Spectrochim Acta A Mol Biomol Spectrosc*, 2019, 217(15): 176-181. DOI:

- 10.1016/j.saa.2019.03.087.
- [3] Kyaw H, Johal G, Gedela M, et al. Is coronary brachytherapy staging a comeback for the treatment of in-stent restenosis [J]. *Curr Cardiol Rep*, 2021, 23(11): 156. DOI: 10.1007/s11886-021-01582-4.
- [4] Yerasi C, Case BC, Forrester BJ, et al. Drug-coated balloon for De Novo Coronary artery disease: JACC state-of-the art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2020, 75(9): 1061-1073. DOI: 10.1016/j.jacc.2019.12.046.
- [5] Zhang YT, Li HY, Sun XT, et al. Relationship between index of cardiac electrophysiological balance, frontal QRS-T angle and retinopathy in people with type 2 diabetes [J]. *Diabetes Metab Syndr Obes*, 2023, 16(21): 861-871. DOI: 10.2147/DMSO.S403210.
- [6] Chen X, Wang Z, Liu L, et al. Prognostic value of index of cardiac electrophysiological balance among US middle-aged adults [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2023, 10(22): 1139967. DOI: 10.3389/fevm.2023.1139967.
- [7] 中国心血管病预防指南(2017)写作组, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心血管病预防指南(2017) [J]. *中华心血管病杂志*, 2018, 46(1): 10-25. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.01.004.
- [8] 陈心怡, 赵国力, 尹德录. 冠状动脉腔内影像学评估斑块性质的研究进展 [J]. *临床心血管病杂志*, 2023, 39(9): 667-673. DOI: 10.13201/j.issn.1001-1439.2023.09.004.
- [9] Lin Y, Zhou F, Wang X, et al. Effect of the index of cardiac electrophysiological balance on major adverse cardiovascular events in patients with diabetes complicated with coronary heart disease [J]. *PeerJ*, 2023, 11(6): e15969. DOI: 10.7717/peerj.15969.
- [10] Knuuti J, Wijns W, Saraste A, et al. 2019 ESC Guidelines for the management of chronic coronary syndromes [J]. *European Heart Journal*, 2020, 41(3): 407-477. DOI: 10.1093/eurheartj/ehz462.
- [11] Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction (2018) [J]. *Journal of the American College of Cardiology*, 2018, 72(18): 2231-2264. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.08.103.
- [12] Campeau L. Grading of angina pectoris [J]. *Canadian Medical Association Journal*, 1976, 115(1): 525-526. DOI: 10.1503/cmaj.115.1.525.
- [13] 李占鲁, 王敏, 栾毅, 等. SeQuentPlease 药物涂层球囊扩张术治疗冠状动脉粥样硬化性心脏病患者临床预后的回顾性分析 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2019, 27(7): 380-385. DOI: 10.3969/j.issn.1004-8812.2019.07.004.
- [14] 高琳, 郝潇, 马军枝, 等. 冠心病患者药物涂层球囊扩张术后 1 年发生主要不良心血管事件的影响因素分析 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2024, 32(6): 39-44. DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2024.00.126.
- [15] Liu Y, Fu X, Gao H, et al. Effects of different concentrations of desflurane on the index of cardiac electrophysiological balance in gynecologic surgery patients [J]. *Can J Physiol Pharmacol*, 2020, 98(5): 332-335. DOI: 10.1139/cjpp-2019-0290.
- [16] Liu J, Backx PH. Patch-clamp technique in ESC-derived cardiomyocytes [J]. *Methods Mol Biol*, 2014, 1181: 203-214. DOI: 10.1007/978-1-4939-1047-2_18.
- [17] Ramasubbu SK, Mishra A, Mandal S. Prevalence of QT-prolonging drug-drug interactions in psychiatry: A systematic review and Meta analysis [J]. *J Pharm Pract*, 2024, 37(1): 162-168. DOI: 10.1177/08971900221121371.
- [18] Shanmugam J, Kumar PS, Panicker VK, et al. Sudden death due to giant cell myocarditis: A case report [J]. *Cardiol Res*, 2015, 6(6): 372-375. DOI: 10.14740/cr446e.
- [19] Vink EE, de Jager RL, Blankestijn PJ. Sympathetic hyperactivity in chronic kidney disease: Pathophysiology and (new) treatment options [J]. *Curr Hypertens Rep*, 2013, 15(2): 95-101. DOI: 10.1007/s11906-013-0328-5.
- [20] Yüccetas SC, Kaya H, Kafadar S, et al. Evaluation of index of cardiac electrophysiological balance in patients with subarachnoid hemorrhage [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2022, 22(1): 477. DOI: 10.1186/s12872-022-02924-y.
- [21] Meng L, Zhang P, Peng F, et al. Acute myocardial infarction after surgical closure of coronary artery fistula: Importance of anticoagulant therapy [J]. *JACC Case Rep*, 2022, 4(12): 738-741. DOI: 10.1016/j.jaccas.2022.04.012.
- [22] Park JH, Kwon SU, Kwon HS, et al. Prior intracerebral hemorrhage and white matter hyperintensity burden on recurrent stroke risk [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 17406. DOI: 10.1038/s41598-021-96809-3.
- [23] Strauss HW, Nakahara T, Narula N, et al. Vascular calcification; the evolving relationship of vascular calcification to major acute coronary events [J]. *J Nucl Med*, 2019, 60(9): 1207-1212. DOI: 10.2967/jnumed.119.230276.
- [24] 惠可尧, 赵蕾, 鹿冠玉, 等. 定量血流分数在冠状动脉狭窄功能学评估中的临床应用进展 [J]. *疑难病杂志*, 2024, 23(6): 746-750. DOI: 10.3969/j.issn.1671-6450.2024.06.020.
- [25] Lee M, Génèreux P, Shlofmitz R, et al. Orbital atherectomy for treating de novo, severely calcified coronary lesions; 3-year results of the pivotal ORBIT II trial [J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2017, 18(4): 261-264. DOI: 10.1016/j.carrev.2017.01.011.
- [26] 赵殿儒, 戈美琴, 申巧丽, 等. 不同预处理球囊在药物涂层球囊治疗冠状动脉病变中的临床应用效果比较 [J]. *中国临床新医学*, 2023, 16(9): 925-930. DOI: 10.3969/j.issn.1674-3806.2023.09.10.
- [27] 高琳, 郝潇, 马军枝, 等. 冠心病患者药物涂层球囊扩张术后 1 年发生主要不良心血管事件的影响因素分析 [J]. *实用心脑血管病杂志*, 2024, 32(6): 39-44. DOI: 10.12114/j.issn.1008-5971.2024.00.126.
- [28] Krishnamoorthy P, Gupta S, Lu M, et al. Usefulness of the echocardiographic calcium score to refine risk of major adverse cardiovascular events beyond the traditional Framingham risk score [J]. *Am J Cardiol*, 2019, 123(3): 392-395. DOI: 10.1016/j.amjcard.2018.10.009.

(收稿日期: 2024-12-31)