

经胸三维超声心动图评价功能性二尖瓣反流患者二尖瓣构型的临床价值

胡文妹 聂淑婷 邵袁缘 李心怡 谌典 张奥懿 周畅

摘要 **目的** 应用经胸三维超声心动图定量评价房性及室性功能二尖瓣反流患者二尖瓣构型,探讨其临床应用价值。**方法** 选取于我院心内科就诊的房性功能二尖瓣反流患者 53 例(AFMR 组)和室性功能二尖瓣反流患者 68 例(VFMR 组),另选同期年龄、性别与之匹配的 50 例健康体检者作为对照组,应用经胸三维超声心动图检测各组二尖瓣相关参数,包括瓣环前后径(AP)、瓣环前外-后内侧直径(ALPM)、AP 与 ALPM 比值(AP/ALPM)、瓣环高度(AH)、瓣环周长(CD)、瓣环面积(AA)、瓣环非平面角度(NPA)、前小叶面积(ALA)、后小叶面积(PLA)、小叶总面积(TLA)、帐篷容积(VTent)、帐篷高度(HTent)、后小叶角度(PL θ)及 TLA 与 AA 比值(TLA/AA),比较各组上述参数的差异。**结果** 与对照组比较,AFMR 组和 VFMR 组 AP、ALPM、AH、CD、AA、NPA、ALA、PLA、TLA、PL θ 均增大,TLA/AA 减小,AFMR 组 VTent、HTent 均减小,VFMR 组 VTent、HTent 均增大,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与 AFMR 组比较,VFMR 组 AP、ALA、PLA、TLA、TLA/AA、VTent、HTent、AP/ALPM 均增大,ALPM、PL θ 均减少,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。**结论** 经胸三维超声心动图可定量评价房性及室性功能二尖瓣反流患者二尖瓣构型,为临床干预提供一定的参考依据。

关键词 超声心动描记术,三维,经胸;二尖瓣反流,功能性;二尖瓣构型

[中图分类号]R540.45;R825.4

[文献标识码]A

Clinical value of transthoracic three-dimensional echocardiography in the evaluation of mitral valve configuration in patients with functional mitral regurgitation

HU Wenshu, NIE Shuting, SHAO Yuanyuan, LI Xinyi, SHEN Dian, ZHANG Aoyi, 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 explore the clinical application value of transthoracic three-dimensional echocardiography in evaluating mitral valve configuration in patients with atrial and ventricular functional mitral regurgitation. **Methods** Fifty-three patients with atrial functional mitral regurgitation (AFMR group) and 68 patients with ventricular functional mitral regurgitation (VFMR group) were selected from the department of cardiology of our hospital, Additionally, 50 cases of age and sex-matched healthy volunteers were included as the control group. Mitral valve parameters, including anterior-posterior diameter (AP), anterior leaflet-to-posterior leaflet diameter (ALPM), ratio of AP and ALPM (AP/ALPM), annular height (AH), annular circumference (CD), annular area (AA), non-planar angle (NPA), anterior leaflet area (ALA), posterior leaflet area (PLA), total leaflet area (TLA), tenting volume (VTent), tenting height (HTent), posterior leaflet angle (PL θ) and ratio of TLA and AA (TLA/AA) in each group were measured by transthoracic real-time three-dimensional echocardiography. The differences of above parameters among the groups were compared. **Results** Compared with the control group, AP, ALPM, AH, CD, AA, NPA, ALA, PLA, TLA and PL θ were increased, and TLA/AA was decreased in the AFMR group and the VFMR group, VTent and HTent were decreased in the AFMR group, VTent and HTent were increased in the VFMR group, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$). Compared with the AFMR group, AP, ALA, PLA, TLA, TLA/AA, VTent, HTent

and AP/ALPM were increased, ALPM and PL θ were decreased, and the differences were statistically significant (all $P < 0.05$).

Conclusion Transthoracic three-dimensional echocardiography can quantitatively assess the mitral valve configuration in patients with atrial and ventricular functional mitral regurgitation, providing valuable reference clinical intervention.

KEY WORDS Echocardiography, three-dimensional, transthoracic; Mitral regurgitation, function; Mitral valve configuration

功能性二尖瓣反流(functional mitral regurgitation, FMR)患者瓣膜自身无病变,而是由于左房或左室功能异常、心肌重构导致二尖瓣结构及功能改变所致,具体分为房性FMR(atrial functional mitral regurgitation, AFMR)和室性FMR(ventricular functional mitral regurgitation, VFMR)^[1]。二尖瓣修复术是目前FMR的一线介入治疗方案^[2],作为瓣膜层面的微创治疗,已有多项研究^[3-5]表明介入手术能够有效改善瓣膜反流程度、降低心血管不良事件发生率,进而提高患者远期生存率,但其仍存在一定的手术风险,且二尖瓣修复术方式多样,包括缘对缘修复术、二尖瓣瓣环成形术及人工腱索介入修复术等,不同病因导致的FMR需要术前定量评价二尖瓣结构及功能改变情况并选择合适的治疗方案^[6]。此外,VFMR常源于左室扩大或重塑导致二尖瓣前后叶闭合不全,AFMR则多由持续性心房颤动导致左房扩大和二尖瓣环扩张引起,两者导致的二尖瓣细微结构变化对于瓣膜反流的影响及具体机制仍未明确。本研究拟应用经胸三维超声心动图定量评价VFMR及AFMR患者二尖瓣构型,为临床诊疗提供一定的参考依据。

资料与方法

一、研究对象

选取2022年7月至2023年7月我院心血管内科经超声心动图检查确认二尖瓣存在反流且无器质性病变的FMR患者121例(研究组),其中VFMR患者68例(VFMR组),男31例,女37例,年龄38~80岁,平均(63.32±8.35)岁,体质指数18.6~26.5 kg/m²,平均(22.12±1.29)kg/m²;AFMR患者53例(AFMR组),男23例,女30例,年龄46~85岁,平均(64.69±8.42)岁,体质指数18.5~26.7 kg/m²,平均(22.25±1.82)kg/m²。纳入标准:①VFMR和AFMR诊断参考2020美国心脏病学会与美国心脏协会联合发布的瓣膜性心脏病管理指南^[2]及2020中国超声临床应用指南^[7],其中VFMR为左室功能障碍导致的FMR,主要由缺血性心肌病及射血分数降低的心力衰竭等引起,并排除心房扑动、心房颤动及既往行心脏射频消融术患者;AFMR主要由

心房颤动或左房扩大等引起,左室射血分数(LVEF)≥50%,且无明显的整体或局部室壁运动异常;②FMR评估参考《中国成人心脏瓣膜病超声心动图规范化检查专家共识》^[8]。排除标准:①先天性心脏病、风湿性心脏病、心内膜炎或瓣膜脱垂等二尖瓣器质性病变引起的二尖瓣反流;②行冠状动脉旁路移植术、经皮冠状动脉支架植入术、主动脉瓣或其他瓣膜手术及安装心脏起搏器;③合并肺、肝、肾等脏器功能严重疾病或恶性肿瘤;④图像质量差无法分析。另选同期年龄、性别与之匹配的健康体检者50例(对照组),男24例,女26例,年龄49~76岁,平均(62.88±6.39)岁,体质指数18.7~27.9 kg/m²,平均(22.62±2.38)kg/m²。各组一般资料比较差异均无统计学意义。本研究经我院医学伦理委员会批准(批准号:2023-139-01),所有研究对象均签署知情同意书。

二、仪器与方法

1.二维超声心动图参数获取:使用Philips EPIQ CVx彩色多普勒超声诊断仪,X5-1探头,频率1~5 MHz,帧频≥50帧/s。检查前所有受试者均于平静状态下取左侧卧位,同步连接心电图,应用二维超声心动图检测左房前后径(LAD)、左室舒张末期容积(LVEDV)、左室收缩末期容积(LVESV),应用Simpson双平面法获取LVEF。待清晰显示心尖四腔心切面后,选择三维全容积成像获取至少连续4个心动周期的图像并以DICOM格式存储。以上操作均由同一具有8年工作经验的心脏超声医师完成,所有数据均重复测量3次取平均值。

2.二尖瓣相关参数获取:将三维全容积图像导入后处理软件并选择TomTec-4D-MV-Assessment模式,选取二尖瓣显示清晰完整的图像进行分析。根据心电图及瓣叶活动情况,手动标记二尖瓣瓣环、小叶、接合处的参考点,软件自动识别并生成二尖瓣小叶运动轨迹图像,观察不同时期二尖瓣运动,对于软件识别不准确处可进行手动调整,最终得到二尖瓣三维重建模型。软件自动获取收缩中期二尖瓣瓣环及瓣叶相关参数。其中,二尖瓣瓣环相关参数包括瓣环前后径(AP)、瓣环前外-后内侧直径(ALPM)、

瓣环高度(AH)、瓣环周长(CD)、瓣环面积(AA)、瓣环非平面角度(NPA)及AP与ALPM比值(AP/ALPM);二尖瓣瓣叶相关参数包括前小叶面积(ALA)、后小叶面积(PLA)、小叶总面积(TLA)、帐篷容积(VTent)、帐篷高度(HTent)、后小叶角度(PLθ)及TLA与AA比值(TLA/AA)。以上操作均由同一具有8年工作经验的心脏超声医师完成,所有数据均重复测量3次取平均值。

3. 重复性检验:随机抽取30例患者(研究组15例,对照组15例)超声图像,由上述同一操作者间隔1个月后重复测量二尖瓣相关参数,进行观察者内重复性检验;由另一具有10年工作经验的心脏超声医师对相同图像再次测量二尖瓣相关参数,进行观察者间重复性检验。

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,多组比较采用单因素方差分析,两两比较采用LSD检验。重复性检验采用组内相关系数(ICC)进行评价,ICC>

0.75表明重复性较好。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组二维超声心动图参数比较

与对照组比较,AFMR组和VFMR组LVEF减小,LVEDV、LVESV、LAD均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与AFMR组比较,VFMR组LVEF、LAD均减小,LVEDV、LVESV均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。见表1。

二、各组二尖瓣相关参数比较

各组二尖瓣瓣环及瓣叶相关参数比较见表2,3;AFMR组和VFMR组经胸二维超声心动图及二尖瓣三维重建模型图见图1,2。

1. 各组二尖瓣瓣环相关参数:与对照组比较,AFMR组和VFMR组AP、ALPM、AH、CD、AA、NPA均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与AFMR组比较,VFMR组AP、AP/ALPM均增大,ALPM减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。

表1 各组二维超声心动图参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	LVEF(%)	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	LAD(mm)
AFMR组	57.75±3.50 ^a	88.50±5.49 ^a	38.66±6.48	43.11±6.86 ^a
VFMR组	51.26±5.33 ^{ab}	100.92±22.66 ^{ab}	47.15±13.65 ^{ab}	38.52±2.98 ^{ab}
对照组	58.92±3.25	81.06±9.75	36.70±8.50	36.82±3.44
F值	56.957	23.008	17.286	25.797
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a $P<0.05$;与AFMR组比较,^b $P<0.05$ 。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;LAD:左房前后径

表2 各组二尖瓣瓣环相关参数比较($\bar{x}\pm s$)

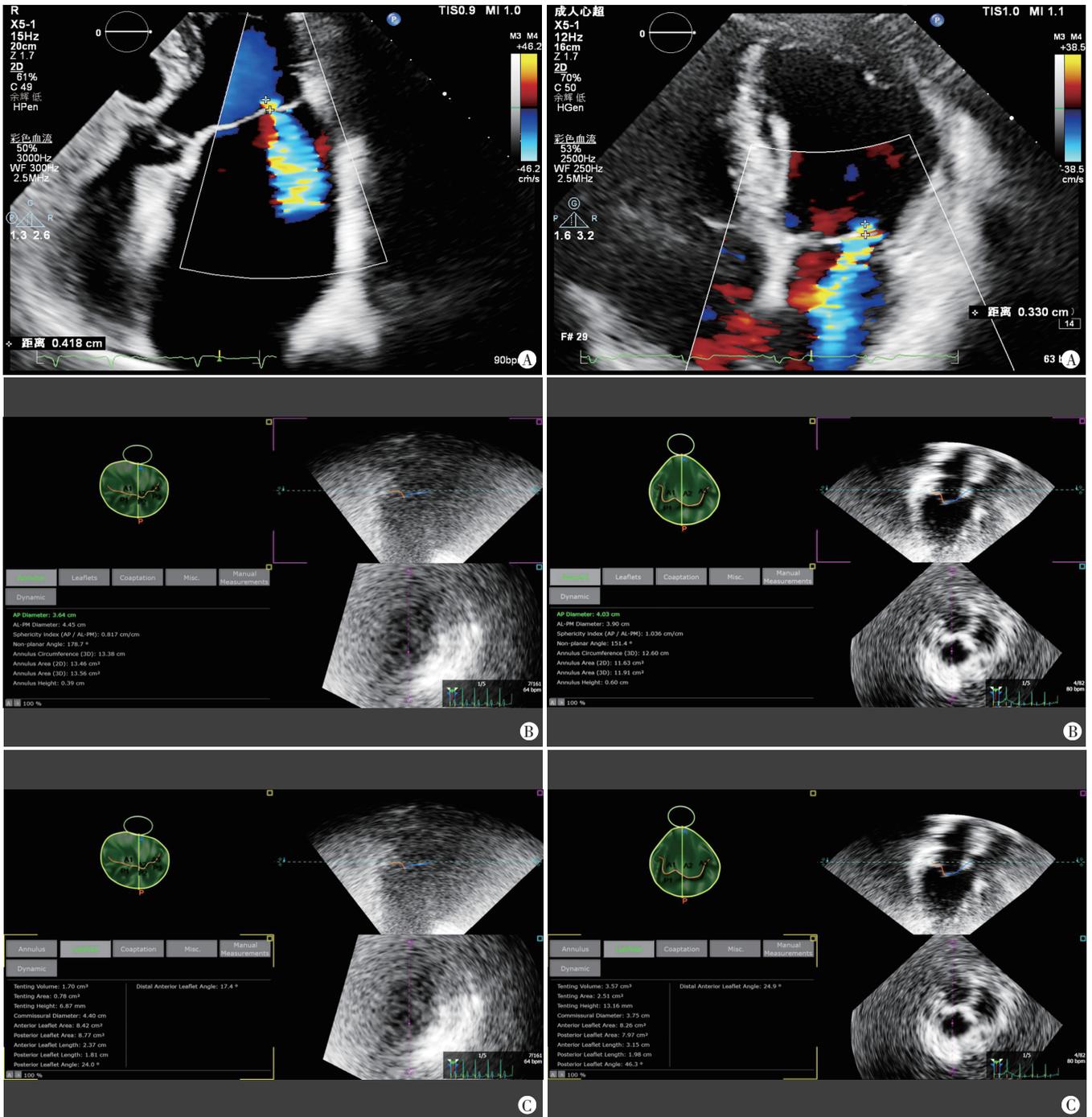
组别	AP(cm)	ALPM(cm)	AP/ALPM	AH(mm)	CD(cm)	AA(cm ²)	NPA(°)
AFMR组	3.26±0.33 ^a	3.96±0.37 ^a	0.82±0.05	5.46±0.46 ^a	12.59±0.96 ^a	11.47±1.48 ^a	156.41±7.48 ^a
VFMR组	3.39±0.39 ^{ab}	3.85±0.49 ^{ab}	0.88±0.05 ^{ab}	5.63±0.83 ^a	12.12±1.52 ^a	11.27±1.36 ^a	155.45±9.20 ^a
对照组	2.91±0.29	3.56±0.25	0.81±0.05	6.55±0.52	10.58±0.91	8.53±1.18	148.14±15.11
F值	28.921	14.413	35.174	42.061	45.827	56.932	9.170
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a $P<0.05$;与AFMR组比较,^b $P<0.05$ 。AP:瓣环前后径;ALPM:瓣环前外-后内侧直径;AP/ALPM:瓣环前后径与瓣环前外-后内侧直径比值;AH:瓣环高度;CD:瓣环周长;AA:瓣环面积;NPA:瓣环非平面角度

表3 各组二尖瓣瓣叶相关参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	ALA(cm ²)	PLA(cm ²)	TLA(cm ²)	VTent(ml)	HTent(mm)	PLθ(°)	TLA/AA
AFMR组	7.52±0.96 ^a	6.18±1.15 ^a	13.71±1.66 ^a	1.84±0.32 ^a	5.62±0.98 ^a	42.94±10.68 ^a	1.19±0.07 ^a
VFMR组	8.06±1.46 ^{ab}	6.64±1.02 ^{ab}	14.71±1.67 ^{ab}	3.41±0.84 ^{ab}	8.04±2.07 ^{ab}	38.71±9.11 ^{ab}	1.30±0.09 ^{ab}
对照组	6.98±0.89	5.69±0.90	12.67±1.24	2.35±1.24	7.13±1.57	34.00±7.21	1.49±0.11
F值	13.315	12.105	20.838	50.813	31.755	36.356	113.030
P值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与对照组比较,^a $P<0.05$;与AFMR组比较,^b $P<0.05$ 。ALA:前小叶面积;PLA:后小叶面积;TLA:小叶总面积;VTent:帐篷容积;HTent:帐篷高度;PLθ:后小叶角度;TLA/AA:小叶总面积与瓣环面积比值



A: 二维超声心动图示 AFMR; B: 二尖瓣三维重建模型图示 AA 为 13.56 cm²; C: 二尖瓣三维重建模型图示 ALA 为 8.42 cm², PLA 为 8.77 cm², NPA 为 178.7°, VTent 为 1.70 cm³

A: 二维超声心动图示 VFMR; B: 二尖瓣三维重建模型图示 AA 为 11.91 cm²; C: 二尖瓣三维重建模型图示 ALA 为 8.26 cm², PLA 为 7.97 cm², NPA 为 151.4°, VTent 为 3.57 cm³

图1 AFMR组一患者(女,79岁)经胸二维超声心动图及二尖瓣三维重建模型图

图2 VFMR组一患者(男,67岁)经胸二维超声心动图及二尖瓣三维重建模型图

2. 各组二尖瓣瓣叶相关参数:与对照组比较, AFMR组和VFMR组ALA,PLA,TLA,PL θ 均增大,TLA/AA减小,AFMR组VTent,HTent均减小,VFMR组VTent、HTent均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与AFMR组比较,VFMR组ALA、PLA、TLA、VTent、

HTent、TLA/AA均增大,PL θ 减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。

三、重复性检验

AP、ALPM、AH、CD、AA、NPA、ALA、PLA、TLA、VTent、HTent、PL θ 在观察者内及观察者间的重复性均

较好(均 $ICC>0.75$)。见表4。

表4 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值	95%可信区间	P值	ICC值	95%可信区间	P值
AP	0.92	0.87~0.95	<0.001	0.88	0.76~0.94	<0.001
ALPM	0.94	0.87~0.97	<0.001	0.93	0.85~0.97	<0.001
AH	0.85	0.70~0.92	<0.001	0.80	0.62~0.90	<0.001
CD	0.88	0.76~0.94	<0.001	0.86	0.73~0.93	<0.001
AA	0.92	0.84~0.96	<0.001	0.88	0.75~0.94	<0.001
NPA	0.91	0.83~0.96	<0.001	0.88	0.74~0.95	<0.001
ALA	0.92	0.84~0.96	<0.001	0.81	0.67~0.89	<0.001
PLA	0.90	0.80~0.95	<0.001	0.85	0.71~0.93	<0.001
TLA	0.94	0.87~0.97	<0.001	0.93	0.86~0.96	<0.001
VTent	0.88	0.74~0.95	<0.001	0.85	0.76~0.95	<0.001
HTent	0.94	0.87~0.97	<0.001	0.87	0.78~0.93	<0.001
PL0	0.85	0.70~0.92	<0.001	0.82	0.65~0.91	<0.001

ICC:组内相关系数

讨 论

FMR患者瓣膜自身无器质性病变,常因房室功能障碍引起二尖瓣闭合不良导致瓣膜反流,持续反流会加重左心功能障碍,增加心力衰竭及死亡风险,临床预后往往不佳。近期研究^[9]表明即使轻微反流也会导致不良心血管事件的发生。心脏介入手术是目前中重度FMR主要的治疗方式,术前全面评估二尖瓣构型对于手术方式的选择十分重要。Hirji等^[10]研究发现相较于VFMR患者,AFMR患者5年及10年生存率均较高、术后再入院率均较低。同样,另一项研究^[11]通过2年的随访也发现VFMR患者全因死亡和心力衰竭的终点事件发生率较AFMR患者更高(22.6% vs. 3.7%, $P<0.001$)。因此,区分两者在心脏瓣膜形态和功能方面的基线特征有助于临床个体化诊疗方案的制定。本研究拟应用经胸三维超声心动图定量分析AFMR及VFMR患者二尖瓣瓣环及瓣叶相关参数,以期临床决策提供一定的影像学依据。

本研究结果显示,与对照组比较,AFMR组和VFMR组AP、ALPM、AP/ALPM、AH、CD、AA、NPA、ALA、PLA、TLA均增大,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示FMR患者二尖瓣瓣环扩大、形态扁平化,与既往研究^[12-13]结论一致;二尖瓣具有复杂的结构,瓣环、瓣叶及瓣下结构共同维持其正常功能,心房颤动等心房功能障碍会导致左房扩大、二尖瓣瓣环向外侧移位,而心室功能异常导致的左室扩大、乳头肌牵拉过度等亦可引起瓣环扩张和形态改变。为了代偿瓣环扩大导致的闭合不良,瓣叶可能在一定程度上发生重塑。本

研究结果显示,AFMR组和VFMR组TLA/AA均较对照组减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),提示AFMR和VFMR患者早期瓣环扩大时瓣叶面积可代偿性增大以维持二尖瓣的正常功能,但瓣叶重塑间质细胞的纤维化可能会促使瓣叶增厚、运动受限,因此在病程晚期常存在瓣叶重塑不足,进而导致瓣环扩张与瓣叶增大失衡,发生瓣膜反流。Hirasawa等^[14]通过随访经导管二尖瓣修复术后患者瓣膜反流的改善情况发现,术后残存中度以上二尖瓣反流患者TLA/AA小于术后无反流者($P<0.05$),推测TLA/AA有助于指导临床选择干预方式,该参数在一定程度上可用于预测患者预后,对于瓣叶代偿不足导致的瓣膜反流除了常规瓣膜修补术外可能还需加行瓣环缩减术以提高手术受益。本研究结果显示,与AFMR组比较,VFMR组ALA、PLA、TLA均增大更为明显(均 $P<0.05$),分析原因为VFMR患者左室重构、乳头肌移位对瓣叶牵拉作用更强,进一步促使了二尖瓣小叶面积的重塑。本研究AFMR组TLA/AA较VFMR组减小($P<0.05$),分析原因为左房功能障碍患者在疾病早期已经出现左房扩大,因此瓣环扩张更为明显。戈晓珍等^[15]研究表明心房颤动合并二尖瓣反流患者在接受射频消融术治疗后二尖瓣瓣环缩小,且反流程度减轻。左房扩张或心房颤动导致的AFMR患者瓣膜反流可能是继发于瓣环扩张的结果,早期采用转复心房颤动心律或者针对瓣环缩小的手术方式可能更有助于此类患者改善症状。本研究AFMR组PL0较VFMR组增大($P<0.05$),分析原因可能为二尖瓣后小叶大多附着于左房及左室的交界处或在左房壁上,通常与左室脱离,房性功能障碍引起的心房扩大可致二尖瓣瓣环扩张并伴随后小叶根部移位至左室游离壁外侧,此时后小叶受乳头肌牵拉和瓣环扩张的双重影响,形成后小叶栓系,且与瓣环间夹角进一步增大。Okamoto等^[16]研究发现PL0更大的AMFR患者远期预后更差,但该参数对于指导临床选择干预方式的价值仍需进一步大样本、多中心研究的证实。

小叶帐篷是二尖瓣前后瓣叶与瓣环共同组成的“帐篷样”三维结构,本研究结果显示,VFMR组VTent、HTent均较AFMR组增大(均 $P<0.05$),分析原因为缺血性心肌病等左室功能障碍会导致瓣叶被过度牵拉,二尖瓣小叶闭合时与瓣环间距离增大引起帐篷变大。VTent增大已被证明是二尖瓣反流严重程度、预后和术后复发的独立预测因子^[17-18]。Sinn等^[19]研究发现对于中重度的VFMR患者,瓣下装置修复术联合瓣环修

复术较单纯瓣环修复术在减少小叶 VTent 及改善左室重构方面更有效。对于瓣叶被过度牵拉导致帐篷过大、闭合不良引发的瓣膜反流,二尖瓣瓣下装置修复术或乳头肌切除术可能有助于改善症状及远期预后。本研究结果显示,与 AFMR 组比较, VFMR 组 AP、AP/ALPM 均增大, ALPM 减小, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$), 表明房性与室性功能障碍引起的瓣环扩张并非成比例改变, VFMR 患者 AP 扩张较 ALPM 更为明显, 瓣环趋于圆形。左室重构使二尖瓣原有的马鞍形态发生改变, 推测经导管二尖瓣缘对缘修复术除了夹闭前后瓣叶使接合面积增大外, 还可能通过增加瓣环椭圆度以恢复二尖瓣正常解剖构型, 从而达到进一步改善瓣膜反流程度的目的。另外, 本研究重复性检验显示二尖瓣瓣环及瓣叶相关参数在观察者内及观察者间重复性均较好(均 ICC > 0.75), 表明临床可广泛应用经胸三维超声心动图评价 FMR 患者二尖瓣构型。

综上所述, 二尖瓣瓣环扩张、扁平化及瓣叶代偿性增大是 FMR 的常见变化。不同病因导致的 FMR 患者二尖瓣构型改变并不相同, 其中 AFMR 患者更多合并瓣环扩张及后小叶栓系, 而 VFMR 患者二尖瓣瓣环形态更圆、瓣叶及小叶帐篷增大更为明显。经胸三维超声心动图可定量评价 AFMR 和 VFMR 患者二尖瓣构型, 为临床决策提供一定的参考依据。

参考文献

- [1] 中国医师协会心血管内科医师分会, 中国康复医学会心脏介入治疗和康复专业委员会, 中国医院协会心脏康复管理专业委员会. 经导管二尖瓣缘对缘修复术患者心脏康复中国专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(4): 252-265.
- [2] Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients with Valvular Heart Disease: Executive Summary: a Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines[J]. Circulation, 2021, 143(5): e35-e71.
- [3] Stone GW, Abraham WT, Lindenfeld J, et al. Five-year follow-up after transcatheter repair of secondary mitral regurgitation[J]. N Engl J Med, 2023, 388(22): 2037-2048.
- [4] Pausch J, Harmel E, Reichenspurner H, et al. Subannular repair in secondary mitral regurgitation with restricted leaflet motion during systole[J]. Heart, 2023, 109(18): 1394-1400.
- [5] Wagner CM, Brescia AA, Watt TMF, et al. Surgical strategy and outcomes for atrial functional mitral regurgitation: all functional mitral regurgitation is not the same![J]. J Thorac Cardiovasc Surg, 2024, 167(2): 647-655.
- [6] 白琳, 陈飞, 赵振刚, 等. 2022 年经导管二尖瓣介入治疗年度进展[J]. 中国胸心血管外科临床杂志, 2023, 30(6): 805-811.
- [7] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组, 中国医师协会心血管分会超声心动图专业委员会. 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.
- [8] 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.
- [9] Kumar M, Thompson PD, Chen K. New perspective on pathophysiology and management of functional mitral regurgitation[J]. Trends Cardiovasc Med, 2023, 33(6): 386-392.
- [10] 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.
- [11] Masuda M, Sekiya K, Asai M, et al. Influence of catheter ablation for atrial fibrillation on atrial and ventricular functional mitral regurgitation[J]. ESC Heart Failure, 2022, 9(3): 1901-1913.
- [12] Reid A, Ben Zekry S, Naoum C, et al. Geometric differences of the mitral valve apparatus in atrial and ventricular functional mitral regurgitation[J]. J Cardiovasc Comput Tomogr, 2022, 16(5): 431-441.
- [13] Kim H, Kim I, Lee S. Implications of the mitral leaflet coaptation pattern on clinical outcomes in patients with functional mitral regurgitation[J]. Am J Cardiol, 2023, 199: 25-32.
- [14] Hirasawa K, Namazi F, Milhorini Pio S, et al. Insufficient mitral leaflet remodeling in relation to annular dilation and risk of residual mitral regurgitation after mitral clip implantation[J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2021, 14(4): 756-765.
- [15] 戈晓珍, 刘文娟, 王月丽, 等. 心功能功能性二尖瓣反流的研究进展[J]. 中华生物医学工程杂志, 2021, 27(3): 337-342.
- [16] Okamoto H, Miyake M, Hayashi A, et al. Differences in clinical and echocardiographic features and outcomes between atrial functional mitral regurgitation patients with and without posterior mitral leaflet bending[J]. J Cardiol, 2023, 82(1): 22-28.
- [17] Buck T, Eiswirth N, Farah A, et al. Recurrence of functional versus organic mitral regurgitation after transcatheter mitral valve repair: implications from three-dimensional echocardiographic analysis of mitral valve geometry and left ventricular dilation for a point of no return[J]. J Am Soc Echocardiogr, 2021, 34(7): 744-756.
- [18] von Stumm M, Dudde F, Holst T, et al. Predicting clinical outcome by indexed mitral valve tenting in functional mitral valve regurgitation [J]. Open Heart, 2021, 8(1): e001483.
- [19] Sinn M, Pausch J, Ragab H, et al. Changes in left ventricular geometry after subannular repair in type IIIb functional mitral regurgitation[J]. Eur J Cardiothorac Surg, 2022, 62(5): ezac226.

(收稿日期: 2024-01-30)