

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

黄艳 丁明岩 栾波 冀威 李颖 张慧慧 朱芳

摘要 **目的** 探讨心肌声学造影和二维斑点追踪成像技术在评价冠状动脉慢性完全闭塞(CTO)病变患者经皮冠状动脉介入治疗(PCI)后左室功能早期恢复中的应用价值。**方法** 选取拟行PCI血运重建的CTO病变患者39例作为病例组,另选年龄、性别与其相匹配且冠状动脉造影正常者39例作为对照组,术前分别行常规超声心动图、二维斑点追踪成像和心肌声学造影检查,病例组于PCI血运重建术后72 h内再行超声检查,比较手术前后左室功能参数,并按所开通冠状动脉不同将病例组分为3个亚组:左前降支组16例、左回旋支组4例和右冠状动脉组19例,比较各亚组冠状动脉对应供血区域手术前后局部心肌灌注和局部心肌纵向应变(RLS)的差异。**结果** PCI术前病例组与对照组比较,灌注计分指数(PSI)较高,左室整体纵向应变(GLS)、曲线平台期峰值强度(A)、曲线斜率(β)、心肌血流量($A \cdot \beta$)均较低,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。PCI术后病例组常规左室功能参数与术前比较,差异均无统计学意义;PSI较术前显著降低,GLS、 A 、 β 、 $A \cdot \beta$ 均较术前显著增加,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。左前降支组、右冠状动脉组、左回旋支组中CTO患者开通冠状动脉对应供血区域心肌的RLS、PSI、 A 、 β 、 $A \cdot \beta$ 与术前比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。**结论** 心肌声学造影和二维斑点追踪成像均可以早期、定量地评价PCI血运重建术后CTO患者的左室整体、局部心肌灌注和运动功能改善情况。

关键词 斑点追踪成像,二维;心肌声学造影;冠状动脉慢性完全闭塞;冠状动脉介入,经皮;心室功能,左
[中图分类号]R540.45 [文献标识码]A

Evaluation of early efficacy of percutaneous coronary intervention in patients with coronary chronic total occlusion by myocardial contrast echocardiography

HUANG Yan, DING Mingyan, LUAN Bo, JI Wei, LI Ying, ZHANG Huihui, ZHU Fang

Department of Cardiac Function, the People's Hospital of China Medical University, Shenyang 110016, China

ABSTRACT **Objective** To investigate the value of myocardial contrast echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging in the evaluation of early left ventricular recovery after percutaneous coronary intervention (PCI) in patients with coronary chronic total occlusion (CTO). **Methods** A total of 39 patients with CTO lesions planned for PCI revascularization were enrolled as the experimental group, and 39 subjects with normal coronary angiography and age and sex matched as control group, conventional two-dimensional echocardiography, two-dimensional speckle tracking imaging and myocardial contrast echocardiography were performed before operation, experimental group underwent ultrasonography within 72 h post-PCI revascularization, the left and right ventricular function parameters before and after the operation were compared. According to the different coronary vessels opened, the experimental group were divided into three subgroups: the left anterior descending branch group (16 cases), the left circumflex branch group (4 cases) and the right coronary artery group (19 cases). The regional myocardial perfusion and regional myocardial longitudinal strain (RLS) before and after surgery were compared. **Results** The global longitudinal strain (GLS), the peak signal intensity of the plateau phase (A), the slope of curve in each myocardial segment (β), and the regional myocardial blood flow per second ($A \cdot \beta$) in CTO group were lower than those of control group while the myocardial perfusion score index (PSI) was higher before PCI, and the differences were statistically

基金项目:辽宁省自然科学基金项目(20170540542)

作者单位:110016 沈阳市,中国医科大学人民医院心功能科

通讯作者:朱芳, Email: zfmooon@126.com

significant (all $P < 0.05$). In the experimental group, there were no statistically significant differences in the traditional left ventricular function parameters compared with those before PCI. The post-PCI PSI was significantly lower than that of pre-PCI, the GLS, A , β , $A \cdot \beta$ were significantly increased compared with pre-PCI, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Among the three subgroups of CTO patients, the RLS, PSI, A , β , $A \cdot \beta$ of each coronary artery donated area were significantly improved compared with the pre-PCI (all $P < 0.05$). **Conclusion** Both myocardial contrast echocardiography and two-dimensional speckle tracking imaging can early and quantitatively evaluate the improvement of left ventricular global and local myocardial perfusion and myocardial motor function in CTO patients after PCI revascularization.

KEY WORDS Speckle tracking imaging, two-dimensional; Myocardial contrast echocardiography; Coronary chronic total occlusion; Coronary intervention, percutaneous; Ventricular function, left

冠状动脉慢性完全闭塞病变 (coronary chronic total occlusion, CTO) 在冠状动脉粥样硬化性心脏病 (以下简称冠心病) 患者中发病率约 30%^[1]。近年来研究^[2] 显示经皮冠状动脉介入治疗 (percutaneous coronary intervention, PCI) 开通冠状动脉进行血运重建, 可有效改善其左室功能, 缓解临床症状, 抑制心室重构, 减少不良心血管事件发生率。二维斑点追踪成像 (two-dimensional speckle tracking imaging, 2D-STI) 较传统二维超声心动图及组织多普勒能更直接和敏感地评价心肌整体和局部功能^[3]。心肌声学造影 (myocardial contrast echocardiography, MCE) 是应用高能量短脉冲将心肌内原有造影剂清除后观察微泡重新进入心肌的过程, 这一爆破-再灌注过程很好地追踪了心肌的实际供血情况^[4]。目前评价 CTO 患者术后左室功能参数为左室射血分数 (left ventricular ejection fraction, LVEF), 但研究^[5] 提示 LVEF 的改变在 PCI 术后 1 个月后才显现。目前关于 PCI 血运重建术后早期观测疗效和左室功能恢复的研究较少。本研究旨在探讨 2D-STI 和 MCE 技术在评价 CTO 患者 PCI 血运重建术后 72 h 内左室功能早期恢复中的应用价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2017 年 9 月至 2018 年 12 月于我院就诊拟行 PCI 血运重建的 CTO 患者 39 例 (病例组), 其中男 32 例, 女 7 例, 年龄 38~80 岁, 平均 (56.82±9.24) 岁。纳入标准: ①冠状动脉造影提示至少 1 支冠状动脉主要分支血管 100% 闭塞; ②心肌酶学指标正常; ③相应冠状动脉闭塞时间 > 3 个月; ④至少 1 支 CTO 病变血管经 PCI 血运重建成功。排除标准: ①对造影剂过敏; ②有冠状动脉造影禁忌症; ③有急性心肌梗死、严重先天性心脏病、严重瓣膜性心脏病、NYHA 心功能分级 3 级及以上、心源性休克等严重心脏疾病。判定闭塞开始时

间方法: ①既往冠状动脉造影资料发现冠状动脉完全闭塞的时间; ②急性心肌梗死发生时间; ③无症状心电图发现有陈旧性心肌梗死的时间, 以上 3 个时间符合 1 个即可判定为符合。另选年龄、性别相匹配且经冠状动脉造影显示冠状动脉最大狭窄程度 < 50% 的患者 39 例作为对照组, 男 30 例, 女 9 例, 年龄 38~70 岁, 平均 (53.60±6.11) 岁。本研究经我院医学伦理委员会批准, 入选者均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 一般资料采集: 入组患者均进行年龄、性别、吸烟史、血脂情况、高血压病史、糖尿病史、CTO 病变冠状动脉血管等基本资料的采集并记录。

2. 超声检查: 使用 Philips EPIQ 7 C 彩色多普勒超声诊断仪, S5-1 探头, 频率 1.0~3.5 MHz; 内置 Qlab 分析软件。病例组所有超声检查均在 PCI 术前 72 h 内和术后 72 h 进行, 且仪器参数设置完全一致。造影剂使用 SonoVue (意大利 Bracco 公司), 使用前加入 5.0 ml 生理盐水振荡制备成白色乳状微泡悬液备用。

(1) 常规超声心动图检查: 受检者连接心电图, 取左侧卧位, 常规测量二尖瓣 E 峰速度 (E)、二尖瓣 A 峰速度 (A)、舒张期室间隔侧二尖瓣环组织多普勒 e' 峰 (e'_s)、舒张期侧壁侧二尖瓣环组织多普勒 e' 峰 (e'_l), 并计算平均值 (e')、 E/e' 。

(2) 2D-STI 检查: 采集并存储 3 个连续心动周期的左室心尖四腔、两腔及三腔心切面图像, 采用仪器内置 2D-STI 分析软件追踪心肌运动情况, 追踪欠佳者手动调节, 弃除图像质量极差无法追踪的节段。工作站自动生成左室 17 节段的牛眼图, 并获得各心肌节段的局部纵向应变 (RLS) 及整体纵向应变 (GLS)。

(3) MCE 检查: 建立肘正中静脉通路, 注射器取 1.0 ml 造影剂混悬液在 1 min 内匀速推入, 待心肌内造影剂强度趋于稳定后, 取左室心尖四腔、两腔及三腔心切面图像, 按下采集键 3 个心动周期后爆破, 存图周

期为15个心动周期,机械指数0.79。图像的分析处理均采用左室17节段分析法。采用Simpson双平面法测量左室舒张末期容积(LVEDV)、收缩末期容积(LVESV)和LVEF,对左室各节段室壁运动情况进行评分^[6]并计算左室室壁运动计分指数(WMSI)。爆破后灌注趋于稳定时对各节段心肌进行灌注评分,计算左室灌注计分指数(PSI),公式为:PSI=各节段灌注计分总和/相应节段总数。心肌灌注的半定量评价标准:1分为完全、均匀灌注;2分为部分、不均灌注;3分为几乎无灌注。MCE的定量分析在仪器内置Qlab工作站上完成,在各心肌节段爆破后第一帧图像内取大小为5 mm×5 mm感兴趣区,工作站自动生成感兴趣区内时间-强度变化曲线,选择一次负指数方程 $Y=A(1-e^{-\beta t})$ 进行时间-强度变化曲线的变化趋势拟合,工作站自动得出左室各节段心肌灌注参数,包括爆破-再灌注曲线平台期峰值强度(A)、爆破-再灌注曲线斜率(β)、局部心肌血流量($A \cdot \beta$)。图像质量极差或无法拟合一次负指数曲线的心肌节段弃除。

3. 冠状动脉分支主要供血区域及分组:按开通的完全闭塞血管不同,将病例组患者分成3个亚组:左前降支组(LAD组)16例,左回旋支组(LCX组)4例,右冠状动脉(RCA)组19例。依据指南^[7]提出的冠状动脉经典供血模型,对纳入CTO冠状动脉所有可能供应的心肌节段进行分析:即左室前壁全段、前壁间隔全段、下壁心尖段、下侧壁心尖段、室间隔心尖段及心尖帽确定由LAD供血。此外,有部分患者LAD还可能供应下壁间隔中间段及前侧壁全段。因此计算LAD供血区域局部心肌应变和灌注时,为以上所有心肌节段的测值之和/14。同理,LCX按供应前侧壁全段及下侧壁

基底段、中间段共5个节段分析;RCA按供应下壁全段、下壁间隔全段、下侧壁的基底段和中间段共6个节段分析。

4. 冠状动脉造影及PCI治疗:病例组患者均在常规药物治疗和充分术前准备基础上进行介入治疗。本研究所有患者一次PCI手术均只开通了一根CTO病变血管。PCI成功血运重建的标准^[3]:术中CTO病变血管再通后残余狭窄 $\leq 30\%$,TIMI血流3级。

三、统计学处理

应用GraphPad Prism 7统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,行独立样本t检验或配对t检验;计数资料以例表示,行 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、病例组与对照组一般资料、心肌应变参数和灌注参数比较

病例组的一般资料与对照组比较,差异均无统计学意义。病例组GLS、PSI、A、 β 、 $A \cdot \beta$ 与对照组比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表1。

二、病例组PCI术前与术后左室功能参数比较

病例组PCI术前与术后LVEDV、LVESV、E、A、E/A、 e'_s 、 e'_L 、 e' 、E/e'、WMSI、LVEF比较,差异均无统计学意义。见表2。

三、病例组PCI术前与术后2D-STI参数比较

病例组术后左室GLS为 $(-15.75 \pm 3.56)\%$,与术前 $(-14.06 \pm 2.81)\%$ 比较,差异有统计学意义($P < 0.05$)。LAD组、RCA组、LCX组术前与术后RLS比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。见表3和图1。

表1 病例组与对照组一般资料、心肌应变参数和灌注参数比较

组别	男/女(例)	年龄(岁)	高血压病(例)	血脂异常(例)	糖尿病(例)	吸烟史(例)	GLS(%)	PSI	A (dB)	β (dB/s)	$A \cdot \beta$
病例组	32/7	56.82±9.24	25	21	14	29	-14.06±2.81	1.73±0.19	8.74±2.08	0.94±0.46	9.09±5.42
对照组	30/9	53.60±6.11	24	18	9	19	-21.30±1.66	1.16±0.25	12.34±1.07	1.57±0.64	20.47±6.50
χ^2/t 值	0.31	1.45	0.05	0.46	1.54	5.42	10.47	11.34	9.61	4.99	8.40
P值	0.575	0.151	0.815	0.497	0.214	0.020	<0.001	<0.001	<0.001	0.001	<0.001

GLS:左室整体纵向应变;PSI:左室灌注计分指数;A:爆破-再灌注曲线平台期峰值强度; β :爆破-再灌注曲线斜率; $A \cdot \beta$:局部心肌血流量

表2 病例组PCI术前与术后左室功能参数比较($\bar{x} \pm s$)

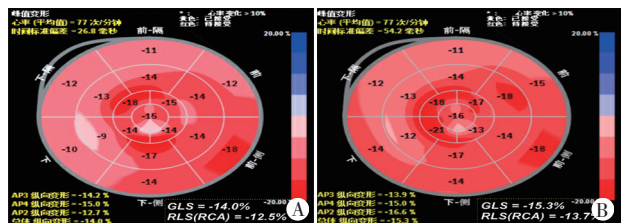
时间	E(cm/s)	A(cm/s)	E/A	e'_s	e'_L	e'	E/e'	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	LVEF(%)	WMSI
术前	69.94±13.47	87.19±9.79	0.81±0.17	6.16±1.51	8.15±2.05	7.16±1.38	10.23±3.23	124.75±28.98	60.09±23.53	0.53±0.09	1.28±0.35
术后	68.83±14.64	84.26±18.83	0.84±0.22	6.29±2.23	8.10±2.26	7.20±1.56	9.92±2.85	121.93±30.21	57.98±23.09	0.54±0.07	1.24±0.30
t值	1.602	0.921	0.125	0.225	0.826	0.681	1.756	0.802	1.573	1.391	0.673
P值	0.117	0.362	0.901	0.823	0.414	0.500	0.087	0.427	0.124	0.172	0.505

E:二尖瓣E峰速度;A:二尖瓣A峰速度; e'_s :舒张期间隔侧二尖瓣环组织多普勒e'峰; e'_L :舒张期侧壁侧二尖瓣环组织多普勒e'峰; e' :舒张期二尖瓣环组织多普勒e'峰平均值;LVEDV:左室舒张末期容积;LVESV:左室收缩末期容积;LVEF:左室射血分数;WMSI:室壁运动计分指数

表3 病例组 PCI 术前与术后 2D-STI 参数比较($\bar{x}\pm s$) %

时间	GLS	RLS		
		LAD组	RCA组	LCX组
术前	-14.06±2.81	-13.53±2.94	-14.70±2.60	-13.22±2.9
术后	-15.75±3.56	-14.91±4.72	-16.54±3.1	-15.40±3.4
<i>t</i> 值	4.737	2.315	3.754	5.924
<i>P</i> 值	<0.001	0.035	0.001	0.01

GLS:左室整体纵向应变;RLS:左室局部纵向应变



A:术前, GLS为-14.0%, RLS为-12.5%; B:术后, GLS为-15.3%, RLS为-13.7%

图1 RCA组 PCI 术前和术后牛眼图

四、病例组 PCI 术前与术后左室整体和局部心肌灌注参数比较

1. 左室整体心肌灌注参数 PCI 术前后变化比较情况见表4。术前 PSI、A、 β 、 $A\cdot\beta$ 与术后比较, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。

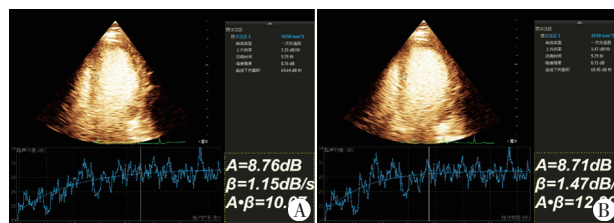
2. 病例组各亚组局部心肌灌注 PCI 术前后变化比较情况见表5。术前 LAD 供血对应区域局部 PSI、A、

表4 病例组 PCI 术前与术后左室整体心肌灌注参数比较($\bar{x}\pm s$)

时间	PSI	A (dB)	β (dB/s)	$A\cdot\beta$
术前	1.73±0.19	8.74±2.08	0.94±0.46	9.09±5.42
术后	1.40±0.14	9.48±2.41	1.09±0.62	11.39±4.23
<i>t</i> 值	16.800	2.124	2.078	3.214
<i>P</i> 值	<0.001	0.040	0.044	0.003

PSI:左室灌注计分指数;A:爆破-再灌注曲线平台期峰值强度; β :爆破-再灌注曲线斜率; $A\cdot\beta$:局部心肌血流量

β 、 $A\cdot\beta$ 与术后比较, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。RCA 组局部心肌灌注 PCI 术前后变化比较: 术前 RCA 供血对应区域局部 PSI、A、 β 、 $A\cdot\beta$ 与术后比较, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$), 见图2。LCX 组局部心肌灌注 PCI 术前后变化比较: 术前 LCX 供血对应区域局部 PSI、A、 β 、 $A\cdot\beta$ 与术后比较, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。



A:术前, A为8.76 dB, β 为1.15 dB/s, $A\cdot\beta$ 为10.07; B:术后, A为8.71 dB, β 为1.47 dB/s, $A\cdot\beta$ 为12.80

图2 RCA组 PCI 术前和术后下壁间隔中段 MCE 图

表5 病例组各亚组术前与术后局部心肌灌注参数比较($\bar{x}\pm s$)

时间	LAD组				RCA组				LCX组			
	PSI	A (dB)	β (dB/s)	$A\cdot\beta$	PSI	A (dB)	β (dB/s)	$A\cdot\beta$	PSI	A (dB)	β (dB/s)	$A\cdot\beta$
术前	1.68±0.29	10.69±3.54	0.94±0.27	11.01±5.56	1.67±0.18	7.64±1.42	0.98±0.62	8.15±4.13	1.64±0.22	6.22±1.22	0.78±0.24	5.84±3.85
术后	1.37±0.10	11.43±2.72	1.16±0.32	13.34±4.58	1.44±0.20	7.76±1.87	1.08±0.54	10.64±5.49	1.58±0.30	6.83±1.24	0.85±0.31	7.14±4.69
<i>t</i> 值	4.832	2.284	3.675	2.212	2.413	2.208	2.457	2.185	3.657	3.911	3.297	3.412
<i>P</i> 值	<0.001	0.038	0.004	0.043	0.027	0.045	0.024	0.042	0.035	0.029	0.046	0.042

PSI:左室灌注计分指数;A:爆破-再灌注曲线平台期峰值强度; β :爆破-再灌注曲线斜率; $A\cdot\beta$:局部心肌血流量

讨论

冠状动脉 CTO 病变是冠心病领域研究的重点与难点, 临床上是否对其进行 PCI 血运重建一直存在争议。一方面, CTO 病变的 PCI 血运重建成功率较低, 术后再狭窄率高, 且难以实现完全血运重建; 另一方面, CTO 患者在成功的 PCI 血运重建后, 心绞痛发作次数减少, 生活质量改善, 治疗满意度提高^[6]。PCI 术后部分患者开放的原闭塞血管可向其他病变血管提供侧支循环, 预防或减轻因其他冠状动脉病变发生的心肌缺血, 即使心肌坏死且无任何心肌可挽救时, 开通 CTO 病变亦有助于减轻梗死部位心肌扩张和左室重塑^[3]。

本研究结果发现, 病例组 GLS、A、 β 、 $A\cdot\beta$ 与对照组比较均明显减低, PSI 增大, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$), 说明 CTO 患者的左室心肌功能受损。病例组术后 LVEDV、LVESV、E、A、E/A、 e'_s 、 e'_L 、 e'_E/e' 、WMSI、LVEF 与术前比较差异均无统计学意义, 术后 GLS、PSI、A、 β 、 $A\cdot\beta$ 较术前均有改变(均 $P<0.05$), 说明 2D-STI 和 MCE 较传统二维超声心动图可更早检测出心肌功能的改变。既往研究^[3,8]显示, LVEF、WMSI 的改善最早在术后 1 个月才能被超声心动图检测。LVEF 虽是应用最为广泛的左室功能参数, 但其为左室整体功能参数, 并不能体现局部心肌功能的改善。2D-STI 和 MCE 作为超声心动图新技术, 敏感性高, 操

作方便,可反复应用,更适用于临床随访。

本研究中,病例组PCI术后GLS及RLS较术前均改善。王萍等^[3]研究表明CTO患者PCI术后1 d GLS即较术前明显改善,Sotomi等^[9]研究也得出了相同的结论,Shehata^[10]应用2D-STI研究了急性心肌梗死患者梗死区域PCI术后心脏功能的恢复情况,发现RLS较术前亦明显改善。本研究结论与上述研究一致,说明GLS及RLS在PCI血运重建术的疗效评价上具有其独特的价值。

PSI是心肌灌注分析中的一个半定量参数,其根据视觉观察造影剂在心肌节段中的充盈强度和密度,快速评价心肌的总体及局部灌注水平,不同学者间用于标记心肌不同灌注水平的数字略有差别,原理和计算方法均类似。MCE的心肌灌注定量分析被广泛应用于冠心病的研究,Yang等^[11]研究发现PCI术后 β 和 $A \cdot \beta$ 增加, β 与冠状动脉血流储备结合可用于预测术后心脏事件的发生。Jiang等^[8]研究发现PCI术后1个月患者的心肌功能和微循环灌注功能均较术前明显改善。本研究结果发现病例组在PCI血运重建术后72 h内心肌灌注即已改善,与上述研究结果一致。分析其机制,由于闭塞血管开通,心肌微循环灌注得到相应的改善,继而改善心肌供血,使得肌浆网三磷酸腺苷依赖性钙泵及钙释放蛋白功能提高,从而改善心肌的运动功能,最终改善患者的临床症状和远期预后^[3]。

本研究结果发现,病例组各亚组患者术后局部心肌功能和灌注情况均较术前改善(均 $P < 0.05$)。研究^[12]发现LAD或RCA完全闭塞时行PCI治疗可降低患者远期死亡率,但在LCX慢性完全闭塞患者中未得出类似的结论。此外,有研究^[13]发现侧支发育不良的CTO病变多位于LCX。本研究病例组经PCI后仅4例开通了LCX,但该4例患者的心肌灌注和应变参数与术前相比均有改善(均 $P < 0.05$),可能是由于入组的患者LCX均存在侧支循环,也不能排除样本量过小产生的偏差,更明确的结论仍有待进一步研究。

本研究的局限性:①本研究仅为单中心研究,样本量较小;②对心肌灌注进行定量分析时,弃除了部分心肌节段,无法对所有心肌节段都纳入分析;③术后随访中仅选用了术后72 h内一个时间点,CTO患者PCI血运重建后的中远期疗效有待进一步研究。

综上所述,PCI可以改善CTO患者的整体及局部的左室运动功能和心肌灌注水平,2D-STI和MCE技术可以早期、定量地评价这一变化,二者结合可以全面而精确地评价PCI术后左室功能的恢复情况,具有重要的临床应用价值。

参考文献

- [1] Agrawal H, Lange R, Montanez R, et al. The role of percutaneous coronary intervention in the treatment of chronic total occlusions: rationale and review of the literature[J]. *Curr Vasc Pharmacol*, 2019, 17(3): 278-290.
- [2] Patel SM, Menon RV, Burke MN, et al. current perspectives and practices on chronic total occlusion percutaneous coronary interventions[J]. *J Invasive Cardiol*, 2018, 30(2): 43-50.
- [3] 王萍,刘勇,侯淑凤,等.二维斑点追踪显像技术评价冠状动脉慢性完全闭塞病变患者经皮冠状动脉介入治疗前后左心室功能的价值[J]. *中国循环杂志* 2017, 32(1): 50-53.
- [4] 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.
- [5] Tajstra M, Pyka L, Gorol J, et al. Impact of chronic total occlusion of the coronary artery on long-term prognosis in patients with ischemic systolic heart failure: insights from the COMMIT-HF registry [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2016, 9(17): 1790-1779.
- [6] Fefer P, Knudtson ML, Cheema AN, et al. Current perspectives on coronary chronic total occlusions: the Canadian multicenter chronic total occlusions registry[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 59(11): 991-997.
- [7] 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]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(3): 233-271.
- [8] Jiang L, Yao H, Liang ZG. Postoperative assessment of myocardial function and microcirculation in patients with acute coronary syndrome by myocardial contrast echocardiography[J]. *Med Sci Monit*, 2017, 23(7): 2324-2332.
- [9] Sotomi Y, Okamura A, Iwakura K, et al. Impact of revascularization of coronary chronic total occlusion on left ventricular function and electrical stability: analysis by speckle tracking echocardiography and signal-averaged electrocardiogram[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2017, 33(6): 815-823.
- [10] Shehata M. Value of two-dimensional strain imaging in prediction of myocardial function recovery after percutaneous revascularization of infarct-related artery[J]. *Echocardiography*, 2015, 32(4): 630-637.
- [11] Yang L, Xia C, Mu Y, et al. Prognostic value of real time myocardial contrast echocardiography after percutaneous coronary intervention[J]. *Echocardiography*, 2016, 33(3): 421-430.
- [12] Mitomo S, Naganuma T, Jabbour RJ, et al. Impact of target vessel on long-term cardiac mortality after successful chronic total occlusion percutaneous coronary intervention: insights from a Japanese multicenter registry[J]. *Int J Cardiol*, 2017, 245(10): 77-82.
- [13] Elias J, Hoebbers LPC, Van Dongen IM, et al. Impact of collateral circulation on survival in ST-segment elevation myocardial infarction patients undergoing primary percutaneous coronary intervention with a concomitant chronic total occlusion [J]. *JACC Cardiovasc Interv*, 2017, 10(9): 906-914.

(收稿日期:2019-07-11)