

三维斑点追踪技术评估缺血性二尖瓣反流患者左室收缩功能的临床价值

胡文姝 李心怡 聂淑婷 邵袁缘 鲜 锋 周 畅

摘 要 **目的** 应用三维斑点追踪技术(3D-STE)测量缺血性二尖瓣反流(IMR)患者左室应变及扭转参数,探讨其评估IMR患者左室收缩功能的临床应用价值。**方法** 选取125例冠心病患者,根据有无IMR及其程度分为单纯冠心病组50例、轻度IMR组35例及中重度IMR组40例,另选同期50例健康体检者为对照组。应用三维超声心动图获取各组左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV)、左室射血分数(LVEF)及二尖瓣反流容积(Rvol),3D-STE获取左室应变及扭转参数,包括左室整体纵向应变(GLS)、整体环向应变(GCS)、整体径向应变(GRS)、整体扭转角度峰值(Twist)、扭矩(Torsion)、心尖段扭转角度(Apical)、基底段扭转角度(Basel)、左室收缩不同步指数(SDI),比较各组上述参数的差异。应用Pearson相关分析法分析各超声心动图参数与Rvol的相关性。**结果** 与对照组比较,单纯冠心病组、轻度IMR组、中重度IMR组LVEDV、LVESV、SDI均增大,LVEF、GLS、GCS、GRS、Twist、Torsion、Apical、Basel均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与单纯冠心病组比较,轻度IMR组、中重度IMR组LVEDV、SDI均增大,LVEF、GLS、Twist、Torsion、Apical、Basel均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。与轻度IMR组比较,中重度IMR组LVEDV、Rvol、SDI均增大,LVEF、GLS、Twist、Torsion、Apical、Basel均减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。相关性分析显示,LVEDV与Rvol呈正相关($r=0.607, P<0.01$),GLS、Twist、Apical、Torsion、Basel与Rvol均呈负相关($r=-0.547, -0.617, -0.495, -0.483, -0.269$,均 $P<0.05$)。**结论** 3D-STE可准确测量IMR患者左室应变及扭转参数,在评估左室收缩功能方面具有较好的应用价值。

关键词 超声心动描记术;斑点追踪,三维;缺血性二尖瓣反流;左室应变;扭转

[中图分类号]R540.45

[文献标识码]A

Clinical value of three-dimensional speckle tracking echocardiography in assessing left ventricular systolic function in patients with ischemic mitral regurgitation

HU Wenshu, LI Xinyi, NIE Shuting, SHAO Yuanyuan, XIAN Feng, ZHOU Chang

Department of Ultrasound, Yichang Central People's Hospital, the First College of Clinical Medical Science, China Three Gorges University, Hubei 443003, China

ABSTRACT Objective To measure the left ventricular strain and torsion parameters in patients with ischemic mitral regurgitation (IMR) by three-dimensional speckle tracking echocardiography (3D-STE), and to explore the clinical application value of 3D-STE in assessing left ventricular systolic function in patients with IMR. **Methods** Totally 125 patients with coronary heart disease were selected, according to the presence and severity of IMR, they were divided into simple coronary artery disease group ($n=50$), mild IMR group ($n=35$) and moderate to severe IMR group ($n=40$). Additionally, 50 healthy volunteers were enrolled as the control group. The left ventricular end-diastolic volume (LVEDV), left ventricular end-systolic volume (LVESV), left ventricular ejection fraction (LVEF) and mitral regurgitant volume (Rvol) were obtained by three-dimensional echocardiography. The left ventricular global longitudinal strain (GLS), global circumferential strain (GCS), global radial strain (GRS), peak twist angle (Twist), torsion (Torsion), apical rotation (Apical), basal rotation (Basel) and the left ventricular systolic dyssynchrony index (SDI) were obtained by 3D-STE. The differences of the above parameters among each group were compared. Pearson correlation analysis method was used to analyze the correlation between various echocardiographic parameters and Rvol. **Results** Compared with the control group, LVEDV, LVESV and SDI were increased in the simple

coronary artery disease group, mild IMR group and moderate to severe IMR group, while the LVEF, GLS, GCS, GRS, Twist, Torsion, Apical and Basel were decreased, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Compared with the simple coronary artery disease group, LVEDV and SDI were increased in mild IMR group and moderate to severe IMR group, while the LVEF, GLS, Twist, Torsion, Apical and Basel were decreased, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Compared with the mild IMR group, the LVEDV, Rvol and SDI were increased in the moderate to severe IMR group, while LVEF, GLS, Twist, Torsion, Apical and Basel were decreased, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Correlation analysis showed that the LVEDV was positively correlated with Rvol ($r = 0.607, P < 0.001$), and GLS, Twist, Apical, Torsion were negatively correlated with Rvol ($r = -0.547, -0.617, -0.495, -0.483, -0.269$, all $P < 0.05$). **Conclusion** 3D-STE can accurately measure left ventricular strain and torsion parameters in patients with IMR, which has good clinical application value in assessing left ventricular systolic function.

KEY WORDS Echocardiography; Speckle tracking, three-dimensional; Ischemic mitral regurgitation; Left ventricular strain; Torsion

缺血性二尖瓣反流 (ischemic mitral regurgitation, IMR) 是冠心病、心肌梗死等心血管疾病的常见并发症,持续瓣膜反流可导致左心容量负荷加重和功能障碍,进而引起充血性心力衰竭或死亡^[1]。左房壁、瓣环、瓣叶、腱索、乳头肌及左室游离壁共同参与二尖瓣正常活动,其中任一结构损伤或功能障碍均会导致二尖瓣反流^[2]。心肌缺血患者左室壁收缩功能障碍及心肌重构均为 IMR 的主要原因,但左室收缩是一个包括纵向、环向、径向应变和扭转运动的复杂过程,探讨心肌不同方向应变及扭转功能与 IMR 的关系有助于进一步明确二尖瓣反流的机制。目前二维斑点追踪技术已逐渐应用于评价各种疾病亚临床心肌功能障碍,但单纯二维平面成像难以准确捕捉三维空间各平面上的心肌运动,评估 IMR 左室收缩功能可能不够准确。基于此,本研究应用三维斑点追踪技术 (three-dimensional speckle tracking echocardiography, 3D-STE) 测量 IMR 患者心肌应变和扭转参数,分析其与二尖瓣反流程度的相关性,旨在探讨 3D-STE 评估 IMR 患者左室收缩功能的临床价值。

资料与方法

一、研究对象

选取 2021 年 7 月至 2023 年 7 月于我院心内科就诊的冠心病患者 125 例 (研究组),均符合《稳定性冠心病诊断与治疗指南》^[3] 中冠心病的诊断标准:①有胸闷、胸痛等症状;②经冠状动脉造影证实冠状动脉管腔狭窄率 $\geq 50\%$ 。根据有无 IMR 及其程度进一步分为单纯冠心病组 50 例、轻度 IMR 组 35 例 [有效反流口面积 (EROA) $< 0.2 \text{ cm}^2$]、中重度 IMR 组 40 例 (EROA $\geq 0.2 \text{ cm}^2$)。IMR 参考《中国成人心脏瓣膜病超声心动图规范化检查专家共识》^[4] 中相关诊断标准。排除标准:①结构性心脏病、风湿性心脏病、心房颤动等引起的二尖瓣反流患者;②合并肺、肝、肾等脏器

功能严重疾病或恶性肿瘤患者;③图像质量差。另选同期年龄、性别与之匹配的健康体检者 50 例为对照组。本研究经我院医学伦理委员会批准 (批准号: 2023-127-01),为回顾性研究故免除患者知情同意。

二、仪器与方法

1. 超声心动图检查及图像分析:使用 Philips EPIQ CVx 彩色多普勒超声诊断仪, X5-1 探头,频率 1~5 MHz; 配备 Tomtec-4D-LV-Analysis 图像后处理软件。所有受检者均于平静状态下取左侧卧位,由同一具有 8 年工作经验的主治超声医师同步连接心电图后行三维超声心动图检查,调整仪器增益和探头角度以获取清晰显示的超声心动图图像,然后切换至脉冲多普勒模式,当显示二尖瓣反流时调节血流动态范围基线速度为 38.5 cm/s,获得反流信号的等速球面,测量等速球面至缩流颈半径 (r),应用连续多普勒测量二尖瓣反流峰值流速和速度时间积分,计算二尖瓣反流容积 (Rvol),公式为: $Rvol = EROA \times \text{速度时间积分}$ 。于心尖四腔心切面选择“全容积成像”,获取连续 4 个心动周期的图像并存储,使用 Tomtec-4D-LV-Analysis 图像后处理软件进行分析,自动测量左室舒张末期容积 (LVEDV)、左室收缩末期容积 (LVESV) 和左室射血分数 (LVEF)。选取清晰显示的三维全容积图像行 3D-STE 分析,使用 Tomtec-4D-LV-Analysis 图像后处理软件自动跟踪勾画心内膜边界,根据心动周期计算左室整体纵向应变 (GLS)、整体环向应变 (GCS)、整体径向应变 (GRS)、整体扭转角度峰值 (Twist)、扭矩 (Torsion)、心尖段扭转角度 (Apical)、基底段扭转角度 (Basel)、左室收缩不同步指数 (SDI),其中 GLS、GCS 及 Basel 均取绝对值进行分析。所有参数均重复测量 3 次取平均值。

2. 一般资料获取:查阅病历获取受检者年龄、性别、体质量指数及血压,实验室检查获取高密度脂蛋白、低密度脂蛋白、甘油三酯,冠状动脉造影获取冠状

动脉病变血管支数及狭窄程度。

3. 重复性检验: 随机抽取30例患者(研究组、对照组各15例)进行一致性检验, 由同一操作者在间隔1个月后再次对图像进行分析, 测量三维超声心动图参数和3D-STE参数, 进行观察者内的重复性检验; 再由另一具有10年工作经验的主治超声医师对相同图像进行分析并测量以上参数, 进行观察者间的重复性检验。

三、统计学处理

应用SPSS 27.0统计软件, 计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示, 方差齐者多组比较采用单因素方差分析, 两组比较采用 t 检验; 方差不齐者采用非参数检验。计数资料以频数或率表示, 组间比较采用 χ^2 检验。采用Pearson

相关分析法分析各超声心动图参数与Rvol的相关性。重复性检验采用组内相关系数(ICC)进行评价, ICC<0.4为重复性较差, ICC>0.75为重复性较好。P<0.05为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料比较

与对照组比较, 单纯冠心病组、轻度IMR组、中重度IMR组甘油三酯均更高, 轻度IMR组和中重度IMR组低密度脂蛋白, 以及病变血管支数>2支、狭窄程度≥70%占比均更高, 差异均有统计学意义(均P<0.05)。各组其余一般资料比较差异均无统计学意义。见表1。

表1 各组一般资料比较

组别	年龄(岁)	男/女(例)	体质量指数(kg/m ²)	收缩压(mmHg)	舒张压(mmHg)	高密度脂蛋白(mmol/L)	低密度脂蛋白(mmol/L)	甘油三酯(mmol/L)
对照组(50)	56.48±9.27	23/27	22.17±1.90	119.20±6.99	81.56±5.89	1.21±0.16	1.94±0.52	1.73±0.22
单纯冠心病组(50)	59.14±7.43	26/24	21.93±2.06	118.98±6.54	78.86±5.46	1.17±0.29	2.01±0.45	2.19±0.31 ^a
轻度IMR组(35)	60.68±10.31	20/15	22.12±1.41	118.92±7.95	79.02±6.66	1.18±0.16	2.58±0.29 ^a	2.22±0.37 ^a
中重度IMR组(40)	61.57±9.93	21/19	22.13±1.37	117.75±6.03	78.17±5.09	1.19±0.08	2.84±0.13 ^a	2.50±0.19 ^a
F/χ^2 值	2.665	1.072	0.175	0.382	3.114	0.281	89.866	108.566
P 值	0.050	0.784	0.913	0.766	0.028	0.839	<0.001	<0.001

组别	病变血管支数≥2支(例)	病变血管(例)				狭窄程度≥70%(例)
		前降支	回旋支	右冠状动脉	其他	
对照组(50)	-	-	-	-	-	-
单纯冠心病组(50)	6	25	17	13	2	4
轻度IMR组(35)	19 ^a	23	17	11	3	31 ^a
中重度IMR组(40)	22 ^a	31	19	12	2	38 ^a
F/χ^2 值	23.281	7.358	2.416	0.337	0.803	87.449
P 值	<0.001	0.025	0.299	0.845	0.669	<0.001

与对照组比较, ^aP<0.05。1 mmHg=0.133 kPa

二、各组三维超声心动图参数和3D-STE参数比较

与对照组比较, 单纯冠心病组、轻度IMR组、中重度IMR组LVEDV、LVESV、SDI均增大, LVEF、GLS、GCS、GRS、Twist、Torsion、Apical、Basel均减小, 差异均有统计学意义(均P<0.05)。与单纯冠心病组比较, 轻度IMR组、中重度IMR组LVEDV、SDI均增大, LVEF、

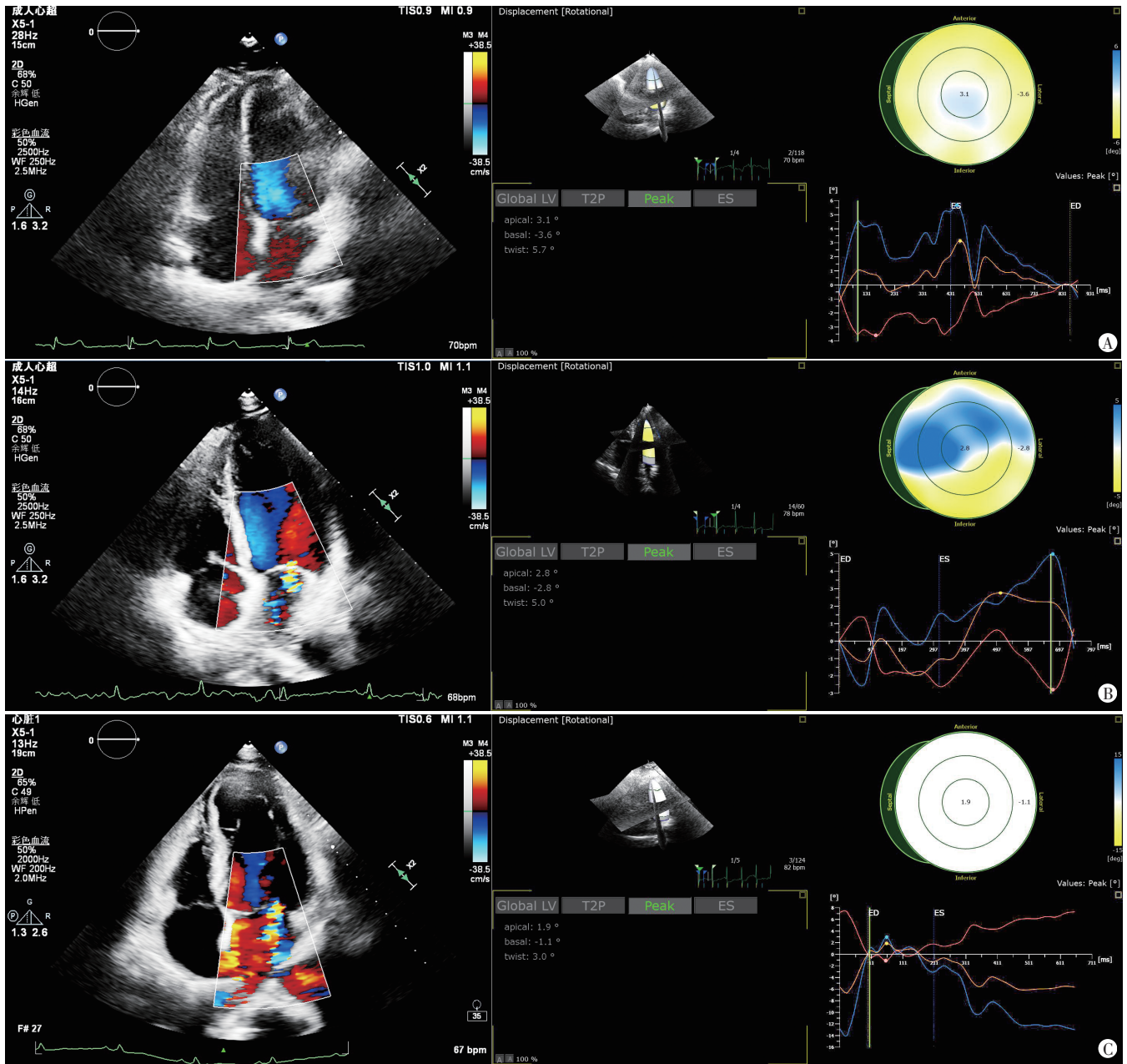
GLS、Twist、Torsion、Apical、Basel均减小, 差异均有统计学意义(均P<0.05)。与轻度IMR组比较, 中重度IMR组LVEDV、Rvol、SDI均增大, LVEF、GLS、Twist、Torsion、Apical、Basel均减小, 差异均有统计学意义(均P<0.05)。见表2和图1。

三、相关性分析

表2 各组三维超声心动图参数和3D-STE参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	LVEF(%)	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	GRS(%)	GLS(%)	GCS(%)	Twist(°)	Torsion(°/cm)	Apical(°)	Basel(°)	SDI(%)	Rvol(ml)
对照组	63.74±3.02	78.43±11.34	33.23±4.17	43.28±3.21	20.83±1.25	24.43±2.27	7.73±0.92	1.07±0.18	3.82±0.98	4.12±0.98	5.42±0.92	-
单纯冠心病组	62.90±1.49 ^a	86.47±5.23 ^a	35.49±3.49 ^a	42.21±3.66 ^a	19.66±2.00 ^a	20.27±2.80 ^a	6.97±1.94 ^a	1.03±0.28 ^a	2.91±0.58 ^a	2.95±0.41 ^a	5.92±0.82 ^a	-
轻度IMR组	59.06±4.12 ^{ab}	105.34±12.43 ^{ab}	43.54±4.84 ^a	38.48±5.75 ^a	17.33±4.54 ^{ab}	20.51±3.51 ^a	6.67±2.28 ^{ab}	0.91±0.26 ^{ab}	2.24±0.84 ^{ab}	2.49±1.16 ^{ab}	6.84±2.11 ^{ab}	20.42±5.12
中重度IMR组	52.42±4.86 ^{abc}	115.92±13.01 ^{abc}	45.22±9.34 ^a	39.72±8.68 ^a	14.85±3.51 ^{abc}	19.41±3.08 ^a	3.42±1.95 ^{abc}	0.70±0.24 ^{abc}	1.67±0.77 ^{abc}	2.28±0.96 ^{abc}	7.00±0.96 ^{ab}	39.65±8.03
F/t 值	68.437	93.743	47.176	7.699	39.934	36.281	54.522	22.502	50.490	31.231	22.621	-12.506
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较, ^aP<0.05; 与单纯冠心病组比较, ^bP<0.05; 与轻度IMR组比较, ^cP<0.05。LVEF: 左室射血分数; LVEDV: 左室舒张末期容积; LVESV: 左室收缩末期容积; GRS: 左室整体径向应变; GLS: 左室整体纵向应变; GCS: 左室整体环向应变; Twist: 整体扭转角度峰值; Torsion: 扭矩; Apical: 心尖段扭转角度; Basel: 基底段扭转角度; SDI: 左室收缩不同步指数; Rvol: 二尖瓣反流容积



A:单纯冠心病组患者(女,57岁)Twist为5.7°,Apical为3.1°,Basel为-3.6°;B:轻度IMR组患者(男,63岁)Twist为5.0°,Apical为2.8°,Basel为-2.8°;C:中重度IMR组患者(男,68岁)Twist为3.0°,Apical为1.9°,Basel为-1.1°

图1 各组心尖四腔心切面三维超声心动图和3D-STE图

IMR患者LVEDV与Rvol呈正相关($r=0.607$, $P<0.001$),GLS、Twist、Apical、Torsion、Basel与Rvol均呈负相关($r=-0.547$ 、 -0.617 、 -0.495 、 -0.483 、 -0.269 ,均 $P<0.05$);其余超声心动图参数与Rvol均无相关性。见图2。

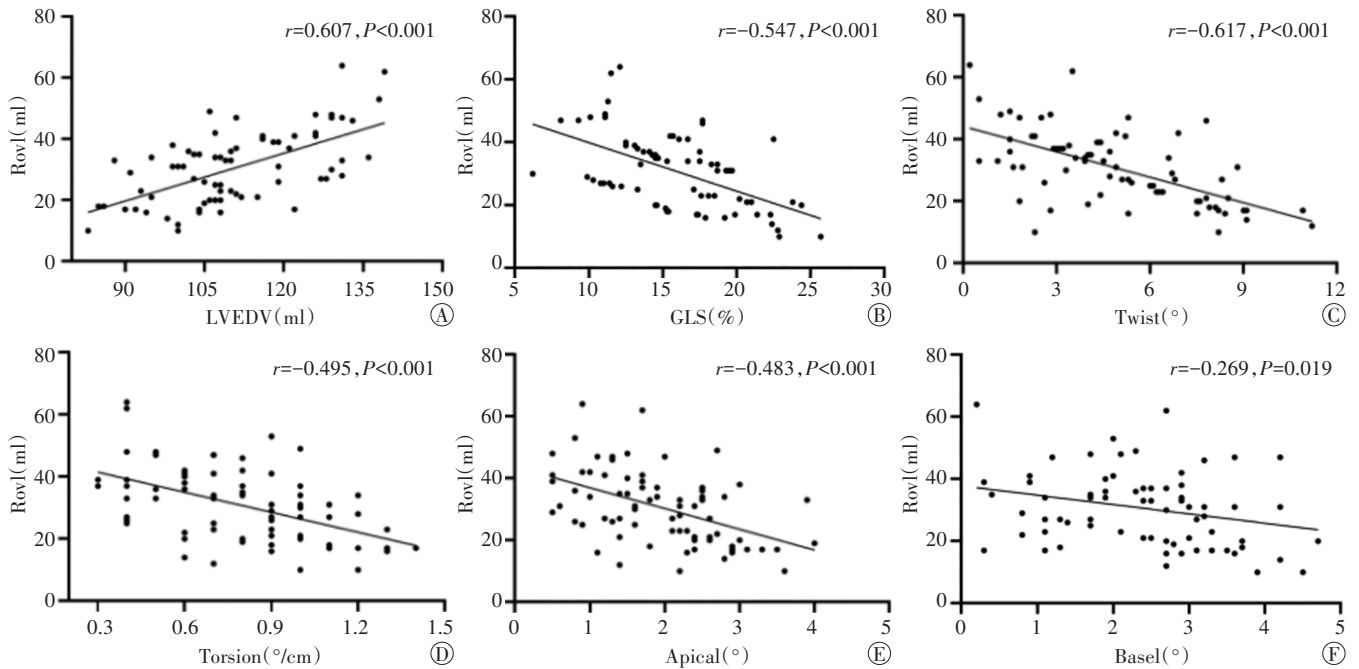
四、重复性检验

三维超声心动图参数和3D-STE参数在观察者内和观察者间的重复性均较好(均 $ICC>0.75$)。见表3。

讨论

IMR是冠心病的常见并发症之一,左室重构引起二尖瓣瓣叶过度牵拉、瓣环扩张及乳头肌功能障碍等

导致了二尖瓣反流的发生。与原发性二尖瓣反流相比,IMR患者预后更差,即使轻微反流也会导致心血管不良事件的发生风险增高^[5]。IMR与左室壁收缩功能障碍及心肌重构关系密切,长期冠状动脉病变会引起心肌缺血坏死、左室扩大、乳头肌移位,使正常的二尖瓣解剖结构发生改变,继而出现二尖瓣反流^[6]。持续二尖瓣反流会加速左室重构,并形成“左室重构-二尖瓣反流-左室重构”的恶性循环,使患者心功能急剧下降,最终导致心力衰竭^[7]。目前临床常用的LVEF仅能通过分析左室容量变化反映左室收缩功能,所得结果往往不够准确。在心动周期中,左室内、中、外3层



A~F分别为LVEDV、GLS、Twist、Torsion、Apical、Basal与Rvol的相关性分析散点图

图2 IMR患者超声心动图参数与Rvol的相关性分析散点图

表3 观察者内及观察者间的重复性检验

参数	观察者内		观察者间	
	ICC及其95%可信区间	P值	ICC及其95%可信区间	P值
LVEDV	0.94(0.88~0.97)	<0.001	0.97(0.94~0.98)	<0.001
GLS	0.94(0.87~0.97)	<0.001	0.91(0.87~0.95)	<0.001
Twist	0.91(0.83~0.96)	<0.001	0.85(0.69~0.93)	<0.001
Torsion	0.90(0.79~0.95)	<0.001	0.92(0.84~0.96)	<0.001
Apical	0.92(0.84~0.96)	<0.001	0.88(0.76~0.94)	<0.001
Basal	0.93(0.86~0.96)	<0.001	0.88(0.76~0.95)	<0.001

ICC:组内相关系数

心肌纤维共同实现了纵向、环向、径向及扭转运动, 3D-STE通过斑点追踪心肌运动可以获得心肌节段纵向、环向、径向峰值应变及扭转相关参数, 准确评估左室收缩功能^[8]。扭转运动是指左室心尖段相对于基底段的旋转运动, 心脏收缩时心尖段旋转角度大于基底段, 且方向相反, 会产生“拧毛巾”样的运动, 心肌收缩力越大, 旋转角度越大, 这种运动在射血过程中发挥着关键作用^[9]。本研究应用3D-STE测量IMR患者左室应变及扭转参数, 分析其与二尖瓣反流程度的相关性, 旨在为临床评估IMR患者左室收缩功能提供参考。

本研究结果显示, 与对照组比较, 单纯冠心病组、轻度IMR组、中重度IMR组甘油三酯均更高, 轻度IMR组和中重度IMR组低密度脂蛋白, 以及病变血管支数>2支、狭窄程度≥70%占比均更高, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。表明冠心病患者更容易出现血脂异常, 甘油三酯及低密度脂蛋白升高可直接导致血

管内皮损伤, 加速动脉粥样硬化进程, 导致不良心血管事件发生。因此此类人群应按个体化防治的需求定期进行血脂检测, 并严格控制血脂水平。本研究三维超声心动图检查结果显示, 与对照组比较, 冠心病患者LVEF减小, LVEDV增大, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$), 且二尖瓣反流程度越重该趋势越明显, 提示IMR加重了左室收缩功能障碍和左室重构, 与既往研究^[10]结果一致。本研究3D-STE检查结果显示, 与对照组比较, 轻度IMR组和中重度IMR组GLS、GCS、GRS均减小, 差异均有统计学意义(均 $P<0.05$), 分析原因可能为冠心病患者心肌缺血导致室壁运动异常, 心肌收缩能力减弱。在反映左室心肌应变的参数中, GLS随着二尖瓣反流加重减小更加明显, 分析原因可能为冠心病患者心内膜最易发生缺血, 而心内膜心肌纤维以纵向为主, 因此左室GLS减小最为显著。冠心病早期LVEF仍处于正常范围, GLS减小可以早期反映患者亚临床心功能降低。IMR患者SDI增大表明左室心肌同步性降低, 二尖瓣反流引起左室重构, 进一步导致缺血心肌发生电生理改变, 如心肌细胞自律性降低、心肌电生理阻断及心肌兴奋-收缩耦联障碍等^[5], 导致左室收缩同步性受损。左室收缩时由于心尖段与基底段运动方向不同形成了扭转运动, 这种反方向的运动可能起到了“密封”二尖瓣小叶的作用, 也是防止二尖瓣反流的重要因素之一。本研究结果显示, 与单纯冠心病组比较, 轻度IMR组和中重度IMR

组 Twist、Torsion、Apical、Basel 均减小, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。分析其机制: 当心肌发生缺血坏死引起心肌纤维化时, 心肌收缩力下降导致左室扭转运动减低, 从而发生二尖瓣反流。周鼎文等^[11]研究发现, 中重度 IMR 患者左室扭转角度随容量负荷增加而增大, 考虑扭转角度增大是为了代偿性适应左室容量负荷增加。本研究结果与其不同, 分析原因可能为本研究纳入人群均冠心病患者, 其左室心肌功能多因缺血受损而无法完成代偿。

本研究相关性分析显示, GLS 与 Rvol 呈负相关 ($r = -0.547, P < 0.001$), 提示早期监测 GLS 有助于临床识别 IMR 高危人群。一项前瞻性研究^[12]也发现 GLS 是冠心病患者发生心力衰竭的独立危险因素, 表明 GLS 可能较其他应变参数具有更高的诊断及预后评估价值。本研究还发现左室扭转运动与 Rvol 关系密切, Twist、Torsion、Apical、Basel 均与 Rvol 呈负相关(均 $P < 0.05$), 其中 Twist 相关性最强, 与 Hasin 等^[13]研究结论一致, 提示评价左室扭转功能可为 IMR 风险分层提供参考依据。Apical 与 Basel 分别代表左室心尖段与基底段扭转角度, 与基底段相比, 心尖段扭转角度减小与 Rvol 的相关性更加显著, 分析原因可能为: ①收缩期左室心尖段逆时针旋转一定角度后, 基底段才由最初的逆时针旋转变为顺时针旋转, 心尖段心肌收缩在扭转过程中起主导作用, 因此心尖段扭转对 IMR 的影响更显著; ②本研究多数冠心病患者病变血管为前降支, 其主要供血部位为心尖段, 因此心尖段扭转角度减小更明显。既往研究^[14]结果显示, 心肌梗死患者左室扭转运动减低, 且与 LVEF 减小及左室重构显著相关, 推测扭转运动对于缺血性心肌病患者心功能维持具有重要意义。亚临床心肌损伤在冠心病早期难以通过常规检查发现, IMR 的发生将导致左室重构及不可逆转的心肌纤维化, 因此评估扭转运动可以作为监测左室心肌功能的预警因素, 未来也有望成为预测 IMR 反流程度的有效手段。本研究重复性检验结果显示, 三维超声心动图参数和 3D-STE 参数在观察者和与观察者间的重复性均较好(均 $ICC > 0.75$), 提示 3D-STE 可用于评估 IMR 患者左室收缩功能, 具有较高的临床价值。

本研究的局限性: ①为横断面研究, 未对 IMR 患者进行随访, 今后可进一步探讨二尖瓣反流程度与左室收缩功能的动态变化过程; ②样本量较小, 且未将中度 IMR 与重度 IMR 单独分组讨论; ③由于心肌各节段供血血管不同, 冠心病患者不同血管病变可能会影响左室整体和局部心肌功能, 需今后进一步研究。

综上所述, 3D-STE 可准确测量 IMR 患者左室收

缩功能, 二尖瓣反流程度与左室应变及扭转功能下降均相关, 可为临床制定治疗决策提供参考, 具有较好的应用价值。

参考文献

- [1] Nogara A, Minacapelli A, Zambelli G, et al. Functional anatomy and echocardiographic assessment in secondary mitral regurgitation [J]. *J Card Surg*, 2022, 37(12): 4103-4111.
- [2] Hadjadj S, Marsit O, Paradis J, et al. Pathophysiology, diagnosis, and new therapeutic approaches for ischemic mitral regurgitation [J]. *Can J Cardiol*, 2021, 37(7): 968-979.
- [3] 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]. *中华心血管杂志*, 2018, 46(6): 680-694.
- [4] 中华医学会心血管病学分会心血管影像学组, 北京医学会心血管病学学会影像学组. 中国成人心脏瓣膜病超声心动图规范化检查专家共识 [J]. *中国循环杂志*, 2021, 36(2): 109-125.
- [5] Kono T, Onohara D, Amedi A, et al. Effect of early versus late onset mitral regurgitation on left ventricular remodeling in ischemic cardiomyopathy in an animal model [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 164(6): 333-347.
- [6] Nelson JA, Espinosa R, Michelena H, et al. Acute severe functional mitral regurgitation after non-mitral valve cardiac surgery—left ventricular dyssynchrony as a potential mechanism [J]. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 2021, 35(5): 1292-1298.
- [7] 周洁龄, 孙书菊. 三维斑点追踪显像对冠心病患者左室运动功能评价效果的研究 [J]. *中国心血管杂志*, 2020, 25(5): 442-446.
- [8] Stöhr EJ, Shave RE, Baggish AL, et al. Left ventricular twist mechanics in the context of normal physiology and cardiovascular disease: a review of studies using speckle tracking echocardiography [J]. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 2016, 311(3): 633-644.
- [9] Hirji SA, Cote CL, Javadikasgari H, et al. Atrial functional versus ventricular functional mitral regurgitation: prognostic implications [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2022, 164(6): 1808-1815.
- [10] 杨道玲, 王戏丹, 吴玉莲, 等. 三维斑点追踪技术评估缺血性二尖瓣反流患者左心功能 [J]. *临床超声医学杂志*, 2021, 23(6): 432-436.
- [11] 周鼎文, 褚雯, 王华, 等. 二维斑点追踪成像对二尖瓣反流患者二尖瓣成形术前后左室扭转运动改变的评估 [J]. *中国中西医结合影像学杂志*, 2021, 19(4): 354-357.
- [12] Haji K, Marwick TH, Stewart S, et al. Incremental value of global longitudinal strain in the long-term prediction of heart failure among patients with coronary artery disease [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2022, 35(2): 187-195.
- [13] Hasin T, Mann D, Welt M, et al. Loss of left ventricular rotation is a significant determinant of functional mitral regurgitation [J]. *Int J Cardiol*, 2021, 345(1): 143-149.
- [14] Lai W, Chen-Xu Z, Jian-Xun D, et al. Prognostic implications of left ventricular torsion measured by feature-tracking cardiac magnetic resonance in patients with ST-elevation myocardial infarction [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2023, 24(6): 785-795.

(收稿日期: 2023-09-03)