

冠状动脉介入

冠状动脉微循环阻力评估急性 ST 段抬高型心肌梗死 PCI 患者预后的临床研究*

韩超¹ 张弘¹ 张慧¹ 安雯¹ 杨成昊¹ 张凌霄¹ 陈双宇¹ 郜俊清¹ 刘宗军¹

[摘要] **目的:**探讨冠状动脉(冠脉)微循环阻力评估急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)患者预后的价值。**方法:**本研究是一项前瞻性、观察性、单中心研究,纳入 140 例成功接受急诊经皮冠脉介入(PCI)治疗的 STEMI 患者,使用造影微循环阻力指数(CaIMR)分析罪犯血管和非罪犯血管的微循环阻力,其中诊断冠脉微血管功能障碍(CMD)61 例(CMD 组),诊断非 CMD 79 例(非 CMD 组)。随访 12 个月,观察患者主要不良心血管事件(MACE,包括全因死亡、再次心肌梗死、因心衰住院及再次血运重建的复合结局)发生情况。采用 Cox 回归分析 PCI 术后 1 年 MACE 发生的预测因子。**结果:**CMD 组 MACE 发生率显著高于非 CMD 组(10.13% vs 24.60%, $P < 0.05$)。多因素 Cox 回归分析显示,术后 CaIMR($HR = 5.887, 95\%CI: 1.966 \sim 17.631, P < 0.002$)、呋塞米使用($HR = 4.38, 95\%CI: 1.595 \sim 12.026, P = 0.004$)、肌钙蛋白(第 7 天)($HR = 1.011, 95\%CI: 1.003 \sim 1.018, P = 0.004$)以及 Killip 分级($HR = 1.878, 95\%CI: 1.28 \sim 2.756, P = 0.001$)是 STEMI 患者 PCI 术后 1 年内 MACE 发生的独立预测因子。罪犯血管 CMD 与心血管性死亡、心衰发作以及主要不良事件发生率相关,非罪犯血管与各主要不良事件发生率无显著相关性。**结论:**STEMI 患者 PCI 术后的 CaIMR 对临床预后具有很好的预测作用。

[关键词] 冠脉微循环阻力指数;主要心血管不良事件;冠状动脉微循环功能障碍;急性 ST 段抬高型心肌梗死

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.04.013

[中图分类号] R541.4 [文献标志码] A

Clinical study of coronary microcirculation resistance in predicting the prognosis of PCI patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction

HAN Chao ZHANG Hong ZHANG Hui AN Wen YANG Chenhao

ZHANG Lingxiao CHEN shuangyu GAO Junqing LIU Zongjun

(Putuo District Central Hospital, Shanghai University of Traditional Chinese Medicine, Shanghai, 200062, China)

Corresponding author: LIU Zongjun, E-mail: liuzongjun1548@shatcm.edu.cn

Abstract Objective: To explore the value of coronary microcirculation resistance in evaluating the prognosis of patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction(STEMI). **Methods:** The study was a prospective, observational, single-center study involving 140 STEMI patients who successfully received emergency percutaneous coronary intervention(PCI) treatment. The contrast microcirculatory resistance index(CaIMR) was used to analyze the microcirculation resistance of culprit and non-culprit vessels, with 61 cases diagnosed with coronary microvascular dysfunction(CMD group) and 79 cases diagnosed with non-CMD(non-CMD group). Patients were followed up for 12 months to observe the occurrence of major adverse cardiovascular events(MACE, including all-cause mortality, myocardial infarction recurrence, hospitalization due to heart failure, and revascularization). The Cox regression model was used to analyze the predictors for MACE one year after PCI. **Results:** The incidence of MACE was significantly higher in the CMD group than in the non-CMD group(10.13% vs 24.60%, $P < 0.05$). Multivariate Cox regression analysis showed that postoperative CaIMR($HR = 5.887, 95\%CI: 1.966 - 17.631, P < 0.002$), furosemide usage($HR = 4.38, 95\%CI: 1.595 - 12.026, P = 0.004$), troponin(on the 7th day)

*基金项目:上海市“科技创新行动计划”医学创新研究专项(No:20Y11910100、21Y11909600、22Y11909600);上海市普陀区卫生健康系统科技创新项目计划(No:ptkwws202320);上海市普陀区卫生系统临床优势学科(No:2023ysxk01);普陀区中心医院百人计划(No:2022-RCIC-01);上海市第六人民医院医疗集团科学研究课题(No:21-ly-01);成都中医药大学“杏林学者”学科人才科研提升计划(No:YYZX2022168)

¹上海中医药大学附属普陀医院(上海,200062)

通信作者:刘宗军,E-mail:liuzongjun1548@shatcm.edu.cn

引用本文:韩超,张弘,张慧,等.冠状动脉微循环阻力评估急性 ST 段抬高型心肌梗死 PCI 患者预后的临床研究[J].临床心血管病杂志,2024,40(3):317-323. DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.03.013.

($HR=1.011$, $95\%CI: 1.003-1.018$, $P=0.004$), and Killip grade($HR=1.878$, $95\%CI: 1.28-2.756$, $P=0.001$) were independent predictors of MACE occurrence in one year after PCI in STEMI patients. Criminal vascular disease CMD was associated with cardiovascular death, heart failure attacks, and the incidence of major adverse events, while non-criminal blood vessels CMD was not significantly correlated with the incidence of major adverse events. **Conclusion:** CaIMR after PCI has a good predictive effect on the clinical prognosis in patients with acute STEMI.

Key words index of microcirculatory resistance; major adverse cardiovascular events; coronary microvascular dysfunction; ST-segment elevation myocardial infarction

ST 段抬高型心肌梗死(ST-segment elevation myocardial infarction, STEMI)是危害人类健康的主要原因之一^[1]。目前,经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)因能显著改善 STEMI 患者的预后而成为其首选治疗策略^[2]。但术后罪犯血管成功再通的患者仍存在残余风险^[3]。其中一个重要因素是冠状动脉微血管功能障碍(coronary microvascular dysfunction, CMD)。有报道指出,PCI 术后 CMD 的发生率高达 50%,并且与临床不良结局有关^[4-5]。促进冠状动脉(冠脉)微循环功能恢复成为进一步改善 STEMI 预后的新焦点。作为靶向微循环治疗的前提,可靠的评估方式必不可少。目前,冠脉造影衍生的微血管阻力指数(FlashAngio, CaIMR System, CaIMR)作为一种新的检测手段,在即时性、操作简易性方面与其他侵入性技术相比具有显著优势^[6]。同时,在对 CMD 诊断性能及疾病预后评估价值上也得到多项临床研究的支持^[7]。本研究拟对 STEMI 患者 PCI 术后罪犯血管和非罪犯血管 CaIMR 进行测定,观察患者随访期间主要不良心血管事件(major adverse cardiovascular events, MACE)发生情况,探讨术后 CaIMR 预测心血管不良事件的临床价值。

1 对象与方法

1.1 对象

本研究是一项单中心、前瞻性、观察性研究。选取 2021 年 10 月—2022 年 9 月上海市普陀区中心医院收治的接受急诊 PCI 治疗的 169 例 STEMI 患者。其中 8 例仅接受冠脉造影,21 例造影影像质量差无法分析图像,最终纳入 140 例。

纳入标准:①年龄 18~85 岁;②STEMI 符合第 4 版全球心肌梗死通用定义^[8],诊断 STEMI 需同时满足急性心肌损伤(血清肌钙蛋白升高:至少 1 次高于正常值上限)和新出现的缺血性心电图改变[ST 段抬高:相邻 2 个导联 J 点新出现 ST 段抬高,其中 $V_2 \sim V_3$ 导联 ≥ 2.5 mm(男性, <40 岁)/ ≥ 2 mm(男性, ≥ 40 岁)/ ≥ 1.5 mm(女性);其他导联 ≥ 1.0 mm]。排除标准:①经急诊 PCI 后,残余血管狭窄 $\geq 70\%$;②术中收缩压 ≤ 90 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa);③造影提示罪犯血管或非罪犯血管有心肌桥;④无法进行 CaIMR 检测;造影剂

透亮度不足、目标血管明显重叠或扭曲、血管造影图像质量差,无法按照 FLASH 软件的要求进行轮廓检测。

本研究获得我院伦理委员会审批(No: PTEC-A-2021-21-1),所有入选患者均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 一般资料收集 收集患者性别、年龄、高血压病史、糖尿病史、吸烟史、饮酒史、心率、血压、血常规、血糖、血脂、C 反应蛋白(CRP)、肝肾功能、心肌梗死 3 项和脑钠肽(BNP)等指标,以及住院期间的用药情况、血管造影和手术操作等资料。

1.2.2 PCI 过程 PCI 术前,所有患者均服用阿司匹林 300 mg 和氯吡格雷 600 mg 或替格瑞洛 180 mg 进行抗栓治疗。对于血栓高负荷患者进行血栓抽吸治疗,并在冠脉内使用血小板糖蛋白 II b/III a 受体拮抗剂。冠脉介入操作、造影剂类型及支架类型均由介入治疗专家根据罪犯血管情况进行选择。

1.2.3 CaIMR 的测量及分组 介入治疗即刻对罪犯血管和非罪犯血管完成冠脉造影检查,每根血管需要由 2 个角度大于 30 度的投照体位进行测试。CaIMR 的测量使用商业化软件(FlashAngio)进行。首先对目标血管进行冠脉三维重建,然后通过计算压力-血流动力学估算 CaIMR^[9-10]。CMD 定义为靶血管 CaIMR ≥ 40 U,非靶血管 CaIMR ≥ 25 U^[11-12]。根据靶血管及非靶血管 CaIMR 值将所纳入患者分为 CMD 组及非 CMD 组。

1.2.4 超声心动图测量 急诊 PCI 后的 24 h 内,由一名对冠脉生理信息不知情的经验丰富的超声医生进行超声心动图检查。使用飞利浦 EPIQ7C 彩色多普勒超声诊断仪,探头频率设为 45 Hz,患者取仰卧位,重复多次检查至获得满意图像,将图像存储供分析处理,使用改进的辛普森规则从四腔和双腔区域测量左心室射血分数(LVEF)、左心房内径(LAD)、左心室舒张末期内径(LVDd)、左心室收缩末期内径(LVDs)、室间隔厚度(IVS)、后壁厚度以及 E/e' 比值。

1.2.5 治疗和随访 在无禁忌证情况下,所有患者均在术后接受冠心病标准治疗[阿司匹林、 $P_2 Y_{12}$ 受体拮抗剂、血管紧张素转化酶抑制剂(ACEI)/血管紧张素受体拮抗剂(ARB)/血管紧张素受体脑啡

肽酶抑制剂 (ANRI)、 β 受体阻滞剂和他汀类药物]。患者住院期间和随访期间的药物治疗根据指南推荐及病情特点进行选择 and 调整。随访 12 个月,通过门诊随访或必要时的电话访视联系获得 MACE 发生情况,主要观察指标包括全因死亡、再次心肌梗死、因心力衰竭(心衰)住院、再次血运重建。

1.3 统计学处理

使用 SPSS 23 进行统计分析。分类变量以例 (%) 表示,并使用 χ^2 或 Fisher 精确检验;正态分布的连续变量以 $\bar{X} \pm S$ 表示,使用 t 检验;非正态分布的连续变量以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示,使用 Mann-Whitney U 检验。采用 Pearson 检验进行相关性

分析。采用 Cox 回归分析筛选 MACE 的影响因素。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 基线资料

根据术后 CaIMR 检测结果,CMD 组纳入 61 例患者,非 CMD 组纳入 79 例患者。两组患者肌酸激酶同工酶(CK-MB)(首次)与肌钙蛋白(cTn)(峰值)相比较均差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),其余指标未见组间显著差异。见表 1。

患者罪犯血管左前降支 84 例,右冠状动脉 42 例,回旋支 14 例。两组患者在术中血栓抽吸操作,支架数量以及术后 TIMI 血流等方面均无显著差异(表 2)。

表 1 患者基线特征
Table 1 Baseline characteristics 例(%), $M(P_{25}, P_{75})$

项目	总体(140 例)	非 CMD 组(79 例)	CMD 组(61 例)	P
年龄/岁	64.5(57.0,70.0)	65.0(57.5,71.5)	64.5(56.0,68.0)	0.624
男性	114(81.43)	64(81.00)	50(82.00)	0.885
绝经期女性	24(17.14)	13(16.46)	11(18.03)	0.806
高血压	69(49.29)	38(48.10)	31(50.80)	0.750
糖尿病	37(26.43)	21(26.60)	16(26.20)	0.963
高脂血症	6(4.29)	5(6.30)	1(1.60)	0.348
慢性肾病	2(1.43)	1(1.30)	1(1.60)	1.000
PCI 史	9(6.43)	4(5.10)	5(8.20)	0.688
当前吸烟	70(50.00)	39(49.40)	31(50.80)	0.865
冠脉旁路移植术史	1(0.71)	1(1.30)	0	0.564
Killip 分级				
I	128(91.43)	72(91.10)	56(91.80)	0.889
II	3(2.14)	2(2.50)	1(1.60)	0.597
III	2(1.43)	2(2.50)	0	0.317
IV	7(5.00)	3(3.80)	4(6.60)	0.359
临床用药				
阿司匹林	140(100.00)	79(100.00)	61(100.00)	1.000
$P_2 Y_{12}$ 抑制剂	140(100.00)	79(100.00)	61(100.00)	1.000
他汀类	140(100.00)	79(100.00)	61(100.00)	1.000
β 受体阻滞剂	101(72.14)	56(70.90)	45(73.80)	0.706
ACEI/ARB/ARNI	86(61.43)	49(62.0)	37(60.70)	0.869
螺内酯	46(32.86)	27(34.20)	19(31.10)	0.705
呋塞米	46(32.86)	28(35.40)	18(29.50)	0.458
实验室检查				
BNP(首次)/(pg/mL)	81.3(28.2,293.3)	71.0(29.5,178.5)	127.5(25.0,381.0)	0.598
cTn(首次)/(ng/mL)	29.98(4.27,97.37)	32.66(2.27,100.00)	49.64(8.08,83.74)	0.287
CK-MB(首次)/(ng/mL)	43.31(4.26,209.42)	47.01(15.75,100.00)	100.00(49.64,179.72)	0.020
BNP(峰值)/(pg/mL)	632.0(342.9,998.5)	556.0(346.8,994.5)	655.5(319.0,996.0)	0.646
cTn(峰值)/(ng/mL)	58.61(21.69,132.76)	24.70(3.19,161.18)	132.51(29.71,280.06)	0.030
CK-MB(峰值)/(ng/mL)	161.18(55.48,300.00)	131.41(55.16,290.11)	200.86(66.77,300.00)	0.072
BNP(第 7 天)/(pg/mL)	276.41(115.72,570.50)	229.37(127.26,490.00)	320.00(115.72,642.50)	0.124
cTn(第 7 天)/(ng/mL)	1.86(0.39,6.06)	1.84(0.48,5.05)	3.37(0.45,6.22)	0.761
CK-MB(第 7 天)/(ng/mL)	2.29(1.51,3.98)	2.19(1.62,3.72)	2.50(1.55,4.61)	0.517

表 2 患者血管造影和 PCI 特征
 Table 2 Angiography and PCI data

项目	总体(140 例)	非 CMD 组(79 例)	CMD 组(61 例)	例(%), $M(P_{25}, P_{75})$
罪犯血管				
左前降支	84(60.00)	50(63.30)	34(55.70)	0.366
左回旋支	14(10.00)	7(8.90)	7(11.50)	0.609
右冠脉	42(30.00)	22(27.80)	20(32.80)	0.527
多支病变	102(75.00)	61(79.20)	41(69.50)	0.194
症状发作至再通时间/h	3.32(2.20, 6.43)	3.50(2.31, 6.33)	3.88(2.47, 7.37)	0.820
入院至血管开通时间/min	74(63, 87)	79(65, 88)	70.5(63, 87)	0.215
糖蛋白 II b/III a 抑制剂使用	94(67.14)	54(68.40)	40(65.60)	0.728
血栓抽吸	48(34.29)	24(30.40)	24(39.30)	0.268
平均植入支架/枚	1	1	1	0.177
支架直径/mm	3.00(2.69, 3.11)	3.00(2.75, 3.00)	3.00(2.68, 3.38)	0.718
支架总长度/mm	30(22, 43)	30(23, 46)	26(22, 34)	0.067
PCI 后 TIMI 分级				
2	1(0.71)	0	1(1.6)	0.436
3	139(99.29)	79(100)	61(100)	1.000

2.2 Cox 回归分析

单因素 Cox 回归分析显示, 药物使用(呋塞米、螺内酯)、Killips 分级、心率、糖尿病史、LVEF、CRP、cTn(第 7 天)、BNP 峰值、术后 CaIMR 是 PCI 后 1 年内发生 MACE 的危险因素。见表 3。

将单因素分析中筛选出的变量以及 CK-MB(首次)、cTn(峰值)共同纳入多因素 Cox 回归模型, 结果显示, 术后 CaIMR、cTn(第 7 天)、呋塞米以及 Killip 分级是 PCI 术后 1 年内发生 MACE 的危险因素。见表 4。

表 3 单因素 Cox 回归分析结果

变量	HR(95%CI)	P
术后 IMR	3.351(1.287~8.724)	0.013
cTn(第 7 天)	1.012(1.006~1.019)	<0.001
呋塞米	5.205(1.999~13.551)	<0.001
螺内酯	4.031(1.608~10.107)	0.003
CRP	1.010(1.001~1.018)	0.022
心率	1.025(1.001~1.049)	0.04
LVEF	0.958(0.919~0.999)	0.043
糖尿病史	2.445(1.013~5.902)	0.047
BNP(峰值)	1.000(1.000~1.001)	0.048
Killip 分级	2.255(1.600~3.179)	<0.001

表 4 多因素 Cox 回归分析

变量	HR(95%CI)	P
cTn(第 7 天)	1.011(1.003~1.018)	0.004
呋塞米	4.380(1.595~12.026)	0.004
killips 分级	1.878(1.280~2.756)	<0.001
术后 IMR	5.887(1.966~17.631)	0.002

2.3 随访 MACE 发生情况

随访 12 个月, 共 23 例患者发生 MACE。CMD 组 MACE 发生率显著高于非 CMD 组($P < 0.05$)。见表 5。

表 5 随访期间 MACE 发生情况
 Table 5 MACE during follow-up 例(%)

项目	总体(140 例)	非 CMD 组(79 例)	CMD 组(61 例)
全因死亡	8(5.71)	3(3.8)	5(8.2)
再次心肌梗死	1(1.3)	1(1.3)	0
心衰住院	15(10.71)	5(6.3)	10(16.4)
再次血运重建	2(1.43)	1(1.3)	1(1.64)
总 MACE	23(16.43)	8(10.13)	15(24.60)

2.4 罪犯血管及非罪犯血管 CaIMR 与随访 1 年 MACE 的相关性分析

罪犯血管术后 CaIMR 与术后 1 年 MACE 以及心衰再入院之间存在正向关系($P < 0.05$), 与非罪犯血管术后 CaIMR < 40 U 的个体相比, 罪犯血管术后 CaIMR ≥ 40 U 的患者术后 1 年的总 MACE 和心衰再入院发生概率显著升高。见图 1。

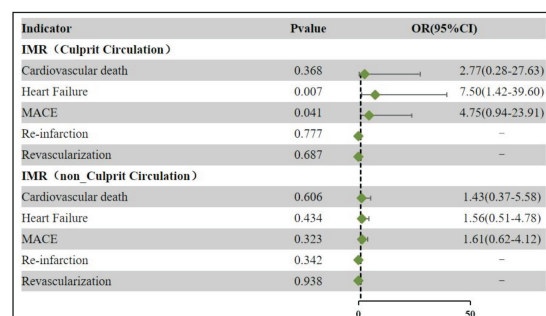


图 1 CaIMR 与 MACE 的相关性分析
 Figure 1 Correlation between CaIMR and MACE

3 讨论

急性 STEMI 是冠心病的严重类型,是致死致残的主要原因,早期血运重建是目前首要的治疗方法^[13]。研究发现,PCI 术后梗死范围、左心室重塑不良和病死率与心肌灌注直接相关^[14-15]。在心外膜血流通畅的病例中,CMD 被认为是导致心肌灌注不足的主要原因。随着对 CMD 更深入广泛的研究发现,在 STEMI 患者的非罪犯血管中,CMD 也很普遍^[16-18]。相关的病理生理学机制涉及血管功能受损、微血管阻塞(microvascular obstruction, MVO)、微血管损伤(microvascular injury, MVI)、心肌内出血(intramyocardial haemorrhage, IMH)等^[19]。因此,促进冠脉微血管功能的恢复值得关注。作为靶向微血管治疗的起点,PCI 术后针对 CMD 即时、准确、全面的评估必不可少。

随着造影技术的发展,CaIMR 可以通过采集的冠脉造影,利用流体力学模型和主动脉压力波计算得出,具有在较短时间内评估多条血管的特点,很好地解决了既往导丝 IMR 测量需要使用血管扩张剂、反复注射 0.9%氯化钠、测量时间长、手术风险高等一系列临床痛点^[20-23]。以导丝引导的 IMR 为诊断标准的配对研究指出,两种检测方法的结果具有很好相关性^[12]。进一步研究发现,在不同疾病背景下,CaIMR 可以通过设置不同的临界值,在诊断 CMD 时保证良好且一致的诊断敏感性、特异性和准确性,在预测疾病预后风险方面也是一项重要的独立预测指标^[12,24-26]。CaIMR 可能是一种颇有前途的 CMD 诊断方式。

研究显示,PCI 后 CMD 的发生率为 15%~50%^[27-29]。本研究 CMD 发生率为 43.57%,与预期基本一致。此外,有报道指出,CMD 与心血管事件风险较高有关,PCI 术后约 50%的患者发生不同程度的微血管阻塞,并与不良左心室重构甚至死亡有关^[12,30]。本研究 Cox 回归分析显示,术后 CaIMR、Killip 分级、呋塞米和 cTn 是 PCI 术后 MACE 发生风险的独立预测指标。其中 Killip 分级为评估急性心肌梗死患者心功能的指标,呋塞米为急性心衰的治疗药物,均反映了心衰的临床表现^[31-32];cTn(第 7 天)水平间接反映了梗死后心肌损伤程度及血供恢复情况^[33]。既往研究也提示了心肌损伤程度及再灌注不足与 CMD 相关^[3]。

为进一步验证上述结论,随访 1 年显示,CMD 组 MACE 发生率显著高于非 CMD 组,且罪犯血管 CaIMR 与总的 MACE 发生率和心衰住院率相关,这与既往研究结论一致^[10]。值得注意的是,非罪犯血管 CaIMR 与随访 1 年的 MACE 发生率无显著相关性。Flores 等^[33]也发现,非罪犯血管 CaIMR 并非 STEMI 术后 4 年的独立预测因子,并且与长期预后无关。有专家指出,非罪犯血管微循

环区域在 STEMI 急性期存在短暂变化,可能是由于左心室充盈压升高、代偿性运动过度导致的静息期血流增加和急性期充血血流减少^[34]。这些短期变化可能对 CaIMR 的诊断效能产生了影响。同时,考虑到诊断非罪犯血管 CMD 的临界值 25 U 源自非 STEMI 情况下的数据,所以导致非罪犯血管 CaIMR 失去了对 STEMI 预后的预测价值。这一点需要进一步的研究进行验证。

本研究的局限性:为单中心研究,结果可能受到地域的影响而无法推广到广泛的人群;随访期间 MACE 发生病例数量相对较少,可能会限制研究的统计效能,影响结果的稳健性;非罪犯血管的 CaIMR 临界值需要在 STEMI 病例中重新收集数据并计算,并将 STEMI 急性期的一些短期影响因素考虑在内。

综上所述,采用 CaIMR 评估 STEMI 急诊 PCI 患者微循环功能,能够有效预测患者的临床预后,可作为 STEMI 患者出院后 MACE 的独立预测指标,对早期进行风险评估及治疗方案的确定有积极作用。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Zahler D, Rozenfeld KL, Pasternak Y, et al. Relation of Pain-to-Balloon Time and Mortality in Patients With ST-Segment Elevation Myocardial Infarction Undergoing Primary Percutaneous Coronary Intervention[J]. *Am J Cardiol*, 2022, 163: 38-42.
- [2] Kalarus Z, Svendsen JH, Capodanno D, et al. Cardiac arrhythmias in the emergency settings of acute coronary syndrome and revascularization: an European Heart Rhythm Association (EHRA) consensus document, endorsed by the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI), and European Acute Cardiovascular Care Association (ACCA)[J]. *Europace*, 2019, 21(10): 1603-1604.
- [3] Milasinovic D, Nedeljkovic O, Maksimovic R, et al. Coronary Microcirculation: The Next Frontier in the Management of STEMI[J]. *J Clin Med*, 2023, 12(4): 1602.
- [4] Husser O, Monmeneu JV, Sanchis J, et al. Cardiovascular Magnetic Resonance-Derived Intramyocardial Hemorrhage after STEMI: Influence on Long-Term Prognosis, Adverse Left Ventricular Remodeling and Relationship with Microvascular Obstruction[J]. *Int J Cardiol*, 2013, 167(5): 2047-2054.
- [5] Carrick D, Haig C, Ahmed N, et al. Comparative Prognostic Utility of Indexes of Microvascular Function Alone or in Combination in Patients with an Acute ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction[J]. *Circulation*, 2016, 134(23): 1833-1847.
- [6] Demirkiran A, Robbers LFHJ, van der Hoeven NW, et al. The Dynamic Relationship Between Invasive Microvascular Function and Microvascular Injury Indica-

- tors, and Their Association With Left Ventricular Function and Infarct Size at 1-Month After Reperused ST-Segment-Elevation Myocardial Infarction [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2022, 15(11):892-902.
- [7] Silva M, Paiva L, Teixeira R, et al. Microcirculation function assessment in acute myocardial infarction: A systematic review of microcirculatory resistance indices[J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9:1041444.
- [8] Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, et al. Fourth universal definition of myocardial infarction(2018)[J]. *Glob Heart*, 2018, 13(4):305-338.
- [9] Ai H, Feng Y, Gong Y, et al. Coronary Angiography-Derived Index of Microvascular Resistance[J]. *Front Physiol*, 2020, 11:605356.
- [10] Li J, Gong Y, Wang W, et al. Accuracy of computational pressure-fluid dynamics applied to coronary angiography to derive fractional flow reserve: FLASH FFR[J]. *Cardiovascular Research*, 2020, 116(7):1349-1356.
- [11] Choi KH, Dai N, Li Y, et al. Functional Coronary Angiography-Derived Index of Microcirculatory Resistance in Patients with ST-Segment Elevation Myocardial Infarction [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2021, 14:1670-1684.
- [12] Zhang W, Singh S, Liu L, et al. Prognostic value of coronary microvascular dysfunction assessed by coronary angiography-derived index of microcirculatory resistance in diabetic patients with chronic coronary syndrome[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21(1):222.
- [13] Bhatt DL, Lopes RD, Harrington RA. Diagnosis and Treatment of Acute Coronary Syndromes: A Review [J]. *JAMA*, 2022, 327(7):662-675.
- [14] 王凤华, 魏茂提, 徐宁, 等. 不同来院方式急性 ST 段抬高心肌梗死患者再灌注时间及院内死亡危险因素分析[J]. *临床心血管病杂志*, 2022, 38(4):298-303.
- [15] Konijnenberg LSF, Damman P, Duncker DJ, et al. Pathophysiology and diagnosis of coronary microvascular dysfunction in ST-elevation myocardial infarction[J]. *Cardiovasc Res*, 2020, 116(4):787-805.
- [16] Díez-Delhoyo F, Gutiérrez-Ibañes E, Sanz-Ruiz R, et al. Prevalence of microvascular and endothelial dysfunction in the nonculprit territory in patients with acute myocardial infarction: the FISIOIAM study[J]. *Circ Cardiovasc Int*, 2019, 12(2):e007257.
- [17] van der Hoeven NW, Janssens GN, de Waard GA, et al. Temporal changes in coronary hyperemic and resting hemodynamic indices in nonculprit vessels of patients with ST-segment elevation myocardial infarction[J]. *JAMA Cardiol*, 2019, 4(8):736.
- [18] Elbaz M, Carrié D, Baudeux JL, et al. High frequency of endothelial vasomotor dysfunction after acute coronary syndromes in non-culprit and angiographically normal coronary arteries: a reversible phenomenon [J]. *Atherosclerosis*, 2005, 181(2):311-319.
- [19] Ito H. No-reflow phenomenon in patients with acute myocardial infarction: its pathophysiology and clinical implications[J]. *Acta Med Okayama*, 2009, 63(4):161-168.
- [20] Dai N, Che W, Liu L, et al. Diagnostic Value of angiography-derived IMR for coronary microcirculation and its prognostic implication after PCI [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2021, 8:735743.
- [21] Shin D, Kim J, Choi KH, et al. Functional angiography-derived index of microcirculatory resistance validated with microvascular obstruction in cardiac magnetic resonance after STEMI[J]. *Rev Esp Cardiol(Engl Ed)*, 2022, 75(10):786-796.
- [22] Abdu FA, Liu L, Mohammed AQ, et al. Prognostic impact of coronary microvascular dysfunction in patients with myocardial infarction with non-obstructive coronary arteries[J]. *Eur J Intern Med*, 2021, 92:79-85.
- [23] Zhang W, Singh S, Liu L, et al. Prognostic value of coronary microvascular dysfunction assessed by coronary angiography-derived index of microcirculatory resistance in diabetic patients with chronic coronary syndrome[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2022, 21(1):222.
- [24] Huang D, Gong Y, Fan Y, et al. Coronary angiography-derived index for assessing microcirculatory resistance in patients with non-obstructed vessels: The FLASH IMR study[J]. *Am Heart J*, 2023, 263:56-63.
- [25] Li W, Takahashi T, Rios SA, et al. Diagnostic performance and prognostic impact of coronary angiography-based Index of Microcirculatory Resistance assessment: A systematic review and meta-analysis[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2022, 99(2):286-292.
- [26] Feng C, Abdu FA, Mohammed AQ, et al. Prognostic impact of coronary microvascular dysfunction assessed by CaIMR in overweight with chronic coronary syndrome patients[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2022, 13:922264.
- [27] 李威亚, 马欢, 耿庆山. 冠状动脉微循环障碍危险因素及机制研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2021, 42(12):1064-1068, 1080.
- [28] 元俊杰, 李世勋, 周凡, 等. 急性 ST 段抬高型心肌梗死患者经皮冠状动脉介入治疗后冠状动脉微循环障碍的危险因素分析[J]. *中华实用诊断与治疗杂志*, 2023, 37(11):1152-1156.
- [29] Pijls NH, Fearon WF, Tonino PA, et al. Fractional flow reserve versus angiography for guiding percutaneous coronary intervention in patients with multivessel coronary artery disease: 2-year follow-up of the FAME(fractional flow reserve versus angiography for multivessel evaluation) study[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56(3):177-184.
- [30] Taqueti VR, Everett BM, Murthy VL, et al. Interaction of impaired coronary flow reserve and cardiomyocyte injury on adverse cardiovascular outcomes in patients without overt coronary artery disease[J]. *Circulation*, 2015, 131(6):528-535.

• 论著—研究报告 •

智慧化高血压远程管理模式的实例分析*

夏阳¹ 王庆航^{1,2} 周碧蓉¹

[摘要] 目的:探讨智慧化高血压远程管理模式在高血压患者管理中的实用效果。方法:研究对象为2022年2月—2023年11月在安徽医科大学附属第一医院就诊的高血压患者,分为对照组和实验组,对照组采用普通血压管理模式,实验组采用智慧化高血压远程管理模式,各管理3个月。评价项目包括血压、血糖、血脂、尿酸、肌酐、体重指数(body mass index, BMI)、药物依从性、肱踝脉搏波传导速度(brachial-ankle pulse wave velocity, baPWV)及血流介导的血管扩张功能(flow mediated dilation, FMD)的变化。结果:与管理前比较,管理后两组收缩压下降、舒张压下降、FMD升高、baPWV下降($P < 0.05$)。与对照组管理后比较,实验组管理后收缩压下降、舒张压下降、总胆固醇下降、尿酸下降、LDL-C下降、血糖下降、baPWV下降、FMD升高、药物依从性升高($P < 0.05$)。结论:智慧化高血压远程管理模式可有效提高血压控制效果,提高患者服药依从性,改善高血压患者baPWV及FMD指标。

[关键词] 高血压;远程管理;脉搏波传导速度;血管内皮功能

DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.04.014

[中图分类号] R544.1 **[文献标志码]** A

Example analysis of the intelligent remote management mode of hypertension

XIA Yang¹ WANG Qinghang^{1,2} ZHOU Birong¹

(¹Department of Cardiology, The First Affiliated Hospital of Anhui Medical University, Hefei, 230000, China; ²Department of Cardiology, Luán Hospital Affiliated to Anhui Medical University)

Corresponding author: ZHOU Birong, E-mail: ahmubr@163.com

Abstract Objective: To explore the practical effect of intelligent remote hypertension management mode in the management of hypertension patients. **Methods:** The subjects were hypertension patients who were treated in the First Affiliated Hospital of Anhui Medical University from February 2022 to November 2023. They were divided into control group and experimental group. The control group adopted the general blood pressure management mode, and the experimental group adopted the intelligent remote hypertension management mode, and each was managed for 3 months. Evaluation items included blood pressure, blood glucose, lipids, uric acid, creatinine, body mass index(BMI), medication adherence, brachial-ankle pulse wave velocity(baPWV) and flow mediated dilation(FMD). **Results:** Compared with before management, systolic blood pressure decreased, diastolic blood pressure decreased, FMD increased and baPWV decreased in both groups after management($P < 0.05$). Compared with the control group, systolic blood pressure, diastolic blood pressure, total cholesterol, uric acid, LDL-C, blood glucose, baPWV were decreased, FMD and medication adherence were increased in the experimental

*基金项目:安徽省卫生计生适宜技术推广项目(No:2018-TG03);安徽省学术技术带头人科研活动项目(No:2021D279)

¹安徽医科大学第一附属医院心内科(合肥,230000)

²安徽医科大学附属六安医院心内科

通信作者:周碧蓉, E-mail: ahmubr@163.com

引用本文:夏阳,王庆航,周碧蓉.智慧化高血压远程管理模式的实例分析[J].临床心血管病杂志,2024,40(4):323-328. DOI:10.13201/j.issn.1001-1439.2024.04.014.

[31] 陈冬生,栾献亭,杨进刚,等.中国急性心肌梗死不同Killip分级患者的临床特征、治疗和预后情况分析[J].中国循环杂志,2016,31(9):849-853.

[32] Wang Y, Wang XD, Yao JW, et al. The Impact of the Duration of Cardiac Troponin I Elevation on the Clinical Prognosis as Well as Incidence of New-Onset Atrial Fibrillation Respectively in Elderly Non-ST-Elevation Acute Myocardial Infarction Patients without PCI [J]. J Inflamm Res, 2021, 14: 6907-6916.

[33] Flores CH, Díez-Delhoyo F, Sanz-Ruiz R, et al. Micro-

vascular dysfunction of the non-culprit circulation predicts poor prognosis in patients with ST-segment elevation myocardial infarction [J]. Int J Cardiol Heart Vasc, 2022, 39: 100997.

[34] de Waard GA, Hollander MR, Teunissen PF, et al. Changes in coronary blood flow after acute myocardial infarction: insights from a patient study and an experimental porcine model [J]. JACC Cardiovasc Int, 2016, 9(6): 602-613.

(收稿日期:2023-10-19)