

·临床研究·

## 心肌灌注分型对冠状动脉慢性完全闭塞病变介入治疗的疗效评估

骆炳政<sup>1,2</sup>, 李明奇<sup>5</sup>, 马墩亮<sup>3</sup>, 吴开泽<sup>4</sup>, 张 斌<sup>1,2</sup>, 费洪文<sup>5</sup>

(1. 南方医科大学第二临床医学院, 广州 510260; 2. 南方医科大学附属广东省人民医院//广东省医学科学院心血管内科, 广州 510080; 3. 广东省人民医院南海医院心内科, 佛山 528251; 4. 广东省南海区人民医院心内科, 佛山 510080; 5. 南方医科大学附属广东省人民医院//广东省医学科学院成人心脏超声室, 广州 510080)

**摘要:**【目的】探讨心肌声学造影(MCE)在优选冠状动脉慢性闭塞病变患者的临床应用价值。【方法】连续性地选取从2019年2月至2020年3月共50例冠状动脉慢性闭塞病变患者为研究对象,于介入治疗前及术后12月完善MCE及二维斑点追踪技术(2D-STI)。术后通过电话及门诊进行随访,主要终点事件为主要不良心血管事件(MACE)。根据术前心肌声学造影的心肌灌注水平对患者进行分组,通过二维超声心动图及左室整体纵向应变(GLS)对左心功能改善情况进行评估。【结果】相较于灌注异常组,灌注正常组GLS改善幅度更大( $P=0.028$ );PCI术前灌注异常组室壁运动评分(WMSI)相较于灌注正常组更高( $P=0.002$ )。在成功PCI术后一年灌注异常组WMSI相较于灌注正常组术后更高( $P<0.001$ )。灌注正常组术后的GLS( $P=0.008$ )、WMSI( $P=0.016$ )及左室舒张末(LVEDV)容积( $P=0.032$ )较术前改善;灌注异常组患者术后的灌注评分有明显改善( $P=0.032$ )。【结论】MCE优选CTO-PCI患者具有临床应用价值。不同心肌灌注分型的CTO患者在PCI术后获益不同。

**关键词:**冠状动脉疾病;慢性完全闭塞;经皮冠状动脉介入治疗;心肌声学造影;心肌灌注

中图分类号:R453.3 文献标志码:A 文章编号:1672-3554(2023)05-0840-07

DOI: 10.13471/j.cnki.j.sun.yat-sen.univ.(med.sci).20230627.001

## Evaluation of Myocardial Perfusion Classification for Interventional Treatment of Chronic Total Occlusion of Coronary Artery

LUO Bing-zheng<sup>1,2</sup>, LI Ming-qi<sup>5</sup>, MA Dun-liang<sup>3</sup>, WU Kai-ze<sup>4</sup>, ZHANG Bin<sup>1,2</sup>, FEI Hong-wen<sup>5</sup>

(1. The Second School of Clinical Medicine, Southern Medical University, Guangzhou 510260, China; 2. Department of Cardiology, Guangdong Provincial People's Hospital // Guangdong Academy of Medical Sciences // Southern Medical University, Guangzhou 510080, China; 3. Department of Cardiology, Nanhai Hospital of Guangdong Provincial People's Hospital Foshan, Foshan 528251, China; 4. Department of Cardiology, Foshan Nanhai District People's Hospital, Foshan 510080, China; 5. Adult Cardiac Ultrasound Room, Guangdong Provincial People's Hospital // Guangdong Academy of Medical Sciences // Southern Medical University, Guangzhou 510080, China)

Correspondence to: ZHANG Bin; E-mail: binzhang\_cardio@163.com

**Abstract:**【Subjects】To investigate the clinical application value of myocardial contrast echocardiography (MCE) in selecting CTO-PCI patients.【Methods】From February 2019 to March 2020, a total of 50 patients with chronic coronary artery occlusion were consecutively selected as the research subjects. MCE and two-dimensional speck-tracking echocardiography were completed before and 12 months after interventional therapy. The primary end point was major adverse cardiovascular events. Patients were divided into groups according to the preoperative myocardial perfusion level of MCE. The

收稿日期:2023-02-23

基金项目:广东省科技计划项目(2016A020216022)

作者简介:骆炳政,第一作者,研究方向:心血管介入,E-mail:luobingzheng123@163.com;张斌,通信作者,硕士生导师,E-mail:binzhang\_cardio@163.com

improvement of left ventricular function was evaluated by two-dimensional echocardiography and left ventricular global longitudinal strain.【Results】 Compared with the abnormal perfusion group, the improvement of GLS in the normal perfusion group was greater ( $P=0.028$ ). The wall motion score index (WMSI) of the abnormal perfusion group before PCI was higher than that of the normal perfusion group ( $P=0.002$ ). WMSI in the abnormal perfusion group was higher than that in the normal perfusion group one year after PCI ( $P<0.001$ ). The left ventricular GLS ( $P=0.008$ ), WMSI ( $P=0.016$ ) and left ventricular end-diastolic volume ( $P=0.032$ ) in the normal perfusion group were improved compared with those before operation; The postoperative perfusion score of patients with abnormal perfusion was significantly improved ( $P=0.032$ ).【Conclusion】 MCE has clinical application value in optimizing the selection of CTO-PCI patients. CTO patients with different myocardial perfusion types have different benefits after PCI.

**Key words:** coronary artery disease; chronic total occlusion; percutaneous coronary intervention; myocardial contrast echocardiography; myocardial perfusion

[J SUN Yat-sen Univ (Med Sci), 2023, 44(5): 840-846]

冠状动脉慢性完全闭塞病变(chronic total occlusion, CTO)是指主要冠状动脉完全闭塞(TIMI血流为0级)且根据患者临床症状、检查资料及病史提示闭塞时间超过3个月的病变。在行冠状动脉造影检查的患者中发现CTO病变的比例为20%~40%<sup>[1]</sup>。通过经皮冠状动脉介入治疗(percutaneous coronary intervention, PCI)实现闭塞血管血运重建,有使缺血心肌再灌注可能。然而,目前CTO患者成功PCI治疗对预后影响仍没有一致的意见,这也是制约CTO PCI广泛应用的重要原因。其中主要关键因素可能是靶血管区域心肌存活状态。近年来,随着新型超声造影剂及超声设备的发展,心肌声学造影(myocardial contrast echocardiography, MCE)逐渐应用于临床,并被认为评估心肌存活的有效手段之一<sup>[2]</sup>。二维斑点追踪成像技术(two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI)通过对心肌组织的斑点回声进行追踪,有助于分析心脏心肌层面的应变情况,可用于评估整体或局部的左心室功能,与传统超声相比,对于相应节段的缺血情况具有较高的敏感性和特异性<sup>[3]</sup>。因此,本文拟通过MCE评估CTO人群心肌存活状态,并通过2D-STI评估血运重建后心肌恢复情况,探讨MCE在优选CTO-PCI患者的临床应用价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 一般资料

本研究入组从2019年2月至2020年3月就诊于我院并明确至少有一处冠状动脉CTO并同意行

心肌声学造影的患者50例。冠状动脉CTO病变根据指南定义<sup>[4]</sup>纳入标准:①患者年龄为18岁以上。②同意行PCI血运重建及行MCE检查。③至少一支CTO血管进行成功血运重建。排除标准:①超声增强剂过敏。②严重的肺通气功能障碍。③冠状动脉造影禁忌症。④急性心肌梗死。⑤未对CTO病变进行处理。⑥合并严重恶性肿瘤或合并重大疾病,预期寿命<1年。所有患者均签署知情同意书,本研究经广东省人民医院伦理委员会批准(No. GDREC2017196H(R1))。

### 1.2 仪器与方法

检查仪器采用Philips 7C彩色多普勒超声诊断仪,并配备换能器,带宽为1-5MHz,常规连接心电图,患者采用左侧卧位,嘱患者平静呼吸,常规采集常规超声资料(左室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左心室射血分数、左室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)),LVEF的测量应用Simpson法。在实时造影检查模式时应用超声增强剂微泡混悬液2 mL抽吸至注射器后经肘正中静脉匀速缓慢推入,随之用生理盐水5 mL以同样速度冲注。待增强剂充盈稳定后,触发高能量脉冲flash(机械指数约1.20-1.35)破坏心肌内的增强剂微泡,随即仪器自动转换为低能量增强状态,观察并数字化记录心尖四腔、二腔及三腔切面心肌内增强剂微泡再充盈过程。采集时长设置为高能量脉冲(flash)发射后15个连续的心动周期。

将常规操作采集得到左心室两腔、三腔及四腔心切面图像通过超声诊断仪内置的分析软件来自

动追踪心肌运动情况,若软件自动追踪欠佳者应予手动调节感兴趣区再计算,通过分析可获得总体纵向应变(global longitudinal strain GLS)。所有记录的值取三次测量的平均值。

对采集到的图像进行分析,先将左心室划分为17节段,对左室各节段室壁运动情况进行评分,计分方法依据ASE推荐的评分办法<sup>[5]</sup>。并计算左室室壁运动计分指数(wall motion score index, WMSI)及心肌灌注指数(perfusion score index, PSI)<sup>[6]</sup>。

本研究所有超声由2位医师分别完成,完成结果有差异由第三名超声医师最后进行核验。所有超声医师均为年心脏超声500例以上,具有10年以上心脏超声检查介入经验的医生完成。

### 1.3 患者分组

根据患者术前MCE结果分为①灌注正常组( $n=23$ ):MCE检查中增强剂灌注正常且分布均匀,提示心肌微循环较好。;②灌注异常组( $n=27$ ):MCE检查中提示增强剂灌注延迟、缺损或分布不均匀,即存在心肌节段灌注评分大于1者。

### 1.4 资料收集

收集入组患者的年龄、性别、吸烟史、PCI史、高血压病史及糖尿病史等临床资料、CAG影像学资料和PCI手术情况。观察并记录患者PCI并发症及住院期间不良事件(心源性死亡、心脏压塞、恶性心律失常、再次血运重建等(target vessel revascularization, TVR))。所有数据均由经过有临床经验的医生通过患者的临床医疗记录所收集。

### 1.5 随访

留存患者及其家人的电话号码(最好2个电话),定期通过门诊或电话进行随访患者,并完善二维超声心动图、二维斑点追踪及心肌声学造影并收集患者数据。主要研究终点是为主要不良心血管事件(MACE)。MACE定义为全因死亡、非致命性急性心肌梗死以及靶血管的再次血运重建(TVR)。

### 1.6 统计学方法

对入组患者的临床基线、CTO病变特征、超声数据及MACE事件进行分析。计量资料中符合正态分布的结果以( $\bar{x} \pm s$ )表示,不符合正态分布的以中位数(四分位距)表示,计数资料以百分比表示,计数资料比较采用 $\chi^2$ 检验或Fisher确切概率法。两组间参数如为计量资料且符合正态分布则采用独立样本 $t$ 检验;不符合正态分布的数据采用Mann-Whitney  $U$ 检验。同组手术前后数据比较中

符合正态分布的数据用配对 $t$ 检验,如不符合正态分布采用Wilcoxon秩和检验。基于log-rank检验分析临床结局的累积事件发生率,并以Kaplan-Meier方法用图例描述。在本研究中所有统计学分析均采用SPSS 22.0进行分析,以 $P<0.05$ 表示差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 患者临床基线特征

本研究一共入组50名患者,50名患者中男性患者为48名(96%),平均年龄为( $56.96 \pm 8.64$ )岁,平均体质量为( $74.06 \pm 9.98$ )kg。在性别组成、年龄、高血压比例、体质量上两组的差异无统计学意义( $P>0.05$ )。灌注异常组吸烟比例比灌注正常组的高(22% vs. 8.7%,  $P=0.036$ )。灌注异常组的血清肌酐比灌注正常组的高( $84.91 \pm 16.32$  vs.  $73.43 \pm 15.74$ ,  $P=0.015$ )。

### 2.2 患者血管病变特征

两组患者CTO病变特征如附表1。两组患者CTO血管的分布及CTO病变特征差异无统计学意义( $P>0.05$ )。在入组的所有患者中,灌注异常组出现三例术中并发症,均为冠脉穿孔。其中两例为侧支穿孔,予自体脂肪及弹簧圈阻塞出血点后可以控制,而一例为靶血管出血,予球囊压迫后出血可以控制。三例患者都平稳出院。

### 2.3 患者住院及随访左心室功能情况

灌注异常组及灌注正常组左心室功能参数具体如表1所示。在术前灌注正常组的LVEF优于灌注异常组的LVEF,但两者差异无统计学意义( $56.44\% \pm 12.78\%$  vs.  $52.1\% \pm 11.93\%$ ,  $P=0.224$ )。且两组的基线LVEF平均值均大于50%。

对于术前及术后随访复查,灌注正常组LVEDV及LVESV优于灌注异常组,但两者差异尚无统计学意义。灌注正常组GLS改善相较于灌注异常组更明显[ $-0.60$  ( $-2.50 \sim 2.40$ ) vs.  $2.55$  ( $0.65 \sim 4.75$ ),  $Z=-2.201$ ,  $P=0.028$ ],差异有统计学意义。

灌注异常组相较于灌注正常组,术前WMSI中位数较高[ $1.17$  ( $1.12 \sim 1.35$ ) vs.  $1.06$  ( $1.00 \sim 1.17$ ),  $Z=-3.105$ ,  $P=0.002$ ],差异有统计学意义,PCI术后灌注异常组WMSI中位数比灌注正常组的高[ $1.12$  ( $1.05 \sim 1.23$ ) vs.  $1.00$  ( $1.00 \sim 1.12$ ),  $Z=-3.871$ ,  $P<0.001$ ],差异有统计学意义。

表1 灌注异常组及灌注正常组左心室功能参数  
Table 1 Left ventricular function parameters in abnormal perfusion group and normal perfusion group

	Abnormal perfusion group	Normal perfusion group	$P$
[ $\bar{x} \pm s, M(P_{25} \sim P_{75})$ ]			
LVEF			
pre-PCI	52.13±11.93	56.44±12.78	0.224
follow-up	51.96±12.91	57.07±8.74	0.114
Difference	-0.70(-2.90~4.50)	3.10(-4.30~6.30)	0.592
LVEDV/mL			
pre-PCI	123.10±58.38	113.56±39.06	0.508
follow-up	113.66±55.57	102.60±44.35	0.446
Difference	-5.50(-29.70~6.40)	-10.10(-26.8~4.50)	0.808
LVESV/mL			
pre-PCI	64.27±51.71	52.10±37.12	0.352
follow-up	59.10±47.69	46.88±35.96	0.319
Difference	-4.70(-18.30~2.90)	-2.90(-7.20~0.10)	0.553
GLS			
pre-PCI	-16.46±5.31	-16.67±4.86	0.879
follow-up	-16.56±5.58	-18.43±4.38	0.207
Difference	-0.60(-2.50~2.40)	2.55(0.65~4.75)	0.028
WMSI			
pre-PCI	1.17(1.12~1.35)	1.06(1.00~1.17)	0.002
follow-up	1.12(1.05~1.23)	1.00(1.00~1.12)	<0.001

LVEF: left ventricular ejection fraction; LVEDV: left ventricular end-diastolic volume; LVESV: left ventricular end-systolic volume; WMSI: wall motion score index; PSI: Perfusion Score Index.

#### 2.4 灌注异常组及灌注正常组手术前后左心室功能参数

如表2所示,两组患者在成功CTO PCI后,LVEF及LVESV较术前稍有改善,但差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。在灌注正常组患者成功PCI术后GLS与术前相比改善,且差异有统计学意义( $-18.43 \pm 4.38$  vs.  $-16.24 \pm 4.49$ ,  $t=-2.933$ ,  $P=0.008$ );另外成功PCI术后,灌注正常组中LVEDV相较于术前改善[( $113.56 \pm 39.06$ )mL vs. ( $102.60 \pm 44.35$ ) mL,  $t=2.292$ ,  $P=0.032$ ]。而在灌注异常组患者中,术后的LVEDV及GLS相较于术前差异无统计学意义( $P>0.05$ )。另灌注正常组术后WMSI相较于术前有所改善,且差异有统计学意义[ $1.00(1.00 \sim 1.12)$  vs.  $1.06(1.00 \sim 1.17)$ ,  $Z=-2.405$ ,  $P=0.016$ ]。灌注异常组患者术后PSI相较于术前有所改善[ $1.06(1.00 \sim 1.12)$  vs.  $1.12(1.05 \sim 1.17)$ ,  $Z=-2.143$ ,  $P=0.032$ ]。

#### 2.5 随访结果

本研究一共入组50名患者,且在术后定期对患者进行随访。中位随访时间为18.62月。总体MACE事件发生率为8%(4/50)。灌注正常组中有两例全因死亡(死因分别为肺出血及脑动脉瘤破裂),灌注异常组有一例心源性死亡。灌注异常组出现一例非致死性心肌梗死事件。随访期间出现3例心力衰竭(两名为灌注异常组)。

附图1所示为灌注异常组与灌注正常组临床随访的Kaplan-Meier曲线图。两组MACE事件、心源性死亡、心肌梗死及心衰的累积发生率差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。

### 3 讨论

本研究中主要探讨MCE在优选CTO-PCI患者

表2 灌注异常组及灌注正常组左心室功能参数及灌注评分

Table 2 Left ventricular function parameters and perfusion scores in abnormal perfusion group and normal perfusion group

	Normal perfusion group			Abnormal perfusion group		
	pre-PCI	follow-up	<i>P</i>	pre-PCI	follow-up	<i>P</i>
LVEF	56.44±12.78	57.07±8.74	0.710	52.13±11.92	51.96±12.91	0.907
LVEDV/mL	113.56±39.06	102.60±44.35	0.032	123.10±58.39	113.66±55.56	0.050
LVESV/mL	59.10±47.69	46.88±35.96	0.721	64.27±51.71	59.10±47.68	0.115
LVGLS	-16.24±4.49	-18.43±4.38	0.008	16.46±5.31	16.56±5.58	0.866
WMSI	1.06(1.00~1.17)	1.00(1.00~1.12)	0.016	1.18(1.12~1.35)	1.12(1.06~1.24)	0.308
PSI	1.00	1.00	0.153	1.12(1.05~1.17)	1.06(1.00~1.12)	0.032

LVEF:left ventricular ejection fraction; LVEDV:left ventricular end-diastolic volume; LVESV:left ventricular end-systolic volume; WMSI: wall motion score index; PSI:Perfusion Score Index.

的临床应用价值。CTO-PCI进行血运重建的主要目的不只是恢复冠状动脉血流,更多的是对闭塞病变心肌进行持续的再灌注<sup>[7]</sup>。对于CTO患者来说,目前评估心肌灌注的参考技术主要有负荷超声心动图、MCE、单光子发射计算机断层显像、正电子发射断层扫描及磁共振心肌灌注成像等。相较于其他无创心肌灌注显像技术,MCE不仅具有床旁操作安全性、经济性和可重复性,还在时间及空间上均具有出色的分辨率<sup>[8]</sup>,而且无放射性。本研究应用MCE对CTO患者术前灌注情况分组分析发现灌注正常的CTO患者在PCI术后在左心收缩功能及逆转心肌重构方面获益相较于灌注异常组的患者更明显。

LVEF是评估左心功能最常用的指标之一。有研究<sup>[9]</sup>表明当基线LVEF低于50%时相较于LVEF正常的患者,LVEF的改善更明显。对于LVEF保留的患者尽管进行了成功CTO PCI,但术前与术后LVEF无明显变化。Bondarenko等<sup>[10]</sup>研究发现心肌功能恢复开始于3~6个月,并且改善的过程可以延迟24个月。另有研究表明<sup>[11]</sup>,存活心肌的患者在血运重建后静息LVEF并不总是改善,但在应激负荷时能检测到LVEF的改善。但在本研究中发现两组患者LVEF在成功PCI后与术前相比无明显改善。可能的原因是两组患者基线的左心收缩功能比较好,且随访时间不够长。虽然正向血流已开通,但左心收缩功能的改善不够明显。

在本研究中发现灌注正常组术后LVEDV较术前改善,且差异有统计学意义。但灌注异常组的

患者LVEDV术前、后相比差异无统计学意义。这与既往的研究结果相类似,郭晨然等<sup>[12]</sup>对251名CTO患者研究分析提示了CTO患者PCI术后LVEDV较术前降低。一项META研究<sup>[13]</sup>通过对8项研究中共412名患者的LVEDV变化分析,LVEDV在CTO PCI成功后下降了6.14 mL,这也反映成功CTO PCI可以减少心脏不良重构。而在本研究中只发现灌注正常组LVEDV改善有统计学差异。这可能是灌注正常组的患者由于术前其微循环状态较好,心肌功能保留较好,在成功血运重建后,随着正向血流的恢复,左心舒张功能有一定程度的改善。因此对于灌注正常的CTO患者来说,成功的血运重建对其改善心肌重构及其早期的心功能有帮助。

而且在本研究中发现灌注正常组的GLS好转的程度要优于灌注异常组。通过两组PCI术前及术后的对比,发现灌注正常组患者术后GLS较术前有所改善,差异有统计学意义。而灌注异常组患者术后GLS较术前差异无统计学意义。由于心肌缺血一般始于心内膜层,反映心肌纵向收缩功能的GLS可较早地反映出心肌缺血的情况。相较于常规彩超指标,GLS的灵敏度及重复性都比较高<sup>[14]</sup>。根据既往研究<sup>[15]</sup>,相较反映整个左心室容积变化的LVEF,GLS更能反映相应缺血心肌的精细变化。而尤其在LVEF正常的患者中,GLS也能较好地反映心肌缺血及左心收缩功能的变化<sup>[16-17]</sup>。而本研究中患者的左心功能基线水平相对正常,因而相较于LVEF,GLS更能反映左心功能的恢复。本研究

反映了成功的血运重建对灌注正常患者的心功能恢复是有利的。灌注正常组患者相较于灌注异常组由于心肌微循环保存较好,在成功PCI后,早期心肌缺血能得到更好的改善。

通过两组间的比较,本研究发现灌注异常组术前、术后WMSI中位数均高于灌注正常组。据相关研究表明<sup>[18]</sup>WMSI与心肌梗死相关性较好。在另一项对心肌梗死的研究<sup>[19]</sup>中,发现室壁运动评分与心肌缺血的时间有关,在成功纠正心肌缺血后,室壁运动评分可有所恢复。通过分别对两组成功血运重建后WMSI变化的比较,发现心肌灌注正常组的患者在术后一年,室壁运动评分相较于术前改善,且差异有统计学意义。而心肌灌注异常组的患者术后WMSI相较于术前无改善。节段性室壁运动异常是心肌缺血的敏感和特异性的指标。在成功PCI后,灌注异常组由于心肌微循环较差,且可能存在部分心肌坏死的问题,心肌运动受限,因此相较于灌注正常组,其WMSI较高。

PSI主要是心肌声学造影评估心肌灌注情况的半定量数据。在视觉评估法的基础上,对心肌灌注进行半定量评分,再通公式换算来对心脏整体的灌注水平进行评估。本研究分别对两组术前及术后PSI的比较中,心肌灌注异常组的患者术后PSI相较于术前改善,且差异有统计学意义。既往研究<sup>[20]</sup>发现在CTO成功血运重建后,心肌灌注水平可明显改善。另有前瞻性研究<sup>[21]</sup>表明心肌灌注缺损的患者中,CTO PCI后可以减少缺血负担,有利于反向重构。本研究灌注异常组的结果与既往的结果相似,在成功PCI后,随着正向血流恢复,灌注异常组的心肌灌注水平较术前明显改善。

通过随访,本研究中两组患者在MACE事件及

心衰等不良事件的累积发生率没有统计学差异。既往研究中<sup>[22]</sup>,长期随访的CTO患者在PCI术后的MACE事件的发生率在11.2%–25.3%。但在近些年随着PCI的专用器械、介入技术及手术策略等方面有较大的进展,手术技术及经验的不断积累,MACE事件的发生率有所下降。而近些年的CTO PCI研究<sup>[23]</sup>中,PCI成功率在80%–95%,且MACE事件也相较之前有所下降为3.5%–20.1%。本研究中的PCI后总体MACE事件的发生率在8%,与近些年的相关研究MACE事件发生率相似。在既往的相关研究<sup>[24]</sup>表明成功PCI后,MACE事件可下降,而与本研究结果不同。这可能与本研究入组病例少、随访时间较短有关。

本文研究的局限性:①本研究为一项单中心观察性研究,且入组病例数量较少,因此研究结果可能存在偏倚,需要更大样本的多中心研究进行验证。②术后心脏彩超及心肌声学造影只于12个月时进行一次,可能需要多次随访,以便观察患者PCI术后左心功能及灌注情况演变过程。③本研究对心肌灌注评估采用了视觉评估半定量分析,其准确性在很大程度上受心脏超声医师的经验及患者检查时图像质量。可能会存在误差。

综上所述,MCE在临床应用中具有床旁操作安全性、经济性和可重复性的特点,在优选CTO-PCI患者具有一定的临床应用价值。灌注正常的CTO患者在PCI术后在左心收缩功能及逆转心肌重构方面获益相较于灌注异常组的患者更明显。



附图表

Appendix figure and table

## 参考文献

- [1] Joyal D, Afilalo J, Rinfret S. Effectiveness of recanalization of chronic total occlusions: a systematic review and meta-analysis [J]. *Am Heart J*, 2010, 160(1):179–187.
- [2] Senior R, Becher H, Monaghan M, et al. Clinical practice of contrast echocardiography: Recommendation by the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) 2017 [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2017, 18(11):1205.
- [3] 超声心动图评估心脏收缩和舒张功能临床应用指南 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2020, 29(6):461–477. Guidelines for the clinical application of echocardiography in the assessment of cardiac systolic and diastolic function [J]. *Chin J Ultrasonogr*, 2020, 29(6): 461–477.
- [4] Di Mario C, Werner GS, Sianos G, et al. European perspective in the recanalisation of chronic total occlusions (CTO): consensus document from the EuroCTO Club [J]. *EuroIntervention*, 2007, 3(1):30–43.
- [5] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging

- [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(1):1-39.
- [6] 朱天刚, 靳文英, 张梅, 等. 心脏超声增强剂临床应用规范专家共识[J]. *中华医学超声杂志(电子版)*, 2019, 16(10):731-734.
- Zhu TG, Jin WY, Zhang M, et al. Expert consensus on clinical application specifications of cardiac ultrasound enhancers [J]. *Chin J Med Ultrasound*, 2019, 16(10):731-734.
- [7] Pi SF, Liu YW, Li T, et al. Effect of sequential nicorandil on myocardial microcirculation and short-term prognosis in acute myocardial infarction patients undergoing coronary intervention [J]. *J Thorac Dis*, 2019, 11(3):744-752.
- [8] Hayat SA, Janardhanan R, Moon JC, et al. Comparison between myocardial contrast echocardiography and single-photon emission computed tomography for predicting transmural extent of acute myocardial infarction [J]. *Am J Cardiol*, 2006, 97(12):1718-1721.
- [9] Chadid P, Markovic S, Bernhardt P, et al. Improvement of regional and global left ventricular function in magnetic resonance imaging after recanalization of true coronary chronic total occlusions [J]. *Cardiovasc Revasc Med*, 2015, 16(4):228-232.
- [10] Bondarenko O, Beek AM, Twisk JW, et al. Time course of functional recovery after revascularization of hibernating myocardium: a contrast-enhanced cardiovascular magnetic resonance study [J]. *Eur Heart J*, 2008, 29(16):2000-2005.
- [11] Rizzello V, Poldermans D, Biagini E, et al. Improvement of stress LVEF rather than rest LVEF after coronary revascularisation in patients with ischaemic cardiomyopathy and viable myocardium [J]. *Heart*, 2005, 91(3):319-323.
- [12] 郭晨然, 史慧婷, 杨露露, 等. PCI术对右冠状动脉单支慢性完全闭塞患者的预后评估 [J]. *河南医学研究*, 2021, 30(9):1547-1552.
- Guo CR, Shi HT, Yang LL, et al. Prognostic assessment of right coronary artery chronic total occlusion patients treated with PCI [J]. *Henan Med Res*, 2021, 30(9):1547-1552.
- [13] Hoebbers 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.
- [14] Sarvari SI, Haugaa KH, Zahid W, et al. Layer-specific quantification of myocardial deformation by strain echocardiography may reveal significant CAD in patients with non-ST-segment elevation acute coronary syndrome [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2013, 6(5):535-544.
- [15] Mghaieth ZF, Boudiche S, Houes H, et al. Diagnostic and prognostic value of 2D-Strain in Non-ST Elevation Myocardial Infarction [J]. *Tunis Med*, 2020, 98(1):70-79.
- [16] Hubbard RT, Arciniegas CM, Barros-Gomes S, et al. 2-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography predicts severe coronary artery disease in women with normal left ventricular function: a case-control study [J]. *BMC Cardiovasc Disord*, 2017, 17(1):231.
- [17] 饶莹, 王钰, 宋文娟, 等. 心肌声学造影结合斑点追踪技术评价非冠状动脉阻塞性缺血性心脏病患者心肌微循环及收缩功能 [J]. *中国医学影像学杂志*, 2019, 27(12):886-890.
- Rao Y, Wang Y, Song WJ, et al. Myocardial microcirculation and systolic function in patients with ischemia and nonobstructive coronary artery diseases by myocardial contrast echocardiography and speckle tracking imaging [J]. *Chin J Med Imaging*, 2019, 27(12):886-890.
- [18] 初志辉, 陆齐. 节段性室壁运动障碍与冠状动脉病变程度的关系 [J]. *江苏医药*, 2019, 45(4):390-393.
- Chu ZH, Lu Q. Relationship of regional wall motion abnormality and severity of coronary artery disease [J]. *Jiangsu Med J*, 2019, 45(4):390-393.
- [19] Cammalleri V, Marsili G, Stelitano M, et al. Every minute counts: in-hospital changes of left ventricular regional and global function in patients with ST-segment elevation myocardial infarction [J]. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*, 2020.
- [20] 黄艳, 丁明岩, 栾波, 等. 心肌声学造影评价冠状动脉慢性完全闭塞病变患者介入治疗的早期疗效 [J]. *临床超声医学杂志*, 2020, 22(5):326-330.
- Huang Y, Ding MY, Luan B, et al. Evaluation of early efficacy of percutaneous coronary intervention in patients with coronary chronic total occlusion by myocardial contrast echocardiography [J]. *J Clin Ultrasound Med*, 2020, 22(5):326-330.
- [21] Bucciarelli-Ducci C, Auger D, Di Mario C, et al. CMR Guidance for recanalization of coronary chronic total occlusion [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2016, 9(5):547-556.
- [22] Lateef N, Ahsan MJ, Fazeel HM, et al. Percutaneous coronary intervention for chronic total occlusion in patients aged < 75 years versus  $\geq 75$  years: a systematic review [J]. *J Community Hosp Intern Med Perspect*, 2020, 10(1):25-31.
- [23] Khanra D, Mishra V, Jain B, et al. Percutaneous coronary intervention provided better long term results than optimal medical therapy alone in patients with chronic total occlusion: A meta-analysis [J]. *Indian Heart J*, 2020, 72(4):225-231.
- [24] 王凯阳, 宁怡, 闵轩, 等. 冠状动脉慢性完全闭塞病变不同治疗方式疗效评价的网状Meta分析 [J]. *中国介入心脏病学杂志*, 2023, 31(1):51-62.
- Wang KY, Ning Y, Min Q, et al. Efficacy of different treatments for chronic total occlusion of coronary artery: a network meta-analysis [J]. *Chin J Interv Cardiol*, 2023, 31(1):51-62.

(编辑 孙慧兰)