

实时心肌声学造影联合斑点追踪技术评估冠心病患者经皮冠状动脉介入术后心肌功能及疗效

杨天芬 王安 梁琳 崔蕊 朱钰叶

摘要 **目的** 探讨实时心肌声学造影(RT-MCE)联合斑点追踪(STI)技术在冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)患者经皮冠状动脉介入(PCI)术后心肌功能及疗效评估中的应用价值。**方法** 选取我院拟行PCI术的冠心病患者88例,均于术前、术后4周行RT-MCE和STI检查,获得RT-MCE参数和STI参数,包括心肌显影强度(A)、微泡破坏后再充盈的血流速度(β)、心肌血流量($A \times \beta$),以及纵向、径向、圆周应变及应变率(LS、RS、CS、LSr、RSr、CSr),比较术前、术后上述参数的差异。术后以冠状动脉造影为金标准,评估患者血管狭窄情况。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析RT-MCE参数及STI参数评估PCI术后疗效的效能。**结果** RT-MCE检查结果显示,冠心病患者术后A、 β 及 $A \times \beta$ 均较术前升高,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。STI检查结果显示,冠心病患者术后LS、CS均较术前降低,LSr、RS、RSr、CSr均升高,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。PCI术后冠状动脉造影显示血管正常61例,异常27例(中、重度狭窄分别为24例、3例)。ROC曲线分析显示,A、 β 、 $A \times \beta$ 、LS、RS、CS评估PCI术后疗效的曲线下面积分别为0.886、0.892、0.887、0.808、0.906及0.883。**结论** RT-MCE联合STI可有效评估PCI术前、术后左室心肌局部和整体功能,对PCI疗效评估具有重要价值。

关键词 超声心动描记术;心肌声学造影;斑点追踪;冠状动脉粥样硬化性心脏病;经皮冠状动脉介入术;心肌功能;疗效

[中图分类号]R540.45

[文献标识码]A

Evaluation of real-time myocardial contrast-enhanced ultrasound combined with speckle tracking technology in myocardial function and therapeutic effect in patients with coronary heart disease after percutaneous coronary intervention

YANG Tianfen, WANG An, LIANG Lin, CUI Rui, ZHU Yuye

Department of Cardiovascular Medicine, Xianyang First People's Hospital, Shaanxi 712000, China

ABSTRACT **Objective** To explore the application value of real-time myocardial contrast-enhanced ultrasound (RT-MCE) combined with speckle tracking (STI) in evaluating the myocardial function and therapeutic effect in patients with coronary heart disease after percutaneous coronary intervention (PCI). **Methods** A total of 88 patients with coronary heart disease and planned to undergo PCI were selected. All patients underwent RT-MCE and STI examinations before and 4 weeks after surgery, the RT-MCE and STI parameters were obtained, including myocardial imaging intensity (A), blood flow velocity after microbubble rupture and filling (β), myocardial blood flow ($A \times \beta$), longitudinal, radial, circumferential strain and strain rate (LS, RS, CS, LSr, RSr, CSr). The differences of the above parameters before and after surgery were compared. Postoperative coronary angiography was used as the gold standard to evaluate the vascular stenosis of the patients. Receiver operating characteristic (ROC) curve was drawn to analyze the efficacy of RT-MCE parameters and STI parameters in evaluating the efficacy of PCI. **Results** The results of RT-MCE showed that the A, β and $A \times \beta$ in patients with coronary heart disease after surgery were higher than those before surgery, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). The results of STI results showed that the LS and CS in patients with coronary heart disease after surgery were lower than those before surgery, while the LSr, RS, RSr and CSr were higher than those before surgery, the differences were statistically significant (all $P < 0.05$).

After PCI, coronary angiography showed that 61 cases were normal and 27 cases were abnormal (24 cases of moderate stenosis, 3 case of severe stenosis). ROC curve analysis showed that the AUC of A, β , $A \times \beta$, LS, RS, and CS for evaluating the efficacy after PCI were 0.886, 0.892, 0.887, 0.808, 0.906, and 0.883, respectively. **Conclusion** RT-MCE combined with STI can effectively evaluate the local and global function of left ventricular myocardium before and after PCI, which is of great value in evaluating the efficacy of PCI.

KEY WORDS Echocardiography; Myocardial contrast echocardiography; Speckle tracking; Coronary heart disease; Percutaneous coronary intervention; Myocardial function; Therapeutic effect

冠状动脉粥样硬化性心脏病(以下简称冠心病)为动脉粥样硬化引起的心肌缺血、缺氧或坏死性心脏病,主要临床症状为心前区疼痛、发作性绞痛或压痛^[1]。经皮冠状动脉介入术(percutaneous coronary intervention, PCI)对冠心病的治疗效果已得到证实,其可有效改善心肌供血情况,但支架置入后可能会诱发再狭窄,影响 PCI 术后疗效^[2]。实时心肌声学造影(real-time myocardial contrast echocardiography, RT-MCE)可观察患者心肌功能的完整性,预测心肌灌注后功能恢复情况^[3]。斑点追踪(speckle tracking imaging, STI)技术可准确检测不同节段心肌各个方向上的形变,以应变和应变率反映心肌情况。既往应用 RT-MCE 和 STI 诊断 CHD 患者的研究已较多^[4],但关于两种方法评估冠心病患者 PCI 术后疗效的报道鲜见。本研究旨在探讨 RT-MCE 联合 STI 在冠心病患者 PCI 术后心肌功能和疗效评估中的应用价值。

资料与方法

一、临床资料

选取我院 2019 年 12 月至 2021 年 12 月拟行 PCI 手术的冠心病患者 88 例,其中男 52 例,女 36 例,年龄 35~76 岁,平均(49.65±10.72)岁;体质量指数(body mass index, BMI)19~28 kg/m²,平均(21.35±2.88)kg/m²。纳入标准:①符合《临床冠心病诊断与治疗指南》^[5],且经冠状动脉造影检查确诊者;②均行 PCI 术治疗;③至少存在一支主要冠状动脉狭窄≥75%;④临床资料完整。排除标准:①重要脏器功能严重不全者;②RT-MCE 及 STI 检查禁忌者;③恶性肿瘤及扩张性心肌病患者;④心房颤动影响心功能者;⑤既往行 PCI 治疗者;⑥心力衰竭或 NYHA 心功能 III 级以上者。本研究经我院医学伦理委员会批准,所有患者均知情同意。

二、仪器与方法

1. RT-MCE 检查:使用 Philips EPIQ 7C 彩色多普勒超声诊断仪,凸阵探头,频率 3.5 MHz;造影剂使用六氟化硫微泡(声诺维,意大利博莱科公司)。分别于术前 3 d 与术后 4 周进行检查,患者取平卧位,经肘静脉以 1 ml/min 的速度在 2 min 内匀速、缓慢推注,尾随 5 ml 生理盐水冲管。待左室心肌均匀显影后,选择高能脉冲模式将心肌内的造影剂微泡破坏,采集 Flash 前 5 个心动周期及 Flash 后 15 个心动周期的图像,切换至心尖二腔心切面采集图像。然后使用心肌造影脱机分析软件勾画左室心肌感兴趣区(ROI),逐帧计算每帧图像 ROI,自动获得心肌显影强度(A)、微泡破坏后再充盈的血流速度(β); $A \times \beta$ 表示心肌血流量。

2. STI 检查:使用 Philips iE 33 彩色多普勒超声诊断仪,

M4S-D 探头,频率 2~5 MHz。分别于术前 3 d 与术后 4 周进行检查,患者取左侧卧位,于平静呼吸下常规采集二维超声心动图,包括二尖瓣血流频谱舒张期 E、A 峰图像。然后调整角度,分别采集心尖四腔心、心尖两腔心、左室心尖长轴、二尖瓣环水平、乳头肌水平及心尖水平的短轴二维动态图各 3 个完整心动周期,结束后进行脱机分析。进入图像分析模式,选择心内膜清晰图像,自动勾画 ROI 再进行手动调节,使其覆盖心外膜和心内膜,系统追踪 ROI 内的回声斑点,生成应变曲线,记录左室心肌各节段应变及应变率,包括纵向、径向、圆周应变及应变率(LS、RS、CS、LSr、RSr、CSr)。

3. 冠状动脉造影:使用 Philips FD10 数字减影心血管造影仪,患者均行局部麻醉,股动脉穿刺后置入动脉鞘管,给予肝素后再取合适角度进行左右冠状动脉造影,造影剂选择碘海醇(宁波天衡药业股份有限公司)。诊断标准^[6]:轻度狭窄,血管狭窄程度≤50%;中度狭窄,血管狭窄程度 51%~75%;重度狭窄,血管狭窄程度>75%。其中血管狭窄程度≤50%判为正常。

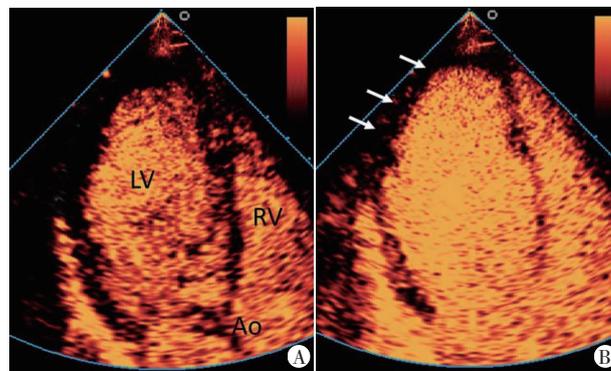
三、统计学处理

应用 SPSS 22.0 统计软件,计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 *t* 检验。绘制受试者工作特征(ROC)曲线分析各参数评估 PCI 术后疗效的效能。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

结果

一、冠心病患者 PCI 术前后 RT-MCE 检查结果比较

RT-MCE 检查结果显示,PCI 术前患者肌壁间造影剂显影强度减低,甚至缺损;PCI 术后造影剂显影强度恢复,缺损减少(图 1)。冠心病患者术后 A、 β 及 $A \times \beta$ 均较术前升高,差异均有统计学意义(均 *P*<0.05)。见表 1。



A: 术前左室肌壁内存在造影强度减低;B: 术后左室壁造影出现新生血管,造影剂进入后见点状增强(箭头示)。LV:左室;RV:右室;AO:主动脉

图 1 冠心病患者(男,70岁)PCI 术前后 RT-MCE 图

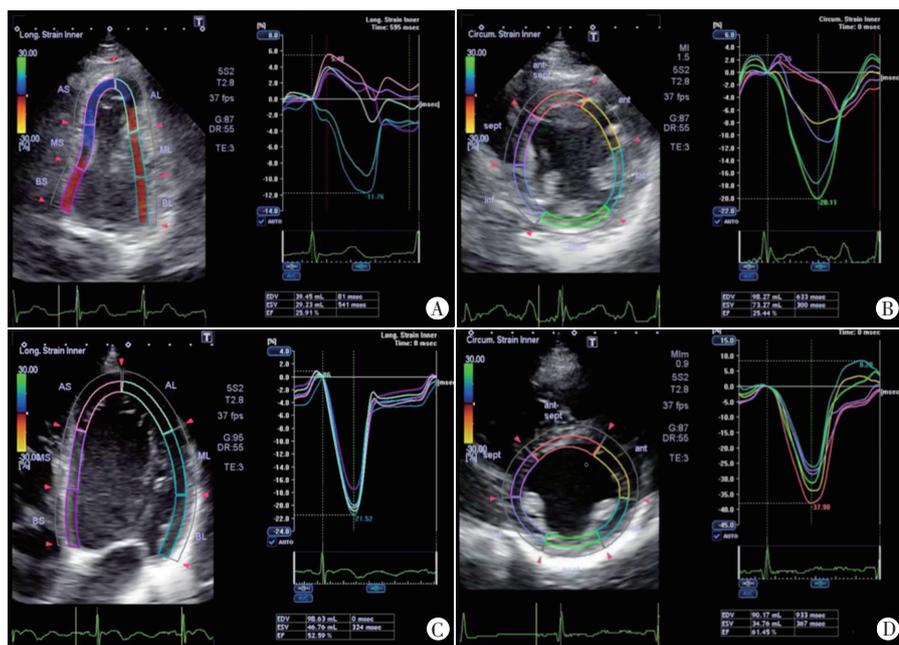
表1 冠心病患者PCI术前后RT-MCE参数比较($\bar{x}\pm s$)

时间	A (dB)	β (s ⁻¹)	A× β (dB/s)
术前	6.29±1.03	0.83±0.12	4.52±0.80
术后	8.05±1.56	0.93±0.21	7.70±2.83
t值	8.832	3.878	10.144
P值	<0.001	<0.001	<0.001

A: 心肌显影强度; B: 微泡破坏后再充盈的血流速度; A× β : 心肌血流量

二、冠心病患者PCI术前后STI参数比较

冠心病患者PCI术后LS、CS、LSr、RS、RSr、CSr均较术前升高, 差异均有统计学意义(均P<0.05)。见表2和图2。



A: 术前LS; B: 术前CS; C: 术后LS; D: 术后CS
图2 冠心病患者(女, 55岁)PCI术前后STI图

表2 冠心病患者PCI术前后STI参数比较($\bar{x}\pm s$)

时间	LS(%)	LSr(s ⁻¹)	RS(%)	RSr(s ⁻¹)	CS(%)	CSr(s ⁻¹)
术前	-18.77±2.25	1.88±1.01	19.48±2.42	2.48±0.62	-23.70±1.30	2.16±0.48
术后	-21.04±1.26	3.46±1.12	22.42±2.14	3.34±0.90	-25.96±1.49	3.22±0.86
t值	8.258	9.828	8.537	7.382	10.722	10.096
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

LS、LSr: 纵向应变及应变率; RS、RSr: 径向应变及应变率; CS、CSr: 圆周应变及应变率

三、冠心病患者PCI术前后左室心肌各节段应变比较

PCI术后患者前间隔、前壁、下壁、后间隔及侧壁各节段LS均低于术前(均P<0.05); 前间隔心尖段、前壁心尖段及下壁心尖段RS均高于术前(均P<0.05); 前壁心尖段、后间隔中间段及侧壁心尖段CS均低于术前(均P<0.05)。见表3。

四、RT-MCE及STI参数评估冠心病患者PCI术后疗效的价值

PCI术后, 以冠状动脉造影结果为金标准, 88例患者中正常61例, 异常27例(中、重度狭窄分别为24例、3例)。ROC曲线分析显示, A、 β 、A× β 、LS、RS、CS评估冠心病患者PCI术后疗效的曲线下面积分别为0.886、0.892、0.887、0.808、0.906及0.883。见表4和图3。

讨论

冠心病PCI治疗的目的不仅为恢复患者冠状动脉血流, 还包括坏死心肌的持续及完全再灌注^[7]。对于冠心病患者而言, PCI术虽能促进其心肌血流恢复, 但部分患者仍可出现灌注再狭窄等情况, 影响手术效果及预后^[8]。冠状动脉造影为冠心病

表3 冠心病患者PCI术前后左室各节段应变比较($\bar{x}\pm s$)

节段	LS(%)		RS(%)		CS(%)	
	术前	术后	术前	术后	术前	术后
前间隔						
基底段	-17.17±1.35	-19.49±1.54*	20.17±10.06	20.57±9.16	-24.35±6.58	-24.91±5.94
中间段	-19.04±0.99	-19.94±0.56*	40.76±12.92	44.40±13.09	-24.55±6.19	-25.10±5.53
心尖段	-18.59±1.97	-21.94±1.58*	9.34±5.12	15.10±5.67*	-29.24±9.05	-31.12±7.69
后壁心尖段	-18.03±1.06	-21.30±1.03*	11.39±7.48	13.12±5.25	-23.36±4.84	-24.18±3.93
前壁						
基底段	-17.37±0.89	-17.12±1.07*	17.70±9.27	20.33±10.57	-19.26±6.24	-20.73±5.77
中间段	-16.24±1.57	-19.36±1.28*	40.43±14.37	44.03±15.77	-21.50±5.65	-21.96±6.19
心尖段	-17.73±1.06	-22.28±0.94*	6.15±2.20	12.70±5.25*	-31.14±5.07	-34.22±5.49*
下壁心尖段	-19.24±0.83	-22.72±1.10*	10.78±6.27	13.02±4.42*	-22.08±7.11	-23.41±7.92
后间隔						
中间段	-17.41±0.70	-20.46±0.79*	38.35±12.80	39.93±14.44	-20.92±7.18	-23.05±5.01*
心尖段	-18.35±0.91	-23.23±1.31*	12.78±7.66	13.76±7.89	-18.59±6.02	-19.32±5.81
侧壁心尖段	-19.54±1.60	-23.23±0.97*	10.85±5.09	9.77±3.95	-23.07±5.21	-26.58±5.12*

与同节段术前比较, *P<0.05。LS: 纵向应变; RS: 径向应变; CS: 圆周应变

表4 RT-MCE及STI参数评估PCI术后疗效的ROC曲线分析

参数	曲线下面积(95%可信区间)	P值	截断值	约登指数	敏感性 (%)	特异性 (%)
A	0.886(0.814~0.958)	<0.001	6.09 dB	0.680	75.4	92.6
β	0.892(0.813~0.971)	<0.001	0.72 s ⁻¹	0.741	100	74.1
A \times β	0.887(0.805~0.969)	<0.001	3.92 dB/s	0.696	91.8	77.8
LS	0.808(0.702~0.913)	<0.001	-18.58%	0.548	77.0	77.8
RS	0.906(0.836~0.976)	<0.001	18.25%	0.667	85.2	81.5
CS	0.883(0.808~0.957)	<0.001	-23.68%	0.684	72.1	96.3

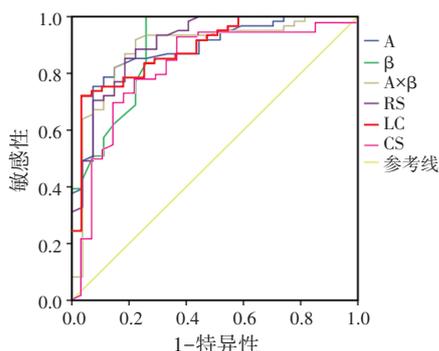


图3 A、 β 、A \times β 及RS评估PCI术后疗效的价值

的诊断金标准^[9],但其为侵入性操作,且费用昂贵,故临床应用受限。心肌应变可评估心肌各个节段的形变能力,准确反映心肌收缩及舒张情况。STI可对心肌回声斑点的运动轨迹进行实时追踪,获得局部心肌应变及应变率,有效反映心肌局部、整体应变及心室收缩功能^[10]。张琦等^[11]研究证实,STI检查能从纵向、径向及圆周对心脏进行系统性分析,可作为心肌收缩及舒张的有效检查方法。本研究结果显示,与PCI术前比较,冠心病患者术后LS、CS、RS、LSr、RSr、CSr均升高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。提示PCI术可改善冠心病患者心肌缺血状态。

既往研究^[12]显示,RT-MCE评估心肌灌注的结果与冠状动脉造影显示心肌血流量的一致性高达85%以上。RT-MCE可有效识别心肌灌注异常情况,其评估心肌异常灌注的机制主要为:微泡造影剂具有相对稳定性,其离开或进入循环单位数量较恒定,且与心肌血流速度相关。A、 β 和A \times β 均为RT-MCE定量参数,其中A主要反映微泡造影剂在不同区域的心肌浓度; β 主要反映局部心肌血流速度,其容易受局部代谢产物和侧支循环的影响;A \times β 可动态反映心肌血流量。研究^[13]证实,由于心肌微循环损伤,冠心病患者A、 β 和A \times β 均低于健康者,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示冠心病患者心脏功能异常。分析原因可能为:生理状态下机体心肌血流量主要由微血管进行调节,但当冠状动脉发生狭窄后,其狭窄远端的血管可出现代偿性扩张,随狭窄程度的增加,使其无法维持正常的心肌血流量,进而造成A、 β 和A \times β 的变化^[14]。本研究结果显示,与PCI术前比较,冠心病患者术后A、 β 及A \times β 均显著升高,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示冠心病患者术后心肌微循环恢复。

本研究ROC曲线分析进一步显示,A、 β 、A \times β 、LS、RS、CS评估PCI术后疗效的曲线下面积分别为0.886、0.892、0.887、0.808、0.906及0.883。与赵煜和李慧忠^[12]研究结论一致。表明RT-MCE、STI

参数可为心肌功能恢复及PCI术后疗效评估提供参考。

综上所述,RT-MCE联合STI可有效评估冠心病患者PCI术前后左室心肌的局部和整体功能,对PCI疗效评估具有重要价值,可为临床评估冠状动脉微循环灌注提供一种无创、便捷的诊断方法。但本研究样本量偏小,所得结果可能有一定偏差,今后仍需进一步行大样本研究。

参考文献

- [1] Viskin S,Chorin E,Viskin D, et al.Quinidine-responsive polymorphic ventricular tachycardia in patients with coronary heart disease [J]. Circulation, 2019, 139(20):2304-2314.
- [2] Al-Lamee RK, Nowbar AN, Francis DP. Percutaneous coronary intervention for stable coronary artery disease[J].Heart, 2019, 105(1): 11-19.
- [3] Liang L, Zhu Y, Li F, et al.Comparative analysis of instantaneous wave-free ratio and quantitative real-time myocardial contrast echocardiography for the assessment of myocardial perfusion[J].Front Cardiovasc Med, 2022, 26(9):893647.
- [4] Feng J, Zhai Z, Wang Z, et al. Speckle tracking imaging combined with myocardial comprehensive index to evaluate left ventricular function changes in patients with systemic lupus erythematosus [J]. Echocardiography, 2021, 38(9): 1632-1640.
- [5] 中华医学会心血管病学分会介入心脏病学组,中华医学会心血管病学分会动脉粥样硬化与冠心病学组,中国医师协会心血管内科医师分会血栓防治专业委员会,等.稳定性冠心病诊断与治疗指南[J].中华心血管病杂志, 2018, 46(9):680-694.
- [6] 洪乐,田银,王文渊,等.64排螺旋CT评价粥样斑块、狭窄程度并与动脉造影结果对照分析[J].中国CT和MRI杂志, 2022, 20(6): 96-97, 110.
- [7] 王佳玲,张瑜,王春燕.实时三维超声心动图、二维斑点追踪技术联合血浆游离细胞DNA水平评估心肌梗死患者右房容积及心肌受损的价值[J].临床超声医学杂志, 2021, 23(12):895-900.
- [8] 姜哲,李一丹,秦芸芸,等.斑点追踪超声心动图评估冠状动脉交血运重建术短期疗效[J].中国超声医学杂志, 2020, 36(3):205-208.
- [9] Barton D, Xie F, O'Leary E, et al.The relationship of capillary blood flow assessments with real time myocardial perfusion echocardiography to invasively derived microvascular and epicardial assessments[J].J Am Soc Echocardiogr, 2019, 32(9):1095-1101.
- [10] 韩莉,曹东明,曹剑标,等.心肌超声造影结合二维斑点追踪技术评估心肌梗死患者心肌微循环损伤的临床价值[J].临床和实验医学杂志, 2021, 20(13):1443-1447.
- [11] 张琦,王瑞利,陆远,等.应用斑点追踪技术评估STEMI病人PCI术后左心室局部收缩功能的改变情况及其临床意义[J].中西医结合心脑血管病杂志, 2020, 18(11):1765-1769.
- [12] 赵煜,李慧忠.二维斑点追踪联合左心腔声学造影评价心肌梗死PCI术前后左室收缩功能[J].医学影像学杂志, 2021, 31(5):762-766.
- [13] 曲红培,董平栓,杨杨,等.实时心肌超声造影技术对冠心病诊断及PCI术后疗效评估的临床价值[J].中西医结合心脑血管病杂志, 2021, 19(20):3575-3579.
- [14] 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.

(收稿日期:2022-04-27)