

· 标准与规范 ·

经导管二尖瓣缘对缘修复术超声评估技术规范（2025 版）

国家结构性心脏病介入技术医疗质量控制中心 中国超声心动图学会瓣膜病与介入组

通信作者：段福建，中国医学科学院阜外医院超声科，北京 100037，Email: duanfujian@aliyun.com；王斌，武汉大学中南医院心血管超声医学科，武汉 430071，Email: wangbin87098429@126.com；苏茂龙，厦门大学附属心血管病医院超声科，厦门 361000，Email: sumaolong@xmu.edu.cn

基金项目：中国医学科学院临床与转化医学研究专项（2023-I2M-C&T-B-056）；中国医学科学院医学与健康科技创新工程（2024-I2M-ZH-003）；中央高水平医院临床科研业务费（2022-GSP-GG-18）；湖北省重点研发项目（2025BCB019）；武汉大学中南医院科技成果转化基金临床研发基金（LCYFMS2023008）

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20251007-00537

Ultrasound assessment technical guidelines for transcatheter edge-to-edge mitral valve repair (2025 edition)

National Structural Heart Disease Interventional Technology Medical Quality Control Center; Chinese Society of Echocardiography, Valvular Heart Disease and Interventional Group

Corresponding author: Duan Fujian, Department of Ultrasound, Fuwai Hospital, Chinese Academy of Medical Sciences (CAMS), Beijing 100037, China, Email: duanfujian@aliyun; Wang Bin, Department of Cardiovascular Ultrasound, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China, Email: wangbin87098429@126.com; Su Maolong, Department of Ultrasound, Xiamen Cardiovascular Hospital Xiamen University, Xiamen 361000, China, Email: sumaolong@xmu.edu.cn

Fund program: CAMS Clinical and Translational Medicine Research Program (2023-I2M-C&T-B-056); CAMS Innovation Fund for Medical Sciences (2024-I2M-ZH-003); National High Level Hospital Clinical Research Funding (2022-GSP-GG-18); Hubei Province Key research and development projects (2025BCB019); Wuhan University Zhongnan Hospital Science and Technology Achievement Transformation Fund Clinical Research and Development Fund (LCYFMS2023008)

DOI:10.3760/cma.j.cn131148-20251007-00537

一、前言

二尖瓣反流（mitral regurgitation, MR）是临床最常见的心脏瓣膜疾病之一，重度 MR 与心力衰竭进展及全因死亡率显著增加直接相关，严重威胁患者心血管健康^[1]。传统外科二尖瓣修复或置换术虽是标准疗法，但高龄、左心室功能低下或合并多重并发症的高危患者因手术风险过高难以耐受，临床亟需微创治疗手段。

经导管二尖瓣缘对缘修复术（mitral valve transcatheter edge-to-edge repair, M-TEER）作为核心介入技术，通过模拟外科 Alfieri 缝合原理夹合二尖瓣前后叶，为上述高危患者提供了安全有效的微创治疗新选择^[2]。M-TEER 的成功实施高度依赖于精确、全面的超声评估，尤其是经食管超声心动图（transesophageal echocardiography, TEE）凭借实时动态成像能力，贯穿患者筛选、手术策略制定、器

械导航、即刻疗效评价及术后随访全流程，是 M-TEER 开展的核心支撑。

然而，当前国内各中心在 M-TEER 超声评估的图像采集、测量方法及结果判读上尚存差异，缺乏统一标准，制约了该技术规范化推广、疗效客观比较以及术者团队的培养。鉴于此，本规范集结国内该领域专家临床经验与共识^[3-5]，参考国际指南与最新循证医学证据^[6-8]，系统明确 M-TEER 术前、术中及术后超声评估的标准化操作流程与关键技术要点，旨在建立科学、实用、可重复的超声影像评估体系，为超声医师及心脏团队提供清晰技术指导，以期提升我国 M-TEER 诊疗的标准化与同质化水平，保障患者获益，推动技术健康、有序发展。

二、术语和定义

1. MR

指二尖瓣装置（包括瓣叶、腱索、乳头肌及瓣



环) 中的一个或多个结构发生异常, 导致二尖瓣在心室收缩期不能完全关闭, 使左心室的血液逆流回左心房的一种心脏瓣膜病。

2. 二尖瓣修复术

二尖瓣修复术是指恢复二尖瓣正常功能且无需置换该瓣膜的任何手术操作。该术式通常用于治疗 MR 或二尖瓣狭窄。

3. M-TEER

用于治疗 MR 的微创技术, 通过夹合装置抓取二尖瓣前叶和后叶, 使两者对合, 其原理类似于心脏外科中的 Alfieri 缝合术。

三、缩略语

ASD: 房间隔缺损 (atrial septal defect)

ASE: 美国超声心动图学会 (American Society of Echocardiography)

CDS: 二尖瓣夹导管输送系统 (clip delivery system)

CMR: 心血管磁共振 (cardiovascular magnetic resonance)

COAPT: 功能性二尖瓣反流患者 MitraClip 治疗的心血管结局评估 (cardiovascular outcomes assessment of the MitraClip percutaneous therapy)

CW: 连续多普勒 (continuous wave Doppler)

EROA: 有效反流口面积 (effective regurgitant orifice area)

EVEREST: 血管内瓣膜缘对缘修复研究 (Endovascular Valve Edge-to-Edge Repair Study)

EXPAND G4: 第四代 MitraClip 系统的安全性和有效性上市后评价 (A Post-Market Study Assessment of the Safety and Performance of the MitraClip G4 System)

FMR: 功能性二尖瓣反流 (functional mitral regurgitation)

GDMT: 指南指导的药物治疗 (guideline-directed medical therapy)

IASD: 医源性房间隔缺损 (iatrogenic atrial septal defect)

LVEDD: 左心室舒张末期内径 (left ventricular end-diastolic diameter)

LVEDV: 左心室舒张末期容积 (left ventricular end-diastolic volume)

LVEF: 左心室射血分数 (left ventricular ejection fraction)

LVESD: 左心室收缩末期内径 (left ventricular end-systolic diameter)

LVOT: 左心室流出道 (left ventricular outflow

tract)

MAC: 二尖瓣环钙化 (mitral annular calcification)

MPR: 多平面重建 (multi-planar reconstruction)

MR: 二尖瓣反流 (mitral regurgitation)

M-TEER: 经导管二尖瓣缘对缘修复术 (mitral valve transcatheter edge-to-edge repair)

MVA: 二尖瓣口面积 (mitral valve area)

MVP: 二尖瓣脱垂 (mitral valve prolapse)

mPG: 平均跨瓣压差 (mean pressure gradient)

NYHA: 纽约心脏病协会 (New York Heart Association)

PASP: 肺动脉收缩压 (pulmonary artery systolic pressure)

PISA: 近端等速表面积 (proximal isovelocity surface area)

PW: 脉冲多普勒 (pulsed wave Doppler, PW)

RF: 反流分数 (regurgitant fraction)

RVFAC: 右心室面积变化分数 (right ventricular fractional area change)

RVOT: 右心室流出道 (right ventricular outflow tract)

RVol: 反流容积 (regurgitant volume)

SGC: 可控导引导管 (steerable guide catheter)

SLDA: 单侧瓣叶夹合器脱位 (single leaflet device attachment)

TAPSE: 三尖瓣环收缩期位移 (tricuspid annular plane systolic excursion)

TTE: 经胸超声心动图 (transthoracic echocardiography)

TEE: 经食管超声心动图 (transesophageal echocardiography)

TR: 三尖瓣反流 (tricuspid regurgitation)

VCW: 缩流颈宽度 (vena contracta width)

VSD: 室间隔缺损 (ventricular septal defect)

2D: 二维 (two-dimensional)

3D: 三维 (three-dimensional)

四、超声图像采集设备及患者准备

(一) 仪器准备

高端彩色多普勒超声诊断仪, 包括 2D/3D TTE 和 TEE 探头。

(二) 检查前准备

检查前准备应包括但不限于以下内容:

1. 依次录入患者的姓名、出生年份、日期、性别、身高及体重, 进入检查界面进行超声图像存储;
2. 连接心电图, 常规患者留存 3 个心动周期, 房



- 颤或心律不齐患者为 5 个心动周期；
3. PW 与 CW 的频谱扫描速度应设置为 75~100 mm/s；
4. 调节对比度及二维增益设置，使其能清晰显示心内膜及瓣叶结构；
5. 调节彩色多普勒标尺速度至 50~70 cm/s。

(三) 检查方法

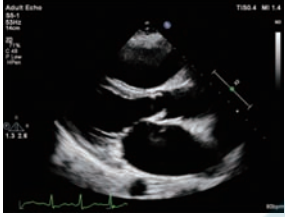
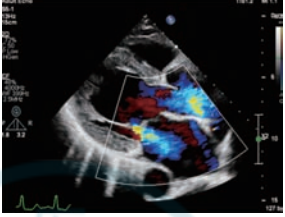
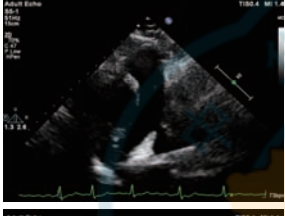
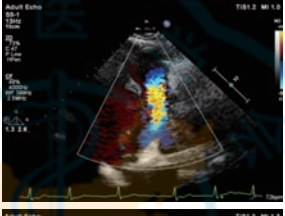
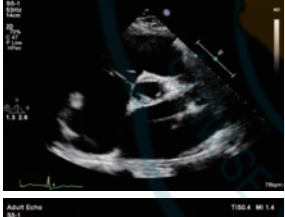
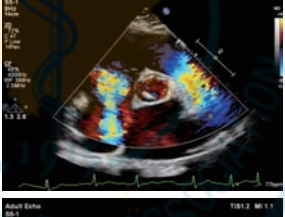
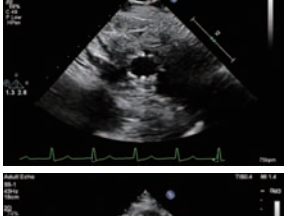
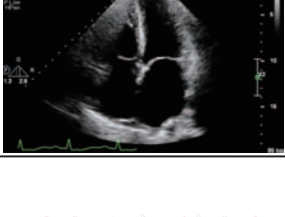
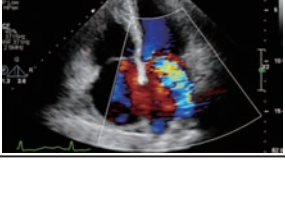
TTE 和 TEE 兼用。

五、超声图像采集要求

(一) TTE

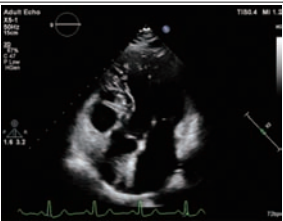
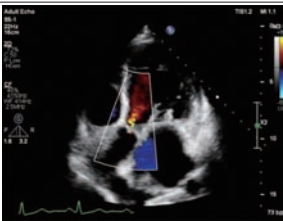
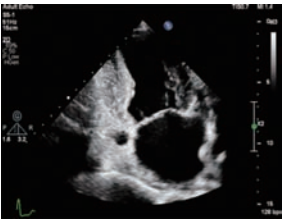
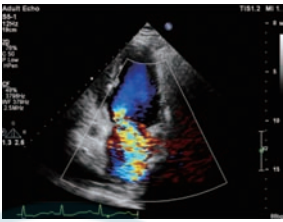
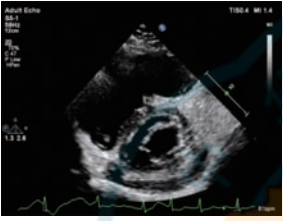
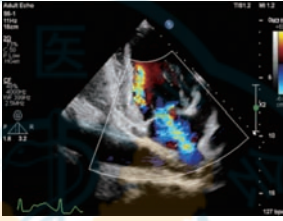
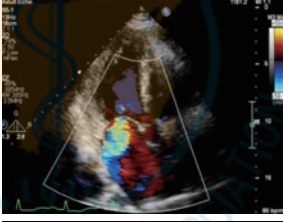
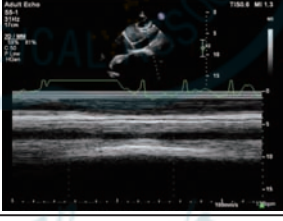
1. 常规 TTE 标准切面见表 1。
2. 聚焦于 MR 的 TTE 标准切面扫描见表 2。

表 1 常规 TTE 标准切面

切面名称	扫查切面(二维)	扫查切面(彩色)	扫查方式及诊断要点
胸骨旁左心室长轴切面 (二维+彩色)			扫查方式:探头置于胸骨左缘第 3~4 肋间,扫查声束平面与右胸锁关节和左乳头的连线平行 诊断要点:显示 AV、MV、AAO、LA、RV、IVS、LVOT 及 LV 后壁等结构,评估 AV、MV 病变及心肌缺血导致的室壁运动异常等
胸骨旁肺动脉长轴切面 (二维+彩色)			扫查方式:探头置于胸骨左缘第 2~3 肋间,在 LV 长轴切面的基础上,将探头顺时针旋转 90°后再向前和左上倾斜。诊断要点:显示 PA、LPA、RPA、RVOT,评估右心血流量、肺动脉压力及肺动脉反流
胸骨旁大血管短轴切面 (二维+彩色)			扫查方式:探头置于胸骨左缘第 2~3 肋间,于 LV 长轴切面的基础上,将探头顺时针旋转 90°,使声束与左肩至右肋弓连线平行 诊断要点:显示 AV、TV、RVOT、IAS、LA、RA、IVS,评估 TR 和肺动脉压力
胸骨旁二尖瓣水平左心室短轴切面(二维+彩色)			扫查方式:探头置于胸骨左缘第 3~4 肋间,声束穿过 MV 口水平 诊断要点:显示 LV、RV、IVS、MV,评估 MV 病变及室壁运动情况
胸骨旁乳头肌水平左心室短轴切面(二维)			扫查方式:探头置于胸骨左缘第 3~4 肋间,声束穿过 MV 乳头肌水平 诊断要点:显示 LV、RV、IVS,评估室壁运动
胸骨旁心尖水平左心室短轴切面(二维)			扫查方式:探头置于胸骨左缘第 4~5 肋间,声束穿过 LV 心尖水平,此切面右心室腔通常消失 诊断要点:显示 LV,评估室壁运动
心尖四腔心切面(二维+彩色)			扫查方式:探头置于心尖搏动处,声束指向右胸锁关节,室间隔由心尖向心底延伸 诊断要点:显示 LA、RA、LV、RV、IAS、IVS、MV、TV,评估 MV、TV 病变及室壁运动异常

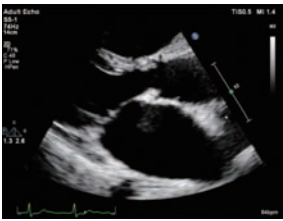
(续表)

(续表 1)

切面名称	扫查切面(二维)	扫查切面(彩色)	扫查方式及诊断要点
心尖五腔心切面(二维+彩色)			扫查方式:在心尖四腔心切面基础上前倾探头,使LVOT、AV和近端主动脉纳入视野 诊断要点:显示LA、RA、LV、RV、IAS、IVS、MV、TV、AV、LVOT及近端AAO、评估MV、TV、AV病变及室壁运动异常等
心尖二尖瓣交界联合部切面(二维+彩色)			扫查方式:在心尖四腔心切面基础上逆时针旋转探头约60° 诊断要点:显示LA、LV、MV,重点评估MV病变及室壁运动异常
心尖两腔心切面(二维+彩色)			扫查要点:在心尖四腔心切面基础上逆时针旋转探头约90° 诊断要点:显示LA、LV、MV、LAA,评估MV病变及室壁运动异常
心尖三腔心切面(二维+彩色)			扫查方式:在心尖四腔心切面基础上逆时针旋转探头约120° 诊断要点:显示LA、LV、IVS、MV、AV、LVOT及AAO,评估MV、AV病变及室壁运动异常
剑下下腔静脉切面			扫查方式:剑下切面显示IVC起始段 诊断要点:距离RV入口1~2 cm处测量IVC内径及塌陷率

注: AV为主动脉瓣, MV为二尖瓣, AAO为升主动脉, IAS为房间隔, IVS为室间隔, LA为左心房, LAA为左心耳, LPA为左肺动脉, LV为左心室, LVOT为左心室流出道, PA为肺动脉, RA为右心房, RPA为右肺动脉, RV为右心室, RVOT为右心室流出道, TR为三尖瓣反流, TV为三尖瓣, IVC为下腔静脉

表 2 聚焦于二尖瓣反流 TTE 标准切面 (放大模式)

切面名称	扫查切面	采集标准	测量指标或观测内容
胸骨旁左心室长轴切面(二维)		此切面为MV前后径最优显示切面,测量LA前后径时,注意避开无冠窦壁和肺静脉开口	测量指标:收缩末期测量LA前后径;MV前后叶长度及瓣环前后径 观测内容:瓣叶是否增厚、钙化;有无瓣叶脱垂及其位置;腱索是否延长或断裂
胸骨旁左心室长轴切面(彩色)		观察MR区域及机制,初步测量反流量。在反流最显著的标准切面测量VCW	测量指标:VCW 观测内容:MV形态结构;MR位置及机制

(接续表)

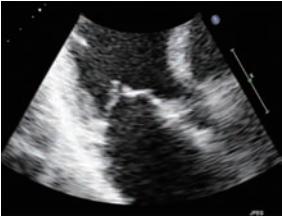
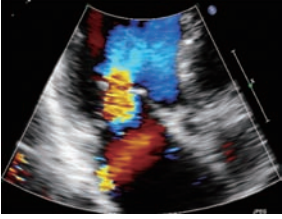
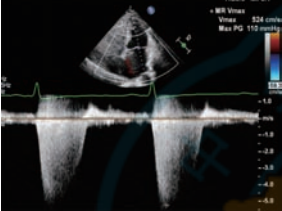
(续表 2)

切面名称	扫描切面	采集标准	测量指标或观测内容
胸骨旁二尖瓣水平短轴切面(二维)		测量二尖瓣口最大开放面积及评估 MVP 所在分区	测量指标:MVA;MVP 宽度 观测内容: MV 形态结构和功能; MVP 所在分区
胸骨旁二尖瓣水平短轴切面(彩色)		观察是否存在 MVP, 并观察反流区域范围	观测内容: 有无 MVP; MR 所在分区及宽度
心尖四腔心切面(二维)		在收缩期测量 LA 大小, 评估 MV 形态及 IAS 结构	测量指标: LA 左右径、上下径; IAS 长度 观测内容: MV 瓣叶结构、房间隔结构及有无异常(分流、房间隔瘤、封堵器等)
心尖四腔心切面(彩色)		完整显示反流束, 在收缩期测量 MR	测量指标: MR 反流束面积; MR 流速; MR 反流束面积与 LA 面积之比 观测内容: MR 形态及范围
心尖五腔心切面(二维)		观察 MV 形态	观测内容: MV 瓣叶结构及运动情况
心尖五腔心切面(彩色)		完整显示反流束, 在收缩期评估 MR	测量指标: MR 反流束面积 观测内容: MR 形态及范围, LVOT 血流, AV 血流
心尖二尖瓣交界联合部切面(二维)		此切面为 MV 最优内外观, 需同时显露 内外两组乳头肌	观测内容: MV 瓣叶形态及活动度
心尖二尖瓣交界联合部切面(彩色)		观测 MR 所在分区及反流束宽度	测量指标: MR 反流束宽度 观测内容: MR 所在分区

(接续表)



(续表 2)

切面名称	扫查切面	采集标准	测量指标或观测内容
心尖三腔心切面(二维)		观察 MV 结构及功能,测量对合长度和 对合高度	测量指标: MV 前后叶对合长度和对合 高度 观测内容: MV 瓣叶结构及功能
心尖三腔心切面(彩色)		观测 MR 严重程度及机制;在收缩期进 行 PISA 测量, Nyquist 极限设置为 30~ 40 cm/s	测量指标: MR 反流束面积; VCW; PISA 半径; MR 反流流速; VTI; 应用 PISA 法计算 EROA、RVol 及 RF 观测内容: MR 严重程度及机制
二尖瓣反流频谱		CW 取样线穿过彩色反流最清晰位置, 测量指标: MR 峰值流速; MR VTI 显示 MR 完整频谱	

注: EROA 为有效反流口面积, IAS 为房间隔, LA 为左心房, MR 为二尖瓣反流, MV 为二尖瓣, MVP 为二尖瓣脱垂, AV 为主动脉瓣, PISA 为近端等速表面积, RF 为反流分数, RVol 为反流容积, VCW 为收缩颈宽度, VTI 为速度时间积分, CW 为连续多普勒

(二) 2D、3D TEE

1. TEE 在 M-TEER 术前评估和术中指导中具有
重要价值。TEE 可通过多角度、多切面的成像方式,
提供二尖瓣及邻近结构的清晰解剖图像, 比较准确
地诊断二尖瓣结构异常类型、反流机制。2D 与 3D
TEE 的联合应用, 能够更全面地展示瓣叶病变位置、
夹合靶点及治疗效果。

2. 常用标准切面扫查

术前与术中 TEE 检查中, 建议至少获取 4 个标
准的食管中段切面以全面评估二尖瓣结构与功能。
这些切面包括食管中段四腔心切面、食管中段二尖
瓣交界区联合切面、食管中段两腔心切面及食管中
段长轴切面。各切面的扫查方式及关键解剖结构识
别要点见表 3。

3. 食管中段实时双平面系列切面模式评估二
尖瓣

以标准食管中段二尖瓣交界区联合切面为基础,
通过向左(内侧)或向右(外侧)移动取样线, 同
时获取对应的左心室长轴切面来分别清晰显示二尖
瓣 A3-P3、A2-P2 及 A1-P1 区, 在一幅图像中完成对
四个方向的判断, 从而完成对二尖瓣解剖及反流的
详细评估(图 1~3)。

4. 3D 影像评估二尖瓣病变

采用 3D 聚焦 ZOOM 模式获取二尖瓣“外科视
野”立体显示二尖瓣前后叶, 将主动脉瓣置于屏幕

顶部 12 点钟的位置, 此时二尖瓣内、外交界应处于
平齐状态, 左心耳在大约 9 点钟的位置, 结合 3D 彩
色多普勒超声可以更加准确地评估 MR 的部位、机制
及程度, 帮助制定手术策略(图 4)。

5. 可采用 3D MPR 模式确定二尖瓣瓣口面积,
通过移动蓝线、绿线和红线, 最终定位二尖瓣口,
描记瓣口并获得术前瓣口面积(图 5)。

6. M-TEER 相关的二尖瓣数据测量

M-TEER 术前的 2D 与 3D TEE 检查, 应系统获
取与二尖瓣解剖、反流机制和治疗路径密切相关的
定量与定性参数。核心测量内容包括瓣环尺寸、瓣
叶长度与对合情况、脱垂特征、反流束特征(如
VCW、PISA 半径、反流速度、肺静脉血流谱等指
标)。此外, 应特别关注与手术路径选择密切相关的
结构参数, 如左心耳完整性、房间隔长度与穿刺可
行性。3D MPR 模式对于瓣口面积的准确测量与夹合
靶点规划具有重要价值。常用的 M-TEER 相关超声
测量指标、扫查切面及其诊断意义见表 4。

六、M-TEER 术前评估

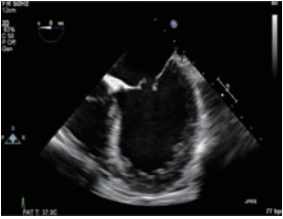
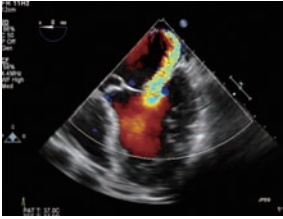
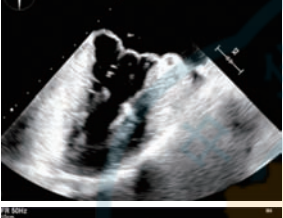
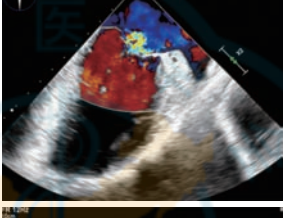
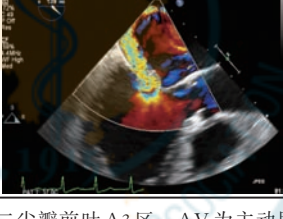
(一) 超声心动图对 MR 程度的判断

1. MR 功能分型

MR 的干预策略以 Carpentier 分型为核心依据^[9],
基于瓣叶活动度分为 3 型(表 5)。

(1) I 型(瓣叶活动正常)病理机制: 瓣环扩
张(如心房颤动、心肌病导致左心房扩大, 致瓣叶

表3 TEE 评估二尖瓣标准切面

切面名称	扫查切面(二维)	扫查切面(彩色)	扫查方式及诊断要点
食管中段四腔心切面			扫查方式:将探头放入食管中部,旋转角度0°~10°,获得四腔心图像 诊断要点:清晰显示四个心腔(LA、RA、LV和RV)、IAS、IVS及侧壁、A2-P2区二尖瓣结构
食管中段的二尖瓣交界区联合切面(核心切面)			扫查方式:在食管中段四腔心切面基础上维持探头深度,调整角度至60°左右,使MV处于图像中央,同时显示两组乳头肌 诊断要点:识别典型“吊床样”图像结构(P3-A2-P1),用于判断MV中部及交界区病变
食管中段的两腔心切面			扫查方式:由MV交界区联合部切面起始,保持探头深度不变,调整角度至90°左右 诊断要点:显示LV前壁及下壁、MV前叶A1、A2区及后叶P3区,评估前叶及后叶不同区段的解剖结构
食管中段左心室长轴切面(核心切面)			扫查方式:在食管中段两腔心切面基础上,旋转角度至120°~150°,显示LVOT、AV和AAO近段 诊断要点:显示A2/P2区, LVOT、AV和AAO近段,评估LVOT与AV解剖,辅助手术规划及定位判断

注: A1为二尖瓣前叶A1区, A2为二尖瓣前叶A2区, A3为二尖瓣前叶A3区, AV为主动脉瓣, IAS为房间隔, IVS为室间隔, LA为左心房, LV为左心室, LVOT为左心室流出道, P1为二尖瓣后叶P1区, P2为二尖瓣后叶P2区, P3为二尖瓣后叶P3区, RA为右心房, RV为右心室, AAO为升主动脉

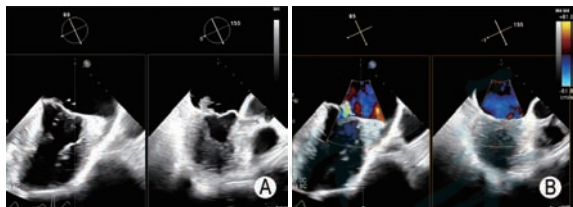


图1 实时双平面模式评估二尖瓣外侧(1区)病变 A:在食管中段二尖瓣交界区联合切面(主切面)中将取样线置于1区(左图),对应的正交切面左心室长轴切面则显示1区前、后叶结构及运动情况(右图);B:在食管中段二尖瓣交界区联合切面(主切面)结合彩色多普勒超声观察二尖瓣反流束分布范围,将取样线置于1区(左图),对应的正交切面左心室长轴切面则显示1区二尖瓣反流情况(右图)

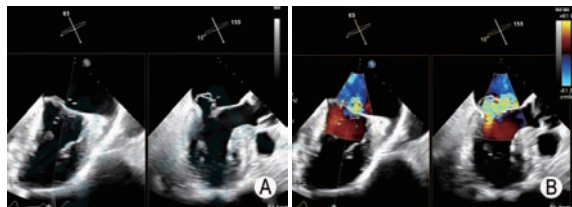


图2 实时双平面模式评估二尖瓣中央区(2区)病变 A:在食管中段二尖瓣交界区联合切面(主切面)中将取样线置于2区(左图),对应的正交切面左心室长轴切面则显示2区前、后叶结构及运动情况(右图);B:在食管中段二尖瓣交界区联合切面(主切面)结合彩色多普勒超声观察二尖瓣反流束分布范围,将取样线置于2区(左图),对应的正交切面左心室长轴切面则显示2区二尖瓣反流情况(右图)

对合面积不足)或瓣叶局部缺损(如穿孔);

(2) II型(瓣叶活动过度)病理机制:收缩期瓣叶游离缘运动超越瓣环平面,凸向左心房(如腱索断裂引起的“连枷样”运动、乳头肌功能不全或瓣叶脱垂);

(3) III型(瓣叶活动受限)病理机制:①IIIa型[瓣叶开放和(或)关闭受限]:瓣膜或瓣下装置增厚钙化(如风湿性心脏病、自身免疫性瓣膜炎),导

致一个或多个瓣叶的运动在瓣叶开放(舒张期)或关闭时(收缩期)受限,产生不同程度的狭窄或反流;②IIIb型(瓣叶关闭受限):左心室扩张(如缺血性或扩张型心肌病),瓣下结构牵拉瓣叶,致瓣叶关闭(收缩期)受限。

2. MR严重程度分级

参考2025年版心脏瓣膜病管理指南^[10],对MR严重程度分为4级:轻度(1+),中度(2+),中重度



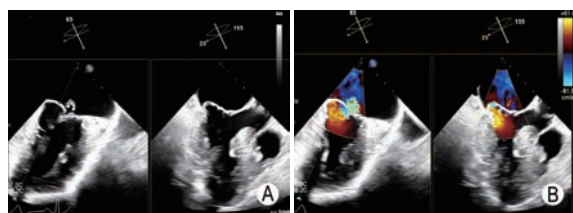


图3 实时双平面模式评估二尖瓣内侧(3区)病变 A: 在食管中段二尖瓣交界区联合切面(主切面)中将取样线置于3区(左图), 对应的正交切面左心室长轴切面则显示3区前、后叶结构及运动情况(右图); B: 在食管中段二尖瓣交界区联合切面(主切面)结合彩色多普勒超声观察二尖瓣反流束分布范围, 将取样线置于3区(左图), 对应的正交切面左心室长轴切面则显示3区二尖瓣反流情况(右图)

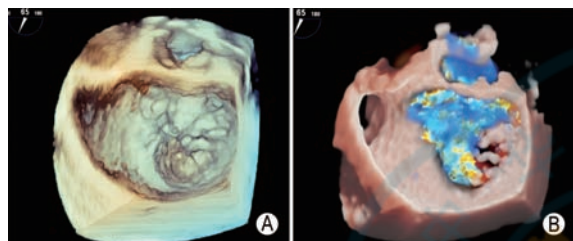


图4 三维外科视野显示二尖瓣后瓣脱垂导致重度二尖瓣反流 A: 经食管超声心动图三维外科视野显示二尖瓣后叶P2区脱垂; B: 三维外科视野结合彩色多普勒超声模式显示二尖瓣后叶P2区脱垂引起的重度二尖瓣反流

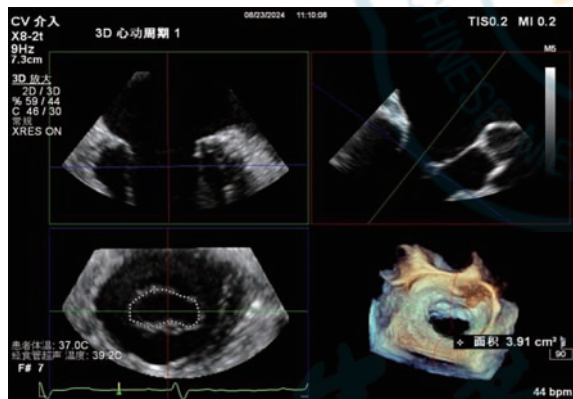


图5 多平面重建评估测量二尖瓣口面积

(3+)和重度(4+)MR, 分级情况见图6。

3. 超声心动图定量评估指标

MR严重程度的定量评估应采用多参数综合判断的方法, 推荐流程见图6。包括但不限于以下内容:

(1) 核心初步指标: VCW在反流束最窄处(即缩流颈)测量其宽度, 此参数是进行初步分级的首选指标。

(2) 关键定量指标: PISA半径和基于PISA法计算EROA、RVol和RF。

(3) 重要辅助指标: CW MR频谱形态, 二尖瓣口前向血流频谱, 左心房与左室内径/容积和肺静脉血流频谱, 观察收缩期(S)波是否减弱或出现逆向波(提示重度MR)。

(4) 成像方式选择: 评估主要基于TTE。当TTE成像质量不佳或彩色多普勒显示不清, 无法可靠评估MR严重程度时, 应使用TEE或CMR进行辅助和精准量化分析。

4. VCW测量方法

(1) 测量规范

VCW测量切面应包括但不限于以下内容: ①放大模式TTE胸骨旁左心室长轴切面; ②放大模式TEE食管中段左心室长轴切面; ③反流最严重的标准切面。

(2) 操作步骤

VCW测量操作步骤应包括但不限于以下内容: ①预设参数: 适当调节彩色速度标尺至50~70 cm/s, 调节增益, 局部放大图像; ②切面优化: 调整探头角度使声束垂直于反流束方向, 逐帧回放收缩期图像, 选取反流量最大帧; ③测量方法: 在血流汇聚区最窄处(缩流颈)测量血流束宽度。

(3) 技术局限性

VCW测量具有包括但不限于以下局限性: ①多束反流不适用: 由于多束反流的路径和形态较为复杂, 单纯测量某一束反流的VCW不能全面代表整个反流的严重性, 也无法简单地将各束反流的VCW进行相加等操作来综合判断; ②偏心性反流有偏差: 在评估偏心性反流时由于声束角度偏差导致VCW高估(贴壁射流)或低估(涡流), 对反流严重程度的判断出现偏差; ③非圆形反流口: 椭圆形反流口(常见于继发性MR)单平面测量值会低估真实的EROA。

5. 定量指标评估方法

MR的定量评估通常使用PISA法, 在TTE或TEE四腔切面进行, 操作流程如下。

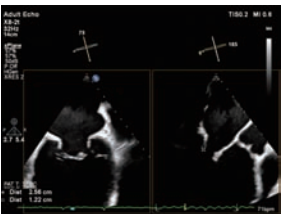
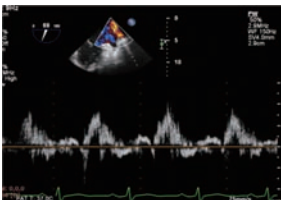
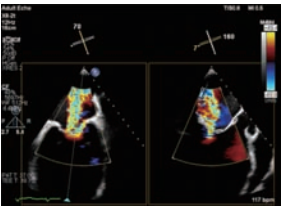
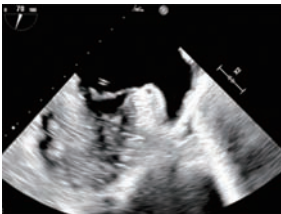
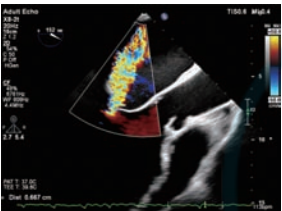
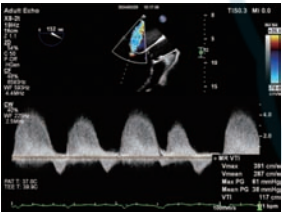
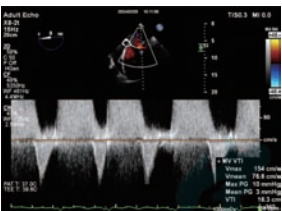
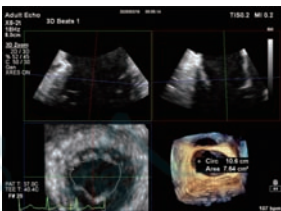
(1) 预设条件: ①局部放大MR区; ②调整Nyquist极限(混叠速度Val: 30~40 cm/s); ③调节增益使血流汇聚区清晰显示。

(2) 关键参数获取: ①PISA半径: 收缩中期测量半球形等速面至反流口的垂直距离; ②反流峰值速度(Vreg): CW获取完整频谱(避免声束夹角>20°); ③MR时间速度积分(velocity-time integral, VTI): 描记反流频谱。

(3) 计算公式: ① $EROA = (2\pi r^2 \times V_{av}) / V_{reg}$; ② $RVol = EROA \times VTI$, 在无主动脉瓣反流时, 可用多普勒连续方程法计算: $RVol = SVMV - SVLVOT$; ③ $RF = (RVol / MIVol) \times 100\%$ (MIVol为二尖瓣前向血流容积)。

6. M-TEER的选择及二尖瓣解剖适用性评估指标

表 4 M-TEER 相关的二尖瓣数据测量

切面名称	扫查切面	测量指标或观测内容	切面名称	扫查切面	测量指标或观测内容
食管中段双平面模式:二尖瓣交界切面/长轴切面(A2-P2区)		测量指标: MV 瓣环左右径、前后径; MV 前后瓣叶长度; MVP 宽度 观测内容: 评估 MV 瓣环前后径、内外径、前后叶长度、是否存在脱垂或连枷样运动; 测量脱垂宽度, 指导器械选择和手术策略	肺静脉观察切面(食管中段 60°/120°)		观测内容: 观察肺静脉血流频谱是否存在收缩期逆向波
食管中段双平面模式:二尖瓣交界切面+长轴切面(彩色多普勒)		测量指标: MR 反流束宽度 观测内容: MR 起源及范围, 明确病变位置所在分区	多平面 TEE (在食管中段水平从 0° 开始, 逐步旋转多平面角度至 45°、90°、135°, 并在每个角度微调探头深度、前屈/后屈来优化左心耳图像)		观测内容: 系统扫查 LAA 排除血栓
食管中段左心室长轴切面(彩色多普勒)		测量指标: VCW、PISA 半径、用于定量评估 MR 严重程度			
食管中段四腔心切面/左心室长轴切面		测量指标: 通过多普勒获取 MR 最大反流速度, 协助判断反流严重程度	房间隔切面(食管中段反四腔心切面)		测量指标: 房间隔长度 观测内容: 评估房间隔解剖特征
食管中段四腔心切面/左心室长轴切面		测量指标: 测量 MV 入口跨瓣流速, 计算 MV 跨瓣压差, 评估 MV 口有无狭窄	三维多平面重建模式		测量指标: MVA (3D), MVP 区域前后瓣叶长度、脱垂区域宽度、MV 瓣环前后径和左右径

注: 3D 为三维, MR 为二尖瓣反流, MV 为二尖瓣, MVA 为二尖瓣口面积, PISA 为近端等速表面积, M-TEER 为经导管二尖瓣缘对缘修复术, VCW 为缩流颈宽度, LAA 为左心耳, MVP 为二尖瓣脱垂

表 5 二尖瓣反流功能分型 (Carpentier 分型)

I 型		II 型		III 型	
瓣叶活动正常		瓣叶活动过度		III a 型	III b 型
瓣环扩张	瓣叶穿孔	瓣叶脱垂	连枷样运动	瓣膜开放和(或)关闭受限 (如风湿性心脏瓣膜病)	瓣叶关闭受限 (缺血性或扩张型心肌病)
					



依据多项关键性临床试验入选标准及国际专家共识^[11-13]，并结合中国 2022 版临床路径^[9]，建立 M-TEER 解剖适用性评估标准体系（见表 6）。

7. 功能性 MR 除符合解剖学外的其他条件

除解剖适配外，应满足包括但不限于以下内容：

（1）药物难治性心力衰竭：经过优化 GDMT、血运重建或心室同步化治疗≥3 个月仍症状持续 [纽约心脏病协会（心功能）分级（NYHA），Ⅱ～Ⅳ]。

（2）左心室功能：LVEF 介于 20%～50% 且 LVESD≤70 mm（COAPT 标准）。

（3）血流动力学：PASP≤70 mmHg（1 mmHg=0.133 kPa）。

（4）反流程度：重度 MR（EROA≥0.4 cm² 或

RVol≥60 ml）且与左心室扩大不成比例。

注：目前有学者提出根据 EROA 和 LVEDV 的比值关系将 FMR 分为成比例型（EROA/LVEDV<0.14）和非成比例型（EROA/LVEDV≥0.14）。成比例型 FMR 主要指 MR 继发于左心室扩大；非成比例型 FMR 指 MR 严重程度不能完全用左心室重构扩大解释，且对血流动力学或预后产生显著影响，但目前相关理论以及界定的标准需要进一步研究证实。采用此种理论有利于筛选适合 M-TEER 的 FMR 患者，避免对晚期心力衰竭患者过度干预。

七、M-TEER 术中超声图像方案

（一）术中常用切面及操作设置

常用切面包括但不限于食管中段四腔心切面

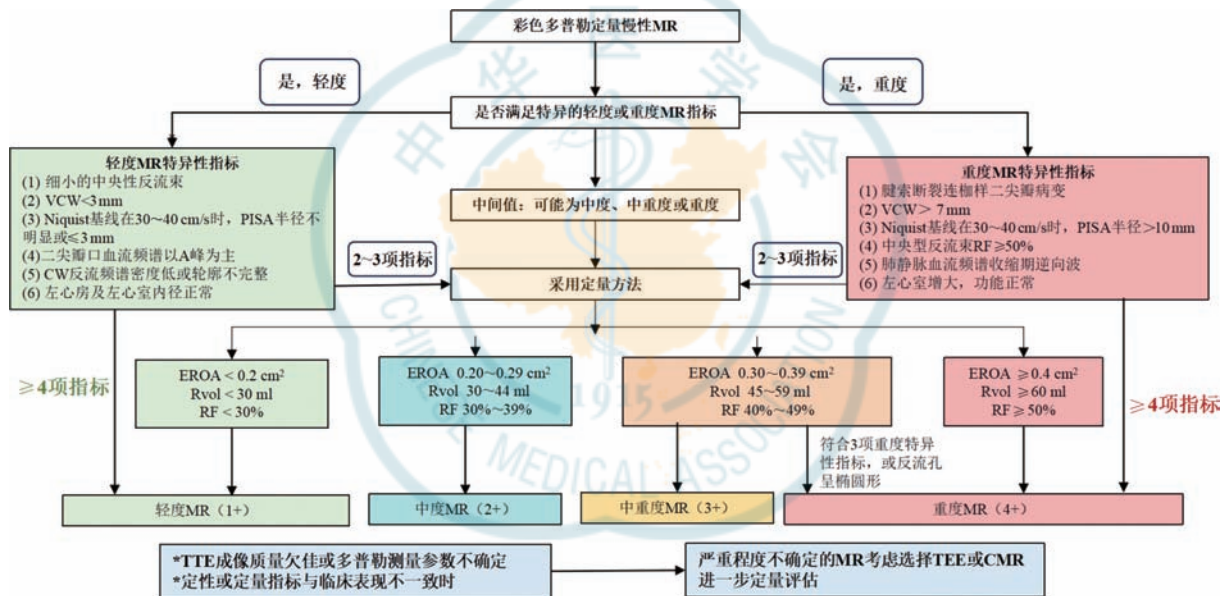


图 6 二尖瓣反流（MR）定量评估流程（CMR：心血管磁共振成像；CW：连续多普勒；EROA：有效反流口面积；PISA：近端等速表面积；RF：反流分数；RVol：反流容积；TEE：经食管超声心动图；TTE：经胸超声心动图；VCW：缩流颈宽度）

表 6 M-TEER 解剖适用性评估指标

评估项目	绿区(最佳)	黄区(挑战性)	红区(高风险/禁忌)
解剖	A2/P2 中央病变	A1/P1 A3/P3 交界区病变	瓣叶裂或穿孔
钙化	无钙化	存在部分钙化但不累及夹合区	广泛 MAC 和抓取区内钙化
瓣口面积(面积法 MVA)	>4.0 cm ²	3.5~4.0 cm ²	<3.5 cm ² 或二尖瓣 mPG≥5 mmHg
活动性后叶长度	≥10 mm	7~10 mm	<7 mm
脱垂/连枷参数	脱垂宽度≤15 mm 连枷间距<10 mm	脱垂宽度>15 mm 连枷间距≥10 mm 病变局限的 Barlow 病	病变弥漫的严重 Barlow 病或多腱索断裂
对合高度	<10 mm	≥10 mm	-
瓣叶质量	形态正常,无增厚	局部增厚(厚度≤4 mm)	严重增厚(≥5 mm)、风湿性病变增厚钙化导致瓣口粘连狭窄,或瓣叶裂/穿孔
Carpentier 分型	Ⅱ型(脱垂/连枷)或Ⅲb型(FMR)	Ⅰ型(瓣环扩张)	Ⅲa型(风湿性)
其他	-	既往二尖瓣修复失败 肥厚型心肌病 SLDA	TEE 成像差 房间隔穿刺禁忌 心室内血栓

注：M-TEER 为经导管二尖瓣缘对缘修复术，MVA 为二尖瓣口面积，FMR 为功能性二尖瓣反流，SLDA 为单侧瓣叶夹合器脱位，MAC 为二尖瓣环钙化，mPG 为平均跨瓣压差，TEE 为经食管超声心动图。1 mmHg=0.133 kPa

(0°~10°)、食管中段交界联合部切面(40°~80°)、食管中段两腔心切面(30°~80°)、食管中段长轴切面(130°~140°)、3D 二尖瓣外科视野(EnFace)切面、食管中段大动脉短轴切面(30°~60°)、食管中段上下腔静脉切面(80°~120°)、食管中段反四腔心切面(140°~160°)。在图像质量方面的优化调整,术中要求与术前筛查的要求是一致的,但是术中采集图像应当设置为回顾性存图,采集周期常规设置为 3 个心动周期或 3 s,在记录夹持器捕捉瓣叶时,存储时长应当增加为 7 个心动周期或 7 s,以确保能够及时记录术中产生的影像用于评估手术。

(二) 术中的基线数据采集

应在手术当天患者麻醉后再次对心脏进行 TEE 评估,以避免患者的心脏参数发生变化。在彩色超声诊断仪中输入完整的患者基本信息、留存好基线影像资料,以供术中及术后参考对比。

(三) 确定手术方案

由于患者间存在个体差异,如上、下腔静脉的入右房夹角大小、主动脉窦部是否扩张、腔静脉内是否有血栓等异物、右心房内是否有异常结构等不同情况,超声医生应在手术正式开始前与手术者沟通好手术过程中的图像显示特点、各种可能遇到的挑战及解决方案。

(四) M-TEER 手术流程

1. 应基于经股静脉入路的 M-TEER 技术体系,操作流程见表 7。经心尖入路 M-TEER 的超声引导原则与经股静脉入路基本一致,但入路建立阶段(如心尖穿刺定位)的影像导航存在差异;而夹合器捕获、释放等核心操作环节的超声评估技术具有高度通用性,手术流程总结见表 8。

2. 经股静脉行 M-TEER 是目前最常见的手术方式,操作流程及超声引导切面见表 7 和图 7~14。

表 7 经股静脉 M-TEER 手术规范流程及超声引导切面

序号	操作步骤	手术者操作	超声医生操作
1	股静脉入路穿刺	右侧股静脉入路是 M-TEER 最常使用的血管入路	血管超声引导下穿刺,可提高成功率和安全性
2	房间隔穿刺		
	导丝定位	经右侧股静脉置入血管鞘,送入“J”形导丝至上 SVC	a) 双房上下腔切面(80°~120°)监测; b) 导丝自 IVC 经右心房进入 SVC; c) 确认导丝头端呈弯钩状
	穿刺鞘置换	交换血管鞘为房间隔穿刺鞘,置入深度为 J 形导丝头端下方的 SVC 入口	实时双平面模式,以双房上下腔静脉切面为主切面,实时追踪穿刺鞘长轴(较导丝回声增强),确认鞘管顶端位于 SVC 入口,鞘体弯曲弧度指向房间隔面
	穿刺针定位	a) 交换导丝为房间隔穿刺针,固定穿刺鞘,缓慢将穿刺针送至穿刺鞘远端,距离头端约 10 mm; b) 穿刺针指向应和穿刺鞘排气管同轴,穿刺鞘排气管指向 3 点钟方向	实时双平面模式,以双房上下腔静脉切面为主切面,实时监测穿刺鞘长轴,确保顶端稳定位于 SVC 入口内,无滑入右心房
	房间隔牵拉监测	a) 将穿刺鞘向下缓慢拖至卵圆窝上缘,同步旋转穿刺针至 5~6 点钟方向,指向房间隔后部; b) 房间隔穿刺点要求在卵圆窝中部偏后的位置,在 TEE 3D EnFace 切面下,位于 3 点钟方向为佳; c) 对于不同区域的病变穿刺高度略有差别:中央区病变(A2/P2 区)及近外侧病变(A1/P1/AC 区)穿刺点应距离二尖瓣瓣环平面 4~4.5 cm;内侧病变(A3/P3/PC 区)及 DMR 穿刺点应距离二尖瓣瓣环平面稍高(约 4.5 cm);FMR 穿刺点可稍低(3.5~4.0 cm)	实时双平面模式: a) 以双房上下腔切面为主切面;确认穿刺点在卵圆窝在房间隔中部为佳,中下部或中上部亦可; b) 大动脉短轴切面:确认穿刺点靠后,远离主动脉窦; c) 四腔心/反四腔心切面:测量穿刺点至二尖瓣环垂直高度(目标 4.0~4.5 cm) 3D EnFace: a) 3D 显示“帐篷”样膨出(Tenting sign)与二尖瓣对合缘空间关系; b) 主动脉瓣旋转至 12 点钟方向,膨出顶点位于 3 点钟方向二尖瓣对合缘正上方; c) 亦可采用 MPR 模式同时显示上述切面 微调探头:取样线追踪鞘管移动轨迹;实时显示房间隔“帐篷”样膨出形成过程
	穿刺点高度调整	若高度不足,退穿刺针,鞘管转向 10~11 点钟方向,重置导丝至 SVC 后重复定位步骤	双房上下腔静脉切面监测导丝路径,排除进入右心耳
	穿刺实时监测	a) 固定鞘芯,推进穿刺针行房间隔穿刺,随后送入鞘管至左心房; b) 卵圆窝坚韧时可采用旋转穿刺或电刀辅助; c) 房间隔穿刺成功后,冲洗导管,监测左心房压力,静脉肝素化,ACT 维持在 250~300 s	实时双平面模式(双房上下腔切面+大动脉短轴切面)或 MPR 模式(多切面安全监测) a) 追踪穿刺针与左心房后壁/房间沟距离,避免损伤; b) 观察“帐篷”样膨出消失过程; c) 即刻评估心包腔有无新发积液

(续表)



(续表 7)

序号	操作步骤	手术者操作	超声医生操作
3	导丝进入肺静脉	退出房间隔穿刺针,经穿刺鞘置入“J”形导丝进入左心房,顺时针旋转鞘管引导导丝跨越华法林嵴进入 LUPV	大动脉短轴切面或 MPR 模式: 动态追踪“J”形导丝进入 LUPV,及时纠正误入左心耳
4	加硬导丝置入	推进房间隔穿刺鞘进入 LUPV 开口,加硬导丝置换“J”型导丝进入 LUPV	在大动脉短轴切面或在 MPR 模式监测: a) 识别穿刺鞘“双轨征”(鞘壁平行强回声); b) 确认加硬导丝进入 LUPV
5	可操控引导管 (SCG) 置入左心房	a) 调直 SGC,沿导丝进入 RA 后回到中性弯曲状态,再穿过房间隔推入左心房(深度 2.0~2.5 cm); b) 固定 SGC,保留导丝; c) 将 SGC 扩张导管撤回至导管内,确认 SCG 位于左心房内,再撤出导丝和内心,同时用 50 ml 螺口注射器负压吸引 SGC,防止气体进入左心房	在大动脉短轴切面或在 MPR 模式监测 SGC 进入左心房: a) 实时追踪扩张子及鞘管顶端位置; b) 鞘管进入左心房后,房间隔“帐篷”样膨出消失; c) 测量 SGC 进入左心房深度约 2.0~2.5 cm; d) 鞘管未接触左心房壁及左心耳; e) 追踪鞘芯回撤至 SGC 管腔内轨迹; f) 监测加硬导丝位置稳定;3D 实时成像同步观察 SGC 于 3 点钟方向进入左心房 2.0~2.5 cm
6	二尖瓣夹导管输送系统 (CDS) 置入左心房	CDS 沿 SGC 送入左心房,直到 SGC 的末端标记位于 CDS 两个标记的中间骑跨	在大动脉短轴切面或在 MPR 模式全程追踪夹合器的尖端位置,避免损伤心房壁及左心耳,至体外定位两鞘管骑跨
7	CDS 调弯定位	使用 CDS 的 M 键弯向二尖瓣瓣环,同时 SGC 顺时针向后旋转,以获取更大空间。此时需要观察夹合器有无露出“袖口”现象,并及时将“袖口”回撤至导管内	实时双平面模式(二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面)/MPR 模式引导 CDS 调弯垂直指向二尖瓣环
8	器械位置和轨迹验证	把整个器械向里送入或整体移出,把夹合器往里送入或整体移出,把夹合器移动到目标夹合区后,操控功能键,推拉手柄验证 CDS 前进轨迹垂直于二尖瓣环并平行于左心室长轴。 a) M 键向“+”方向旋转,使夹合器偏向房间隔侧,M 键向“-”方向旋转使夹合器偏向外侧; b) 旋转 SGC 或 CDS 的 A/P 键,夹合器偏向前/后叶方向	二尖瓣交界区联合切面+3D 影像:引导 CDS 到达目标区域 实时双平面模式/MPR 模式: a) 二尖瓣交界区联合切面:夹合臂重叠呈线状,此切面上观察 CDS 运动偏向内侧(房间隔侧)或外侧(左心耳侧); b) 左心室长轴切面:夹合器呈“V”型张开。此切面观察 CDS 运动偏向二尖瓣前叶或后叶
9	夹臂方向调整	a) 抬起夹持器; b) 开夹合器双臂(60°~180°); c) 通过顺时针或者逆时针旋转夹合器手柄使得夹合器双臂和二尖瓣对合缘垂直,调整过程需抖动手柄来传递扭力	3D-ZOOM 模式监测夹合器双臂方向垂直对合缘 a) 2 区病变:12~6 点钟方向; b) 1 区病变:1~7 点钟方向/2~8 点钟方向; c) 3 区病变:11~5 点钟方向/10~4 点钟方向
10	夹合器系统进入左心室缘对缘钳夹	关闭夹合器双臂至 60°(交界区或 1、3 区病变时,角度不宜过大,一般在 0°~60°,避免腱索缠绕)进入左心室至二尖瓣叶下方 1 cm a) 打开夹臂(120°~180°)确认夹合器在左心室内的轴向和位置,如不满意,在左心室内仅微小调整,避免缠绕腱索。如果调整之后夹合器未动,同时感觉到有阻力,可能发生夹合器缠绕瓣下结构,此时应将夹合器翻转回到左心房,重新调整之后再次进入左心室; b) 将夹合器提升至瓣叶对合点水平,清晰看到前、后瓣叶稳稳地坐在夹臂上且夹合长度足够时,放下夹持器; c) 夹合成功后缓慢关闭夹合器,适当向左室移动释放器械系统张力	实时双平面模式(二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面)/MPR 模式: 实时监测夹合器系统进入 LV 以及有无腱索缠绕 实时双平面模式(二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面)/3D/MPR 模式: a) 一旦夹合器进入左室,需要通过 3D 模式(减少增益)再次评估夹合器的轴向和位置; b) X-plane 模式下,二尖瓣交界联合切面观察到夹合器两臂完全重合,取样线切到夹合器上,在左心室长轴切面两臂充分显示最长距离; c) 抓捕过程记录长心动周期的动态影像,清晰观察到前、后瓣叶稳稳地坐在夹臂上且夹合长度足够,指导术者放下 Gripper。此时 Gripper 随心动周期跳跃抬起(Bouncing 征),提示瓣叶夹合充分
11	钳夹后评估	固定 CDS 系统	综合评估: a) 多个切面确认夹合瓣叶长度(长夹合器≥9 mm,短夹合器≥7 mm); b) 残余反流机制(多平面扫描); c) 肺静脉频谱 S 波恢复; d) 二尖瓣口平均跨瓣压差≤5 mmHg; e) 瓣叶张力; f) 3D 组织桥稳定性

(续表)



(续表 7)

序号	操作步骤	手术者操作	超声医生操作
12	夹合器释放和导管鞘系统撤出	a) 夹合器固定良好、效果满意后,可释放夹合器,小心退出输送系统回收至 SGC,避免损伤心房壁和二尖瓣叶; b) 如果手术结束,不需要再使用其他夹合器,则直接连同 SGC 一起撤出体外,如果需要使用更多夹合器或者更换夹合器需要注意 SGC 不要脱出左心房,以及注意抽负压防止进气	实时监测并发症: a) MR 加剧; b) 瓣叶脱出; c) 夹合器活动度显著增加
13	手术结束前综合评估	密切监测患者生命体征和血流动力学(如左心房压力)变化,监测有无并发症	终点评估: a) 撤离路径监测; b) 二尖瓣口平均跨瓣压差; c) 瓣叶钳夹稳定度评估; d) 残余 MR 机制和严重程度评估; e) 彩色多普勒筛查 IASD(>8 mm); f) 心包积液评估
14	第二/多个夹合器的置入操作	a) 当第一个夹合器在尝试调整位置夹合之后仍然大于 2+ 的残余反流(测量二尖瓣口平均跨瓣压差为 4 mmHg 以下,或残余瓣口面积大于 3 cm ²),或者第一个夹合器发生了 SLDA,可考虑使用多个夹合器再次进行夹合; b) 撤出第一个夹合器输送系统之后,送入第二个输送系统并重复上述操作步骤,完成第二个夹合,并再次评估残余反流和狭窄风险,最终完成器械操作并撤出导引鞘	实时双平面模式(二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面)/3D/MPR 模式监测手术过程同前,注意第二枚夹合器与第一枚夹合器平行紧靠和(或)与对合缘保持垂直,避免瓣叶扭曲或损伤(可结合 3D Enface 切面观察,明确第二个夹合器的真实轴向)

注: CDS 为二尖瓣夹导管输送系统, IASD 为医源性房间隔缺损, IVC 为下腔静脉, LUPV 为左上肺静脉, MPR 为多平面重建, SGC 为操控导引导管, SVC 为上腔静脉, M-TEER 为经导管二尖瓣缘对缘修复术。1 mmHg=0.133 kPa

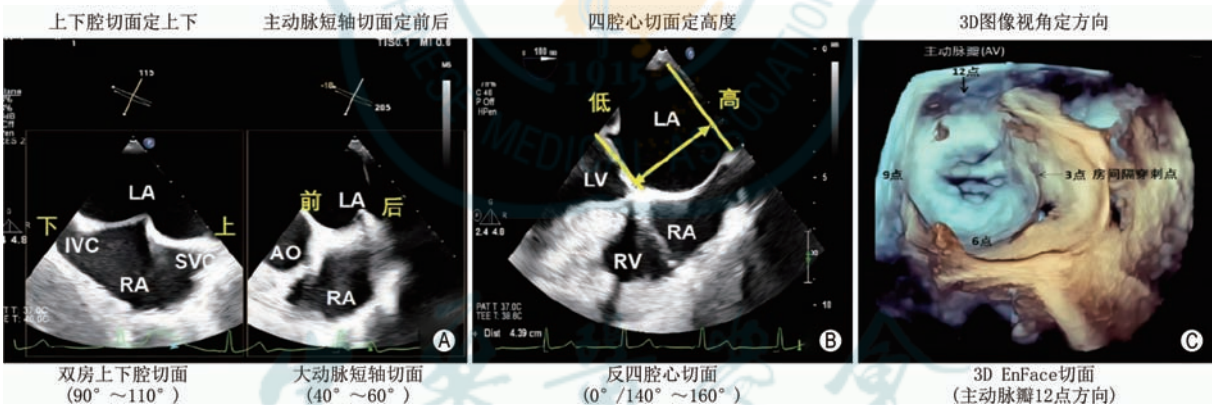


图 7 房间隔穿刺 TEE 引导切面 A: TEE X-plane 双平面引导房间隔穿刺, 双房上下腔切面确定穿刺点上、下方向的位置(左图), 大动脉短轴切面确定穿刺点前、后位置(右图); B: TEE 食管中段反四腔心切面测量房间隔穿刺点距离瓣环的垂直距离: 中央区病变 3.5~4.5 cm, 内侧病变及 DMR 穿刺点较高(4.0~4.5 cm), 外侧病变或 FMR 穿刺点偏低(3.5~4.0 cm); C: 3D EnFace 切面(主动脉瓣位于 12 点方向)穿刺点位于 3 点方向(AO: 主动脉; LA: 左心房; RA: 右心房; LV: 左心室; RV: 右心室; SVC: 上腔静脉; IVC: 下腔静脉; TEE: 经食管超声心动图; 3D EnFace: 三维成像外科视野)

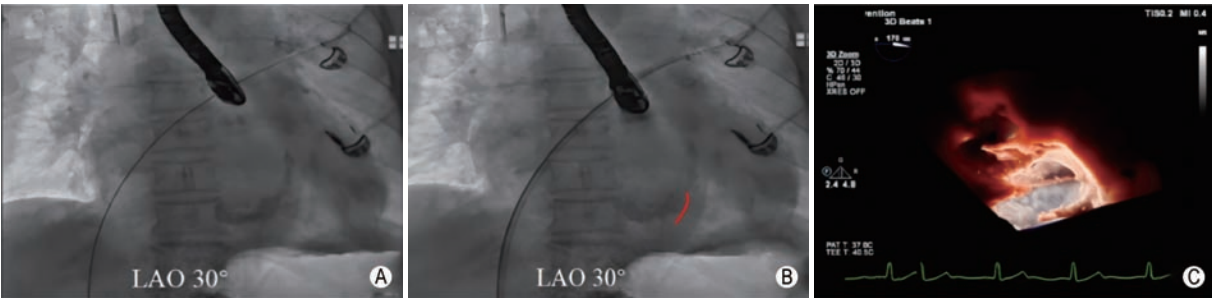


图 8 经导管二尖瓣缘对缘修复术(M-TEER)手术中交换超硬支持导丝至肺静脉 A: X 线下观察房间隔穿刺导管鞘管经超滑导丝引导进入左上肺静脉; B: X 线下观察撤回超滑导丝, 交换超硬支持导丝; C: 3D TEE 观察导丝进入左心房方向和位置(LAO: X 线左前斜位投影体位)

3. 经心尖 M-TEER 手术规范流程及超声引导切面

经心尖入路 M-TEER 的超声引导原则与经股静脉入路基本一致，但入路建立阶段（如心尖穿刺定位）的影像导航存在差异；而夹合器捕获、释放等核心操作环节的关键工作切面和超声评估技术与经股静脉 M-TEER 类似，手术流程和超声引导切面总结见表 8，图 15~19。

八、M-TEER 术后超声随访要点

（一）M-TEER 术后超声随访时间

M-TEER 术后患者需要按以下时间节点接受系统超声心动图随访：

1. 常规复查时间点：出院前，术后 1 个月、3 个月、6 个月、12 个月；
2. 中长期随访：术后 2 年、3 年、4 年、5 年；
3. 症状驱动复查：若出现新发呼吸困难、心力衰竭体征等临床变化，应立即行超声评估。

随访方案依据 M-TEER 患者心脏康复^[14] 和围术期管理专家共识^[15] 的推荐框架。

（二）影像学随访方法

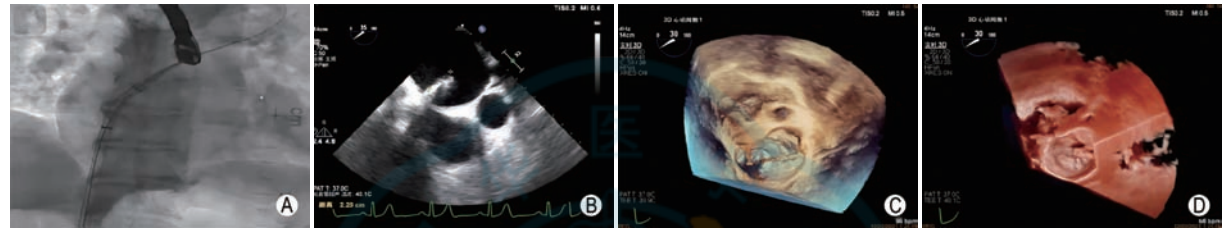


图 9 经导管二尖瓣夹引导导管进入左心房 A：X 线监测 SGC 进入左心房；B：TEE 大动脉短轴切面监测 SGC 进入左心房；C：TEE 观察 SGC 进入左心房方向和位置；D：3D TEE 实时成像观察 SGC 进入左心房方向和位置

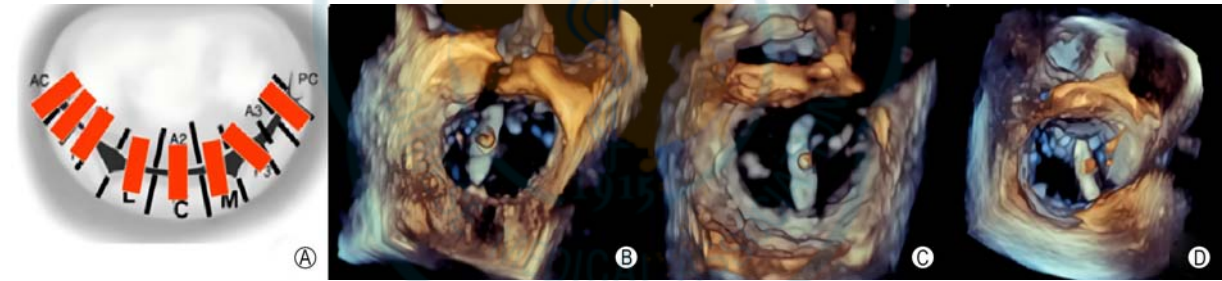


图 10 TEE 3D EnFace 切面指引夹合器在左心房调整方向 A：夹合器和二尖瓣对合缘垂直；B：1 区病变夹合器方向为 1~7 点；C：2 区病变夹合器方向 12~6 点；D：3 区病变夹合器方向为 11~5 点

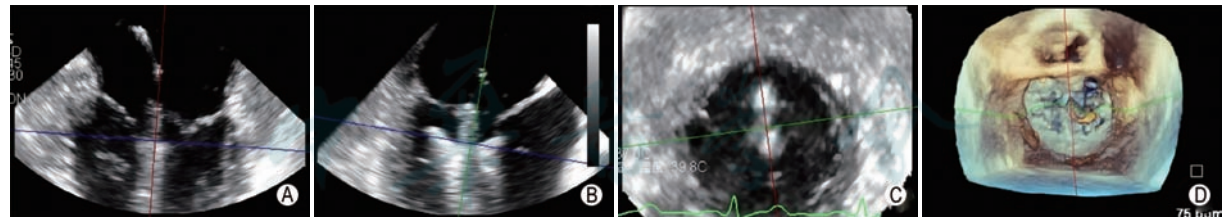


图 11 应用 TEE 的 MPR 模式调整夹合器轴向 A：通过 MRP 切取二尖瓣交界联合切面（绿线）观察 CDS 的方向和位置；B：沿夹合器双臂最长方向（红线）切取左心室长轴切面观察夹合器夹合瓣叶过程；C：在夹合器水平切取二尖瓣短轴观察夹合器的轴向；D：用于二尖瓣 3D MPR 影像

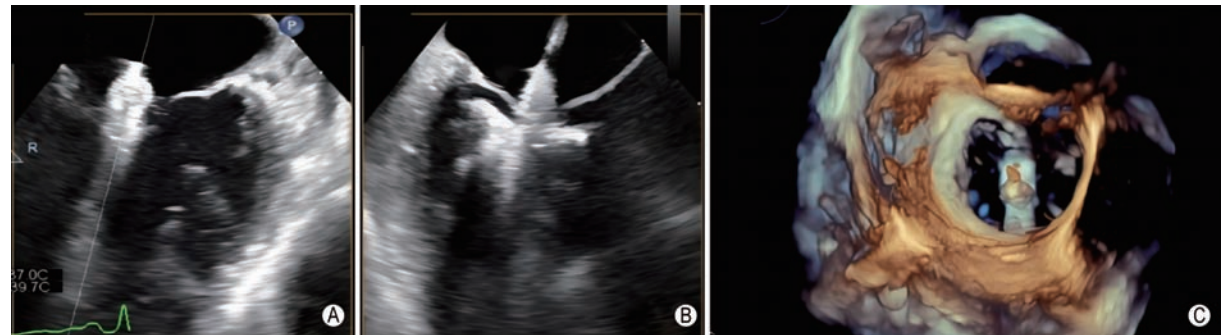


图 12 缘对缘钳夹前确认夹合器的方向和位置 A：二尖瓣交界联合切面可观察到夹合器两臂重合垂直于瓣环进入左心室，夹合器位于目标夹合的位置；B：通过 X-plane 模式垂直于取样线在 A 图中垂直瓣膜夹切取观察左心室长轴切面上两臂展开夹合瓣叶；C：在 3D EnFace 切面观察（减少增益）评估夹合器的轴向和位置

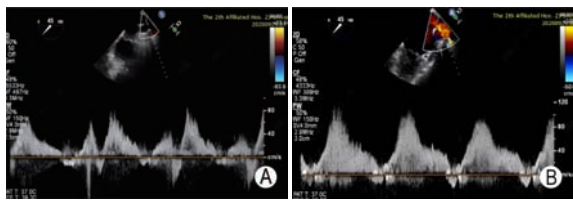


图 13 通过观察肺静脉血流频谱特征观察二尖瓣反流严重程度变化 A: 重度 MR 患者术前肺静脉血流频谱可见收缩期逆向波; B: M-TEER 术后复查肺静脉血流频谱可见收缩期逆向波消失

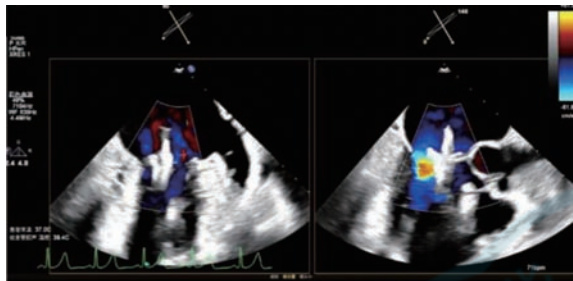


图 14 缘对缘钳夹时第二枚夹合器的方向和位置 TEE X-plane 切面观察第二枚夹合器与第一枚夹合器平行紧靠 (左图) 及两枚夹合器置入后残余二尖瓣反流 (右图)

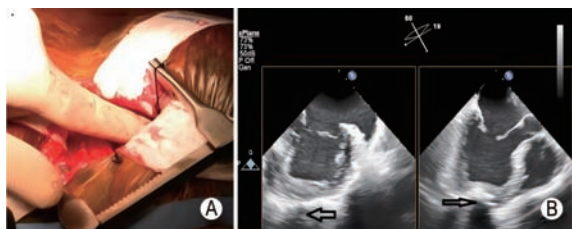


图 15 经心尖入路选择最佳穿刺点 A: 指尖按压法选择经心尖入路最佳穿刺点; B: 经 TEE X-plane 切面显示指尖压迫点

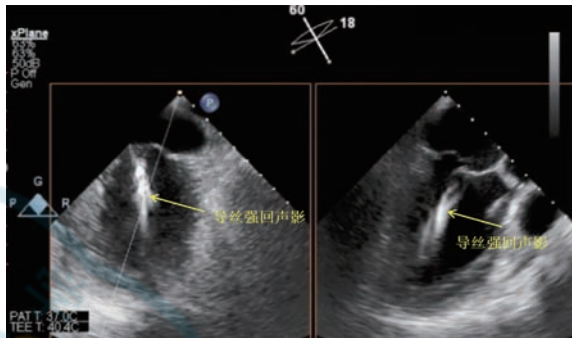


图 16 TEE X-plane 双切面观测导丝经心尖送入左心室方向 二尖瓣联合切面 (左图) 和左心室流出道切面 (右图) 可见导丝经心尖进入左心室后的强回声影

表 8 经心尖 M-TEER 手术规范流程及超声引导切面

序号	操作步骤	手术者操作	超声医生操作
1	经心尖入路建立	在 TTE 协助下选定心尖穿刺点, 消毒铺巾后切开皮肤和心包, 使用指尖按压法在 TEE 指导下确定穿刺点并荷包缝合, 穿刺送入导丝确认路径同轴, 导入 16F 鞘管	实时双平面模式 (食管中段二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面) 确认指压点位置及穿刺导丝进入左心室方向是否垂直二尖瓣环
2	导管鞘系统置入	沿导丝推进导管鞘进入左心室 3~4 cm, 送入跨瓣器进入左心房后撤出跨瓣器, 保留导管鞘于左心房	实时双平面模式 (食管中段二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面) 显示导丝、跨瓣器及导管鞘跨越瓣环进入左心房的过程, 确认方向及轴向正确
3	夹合器系统置入	a) 在左心房内向前推送钢缆使夹合器的上夹出导管鞘后, 回撤导管鞘露出下夹, 打开夹合器的上夹和下夹过程中, 输送系统体外部分有相应标记提示; b) 在左心房内调整夹合器方向及位置, 使其垂直于二尖瓣对合缘并位于目标区域	3D EnFace 切面: 调整夹合器轴向, 使得夹臂与二尖瓣对合缘垂直 实时双平面模式: a) 二尖瓣交界区联合切面: 显示下夹呈一条“直线”; b) 左心室长轴切面: 显示下夹呈“V”字形
4	缘对缘钳夹	TEE 确认夹合器位置良好后, 下夹向前轻轻托起瓣叶, 捕获瓣叶后回撤上夹, 通过上夹和下夹的对合夹住二尖瓣瓣叶。缓慢往前推送闭合环, 上夹、下夹将朝中心线闭合, 使夹合器固定在瓣叶上	实时双平面模式 (食管中段二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面)/MPR 模式: 确认夹合前、夹合过程及夹合器闭合情况; 评估二尖瓣夹合长度、残余反流及二尖瓣口平均跨瓣压差
5	释放夹合器	在确认瓣膜夹合效果满意后, 释放夹合器并撤出导引系统。如不满意, 可推开闭合环, 打开上夹及下夹, 重复上述过程	综合评估: a) 多个切面确认夹合瓣叶长度 (长夹合器 ≥ 9 mm, 短夹合器 ≥ 7 mm); b) 残余反流机制 (多平面扫描); c) 肺静脉频谱 S 波恢复; d) 二尖瓣口平均跨瓣压差 ≤ 5 mmHg; e) 瓣叶张力; f) 3D 组织桥稳定性
6	闭合心尖部创口	撤出器械及导管鞘后收紧预置荷包缝合线止血, 逐层缝合伤口, 放置引流管	多个切面监测术后残余反流、跨瓣压差和心包积液变化, 评估术后即刻效果

注: M-TEER 为经导管二尖瓣缘对缘修复术, TEE 为经食管超声心动图, TTE 为经胸超声心动图, MPR 为多平面重建, 3D 为三维。
1 mmHg=0.133 kPa

M-TEER 术后随访常规应用 TTE, 当 TTE 成像受限或可疑器械并发症, MR 加重需要精准评估病理机制时, 可进一步行 TEE, 并与术中数据进行

对比。
(三) 核心评估内容
1. 术后 MR 程度评估见表 9。

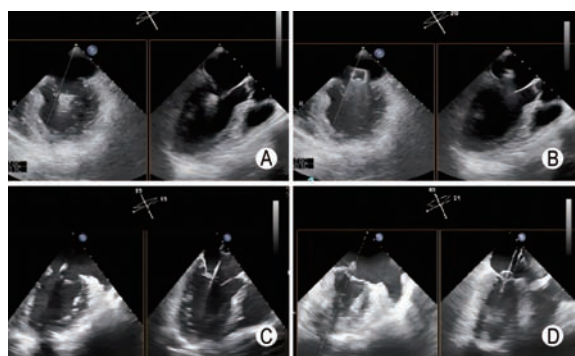


图 17 经心尖二尖瓣缘对缘修复系统导管鞘系统置入过程 在 TEE X-plane 模式通过二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面指导下操作。A: 跨瓣器进入左心室; B: 跨瓣器跨过瓣环进入左心房; C: 跨瓣器引导导管鞘跨瓣环; D: 退出跨瓣器, 保留引导导管鞘在左心房

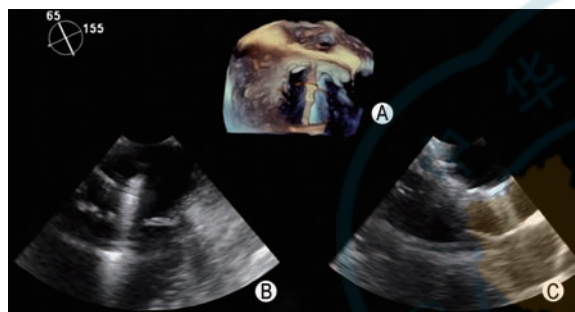


图 18 夹合器在左心房内调整方向和位置 A: TEE 3D EnFace 切面显示夹合器双臂垂直于瓣叶对合线; B: 二尖瓣交界联合切面显示夹合器的下夹呈现一条“直线”; C: 左心室长轴切面显示下夹呈“V”字形

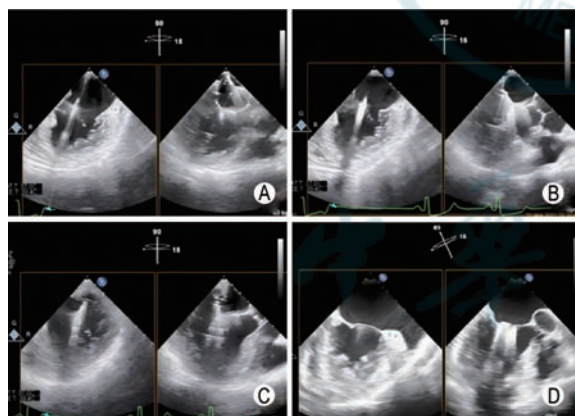


图 19 经心尖二尖瓣缘对缘钳夹过程: 在 TEE 任意双平面 (X-plane) 模式通过二尖瓣交界区联合切面+左心室长轴切面指导下操作 A: 夹合器下夹轻轻托起瓣叶; B: 回拉上夹夹住瓣叶; C: 前推闭合环收紧夹住; D: 夹合器完全夹合瓣叶后评估稳定性

2. 术后 MR 机制分析

(1) 反流来源定位: 识别反流束源自夹合器侧方、中央或瓣叶间隙。

(2) 病理机制判断: 区分瓣叶捕获不全、夹合器移位、新发瓣叶脱垂/连枷。

(3) 器械稳定性评估: 夹合器稳定性是 M-TEER 术后评估的重要内容, 其评估要点见表 10。

3. 术后并发症筛查

M-TEER 术后主要并发症及评估要点见表 11。

4. 术后心脏结构与功能评估

M-TEER 术后心脏重塑的逆转以及心功能的改善是决定患者近期和远期预后的关键, 其评估要点见表 12。

5. 术后随访重点

M-TEER 术后短期、中期和长期随访超声心动图评估要点见表 13。

综上, 本规范作为既往相关共识的更新与补充, 系统涵盖二尖瓣解剖结构、MR 病因及功能分型、MR 定量评估以及 M-TEER 超声适应证, 并重点规范经股静脉与经心尖 M-TEER 术中超声操作及术后随访内容, 弥补了 2022 年共识术中导航监测阐述不足的问题。相较于以往类似指南, 本规范更聚焦 M-TEER 全流程超声指导, 强调多切面联合与精准量化评估, 为临床提供更具体的实操依据。未来需进一步开展研究, 进一步优化 MR 评估指标, 同时积累国产 M-TEER 器械临床数据, 持续完善超声评估体系, 推动我国 M-TEER 技术更安全、规范地发展。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

编写组成员

组长: 段福建 (中国医学科学院阜外医院)

专家顾问: 王浩 (中国医学科学院阜外医院); 潘湘斌 (中国医学科学院阜外医院)

主要执笔人: 段福建 (中国医学科学院阜外医院); 孟欣 [空军军医大学第一附属医院 (西京医院)]; 王艺 (武汉大学中南医院); 李伟 (复旦大学附属中山医院); 邓冰清 (中山大学孙逸仙纪念医院); 卢志南 (中国医学科学院阜外医院)

编写专家 (按姓氏汉语拼音排序):

曹媛 (山东大学齐鲁医院); 陈少敏 (北京大学第三医院); 丛娟 (阜外华中心血管病医院); 邓冰清 (中山大学孙逸仙纪念医院); 邓荷萍 (河北医科大学第三医院); 邓燕 (广西医科大学第一附属医院); 杜鑫 (天津医科大学总医院); 段福建 (中国医学科学院阜外医院); 范怡婷 (上海市第一人民医院); 房芳 (中国医学科学院阜外医院); 方凌云 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 方跃华 (上海交通大学医学院附属瑞金医院); 冯杰莉 (北京大学第三医院); 富华颖 (天津医科大学第二医院); 付明 (广东省人民医院); 苟中山 (苏州市立医院); 关欣 (天津市胸科医院); 何锦霞 (新疆维吾尔自治区人民医院); 何亚峰 (武汉亚洲心脏病医院); 黄季江 (新疆维吾尔自治区人民医院); 江勇 (中国医学科学院阜外医院深圳医院); 康文英 (中国医学科学院阜外医院); 科雨彤 (首都医科大学附属北京安贞医院); 赖宝春 (福州大学附属省立医院); 郎志斌 (阜外华中心血管病医院); 李贺 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 李慧 (中国医学科学院阜外医院); 李楠 (中国医科大学附属第一医院); 李瑞 (华中科技大学同济医学院附属同济医院); 李天亮 (山西省心血管病医院); 李伟 (复旦大学附属中山医院); 梁玉佳 (四川大学华西医院); 刘艳 (山东大学齐鲁医院); 刘永太 (中国医学科学院北京协和医院); 卢志南 (中国医学科学院阜外医院); 骆志玲 (云南省阜外心血管病医院); 孟红 (中国医学科学院阜外医院);



表 9 M-TEER 术后二尖瓣反流分级指标

参数	轻度 (1+)	中度 (2+)	重度 (3+/4+)
定性评估 (Qualitative)			
彩色多普勒反流束	1~2束细小窄流	介于中~重度之间	宽大中央型反流束 多个反流束 房壁贴附型偏心性反流束
血流汇聚区大小	无或小 (PISA 半径≤3 mm)	中等 (PISA 半径 3 mm~9.9 mm)	较大 (PISA 半径≥10 mm)
二尖瓣入口血流频谱形态	A 波为主	无特异指标	无特异指标
肺静脉血流频谱	S 波正常	S 波低钝	S 波逆向
连续多普勒频谱形态	模糊的抛物线轮廓	-	密集的三角形
半定量评估 (Semi-quantitative)			
VCW	单个反流束且 VCW≤0.3 cm	单个反流束且 VCW 0.4~0.6 cm	任何一个反流束的 VCW≥0.7 cm 或≥2个中度以上反流束
定量评估 (Quantitative)			
VCA (3D)	单个反流束且 VCA≤0.2 cm ²	单个反流束且 VCA 0.2~0.39 cm ²	任何一个反流束的 VCA≥0.4 cm ² 或≥2个中度以上反流束
PISA 法 EROA* (cm ²)	0.2	0.2~0.39	≥0.4
RVol (ml)	<30	30~59	≥60
RF (%)	<30	30~49	≥50

注：EROA 为有效反流口面积，PISA 为近端等速表面积，RF 为反流分数，RVol 为反流容积，M-TEER 为经导管二尖瓣缘对缘修复术，VCA 为缩流颈面积（3D 测量），VCW 为缩流颈宽度。*PISA 法 EROA 术后评估受限：因为置入瓣膜夹合器后近端血流汇聚形态改变，假设为半球形准确性下降；在有多个反流束或非常偏心的反流束时，PSIA 通常会低估二尖瓣反流严重程度

表 10 M-TEER 术后随访器械稳定性评估要点

评估维度	关键指标	异常提示
夹合器位置	轴向角度	移位/倾斜
瓣叶-夹合器关系	组织桥宽度及动态稳定性	瓣叶撕脱风险
运动同步性	心动周期中摆动幅度	单侧瓣叶夹合器脱位 (SLDA)

表 11 M-TEER 术后并发症及超声特征

并发症	诊断标准	确诊方法
医源性二尖瓣狭窄	平均跨瓣压差≥5 mmHg 结合临床症状或二尖瓣口面积<1.5 cm ²	频谱多普勒测量跨瓣压差 TEE 3D 瓣口面积描记
单侧夹合器脱位 (SLDA)	夹合器连枷样摆动+二尖瓣反流突然加重	多切面 TTE+TEE 动态观察
器械相关血栓	附着于夹合器的低回声团块(应与赘生物鉴别)	TEE 高频探头
瓣叶损伤	新发瓣叶裂/穿孔/腱索断裂	TEE 2D/3D 成像
医源性房间隔缺损 (IASD)	房间隔穿刺处持续性分流(直径>8 mm)	彩色多普勒+声学造影
感染性心内膜炎	赘生物+发热+血培养阳性	Duke 标准

注：平均跨瓣压差测量应排除心动过速/高心排状态，临床症状为肺水肿/新发心房颤动等。1 mmHg=0.133 kPa

表 12 M-TEER 心脏结构及功能变化评估

评估模板	核心参数
左心重构	LA 径线(前后径、左右径、上下径), LA 面积, LAVI, LVEDD/LVESD, LVEDV, LVEF
右心重构	TAPSE, RVFAC
肺循环动力学	PASP, TRVmax
其他瓣膜功能	三尖瓣反流程度, 主动脉瓣反流等

注：LA 为左心房，LAVI 为左房容积指数，LEVDD 为左心室舒张末期内径，LVESD 为左心室收缩末期内径，LVEDV 为左心室舒张末期容积，LVEF 为左心室射血分数，TAPSE 为三尖瓣环收缩期位移，RVFAC 为右心室面积变化分数，PASP 为肺动脉收缩压，TRVmax 为三尖瓣反流峰值流速

表 13 M-TEER 术后随访策略重点

术后时间	核心目标
1 个月	并发症筛查/心脏功能评估
3~12 个月	血流动力学优化评估(二尖瓣反流复发/狭窄/右心功能)心脏逆重构效果
>1 年	长期器械稳定性 二尖瓣反流复发及心房瓣膜病变 心功能状态评估



孟庆龙 (中国医学科学院阜外医院); 孟欣[空军军医大学第一附属医院 (西京医院)]; 潘湘斌 (中国医学科学院阜外医院); 蒲朝霞 (浙江大学医学院附属第二医院); 苏茂龙 (厦门大学附属心血管病医院); 孙旭东 (福建医科大学附属协和医院); 唐海霞 [海南省人民医院 (海南医科大学附属海南医院)]; 王蓓 (浙江大学医学院附属邵逸夫医院); 王斌 (武汉大学中南医院); 汪芳 (北京医院); 王贺男 (北京中医药大学第三附属医院); 王建德 (中国医学科学院阜外医院); 王晶 (解放军总医院第六医学中心); 王霜 (武汉大学中南医院); 王顺 (西安交通大学第一附属医院); 王吴刚 (河北医科大学第一医院); 王湘竹 (北京中医药大学第三附属医院); 王胰 (四川省人民医院); 王艺 (武汉大学中南医院); 魏薪 (四川大学华西医院); 向帆 (中南大学湘雅二医院); 修丽丽 (哈尔滨医科大学附属第二医院); 杨冬妹 (中国科学技术大学附属第一医院); 姚凤娟 (中山大学附属第一医院); 叶晓光 (首都医科大学附属北京朝阳医院); 叶振盛 (福州大学附属省立医院); 张涵 (首都医科大学附属北京安贞医院); 张娟 (南京市第一医院); 张茗卉 (首都医科大学附属北京友谊医院); 钟优 (北京医院); 周炳元 (苏州大学附属第一医院)

参 考 文 献

- [1] Meulengracht DE, Petersen JK, Veien KT, et al. Outcomes in patients undergoing transcatheter edge-to-edge mitral valve repair as compared to a general and heart failure population[J]. Int J Cardiol, 2025, 439: 133605. DOI: 10.1016/j.ijcard. 2025. 133605.
- [2] McDonaugh B, Redwood S, Patterson T. Transcatheter edge-to-edge repair for atrial functional mitral regurgitation: the final frontier[J]. Eur Heart J, 2025; ehaf792. DOI: 10.1093/eurheartj/ ehaf792.
- [3] 中国医师协会超声分会超声心动图专业委员会, 中华医学会超声医学分会超声心动图学组, 中华医学会心血管病分会结构性心脏病学组, 等. 二尖瓣反流介入治疗的超声心动图评价中国专家共识[J]. 中华超声影像学杂志, 2019, 28(1): 1-6. DOI: 10.3760/cma.j. issn. 1004-4477. 2019. 01. 001.
- [4] 潘翠珍, 周达新, 潘文志, 等. 经心尖二尖瓣夹合术中经食管二维、三维超声心动图监测及评价规范[J]. 中华超声影像学杂志, 2020, 29(4): 289-294. DOI: 10.3760/cma. cn131148-20191011-00611.
- [5] 中国医师协会超声分会超声心动图专业委员会中国医师协会, 心血管内科医师分会结构性心脏病学组. 二尖瓣经导管缘对缘修复的超声心动图操作规范中国专家共识[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2022, 30(10): 721-733. DOI: 10.3969/j. issn. 1004-8812. 2022. 10. 001.
- [6] Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J, et al. Multi-modality imaging assessment of native valvular regurgitation: an EACVI and ESC council of valvular heart disease position paper[J]. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2022, 23(5): e171-e232. DOI: 10.1093/ehjci/jeab253.
- [7] 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. DOI: 10.1056/NEJMoa2300213.
- [8] von Bardeleben RS, Mahoney P, Morse MA, et al. 1-Year outcomes with fourth-generation mitral valve transcatheter edge-to-edge repair from the EXPAND G4 study [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2023, 16(21): 2600-2610. DOI: 10.1016/j.jcin. 2023. 09. 029.
- [9] 中国医师协会心血管内科医师分会结构性心脏病学组, 亚太结构性心脏病俱乐部. 中国经导管二尖瓣缘对缘修复术临床路径(2022版)精简版[J]. 中国介入心脏病学杂志, 2023, 31(3): 161-173. DOI: 10.3969/j. issn. 1004-8812. 2023. 03. 001. Structural Cardiology Committee of Cardiovascular Physicians Branch of Chinese Medical Doctor Association, Asia Pacific Structural Heart Disease Club. Clinical pathway for transcatheter mitral valve edge-to-edge repair in China(2022 Edition)[J]. Chin J Intervent Cardio, 2023, 31(3): 161-173. DOI: 10.3969/j. issn. 1004-8812. 2023. 03. 001.
- [10] Praz F, Borger MA, Lanz J, et al. 2025 ESC/EACTS Guidelines for the management of valvular heart disease [J]. Eur Heart J, 2025; ehaf194. DOI: 10.1093/eurheartj/ehaf194.
- [11] Ailawadi G, Lim DS, Mack MJ, et al. One-year outcomes after mitralclip for functional mitral regurgitation[J]. Circulation, 2019, 139(1): 37-47. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA. 117. 031733.
- [12] Giustino G, Camaj A, Kapadia SR, et al. Hospitalizations and mortality in patients with secondary mitral regurgitation and heart failure: the COAPT trial[J]. J Am Coll Cardiol, 2022, 80(20): 1857-1868. DOI: 10.1016/j.jacc. 2022. 08. 803.
- [13] Kar S, Price MJ, Morse MA, et al. Transcatheter repair in posterior, anterior, and bileaflet mitral valve disease: 1-year results from EXPANDED [J]. JACC Cardiovasc Interv, 2025, 18(7): 898-908. DOI: 10.1016/j.jcin. 2024. 12. 023.
- [14] 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. DOI: 10.3969/j. issn. 1004-8812. 2023. 04. 002. Cardiovascular Physician Branch of Chinese Medical Association, Cardiac Interventional Therapy and Rehabilitation Professional Committee of Chinese Association of Rehabilitation Medicine, Cardiac Rehabilitation Management Committee of Chinese Hospital Association. China expert consensus statement on cardiac rehabilitation management of patients with transcatheter mitral valve edge-to-edge repair [J]. Chin J Intervent Cardio, 2023, 31(4): 252-265. DOI: 10.3969/j. issn. 1004-8812. 2023. 04. 002.
- [15] 经导管二尖瓣缘对缘修复术围术期管理专家共识组. 经导管二尖瓣缘对缘修复术围术期管理专家共识 [J]. 中华急诊医学杂志, 2024, 33(2): 155-161. DOI: 10.3760/cma. j. issn. 1671-0282. 2024. 02. 004.

(收稿日期: 2025-10-07)

