

• 论 著 • DOI:10.3969/j.issn.1672-9455.2021.16.020

微血管阻力指数和冠状动脉血流储备对急诊 PCI 患者的术后评估价值

余新建, 李小明[△], 党宏伟, 罗伟刚

陕西省宝鸡市中心医院心血管内科, 陕西宝鸡 721008

摘要:目的 探讨急性 ST 段抬高型心肌梗死患者通过经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后,检测微循环阻力指数(IMR)和冠状动脉血流储备(CFR),通过 IMR 进行分级评估术后该指标与患者健康状况的关系。方法 ST 段抬高型心肌梗死患者按 IMR(≤ 40 或 > 40)进行分级。心肌梗死后 7 d 内及 6 个月后进行心脏磁共振成像,并保持随访。结果 IMR > 40 时患者心肌出血发生风险显著增加($P=0.001$);IMR > 40 与 CFR ≤ 2.0 联合与微血管阻塞显著相关($P<0.05$),与心肌出血无关($P=0.104$);IMR ≤ 40 和 CFR ≤ 2.0 联合与微血管阻塞和心肌缺血发生风险均显著相关($P<0.05$)。多因素分析显示,基线左心室舒张末期容积(LVEDV)、梗死面积、体质量指数、高胆固醇血症、男性、IMR > 40 、糖尿病史与 6 个月时 LVEDV 变化显著相关($P<0.05$)。结论 IMR > 40 与 ST 段抬高型心肌梗死后 LVEDV 变化和临床预后相关联,与梗死面积无关。IMR 具有较好的风险分层临床价值,可为心肌再灌注失败检测提供参考。

关键词:急性 ST 段抬高型心肌梗死; 冠状动脉血流储备; 微循环阻力指数; 心脏核磁共振成像

中图分类号:R542.2

文献标志码:A

文章编号:1672-9455(2021)16-2376-06

The evaluation of microvascular resistance index and coronary blood flow reserve in emergency PCI patients

YU Xinjian, LI Xiaoming[△], DANG Hongwei, LUO Weigang

Department of Cardiology, Baoji Central Hospital, Baoji, Shaanxi 721008, China

Abstract: Objective To investigate the relationship between microcirculation resistance index (IMR) and coronary flow reserve (CFR) in patients with acute ST segment elevation myocardial infarction (STEMI) after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** Patients with ST segment elevation myocardial infarction (STEMI) were classified according to IMR (≤ 40 or > 40). Magnetic resonance imaging was performed within 7 days and 6 months after myocardial infarction. **Results** When IMR > 40 , the risk of myocardial hemorrhage was significantly increased ($P=0.001$); The combination of IMR > 40 and CFR ≤ 2.0 was significantly associated with microvascular occlusion ($P<0.05$), but not with myocardial hemorrhage ($P=0.104$); IMR ≤ 40 and CFR ≤ 2.0 were significantly associated with the risk of microvascular occlusion and myocardial ischemia ($P<0.05$). Multivariate analysis showed that baseline LVEDV, infarct size, BMI, hypercholesterolemia, male, IMR > 40 and diabetes were significantly correlated with LVEDV at 6 months ($P<0.05$). **Conclusion** IMR > 40 was associated with LVEDV changes and clinical prognosis after ST segment elevation myocardial infarction, but not with infarct size. IMR has a good clinical value in risk stratification, and can provide a reference for the detection of myocardial reperfusion failure.

Key words: acute ST segment elevation myocardial infarction; coronary flow reserve; microcirculation resistance index; cardiac magnetic resonance imaging

近年来,心肌再灌注治疗急性 ST 段抬高型心肌梗死(STEMI)的临床应用日益广泛,但是有近一半患者心肌再灌注失败^[1-2]。微循环阻力指数(IMR) > 40 可用作经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后心肌再灌注失败评估的指标,对术后具有重要意义^[3-4]。此外,心脏磁共振显可显示的微血管病理(尤其是微血管阻塞和

心肌出血),但并不建议常规使用。因此,应建立再灌注失败的检测方法,在急诊 PCI 结束后针对患者再进行一次微循环功能侵入性评估,有利于及时判断患者是否灌注失败^[5-6]。因此,本研究对随机纳入的 STEMI 患者在 PCI 术后立即检测 IMR 和冠状动脉血流储备(CFR),以 IMR 指标进行分级并进行统计分析。

作者简介:余新建,男,副主任医师,主要从事冠心病诊治研究。 [△] 通信作者, E-mail:lxm_ly003@163.com。

本文引用格式:余新建,李小明,党宏伟,等.微血管阻力指数和冠状动脉血流储备对急诊 PCI 患者的术后评估价值[J]. 检验医学与临床, 2021,18(16):2372-2381.

现报道如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选取 2015 年 3 月 14 日至 2018 年 9 月 22 日在本院接受治疗的 STEMI 患者为研究对象。纳入标准:(1)原发性 STEMI 溶栓的适应证患者;(2)可接受长期随访;(3)患者接受类似的抗血栓治疗,包括阿司匹林、氯吡格雷、肝素、静脉糖蛋白Ⅱb/Ⅲa 抑制剂与替罗非班;(4)患者签署知情同意书。排除标准:(1)禁做心脏磁共振患者,如装有起搏器;(2)患有出血性疾病或对抗血小板类药物、支架、造影剂过敏者;(3)单纯的冠状动脉痉挛患者;(4)先天性心脏病、冠心病、心肌病等患者。初始纳入 279 例 STEMI 患者,共 254 例完成本研究。254 例患者在再灌注后行心脏磁共振评估,并对长期的健康结果进行随访。本研究经医院伦理道德委员会审核通过。

1.2 方法

1.2.1 PCI 结束时冠状动脉 IMR 和 CFR 的检测 采用热稀释法,通过冠状动脉压力和温度敏感导丝测量病变冠状动脉中的 IMR 和 CFR。冠状动脉血流能够为心肌供氧,当氧含量增加或受到药物和神经因子作用时,冠状动脉扩张,从静息状态变成充血状态,这种冠状动脉的变化被称为 CFR,其检测方式为将压力导丝送至于待测血管远端,通过指引导管注入 3~5 mL 生理盐水,测定静息状态/最大充血状态下液体两温度敏感器之间的时间(T),CFR 则为静息状态与最大充血状态下传导时间的比值,当比值≤2.0 为异常。IMR 是一种针对性反映冠状动脉微循环阻力的指标,其测定方式为 PCI 术后在冠状动脉最大充血状态下,将位于压力导丝头端的感受器置于病变远端血管内以测定血管内压力(Pd),再通过导管动脉内快速注入室温的生理盐水 3 mL 获得热稀释曲线,重复 3 次测得平均传导时间(Tmn), $IMR = Pd \times Tmn$ 。本研究对 $IMR > 40$ 进行了预先指定和检验,将其分为:(1) $IMR \leq 40$ 和 $CFR > 2.0$;(2) $IMR > 40$ 和 $CFR > 2.0$;(3) $IMR \leq 40$ 和 $CFR \leq 2.0$;(4) $IMR > 40$ 和 $CFR \leq 2.0$ 。

1.2.2 病理诊断 (1)梗死:运用 MATLAB 软件分析梗死部分并计算梗死面积,表示为总左心室质量的百分比。(2)微血管阻塞:注射造影剂后 1、3、5 和 7 min 出现的早期增强成像的暗区,若其在 15 min 时仍然存在于晚期增强区域内,则认定为微血管阻塞。(3)心肌水肿:表现为 T2W1 的局限性高信号,使用三重反转恢复自旋回波序列,同时抑制脂肪和血液信号,可使水肿区与正常心肌的对比更明显。(4)心肌挽救:通过风险面积减去梗死面积计算,以百分比表示。心肌挽救指数:通过心肌挽救面积除以风险初始面积计算。(5)心室重构:与初始左室体积相比,6 个月时增加的左心室体积定义为心室重构。6 个月时左心室舒张末期容积增加≥20% 则定义为不良重塑。(6)心肌出血:低信号梗死核心内出现 $T2^* \text{ 值} < 20 \text{ ms}$ 的信号时被认定为心肌出血。

1.2.3 心电描记法 冠状动脉再灌注前和灌注后 60 min 分别测得 12 导联心电图。再灌注后 60 min 心电图 ST 段改变与基线时心电图比较,以完全(≥70%)、不完全(30%~<70%)、无(<30%)表示。

1.2.4 冠状动脉造影的采集与分析 患者行股动脉或桡动脉穿刺,并向冠状动脉内注射造影剂,同时进行 X 光成像,对患者的冠状动脉狭窄及狭窄的范围和程度进行分析判断。

1.3 统计学处理 采用 SPSS20.0 进行统计分析。计量资料满足正态分布以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用 *t* 检验;计数资料以中位数(四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示,采用 Mann-Whitney *U* 检验;计数资料以[*n*(%)]表示,采用 χ^2 检验或 Fish 精确概率检验。采用二元 Logistic 回归或线性回归分析心肌出血和左心室舒张末期容积(LVEDV)的影响因素。以 $P > 0.05$ 表示差异无统计学意义。

2 结 果

2.1 再灌注后患者特征、IMR 和 CFR 在病变冠状动脉中的变化 254 例 STEMI 患者在急诊 PCI 结束时检测病变冠状动脉 IMR 和 CFR 见表 1 和图 1。

表 1 254 例 STEMI 患者的临床特征和血管造影特征分类

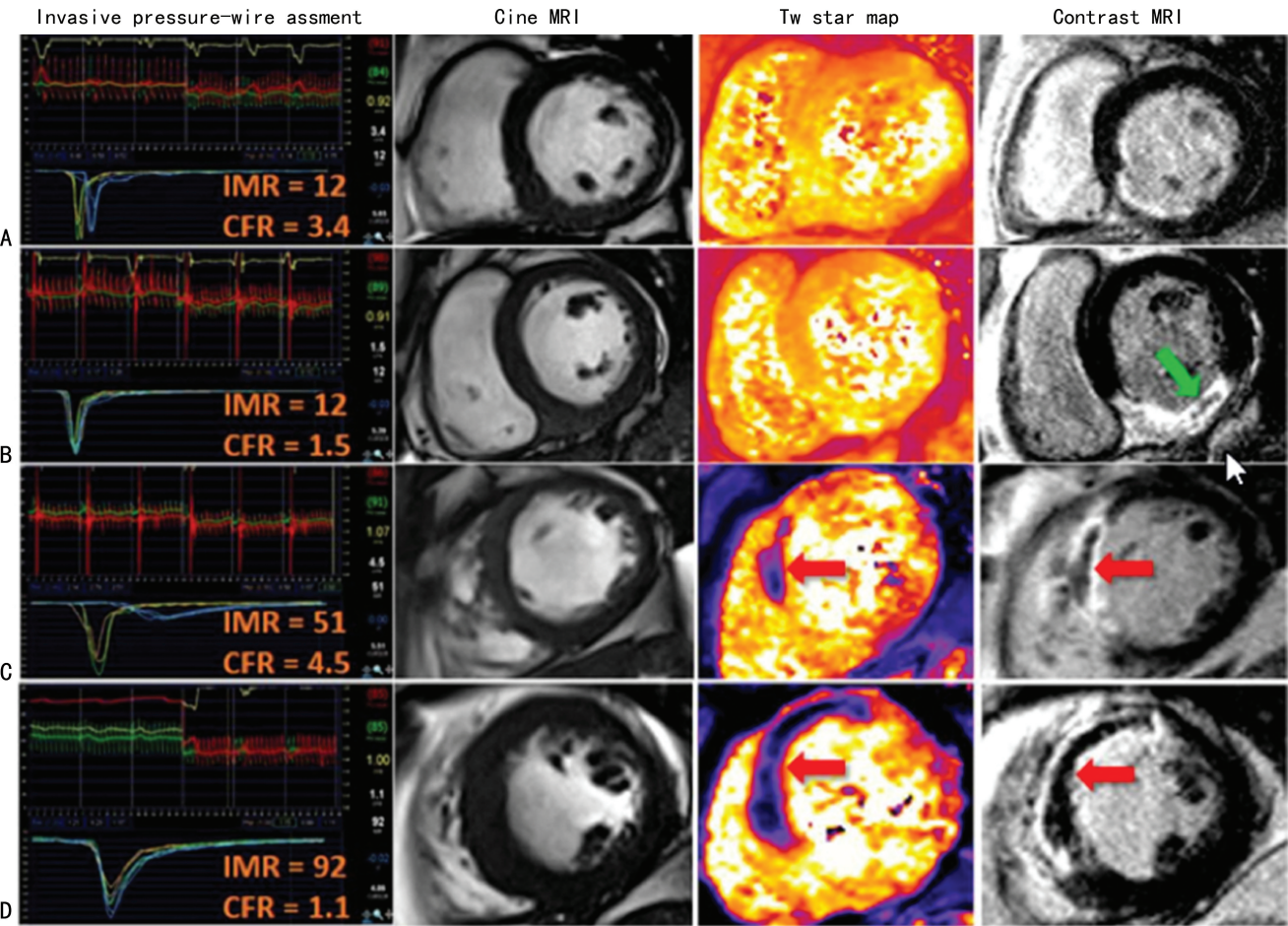
项目	合计(<i>n</i> =254)	IMR≤40(<i>n</i> =183)	IMR>40(<i>n</i> =71)	<i>P</i>
年龄($\bar{x} \pm s$, 岁)	60±12	59±11	62±12	0.093
男性[<i>n</i> (%)]	185(73)	131(72)	53(75)	0.766
体质量指数($\bar{x} \pm s$, kg/m ²)	29±5	29±5	28±5	0.009
病史[<i>n</i> (%)]				
高血压	81(32)	53(29)	27(39)	0.120
吸烟	157(62)	117(64)	40(57)	0.340
高胆固醇血症	71(28)	49(27)	20(29)	0.767

续表 1 254 例 STEMI 患者的临床特征和血管造影特征分类				
项目	合计($n=254$)	IMR $\leqslant 40$ ($n=183$)	IMR >40 ($n=71$)	P
糖尿病	28(11)	18(10)	7(11)	0.830
梗死前心绞痛	28(11)	20(11)	9(13)	0.678
心肌梗死	17(7)	12(7)	4(6)	1.000
生理特征($\bar{x}\pm s$)				
心率(次/分)	78 $\pm$ 17	78 $\pm$ 17	78 $\pm$ 16	0.800
收缩压(mm Hg)	136 $\pm$ 24	135 $\pm$ 25	136 $\pm$ 24	0.797
舒张压(mm Hg)	79 $\pm$ 14	79 $\pm$ 14	80 $\pm$ 13	0.358
从症状开始到再灌注时间[$M(P_{25},P_{75})$,min]	174(120,316)	171(119,300)	179(129,364)	0.208
心室纤颤[$n(\%)$]	17(6.7)	9(4.9)	7(9.9)	0.185
心力衰竭[$n(\%)$]	180(71)	146(80)	38(54)	
I				
II	55(22)	73(20)	20(28)	<0.001
III/IV	17(7)	5(3)	12(18)	
PCI 后 ST 段抬高分辨率[$n(\%)$]				
完全	115(45)	32(17)	15(21)	
不完全	103(40)	119(65)	31(43)	0.022
无	36(14)	32(17)	25(35)	
再灌注[$n(\%)$]				
直接 PCI	236(92)	170(92)	65(91)	
补救性 PCI(溶栓失败)	12(4)	9(5)	3(5)	1.000
溶栓成功	6(2)	4(2)	3(4)	
病变动脉数[$n(\%)$]				
1	142(56)	100(55)	41(58)	
2	73(29)	55(30)	20(28)	0.973
3	33(13)	24(13)	9(13)	
病变血管[$n(\%)$]				
LM	5(2)	4(2)	1(1)	
LAD	96(38)	64(35)	31(44)	
LCx	45(18)	34(19)	10(15)	0.371
RCA	117(44)	84(46)	28(40)	
PCI 治疗前 TIMI 冠状动脉流量等级[$n(\%)$]				
0/1	183(72)	126(69)	56(79)	
2/3	71(28)	56(31)	14(20)	
PCI 治疗后 TIMI 冠状动脉流量等级[$n(\%)$]				
0/1	2(1)	2(1)	1(1)	
2/3	251(99)	181(99)	70(99)	0.481
PCI 治疗前 TIMI 溶栓帧数量[$M(P_{25},P_{75})$]	29.4(18.0,44.0)	28.0(18.0,42.4)	35.9(25.0,52.5)	0.129
PCI 治疗后 TIMI 溶栓帧数量[$M(P_{25},P_{75})$]	15.3(10.0,24.7)	16.9(8.2,22.6)	20.0(14.6,29.1)	<0.001
PCI 治疗后 TIMI 溶栓呈色分级[$n(\%)$]				
0/1	66(26)	40(22)	27(38)	0.013
2/3	188(74)	143(78)	44(62)	
病变、残余狭窄[$n(\%)$]	12.4(5.5)	12.3(5.6)	12.5(5.4)	0.807
CFR[$M(P_{25},P_{75})$]	1.6(1.1,2.1)	1.6(1.2,2.2)	1.4(1.0,1.8)	<0.001

续表 1 254 例 STEMI 患者的临床特征和血管造影特征分类

项目	合计(<i>n</i> = 254)	IMR≤40(<i>n</i> = 183)	IMR>40(<i>n</i> = 71)	<i>P</i>
IMR[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	25(15, 44)	18(13, 26)	56(48, 80)	<0.001
FFR[<i>n</i> (%)]	0.90(0.10)	0.90(0.09)	0.94(0.06)	0.006
RRR[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅)]	1.8(1.4, 2.5)	1.9(1.5, 2.6)	1.8(1.3, 2.4)	0.093
导管实验室治疗[<i>n</i> (%)]				
血栓抽吸装置	182(72)	128(70)	54(76)	0.379
糖蛋白 II b/III a 抑制剂	234(92)	166(91)	67(94)	0.485
药物治疗[<i>n</i> (%)]				
ACE-I 或 ARB	251(99)	180(98)	71(100)	0.579
β-受体阻滞剂	241(95)	176(96)	65(92)	0.225
入院时的初步血检结果				
C 反应蛋白[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), mg/L]	4(2, 7)	4(2, 7)	4(2, 7)	0.971
白细胞计数($\bar{x} \pm s, \times 10^9/L$)	12.4 ± 3.6	12.3 ± 3.4	12.5 ± 4.0	0.743
血小板计数($\bar{x} \pm s, \times 10^6/L$)	246 ± 67	249 ± 69	238 ± 61	0.193
肌钙蛋白 T[<i>M</i> (<i>P</i> ₂₅ , <i>P</i> ₇₅), ng/L]	1 566(93, 4 411)	1 500(90, 3 911)	1 967(106, 6 465)	0.070

注:ACE-I 表示血管紧张素转换酶抑制剂;ARB 表示血管紧张素受体阻滞剂;FFR 表示血流储备分数;RRR 表示阻力储备比;LAD 表示左前降支冠状动脉;LCx 表示左旋支冠状动脉;LM 表示光镜照片左冠状动脉主干;RCA 表示右冠状动脉;TIMI 表示心肌梗死溶栓治疗。



注:A 表示 IMR≤40 和 CFR>2.0 的患者,无心肌出血(中右)或微血管阻塞(右);B 表示 IMR≤40 和 CFR≤2.0;C 表示 IMR>40 和 CFR>2.0 的患者;D 表示 IMR>40 和 CFR≤2.0 的患者。

图 1 254 例 STEMI 患者接受 PCI 治疗

2.2 多变量分析微血管梗死的影响因素 在二元逻辑回归模型中,IMR>40 时患者心肌出血发生风险显

著增加($P=0.001$),见表 2。微血管病变与侵袭性微血管的联合分析:IMR>40 和 CFR≤2.0 联合与微血管阻塞显著相关($P<0.05$),与心肌出血无关($P=0.104$)。IMR≤40 和 CFR≤2.0 联合与微血管阻塞和心肌缺血发生风险均显著相关($P<0.05$)。

2.3 左心室相关指标变化分析 多因素分析显示,基线 LVEDV、梗死面积、体质量指数、高胆固醇血症、男性、IMR>40、糖尿病史与 6 个月时 LVEDV 变化显著相关($P<0.05$)。见表 3。

表 2 STEMI 患者的临床特征与心肌出血的关联分析		
因素	OR(95%CI)	P
IMR>40	2.86(1.52~5.39)	0.001
男性	2.75(1.32~5.72)	0.007
吸烟者	2.08(1.11~3.90)	0.023
高血压	1.98(1.04~3.74)	0.037

2.4 微血管功能障碍与术后长期预后影响 共 254 例患者完成了长期随访,随访中位时间为 845 d,出院后复查时间为 598~1 098 d。心血管患者死亡 4 例,非心血管患者死亡 3 例,心力衰竭患者死亡 16 例。IMR>40 是全因死亡或心力衰竭的显著相关因素($P<0.001$)。IMR>40 和 CFR≤2.0 联合应用并不增强 IMR>40 的预后意义。见表 4。

表 3 多变量分析 6 个月时 LVEDV 变化的相关因素($n=224$)		
线性回归	系数(95%CI)	P
基线 LVEDV	-0.23(-0.35~-0.12)	<0.001
梗死面积	1.03(0.75~1.30)	<0.001
BMI	1.16(0.41~1.90)	0.003
高胆固醇血症	-10.55(-18.13~-2.97)	0.007
男性	11.27(3.05~19.49)	0.007
IMR>40	7.85(0.41~15.29)	0.039
糖尿病	-10.15(-20.24~-0.06)	0.049
PCI 治疗后 TIMI 溶栓显色分级 2/3 级	-6.06(-13.21~1.08)	0.096
高血压	5.13(-1.99~12.25)	0.157
PCI 治疗后 TIMI 溶栓帧数量	-0.16(-0.42~0.11)	0.241
心率	-0.10(-0.30~0.09)	0.298
PCI 记录	-8.63(-25.80~8.55)	0.323
年龄	-0.14(-0.47~0.19)	0.410
吸烟者	3.00(-4.22~10.23)	0.413
病变残留狭窄百分比	0.09(-0.51~0.70)	0.758
每 10 分钟的症状到再灌注时间	0.01(-0.13~0.15)	0.894
心肌梗死	-0.48(-16.18~15.21)	0.952
有心绞痛史	-0.23(-10.56~10.09)	0.965
每 10 mm Hg 收缩压	-0.01(-1.35~1.32)	0.984

表 4 IMR 和 CFR 与心力衰竭患者住院期间或住院后全因死亡或首次心力衰竭住院的关系		
关联分析	OR(95%CI)	P
单变量		
IMR>40	4.36(2.10~9.06)	<0.001
IMR(改为 5 个单位)	1.08(1.05~1.12)	<0.001
IMR>中位数	2.16(1.01~4.61)	0.047
CFR≤2.0,IMR>40	4.37(2.13~8.97)	<0.001
CFR≤中位数,IMR>中位数	2.96(1.24~7.08)	0.015
CFR(0.2 单位变化)	0.92(0.82~1.02)	0.124
CFR≤中位数	1.74(0.81~3.72)	0.153
CFR≤2.0	1.17(0.50~2.72)	0.721
多变量关联		
模型 A($n=254$)		
IMR>40	4.70(2.10~10.53)	<0.001
吸烟	2.49(1.01~6.14)	0.048
高血压	2.84(1.26~6.42)	0.012
IMR>40,CFR≤2.0	5.01(2.22~11.33)	<0.001
吸香烟者	2.69(1.08~6.69)	0.033
高血压	2.84(1.26~6.42)	0.12
模型 B($n=253$)		
IMR>40	4.42(1.93~10.10)	<0.001
ST 段无回落	2.49(1.01~6.15)	0.049
PCI 后 TIMI 溶栓帧数量	1.00(0.97~1.03)	0.823
IMR>40,CFR≤2.0	4.46(1.96~10.15)	<0.001
ST 段无回落	2.58(1.04~6.38)	0.041

3 讨 论

在急诊 PCI 结束时,侵入性评估患者的微循环功能,为 STEMI 患者心肌再灌注失败提供了一个比血管造影或心电图更为准确的识别方式^[7-8]。相关研究表明,IMR>40 与 STEMI 后病死率增加显著相关^[9-10]。CFR 反映心外膜和微血管舒张功能,与 STEMI 患者的心血管综合预后相关^[11-12]。研究发现,IMR 与严重微血管病变、左室重构和健康预后的关系比血管造影或 CFR 更密切,但 IMR 和 CFR 联合是否增加预后价值尚不确定^[13-14]。本研究证实,IMR 与梗死病、左心室功能和容积的改变也呈多因素相关。

本文主要研究结果如下:(1)急诊 PCI 术后微血管功能障碍按 IMR>40(无冠状动脉血流储备)分级,与再灌注时间、再灌注血管造影及心电图指标相比,与梗死病理及预后的相关性一致;(2)IMR>40 与心肌出血和微血管阻塞的关系比 IMR>40 和 CFR≤2.0 的联合作用更密切;(3)IMR>40 与左心室射血分数(LVEF)和 LVEDV 变化显著相关,与梗死面积

无关;(4)IMR>40 患者出现死亡或心力衰竭概率增加,单独的 CFR(或真正的冠状动脉血流储备)与此结果无关,IMR 和 CFR 的结合并未增加预测患者预后的价值。

STEMI 患者可通过 IMR>40 这个分界值对患者进行风险分级,这有利于 STEMI 患者临床管理。本研究为 STEMI 患者心肌再灌注治疗的侵袭性评估提供了参考。另一方面,CFR 的诊断意义小于 IMR,且 CFR 对血流动力学依赖性更强^[10],它受静息血流变化的影响,对微血管系统不具有特异性,而且取值范围较窄。

STEMI 患者心肌再灌注失败常常被忽视,主要因为目前的评估方法缺乏灵敏性和常规核磁共振(通常在急性事件发生几天后进行)无法准确诊断^[15]。所以,IMR>40 仍有可能是疾病风险升高的重要标志。治疗中需要进一步的研究可以通过调查 IMR 分层患者的预防或治疗干预措施,以评估 IMR 指导的策略是否比标准护理更能改善术后。IMR>40 和 CFR≤2.0 联合及单独 CFR 与血管造影及心电图再灌注测量结果相比,IMR>40 与微血管病理、左心室功能、体积变化、全因死亡及心力衰竭长期相关。

参考文献

- [1] 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.
- [2] 胡丽英,李桂梅,陈凤英. 急性心肌梗死再灌注治疗现状分析[J]. *重庆医学*, 2017, 46(16):136-138.
- [3] WANG Y P, ZHANG Y, SUN Y R, et al. Effect of nicorandil on ventricular arrhythmia in patients with acute ST-segment elevation myocardial infarction underwent emergent percutaneous coronary intervention treatment [J]. *Zhonghua Xin Xue Guan Bing Za Zhi*, 2017, 45(8):701-705.
- [4] FOLEY J R, PLEIN S, GREENWOOD J P. Assessment of stable coronary artery disease by cardiovascular magnetic resonance imaging:current and emerging techniques [J]. *World J Cardiol*, 2017, 9(2):92-108.
- [5] 孔燕茹,刘玉胜,鹿庆华. 心脏磁共振成像评估急性心肌梗死预后指标研究进展[J]. *心血管病学进展*, 2018, 39

(1):100-102.

- [6] 曹正雨,夏思良. 急性下壁心肌梗死罪犯血管体表心电图定位研究进展[J/CD]. *实用心电学杂志*, 2017, 26(1):57-62.
- [7] SINGH K, RASHID M, SO D Y, et al. Incidence, predictors, and clinical outcomes of early stent thrombosis in acute myocardial infarction patients treated with primary percutaneous coronary angioplasty (insights from the University of Ottawa Heart Institute STEMI registry)[J]. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2018, 91(5):842-848.
- [8] 刘高炳. 双源 CT 冠脉造影和 SPECT 对评估心肌灌注异常与冠脉狭窄的相关性分析[J]. *航空航天医学杂志*, 2018, 29(9):11-13.
- [9] BULLUCK H, FOIN N, TAN J W, et al. Invasive assessment of the coronary microcirculation in reperfused st-segment elevation myocardial infarction patients: where do we stand [J]. *Circ Cardiovasc Interv*, 2017, 10(3):e004373.
- [10] NG M K, YEUNG A C, FEARON W F. Invasive assessment of the coronary microcirculation:superior reproducibility and less hemodynamic dependence of index of microcirculatory resistance compared with coronary flow reserve[J]. *Circulation*, 2006, 113(17):2054-2061.
- [11] MCALINDON E, PUFULETE M, HARRIS J, et al. Microvascular dysfunction determines infarct characteristics in patients with reperfused ST-segment elevation myocardial infarction:the MICRO circulation in Acute Myocardial infarction (MICRO-AMI) study[J]. *PLoS One*, 2018, 13(11):e0203750.
- [12] 石卫晨,罗晓娟. 冠脉血流储备分数在冠心病介入中的应用现状[J]. *现代临床医学*, 2017, 43(4):313-315.
- [13] GALVÃO BRAGA C, CID-ÁLVAREZ A B, REDONDO DIÉGUEZ A, et al. Multivessel versus culprit-only percutaneous coronary intervention in ST-segment elevation acute myocardial infarction:analysis of an 8-year registry [J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2017, 70(6):425-432.
- [14] NISHI T, KITAHARA H, YUICHI S. Invasive assessment of microvascular function in patients with valvular heart disease. [J]. *Coron Artery Dis*, 2018, 29(3):223-229.
- [15] 夏炜聪,朱天奇,张瑞岩. ST 段抬高型心肌梗死患者延迟再灌注治疗的研究进展[J]. *国际心血管病杂志*, 2018, 45(1):24-26.

(收稿日期:2020-12-07 修回日期:2021-04-18)