

重点话题：围术期超声心动图指南与标准

使用经食管超声心动图辅助术中外科决策指南：

基于手术的方案：美国超声心动图学会、美国心血管麻醉医师协会和美国胸外科医师协会联合发布

翻译：宋建强 郑州市中心医院麻醉科；朱斌 北京大学国际医院麻醉科

审校：黄佳鹏 美国 University of Louisville 麻醉及围术期医学科

J Am Soc Echocardiogr 2020;33:692-734

术中经食管超声心动图检查是一种标准的诊断和监测工具，用于各种心脏外科手术的患者的管理，从“常规”的外科冠状动脉血运重建到复杂的瓣膜修复、以及联合手术和器官移植。使用既定检查方案作为所有手术和患者的成像起点，这可以实现图像采集的标准化，减少成像和报告质量的差异，并最终改善患者医疗服务。将超声心动图检查结果清楚地传达给手术团队以及了解超声新发现对手术计划的影响至关重要。同样重要的是，需要完全了解所实施外科手术的技术步骤以及可能发生的并发症，以便指导与手术直接相关问题的术后评估，并提供相关超声信息。本指南旨在概述一种系统的方法，介绍如何应用现有指南在开放、微创或杂交心脏手术中，去解决心脏结构和功能的问题。

关键词：术中，经食管超声心动图，心脏手术

名词缩略语及其翻译		
2Ch	Two-chamber	两腔心的
2D	Two-dimensional	二维的
3D	Three-dimensional	三维的
4Ch	Four-chamber	四腔心的
5Ch	Five-chamber	五腔心的
ACC	American College of Cardiology	美国心脏病学院
AHA	American Heart Association	美国心脏协会
AS	Aortic stenosis	主动脉瓣狭窄
ASA	American Society of Anesthesiologists	美国麻醉医师协会
ASD	Atrial septal defect	房间隔缺损
ASE	American Society of Echocardiography	美国超声心动图学会
AR	Aortic regurgitation	主动脉瓣反流
AV	Aortic valve	主动脉瓣
AVA	Aortic valve area	主动脉瓣面积
AVR	Aortic valve replacement	主动脉瓣置换
BSA	Body surface area	体表面积
CABG	Coronary artery bypass graft	冠状动脉搭桥术

CAD	Coronary artery disease	冠状动脉疾病
CFD	Color flow Doppler	彩色多普勒
CPB	Cardiopulmonary bypass	体外循环
CW	Continuous-wave	连续频谱
CS	Coronary sinus	冠状静脉窦
DVI	Doppler velocity index	多普勒速度指数
ECG	Electrocardiogram	心电图
ECMO	Extracorporeal membrane oxygenation	体外膜氧合
EROA	Effective regurgitant orifice area	有效反流孔面积
FAC	Fractional area change	面积变化率
HCM	Hypertrophic cardiomyopathy	肥厚型心肌病
IABP	Intra-aortic balloon pump	主动脉内球囊反搏
IAS	Interatrial septum	房间隔
IVC	Inferior vena cava	下腔静脉
IVS	Interventricular septum	室间隔
LA	Left atrium/left atrial	左心房
LAA	Left atrial appendage	左心耳
LAX	Long-axis	长轴
LSCA	Left subclavian artery	左锁骨下动脉
LV	Left ventricular	左心室
LVAD	Left ventricular assist device	左心室辅助装置
LVH	Left ventricular hypertrophy	左心室肥厚
LVOT	Left ventricular outflow tract	左心室流出道
MC	Mitral commissural	二尖瓣交界
MCS	Mechanical circulatory support	机械循环支持
ME	Mid-esophageal	食管中段
MV	Mitral valve	二尖瓣
MVA	Mitral valve area	二尖瓣面积
OHT	Orthotopic heart transplantation	原位心脏移植
PA	Pulmonary artery	肺动脉
PFO	Patent foramen ovale	卵圆孔未闭
PHT	Pressure half-time	压力半降时间
PHV	Prosthetic heart valves	人工心脏瓣膜
PISA	Proximal isovelocity surface area	近端等速表面积
PLSVC	Persistent left superior vena cava	持续左上腔静脉
PR	Pulmonic regurgitation	肺动脉瓣反流
PS	Pulmonic stenosis	肺动脉瓣狭窄

PV	Pulmonary veins/venous	肺静脉
PW	Pulsed-wave	脉冲频谱
RA	Right atrium/atrial	右心房
RHF	Right heart failure	右心衰
RV	Right ventricle/ventricular	右心室
RVAD	Right ventricular assist device	右心室辅助装置
RVOT	Right ventricular outflow tract	右心室流出道
SAM	Systolic anterior motion	收缩期前向运动
SAX	Short-axis	短轴
SCA	Society of Cardiovascular Anesthesiologists	美国心血管麻醉医师协会
SVC	Superior vena cava	上腔静脉
TA	Tricuspid annulus/annular	三尖瓣瓣环
TAH	Total artificial heart	全人工心脏
TAPSE	Tricuspid annular plane systolic excursion	三尖瓣环收缩期移位
TEE	Transesophageal echocardiography	经食管超声心动图
TG	Transgastric	经胃
TR	Tricuspid regurgitation	三尖瓣反流
TS	Tricuspid stenosis	三尖瓣狭窄
TTE	Transthoracic echocardiography	经胸超声心动图
UE	Upper esophageal	食管上端
VA	Veno-arterial	静脉-动脉
VAD	Ventricular assist devices	心室辅助装置
VSD	Ventricular septal defect	室间隔缺损
VV	Veno-venous	静脉-静脉

目内容目录

1 背景和解释	3.2.2 AV 特定病理学评估
2 一般原则	3.2.3 伴发病变评估
3 瓣膜手术	3.2.4 手术后评估
3.1 二尖瓣	3.3 三尖瓣
3.1.1 术前评估	3.3.1 术前评估
3.1.2 MV 特定病理学评估	3.3.2 TV 特定病理学评估
3.1.3 伴发病变评估	3.3.3 手术后评估
3.1.4 微创和机器人二尖瓣 TEE 瓣膜手	3.4 肺动脉瓣
3.1.5 手术后评估	3.4.1 术前评估
3.2 主动脉瓣	3.4.2 PV 特定病理学评估
3.2.1 术前评估	3.4.3 手术后评估

4 冠状动脉疾病	血流动力学波动、心电起搏、正压通气、液体变化和手术操作可以影响超声心动图的评估。尽管经常被打断思路，且需要承担决策压力，但是仍然需要基于术中病人和外科因素迅速作出临床决策。尽管始终推荐并希望进行系统全面的超声心动图评估，但由于手术的紧迫性，其他的临床任务或外科操作，并非总是可行。
4.1 术前评估	
4.2 手术后评估	
5 主动脉手术	
5.1 术前评估	
5.2 主动脉特定病理学评估	
5.3 手术后评估	
6 机械循环支持	
6.1 左心室辅助装置	
6.1.1 术前评估	
6.1.2 手术后评估	
6.2 经皮介入设备	
6.3 右心室辅助装置	
6.4 全人工心脏	
6.5 体外膜氧合	
6.6 主动脉内球囊反搏	
7 肥厚型心肌病	
7.1 术前评估	
7.2 手术后评估	
8 心脏移植	
9 肺移植	
10 心包疾病	
11 肿瘤和心内包块	
12 总结	

血流动力学波动、心电起搏、正压通气、液体变化和手术操作可以影响超声心动图的评估。尽管经常被打断思路，且需要承担决策压力，但是仍然需要基于术中病人和外科因素迅速作出临床决策。尽管始终推荐并希望进行系统全面的超声心动图评估，但由于手术的紧迫性，其他的临床任务或外科操作，并非总是可行。

美国超声心动图学会 (ASE) 的现有指南全面描述了超声检查在心脏结构评估中的应用 (例如自体或人工心脏瓣膜反流或狭窄) 或者先天性心脏病, 以及专业技术的原理、目的和实施 (例如三维成像、心脏形态)。

本文件的基本原则不是重写现有全面的方法, 如何将现有的指南应用于开放、微创或联合手术中, 去探究术中环境的心脏结构和功能。本写作小组的建议是基于专家共识和编写时的现有证据, 包括来自美国超声心动图学会 (ASE)、心血管麻醉医师协会 (SCA)、美国心脏协会 (AHA)、美国心脏病学院 (ACC)、美国麻醉医师协会 (ASA) 和相关组织的现有和相关指南。

1 背景 and 解释

术中经食管超声心动图 (TEE) 是一个标准的诊断和监测工具, 用于管理心脏外科手术整个过程中的病人, 从外科冠状动脉血管重建到复杂的瓣膜修复、联合手术和器官移植。

手术室是一个充满挑战的动态环境, 超声心动图模式的组成, 包括二维 (2D)、三维 (3D)、彩色多普勒和频谱多普勒及心脏力学, 用于 (1) 明确术前诊断 (2) 适时评估病情变化 (3) 指导干预手术和血流动力学处理 (4) 评估手术效果 (5) 诊断血流动力学紊乱病因。

2 一般原则

ASA 和 SCA 于 1996 年制定了使用围手术期 TEE 的实践指南, 并在 2010 年进一步更新完善。根据这些文件, TEE 应用于无禁忌的成人, 适用于所有心内直视手术和胸主动脉手术, 在冠状动脉旁路移植手术中应考虑应用: (1) 明确和完善术前诊断, (2) 检测新的或未被发现的病变, (3) 调整麻醉和手术计划, (4) 评估手术干预的结果。

在手术切皮之前与手术团队进行讨论, 将有助于超声心动图医生确定检查的目标, 保持手术计划的正确性。对于大多数择期手

术，需要外科治疗的病变严重程度通常已经通过术前成像来确定。因此，检查的目的是确认已知的发现，并排除可能改变手术计划的额外病变。例如包括偶然发现的永存左上腔静脉(PLSVC)，这可能改变逆行心脏停搏液灌注的方式；或卵圆孔未闭(PFO)，如果 PFO 修复是必要的，这可能需要改变静脉插管策略。综合检查还可能发现严重的主动脉粥样硬化疾病，根据粥样硬化位置，可能改变主动脉插管或主动脉阻断钳夹闭的位置，或决定是否插入主动脉内球囊泵。

在紧急情况下（如主动脉夹层、心包填塞），术中检查的目的是确认手术的可疑诊断，确定相关并发症的程度，并确定血流动力学不稳定的病因(室壁运动异常、积液、夹层)。因感染性心内膜炎而紧急手术的患者不仅要仔细评估瓣膜病变，更要仔细评估由于疾病迅速发展而可能出现的瓣膜周围并发症，这些并发症可能是由于疾病的快速进展而发展起来的，如主动脉根部脓肿或假性动脉瘤、瓣膜间纤维脓肿、心脏内的动静脉瘘或假体裂开等发现可显著改变手术计划。

术中检查的一个关键组成部分是将超声心动图的结果清楚地传达给外科团队。手术计划的改变必须在临床背景下仔细考虑，作为团队讨论的一部分。术中超声心动图检查有助于术后管理，在手术结束时生成一份报告（书面或电子），并总结术中检查的关键要素，有助于与术后管理小组的沟通。

在左心系统病变的心腔开放手术中，在停止体外循环(CPB)之前，超声心动图在辅助排气过程中特别有价值。手术结束后，早期超声心动图检查应着重于评估手术情况（修复、置换）以及任何意想不到的后果(如室壁运动异常、医源性主动脉夹层、机械瓣膜瓣叶卡瓣)。早期的主要目标是评估

发现任何提示存在结构性问题，这可能需要立即手术干预。

因此，有聚焦化的检查方式是有价值的，但不应妨碍系统检查，以确保没有新的发现，在解释超声心动图测量时，还应考虑正性肌力药物支持、起搏器和容积变化。

3 瓣膜手术

3.1 二尖瓣

二尖瓣(MV)是心脏中解剖和功能最复杂的结构之一，虽然经胸超声心动图(TTE)是术前诊断和术后随访的影像学标准手段，经食管超声心动图(TEE)是术中和术后即刻的首选成像方式。

3.1.1 术前评估

二尖瓣功能异常严重程度分级最好在“清醒”生理条件下由 TTE 进行，TEE 最适合于详细描述二尖瓣解剖功能特征，包括发病机制和瓣膜病变的部位和范围，这是外科决策的先决条件。

二尖瓣的综合 TEE 检查在先前的 ASE 指南文件中描述。简单地说，二尖瓣装置使用食管中腔(ME)：四腔心切面(4CH)、二尖瓣联合部切面(MC)、双腔心切面(2CH)和长轴切面(LAX)视图，以及经胃(TG)：基底部短轴切面(SAX)、中段短轴切面(SAX)、两腔心切面(2C)和长轴切面(LAX)视图，以及经胃深部五腔心切面(TG 5CH)视图进行评估。同时可以使用 ME 或 TG 视图的多平面成像技术。通过在主视图/参考视图的特定区域上光标定位（倾斜），在参考/直角视图中提供了进一步的详细解剖成像。添加彩色血流多普勒(CFD)能识别瓣叶周围异常血流加速的区域。然而，当成像活动病变时，如心内膜炎、赘生物或腱索时，应考

考虑 CFD 所见的较低的时间分辨率。

从 ME 窗口扫描时，可以使用任何三维超声心动图采集模式(广角、窄角、用户自定义和(CFD)。广角三维数据资料(由全容积或缩放模式生成)可能需要心电图(ECG)门控多个心动周期采集，以提高空间和时间分辨率；然而，由于电刀干扰，这在手术室可能是具有挑战性的。机械通气所致的心脏移位可能会产生拼接伪影，屏住呼吸或有助改善。实时、窄角、单个心动周期的三维成像可能是一种更快速评估二尖瓣装置的一种方法，然而狭窄的扇形区域可能会丢失定位和定向特定结构所需的标识。相同的原理可以用来获取三维 CFD 容积，尽管在所有三维采集模式中，低时间分辨率通常需要多个心动周期拼接图像。

通过 3D 采集，可以根据 ASE 指南从左心房(LA)或左心室(LV)的角度检查二尖瓣(图 1)。无论从左心房还是左心室观察，都应以屏幕上方 12 点钟的主动脉瓣(AV)定位二尖瓣。在 3D 数据资料中包括主动脉瓣(A)、房间隔(IAS)或左心耳(LAA)，便于解剖定位，房间隔靠近内侧，左心耳靠近二尖瓣前联合部。利用同步多平面成像技术可以更好地理解瓣叶和瓣环及其临近结构之间的相对解剖和空间关系。

一个全面 TEE 检查应包括左心房(LA)和左心室(LV)的成像和评估。尽管无法通过 TEE 准确量化 LA 的大小，但应测量其在食管中段主动脉瓣短轴切面(ME AV SAX)视图中心脏收缩中期的前后径，因为它与 TTE 提取的体积数据最相关。

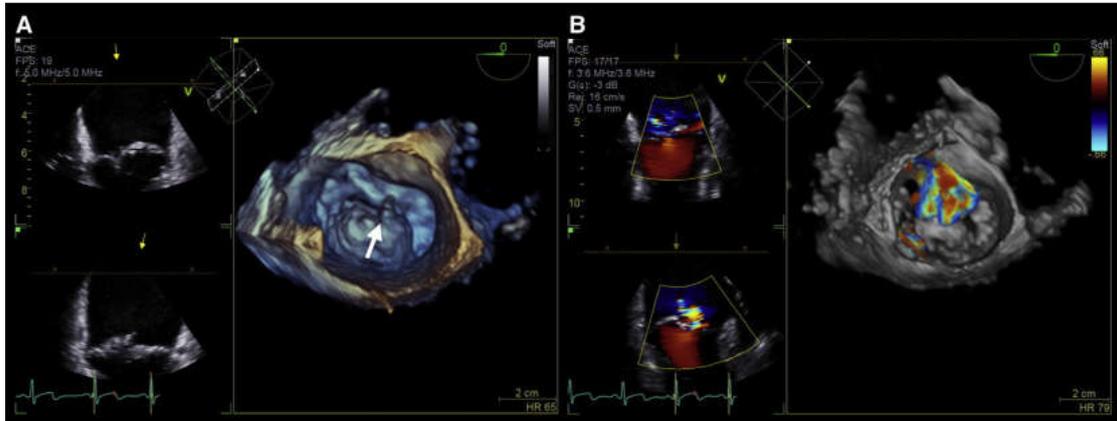


图 1 (A)从左心房视角(“外科医生视角”)在三维成像中看到的二尖瓣。可见连枷样增大的 P2 段(白色箭头) (B)彩色血流多普勒所见的二尖瓣反流束，起源于连枷 P2 节段，反流束指向前叶。

3.1.2 MV 特定病理学评估

二尖瓣狭窄

二尖瓣狭窄(MS)的病因和机制(风湿性和退行性)应通过二维和三维超声心动图评估和确认。特别是二尖瓣环钙化的严重程度和分布以及向瓣叶的延伸可能影响手术

计划。

二尖瓣狭窄的量化应该基于目前的欧洲超声心动图协会/美国超声心动图学会指南，使用多参数方法。但是风湿性疾病的二尖瓣狭窄严重程度的许多标准测量没有被证实适用退行性二尖瓣狭窄。

二尖瓣解剖瓣口面积(MVA)在心脏舒

张中期使用二维 TEE（经胃基底短轴切面与经胃二腔心切面垂直成像）定位“漏斗”形状二尖瓣最窄部，或三维超声多平面重建和直接平面测量最窄孔。增益设置需要优化，特别是 3D 数据集，因为过大的增益可以低估二尖瓣瓣口面积，特别是瓣叶尖端致密钙化时，导致声学噪声和瓣膜结构人为增厚。

术前应使用多普勒测量参数，如压力半降时间和压力梯度，以确认风湿性二尖瓣狭窄的严重程度。重要的是要记住，这些测量受到血流动力学因素的影响，如跨瓣血流和心率，这些因素在全麻下可能是动态的，以及是否存在共存的瓣膜病变（例如，二尖瓣反流[MR]、主动脉瓣反流[AR]）和舒张功能不全。低血流、低压力梯度二尖瓣狭窄已被很好地描述，多参数方法(通常利用平面测量法)是必要的。

二尖瓣反流

在特定的临床情况下，术中确认二尖瓣反流的严重程度是非常重要的，包括 (1)非计划二尖瓣手术发生间隔变化时，如选择性冠脉旁路移植术（CABG）或主动脉瓣手术 (2)二尖瓣反流病因和严重程度不清楚 (3)由于急诊或紧急手术，或者由于经胸超声心动图声窗不能提供良好图像，术前检查不完整。

根据美国超声心动图学会/心血管磁共振成像学会自体瓣膜反流评估指南，通过二维和三维成像技术详细评估整个二尖瓣环和二尖瓣瓣叶有助于确定二尖瓣反流的机制、瓣膜病变的位置和范围。重要的发现报告包括识别瓣裂（舒张期可见），小叶/分区及伴随的瓣下结构过度运动，瓣叶外观（厚度、包块/赘生物、钙化）和运动。

在手术干预前，应评估二尖瓣修复后收缩期前向运动(SAM)的风险。二尖瓣粘液瘤瓣叶冗长，特别是过长的前叶组织，非

扩张的高动力左心室，是常见的诱发因素。在食管中段五腔心切面(ME 5Ch)或食管中段长轴切面(ME LAX)视图中，二尖瓣后瓣和前瓣的长度（舒张中期），收缩末期从二尖瓣环到对合缘所测量到的的前后瓣长度比值，收缩末期二尖瓣对合缘垂直于室间隔的距离（也被称为“C-sept 距离），以及测量二尖瓣平面和主动脉瓣平面夹角度（图 2）。这些测量也可以通过三维数据资料的多平面重建来实现，从而可以操纵测量平面的位置，并消除由于倾斜方向引起的视差误差。二尖瓣修复后收缩期前向运动(SAM)的独立预测因素包括：基底部室间隔厚度(>15mm)，短的瓣叶对合点(C-sept)垂直室间隔距离(<25mm)，较小的主动脉瓣与二尖瓣夹角(<120°)，乳头肌向前移位，二尖瓣前叶和后叶长度的比值 ≤ 1.3 。

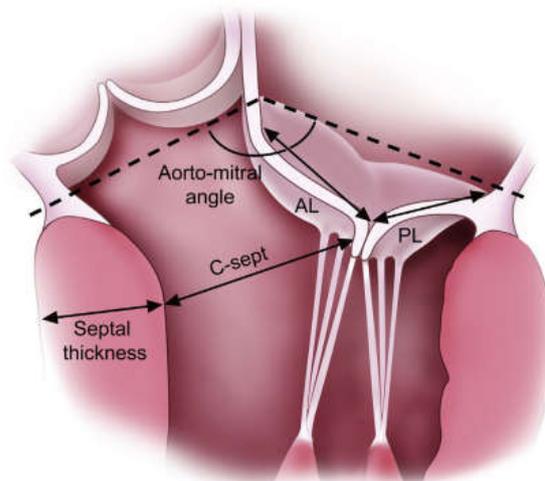


图 2 超声心动图测量预测二尖瓣修复后收缩期前向运动的风险。缩写：AL，前瓣高度测量从主动脉瓣环（应为二尖瓣瓣环—原文有误，译者注）到对合点；C-Sept，收缩末期测量从对合点到垂直于室间隔距离；PL，后叶高度测量从主动脉瓣环（应为二尖瓣瓣环—原文有误，译者注）到对合点。

左室功能障碍和扩张可导致乳头肌心尖移位和二尖瓣环平面以下对合点移位，导

致收缩期瓣膜呈帐篷形状隆起，穹隆程度可作为二尖瓣反流显著性和长期性的替代标记。采用食管中段五腔心切面(ME 5Ch)或食管中段长轴切面(ME LAX)视图测量二尖瓣环平面与收缩中期对合点（穹隆高度）之间的距离，在收缩期（中期）可以测量前后叶的关闭角度，即二尖瓣环平面与瓣叶对合点之间的夹角。通过对三维数据资料后处理多平面重建或参数分析，可以测量出二尖瓣反流穹隆的高度、面积和体积等隆起指标。

对二尖瓣反流严重程度的定性评估是基于二尖瓣反流束的 CFD 特性，无论何种方式，可能受到技术因素、容量负荷状态和偏心性反流的影响。描述二尖瓣反流的数量、来源和方向是很重要的，二尖瓣反流束方向通常远离过度运动的区域（如原发性/结构性/器质性二尖瓣反流）或朝向运动受限的区域（如继发性二尖瓣反流）。偏心性或附壁效应反流束提示中度或重度二尖瓣反流。

如果二尖瓣反流的横截面积为非圆形、椭圆形，测量缩流颈宽度可能会低估二尖瓣反流的严重程度。使用近端等速面积(PISA)方法计算二尖瓣反流有效口面积也存在同样的局限性，实际外观很少是半球形，而是半椭圆。如果存在多个反流束，则不对缩流颈宽度和通过 PISA 法测量到的有效反流面积进行求和。通过使用三维数据资料进行多平面重建，可以测量缩流颈宽度和面积，尽管这些测量会受到三维超声较低时间和空间分辨率影响，然而三维技术的新近改进已经提高了三维数据的时间分辨率。

左心室大小和功能的评估是用二尖瓣解剖评估的相同食管中段和经胃视图切面。较大的左心室和左心房提示慢性二尖瓣反流。通过经食管超声心动图评估左心室大小

和功能（整体和局部）可能受到二尖瓣环钙化的阻碍。在远场中，由于声学阴影而使各自的左心室节段模糊不清。基底部室间隔的形态应评估是否存在局灶性肥厚，CFD 可用于定位任何心室内，室中部或左室流出道（LVOT）的血流加速。

经食管超声心动图探头靠近左心房和肺静脉，使用脉冲多普勒评价肺静脉血流成为评价二尖瓣反流严重程度的有吸引力的补充定性技术，超过一条以上肺静脉的收缩逆流是严重二尖瓣反流的一个特异性提示，但不是敏感指标。

二尖瓣反流的严重程度随术中血流动力学条件的变化而变化。虽然全麻对二尖瓣病理结构无明显影响，但与术前相比，全麻下功能性二尖瓣反流的严重程度可能有所改善。一般来说，前负荷、后负荷和收缩力的变化通常是全麻下二尖瓣反流测量不准确（通常低估）的原因。对于功能性二尖瓣反流，尤其是偶然发现的二尖瓣反流，应尝试静脉输液、增强收缩力和提高后负荷，以避免错误估计二尖瓣反流的严重程度。

3.1.3 伴发病变评估

功能性三尖瓣反流(TR)常出现在二尖瓣反流患者中，手术时应全面评估三尖瓣反流，包括三尖瓣环（章节 3.3）。

人们越来越多的意识到，右心室功能障碍在二尖瓣手术患者中很常见，大多数患者术后右心室功能改善，但也有部分患者右心室功能继续下降或恶化。室间隔(IVS)的位置和右心室的大小和功能，特别是在食管中段四腔心切面和经胃短轴切面视图中，提供了关于右心室功能不全和左心疾病的容量或压力超负荷的信息。经食管超声心动图评估右心室功能的方法和参数的总结在（表

表 1 经食管超声心动图评估右心室功能

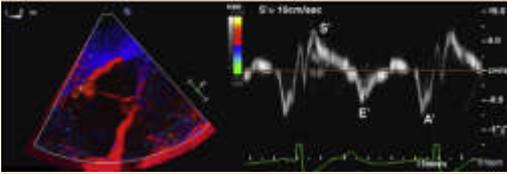
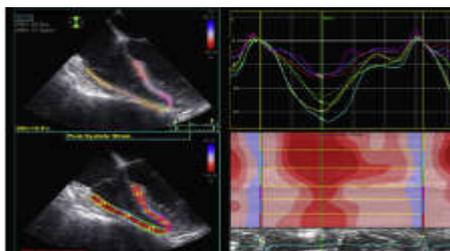
超声心动图参数	显像模式	局限性
纵向功能		
三尖瓣环收缩期移位 (TAPSE)		
斑点追踪 	斑点追踪 ME 4-Ch 聚焦右心室 使用基于斑点追踪技术的后处理软件跟踪三尖瓣环侧向右心室心尖部的运动和位移	.忽略室壁运动异常 .忽略右室流出道的贡献 .受心脏整体运动影响 .在那些接受过体外循环和心包切开心脏手术、术后右心室功能正常的患者，其数值可能会降低 .厂家特异性（斑点追踪）
M-mode 	M-Mode 改良的深部 TG-5Ch .M 型光标应与外侧三尖瓣环的纵向运动对齐 .TAPSE 从舒张末期到收缩末期 异常的 TAPSE < 1.7cm	.角度的依赖 (M-mode)
脉冲组织多普勒成像 (S') 	.脉冲波 TDI 检测三尖瓣环的收缩期峰值速度 食管中段右室流入-流出切面 改良的深胃部 5Ch 经胃右室流入-流出 确保多普勒波束与外侧三尖瓣环的运动最佳对准。可能需要角度校正 异常的右室 S' < 9.5 cm/sec	.角度依赖 .忽略室壁运动异常 .忽略右室流出道贡献

表 1 (续)

整体纵向应变

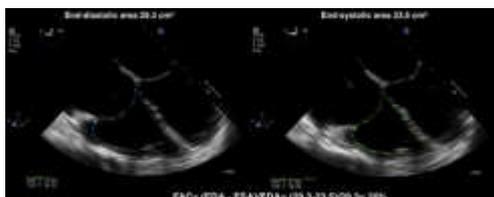


斑点追踪
ME 4Ch
纵向应变峰值
使用专用软件测量
右室游离壁三个节段的
平均值
异常 右室 GLS<20%
(在数量上)

.厂家特异性
.缺少特定于右室的软件

整体功能

面积变化分数 (FAC)



二维测量
ME 4Ch 聚焦右心室
 $FAC(\%) = (EDA - ESA) / EDA \times 100$
异常的 FAC<35%

.需要精确地描绘心内膜
.突出的肌小梁可能会引起误差
.忽略右室流出道的贡献

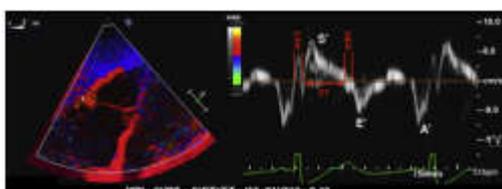
射血分数 (EF)



三维测量
 $RVEF(\%) = (EDV - ESV) / EDV \times 100$
异常 RVEF<45%

.需要高质量容积数据
.需要专业软件和专业技能

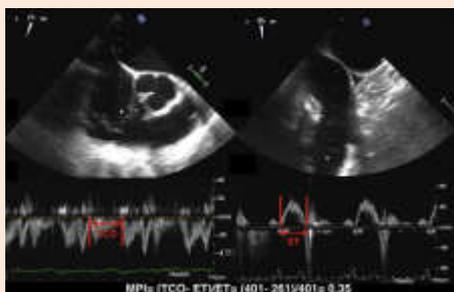
组织多普勒成像 MPI



ME 右室流入-流出
改良的深部 TG-5Ch
TG 右室流入-流出
 $MPI = (IVRT + IVCT) / ET$
异常 TDI MPI>0.54

.当右房压力升高时不可靠
.区域测量
.需要高质量的频谱组织多普勒进行时间间隔测量

脉冲波多普勒 MPI



ME 右室流入-流出
TG 右室基底部
UE 主动脉弓短轴
 $MPI = (TCO - ET) / ET$
异常 PW MPI>0.43

.当右房压力升高时不可靠
.测量是在不同的心动周期进行

缩写: EDA, 舒张末期面积; EDV, 舒张末期容积; ESA, 收缩末期面积; ESV, 收缩末期容积; ET, 射血时间; IVCT, 等容收缩时间; IVRT, 等容舒张时间; RA, 右心房; RV, 右心室; RVOT, 右心室流出道; TCO, 三尖瓣关闭至开放时间。

检查左心房及其附属器官是否有低流量(淤积/自发显影)和血栓。在二尖瓣狭窄时,

左心房或左心耳血栓的存在可能改变手术计划，结扎或封闭左心耳。术中对左心耳的评估采用二维多普勒（多平面 0°-180°）和三维超声心动图，现有指南已有所述。

关于二尖瓣手术的术前评估要点见表 2。

表 2 二尖瓣手术术前评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
评估二尖瓣解剖学	ME:4Ch, MC,2Ch, LAX TG: 基 底 部 SAX,2Ch, LAX	2D 双面/多平面 CDF 3D+/-CDF	2D:离轴方位和测量 3D: 低时间分辨率, 门控采集中的拼接 伪影
评估 MS 严重程度 平均压力 梯度: MVA 按压力半 降时间 PISA; MVA 连续方程; MVA 平面描记 (2D,3D)	ME: 4Ch, MC, 2Ch, LAX TG: 基 底 部 SAX, 2Ch,深部 5Ch	2D, 双面/多平面成 像 3D, 多平面重建 CFD: PISA 频谱多普勒: 平均压 力梯度, PHT,LVOT SV	2D: 离轴测量, 声学 阴影 多普勒声束成角; 心 率/心律依赖 同时共存的瓣膜病 变
评估 MR 严重程度 (急性和慢性 MR) 反流起始点, 方向; 缩流颈宽度; 按 PISA 计算 EROA; TMF 和 PVF; 反流体积/分数	ME: 4Ch, MC, 2Ch, LAX	.M-mode with CFD: 收缩期 MR 时机 .CFD: MR 反流特征 与定量 (按 PISA 计 算 EROA, 缩流颈宽 度/反流面积) .3D CFD: 缩流颈宽 度和面积 .频谱多普勒: MR 反 流 束 轨 迹 (Vmax,VTI); TMF 和 PVF 特征	. MR 反流束偏心或 附壁 (附壁效应) .3D CFD: 时间和空 间分辨率低 .PVF: 前负荷依赖 .TMF: 受左室舒张功 能和 AR 影响; 前负 荷依赖 .多普勒声束成角
评估“易致失败”的解 剖结构 原发 MR: SAM 继发 MR:牵拉和穹窿	ME: 4Ch, MC, 2Ch, LAX AL 和 PL 长度, C-sept 距离,AL:PL 高 度比 二尖瓣主动脉瓣夹 角,基底部 IVS 厚度, 穹窿高度/区域	2D, 双面/多平面成 像 3D 多平面重建 多普勒探查	2D: 离轴测量
评估左心室收缩功能 整体/局部 评估左心室大小 左室径线和容积	ME: 4Ch, MC, 2Ch, LAX TG: 基底部和中间 部 SAX, 2Ch,深部 5Ch, LAX	2D:叠片法 3D:容积法 频谱多普勒: LOVT SV M-mode: 内部线性 尺寸	2D:左心室透视缩短 3D: 较低的时间和空 间分辨率 LOVT 直径错误测量 离轴测量

表 2 (续)

评估左心房和左心耳 左房大小; 瘀滞, 血栓, 左心耳流速	ME: 4Ch, MC, 2Ch	2D: 双平面/多平面 成像 CFD 频谱多普勒: 肺静脉 血流特征 3D	TEE 探头接近左心 房 左心耳存在伪影
评估右房大小 评估右室大小/功能	ME: 4Ch, RV 流入/ 流出道切面, 双腔静 脉切面	2D CFD 频谱多普勒 M-mode	三尖瓣环收缩期位 移评估成角 复杂的右心室几何 形状
评估 TR	ME:4Ch, RV 流入/ 流出道切面, 双腔静 脉切面	2D CFD	多普勒声束成角 血流动力学改变
评估 TA	ME 4Ch	2D 3D 多平面重建	2D: 离轴测量 3D: 低空间分辨率

缩写: 2Ch, 两腔心的; 4Ch, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; AL, 前叶; AR, 主动脉瓣反流; CFD, 彩色多普勒; C-sept, 收缩末期测量从对合点到垂直于室间隔距离; EROA, 有效反流口面积; IVS, 室间隔; LAA, 左心耳; LAX, 长轴; LV, 左心室; LVOT, 左心室流出道; ME, 食管中段; MC, 二尖瓣交界; MR, 二尖瓣反流; MS, 二尖瓣狭窄; MV, 二尖瓣; MVA, 二尖瓣面积, PISA, 近端等速表面积; PHT, 压力半降时间; PVF, 肺静脉血流; PL, 后叶; RA, 右心房; RV, 右心室; SAM, 收缩前向运动; SAX, 短轴; SV, 每搏量; TAPSE, 三尖瓣环收缩期移位; TA, 三尖瓣环; TG, 经胃; TMF, 二尖瓣血流; TR, 三尖瓣反流; Vmax, 峰值速度; VTI, 速度-时间积分。

3.1.4 TEE 用于微创和机器人二尖瓣瓣膜手术

二尖瓣微创和机器人手术两者都使用了基于导管的系统, 实现了闭合胸腔的心肺转流术, 允许心脏停跳, 并采用与传统开胸手术类似的心脏停跳液和心肌保护。在不涉及经胸插管的手术中, 所有用于体外循环和心脏停跳液灌注的导管都是经皮放置的, 术中经食管超声心动图引导导管放置并在心肺转流期间监测其功能。

静脉流出管经股静脉和下腔静脉(IVC)插入右心房(RA)用于静脉引流, 位于上腔静脉(SVC)和右心房交界处。食管中段双腔静脉切面(ME Bicaval)用于显示导丝

从下腔静脉进入右心房并与上腔静脉接触, 同样, 当静脉插管进入右心房并与上腔静脉结合时也应显示出来。

股动脉插管提供了心肺转流的动脉血供应, 是一种末端带球囊的导管, 用于升主动管的血管阻断、向主动脉根部输送停跳液、主动脉根部排气和主动脉根部压力测量。由于导丝从股动脉进入降主动脉并延伸至升主动脉, 导丝的出现保证了球囊尖端导管的位置在升主动脉(瓦氏窦上方)。在启动体外循环后, 通过用生理盐水注射球囊来实现主动管的阻断。球囊放置位置(瓦氏窦上方 2-4cm)在食管中段主动脉瓣长轴切面(ME AV LAX)来确认, CFD 可以用来确认球囊

周围没有血流信号,从而保证主动脉完全阻断。在体外循环中,球囊的位置应定期进行监测,因为球囊可能向主动脉根部近端移动,也可能向主动脉弓远端移动。CFD 还可以应用于主动脉根部逆行灌注停跳液时主动脉瓣关闭情况视图(图 3A)。

用于逆行停跳液灌注的冠状静脉窦(CS)导管通过右侧颈内静脉进入右心房和冠状静脉窦(图 3B)。冠状静脉窦逆行灌注导管的三个管腔允许球囊充气、心脏停跳液灌注和冠状静脉窦压力测量。在改良的食管中段双腔静脉切面或稍深的食管中段四腔心切面,都能以长轴方式很好显示冠状静脉窦。尽管实际情况可能会有所不同,但在改良的食管中段双腔静脉切面视图通常可以看到冠状静脉窦导管与冠状窦口结合。在稍深的食管中段四腔心腔切面可以先看到冠状窦,再将探头略向左旋转以显示沿主动脉瓣后房室沟路径走向的冠状静脉窦。在冠状静脉

窦内尽量观察充气状态的逆行灌注导管球囊,以确保导管尖端在适当位置。在体外循环时,利用稍深食管中段四腔心切面所获取的冠状静脉窦长轴视图可证实冠状静脉窦内停跳液和逆行灌注导管球囊周围无血流漏出。TEE 引导和 X 线透视联合用于冠状静脉窦灌注导管的放置和调整。然而,单独使用 TEE 引导放置和管理冠状静脉窦逆行灌注导管已被报道成功和安全,并避免了潜在的由 X 线透视设备及辐射暴露对手术野的污染。由于逆行心脏灌注停跳术在存在永存左上腔(PLSVC)的情况下是无效的,在放置经皮导管前应排除这种异常。在大多数情况,PLSVC 通过扩张的冠状静脉窦进入右心房,永存左上腔在超声上是左心耳和左上肺静脉之间代替马歇尔韧带的回声腔。此外,冠状静脉窦扩张,且早期充满在左上肢静脉注入的震荡生理盐水,提示存在永存左上腔。

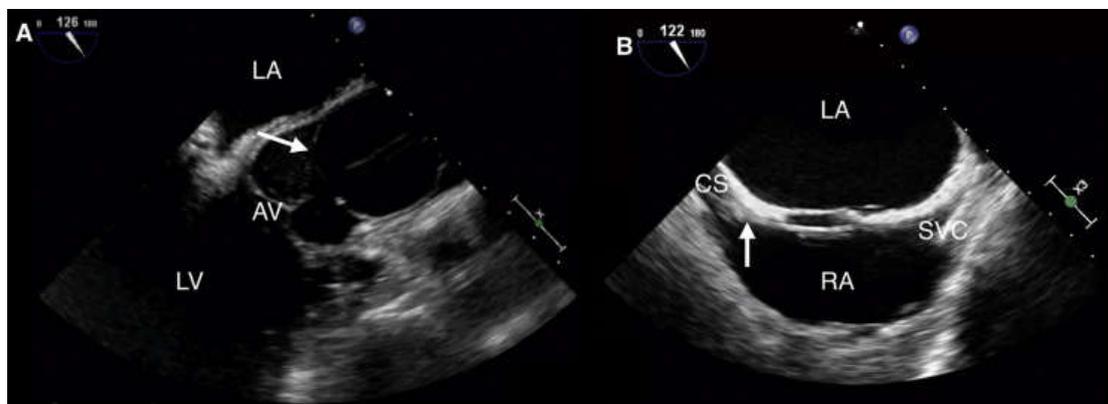


图 3 (A) 食管中段主动脉瓣长轴切面 (ME AV LAX) 显示了膨胀的球囊, 位于窦管交界上方, 使升主动脉阻断。(B) 冠状静脉窦插管用于逆行停跳液灌注 (白色箭头) 经上腔静脉 (SVC) 进入右心房 (RA) 并与冠状静脉窦 (CS) 接触。缩写: AV, 主动脉瓣; LA, 左心房; LV, 左心室

3.1.5 手术后评估 二尖瓣修复

在评估二尖瓣修复之前,必须了解外科医生所进行的修复类型,因为手术技术会影响超声心动图的结果。在主动脉开放、心脏

开始跳动、左心室有少部分容量后可以快速评估二尖瓣修复效果。在脱离体外循环前与外科医生进行沟通,检查修复中可能存在的问题,在脱离体外循环前可以尝试进一步干预。然而,在完全脱离体外循环并适当容量

负荷条件下，应对修复的充分性进行系统全面评估，二尖瓣修复评估描述特性包括（1）残余二尖瓣反流（2）医源性二尖瓣狭窄（3）收缩期前向运动（SAM）（4）左心室功能（5）医源性主动脉瓣反流（AR）

一个修复成功的二尖瓣在脱离体外循环后，二尖瓣反流不应超过轻度，应进行容量和后负荷实验，以模拟基本的生理状态，避免低估残留的二尖瓣病变。超声心动图评估残余二尖瓣反流与自体瓣膜相似。如果二尖瓣反流大于轻度，应进一步详细评估，确定修复后的二尖瓣反流的机制，并帮助指导重新修复或替换。

修复后的二尖瓣心房侧彩色多普勒（CFD）显示血流加速，应怀疑医源性二尖瓣狭窄引起。对二尖瓣修复后医源性二尖瓣狭窄的评估应包括测量压力梯度和直接测量或计算二尖瓣面积，二尖瓣狭窄的标准平均跨瓣梯度大于 6mmHg 和二尖瓣面积小于 1.8cm²。当许多因素存在时须谨慎，这些因素可以影响二尖瓣口血流，从而影响二尖瓣口跨瓣压差，如房颤、心动过速、心排量高或低。值得注意的是，对二尖瓣修复采用缘对缘缝合（Alfieri stitch）导致双孔瓣的多普勒检查可以通过任意一个孔进行，因为二个孔之间的平均压力梯度差异没有临床意义。关于压力半降时间（PHT）对二尖瓣修复面积的计算是否准确存在争议。通过三维数据资料重建二尖瓣面积可以解释二尖瓣修复后的几何解剖畸变，并与二尖瓣狭窄的其他测量方法有良好的相关性。由于所有测量都必须在特定的临床场景下进行解读，所以在病人血流动力学优化时进行测量并与血流动力学数据一起报告是很重要的。

二尖瓣修复后收缩期前向运动是已知的并发症，其发生率为 1-16%。在优化前负荷、后负荷和心率情况下，收缩期前向运动（SAM）与左室流出道梗阻和二尖瓣后向反流相关，可能需要重新修复。是否重新修复

取决于患者因素、超声心动图评估和手术技术。

由于假体材料（瓣膜成形环、新瓣膜、瓣叶增厚）等伪影的存在，不能在食管中段水平对修复的二尖瓣或其他瓣膜下结构进行完整的评估，因此经胃视图可能是很好的替代方式。

评估时应全面检查左心室功能，优化左心室容量，并排除局部室壁运动异常，因为在缝合成形环或人工瓣膜时可能损伤冠状动脉回旋支。

二尖瓣置换术

在已发表的指南中，二维、三维和多普勒超声心动图对二尖瓣瓣膜位置的评估已经得到了全面的描述。由于血流动力学状态可能发生急性或频繁的变化，术中环境对评估人工瓣膜提供了独特的挑战，应检查位于二尖瓣位置的人工瓣膜是否存在（1）机械瓣或生物瓣瓣叶的正常功能（2）存在瓣环内或瓣环周围的病理性反流。主动脉开放后检查机械瓣瓣叶/生物瓣瓣叶的充分运动。

人工瓣膜瓣片/瓣叶偏移可能受限于瓣膜下组织结构或者左心室部分充满的跨瓣膜低血流。人工瓣膜应在脱离体外循环后，在优化前负荷、后负荷、心肌收缩力和心率条件下进行综合评价。在食管中段 0-180°水平通过多角度多平面对整个人工瓣膜瓣环进行扫描同时保持人工瓣膜在图像的中心。有时需要离轴和非标准视图，配合经食管超声心动图探头的后退/推进和左旋/右旋。应该使用 CFD 来定位人工瓣膜环内和瓣周的异常血流，人造机械瓣膜的正常冲洗反流应与病理反流鉴别，三维超声心动图（含和不含 CFD）可提供二尖瓣的外观图像，从而更准确地评估瓣周反流的位置和特征。在足够的负荷条件下不活动的瓣叶，以及中度或严重的瓣周漏，应引起外科干预，而对轻度的瓣周漏处理则存在争议，因为它通常是良性的。外科立即干预的决策需要团队沟通协商确

定，应该针对每个病人和临床情况，并权衡
延长手术时间的风险。

关于二尖瓣手术的术后评估要点见表 3。

表 3 二尖瓣手术后评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
评估残余或新发 MR	ME: 4Ch, MC, 2Ch, LAX	2D: 双面/多平面成 像 CFD 3D +/-CFD	脱离 CPB 后的前负 荷、后负荷、收缩 力和心率依赖
评价 MV 瓣叶运动 排除医源性 MS 平均压力梯度 MVA 面积测量 (3D) MVA 连续方程	ME: 4Ch, MC, 2Ch, LAX TG:深部 5Ch, LAX	2D 双面/多平面成 像 3D 多平面重建 频谱多普勒： (PW:LVOT SV,CW: 二尖瓣血流)	.漏斗型 MVA .声学阴影 .并存的瓣膜病变
评估 SAM 前叶运动 二尖瓣偏心性反流 束指向后叶 LOVT 存在血流加 速 LOVT 速度增高、 收缩末期峰值多普 勒轨迹呈“匕首状”	ME: 4Ch, MC, 2Ch, LAX TG:深部 5Ch, LAX	2D mode: 二尖瓣瓣叶， 主动脉瓣收缩中期 关闭 CFD: 加速血流位 置 频谱多普勒	.脱离 CPB 后的前 负荷、后负荷、收 缩力和心率依赖 .SAM 伴二尖瓣中 央或前向反流提示 新的二尖瓣病变
评估左室收缩功能 局部室壁运动(排 除冠脉左旋支损伤 可能)及整体功能	ME: 4Ch, 2Ch, LAX TG:基底部和中间 部 SAX, 2Ch	2D: 室壁运动异常 3D: EF, SV 频谱多普勒: LV,SV	心肌顿抑 夹杂空气
评估新发的或加重 的 AR 评估 TR	ME: 4Ch, AV SAX/LAX RV 流入/流出道切 面, 改良的双腔静 脉切面	2D 双面/多平面成 像 CFD 3D	前负荷和后负荷依 赖 伪像

缩写：2Ch, 两腔心的；4Ch, 四腔心的；2D, 二维的；3D, 三维的；AR, 主动脉瓣反流；
CFD, 彩色多普勒；CPB, 体外循环；EF, 射血分数；LAX, 长轴；LV, 左心室；LVOT, 左室
流出道；ME, 食管中段；MC, 二尖瓣交界；MR, 二尖瓣反流；MS, 二尖瓣狭窄；MV, 二
尖瓣；MVA, 二尖瓣面积；SAM, 收缩期前向运动；SAX, 短轴；SV, 每搏量；TG, 经胃；TR,

三尖瓣反流。

3.2 主动脉瓣

3.2.1 术前评估

最近发表的指南描述了主动脉瓣显像的推荐平面，体外循环前应着重评估瓣膜形态、半月瓣的数目和外观，以及每个瓣叶游离边缘的长度。正常主动脉瓣半月瓣接合处在舒张期位于主动脉瓦氏窦中部环状平面上方，产生食管中段主动脉瓣长轴切面接合处高度为 1-2mm（图 4）。此视图中可以识别与瓣叶脱垂或中央错位相关的瓣叶对合不良。还应评估周围的结构，例如钙化的存在可延伸至左室流出道、主动脉瓣口、二尖瓣和主动脉壁，并可能使主动脉瓣置换术复杂化。在食管中段主动脉瓣长轴切面（ME AV LAX）收缩期（早期-中期）测量左室流出道和主动脉环的直径，这些测量可以代表椭圆形左室流出道和主动脉瓣环结构的内径，主动脉环应该从右冠瓣瓣叶的铰链点到左冠瓣和无冠瓣交界处的后方“虚拟环”的内缘到内缘进行测量。一些研究者建议在主动脉瓣环水平测量 LVOT 直径，而不是在主动脉瓣环的下面，因为后者的测量方法对于存在 S 形室间隔患者，在根据连续方程计算主动脉瓣面积（AVA）时，可能会低估。

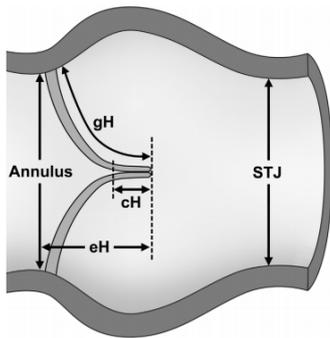


图 4 主动脉瓣修复术的术前超声心动图主动脉根部评估测量。

缩写：cH，瓣叶接合处高度；eH，瓣叶有效高度；gH，主动脉瓣几何高度；STJ，窦

管交界处；Annulus，主动脉瓣环

应用 CFD 可以定位左室流出道、主动脉瓣和近端升主动脉的收缩期血流加速和梗阻，在舒张期，通过对 TEE 探头深度、旋转和多平面变换角度进行微小的调整，CFD 可用于检查和定位主动脉瓣反流口，左右冠状动脉血流也可以通过 CFD 成像。

在 TG 视图中评估经主动脉血流和峰值速度，使用频谱多普勒探查连续方程测量前向血流容积计算 AVA，使经主动脉血流平行于超声声束，对主动脉瓣反流束的评估也可以从这些角度进行，使用 CFD 来指导多普勒光束更好地对准主动脉瓣反流束。

在食管中段主动脉瓣短轴切面或主动脉瓣长轴切面视图，通过窄角、放大容积成像模式获取 3D 数据集提供了主动脉瓣和左室流出道优越的空间和时间分辨率。通过三维数据集的多平面重建，可以测量主动脉瓣环和左心室流出道区域的直径、面积和周长，以及瓣膜联合处之间的距离、瓣叶长度和瓣尖对合。这些测量可以用来确定人工瓣膜的大小，以及保留瓣跟部手术移植物的尺寸。

3.2.2 AV 特定病理学评估

主动脉瓣狭窄

利用多普勒评估狭窄的严重程度还需要补充二维或三维超声心动图检查的瓣膜形态。血流依赖性和非血流依赖性多普勒测量用于评估主动脉狭窄(AS)的严重程度。速度和压力梯度取决于流量和解剖瓣膜面积；因此，在解释多普勒测量结果时，计算左室每搏量是至关重要的。此外，个体足够的心输出量取决于身体大小；AVA 与体表面积(BSA)的比值有助于确定病变的严重程度；对于身高 < 135 cm、BSA < 1.5m² 或体重指数 < 22 kg/m² 的较小患者，瓣膜面积的指数化尤为重要。ACC 指南使用 < 0.6cm²/m² 的指数化 AVA 来定义重度 AS。出于类似的原

因，在解释多普勒测量时，应考虑是否存在显著的 AR、MR 或高动力左室。如果通过瓣膜的流量减少(例如，显著 MR 或 LV 功能降低)，则在存在严重降低的 AVA 情况下，可能会出现低的压力梯度。在这些情况下，建议使用相对独立于流量的测量值(例如 AVA 和速度比)来确定 AS 严重程度。值得注意的是，由于全身麻醉下心脏负荷状况的变化，术中跨瓣血流速度和压力梯度的测量通常比术前 TTE 的测量要低，而速度比的测量似乎与 TTE 的对应测量更一致。

主动脉瓣反流

ASE 当前指南推荐使用多切面、多参数(定性、半定量)的方法来评估主动脉瓣反流。

在手术中定量评估反流量、反流分数和有效反流口面积(EROA)具有挑战性，因为这些耗时测量在进行全面检查的有限时间情况下可能是不切实际的。

最近，主动脉瓣修复术已被证明在特定的主动脉瓣反流患者中是可行和持久的，因此避免了人工瓣膜置换相关的风险。首先最重要的是，评估和认知主动脉瓣反流的机制可以为每个瓣膜病变选择适当的修复技术，并已被证明在预测初级修复技术方面是有效的。

术中 2D 和 3D TEE 可以(1)明确 AR 的机制，(2)提供信息以指导修复，(3)评估效果，(4)确定耐久性的预测因素。除了如上所述主动脉瓣 2D 和 CFD 的标准评估外，主动脉瓣修复前 TEE 还侧重于主动脉根部测量、主动脉瓣运动、主动脉瓣结合处水平、结合高度以及主动脉瓣反流束方向分析(图 4)。同步多平面成像允许扫描瓣叶边缘和更精确的病变定位，在区分非冠状动脉病变和左冠状动脉病变时特别有价值。

3.2.3 伴发病变评估

二尖瓣病变

主动脉瓣狭窄患者可能伴有二尖瓣和

三尖瓣病变。二尖瓣反流严重性的评估使用 3.1.2 节中概述的类似方法。通常二尖瓣反流的严重程度是轻微或轻度的，但在高达 20% 的患者中可能是中度或重度。虽然高达 60% 的患者主动脉瓣置换术后，功能性二尖瓣反流显著改善，但二尖瓣反流仍然存在，并可能与某些患者较高的发病率有关。二尖瓣钙化变性、心房颤动、左房大($>5\text{ cm}$)、肺动脉高压和二尖瓣穹窿面积 $>1.4\text{ cm}^2$ 已被确定为持续性二尖瓣反流的独立危险因素。双瓣置换术的并发症发生率明显高于单纯主动脉瓣置换术(AVR)。相反，主动脉瓣置换术后，因二尖瓣病变的再次手术在技术上更具挑战性，因为手术进入和暴露二尖瓣更困难。在决定对第二个瓣膜进行手术之前，应考虑患者和手术因素。

室间隔部分切除术

在主动脉狭窄的患者中，向心性左心室肥厚(LVH)是一种与流出受限和收缩期压力超负荷相关的代偿机制，可使左心室收缩期壁应力最小化。随着年龄的增长，升主动脉扩张，从而改变其与左室的关系，角度变得更加尖锐。室间隔基底部(长度 $<3\text{ cm}$)向左心室流出道的离散凸起可形成乙状室间隔，这可能导致至主动脉瓣置换术后主动脉瓣下的动态梗阻。小左室(左室舒张末期内径 $<42\text{ mm}$)、高动力状态和左心室不对称性肥厚(室间隔/后壁 >1.45)是 AVR 术后瓣膜下血流异常的独立预测因素。在这些患者中，可以考虑主动脉瓣置换术同时行室间隔部分切除术。

主动脉瓣手术的术前评估要点见表 4

表 4 主动脉瓣手术术前评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
评估 AV 解剖学 瓣尖形态和运动对合高度/长度 团块(感染性心内膜炎, 鉴别: 兰伯赘生物, 半月瓣小结, 纤维性赘)	ME: AV SAX, LAX TG: 深部 5Ch, LAX	2D 双平面/多平面成像 3D 对合缘高度, 左室流出道直径/面积 主动脉瓣环直径/主动脉瓣口面积描记法	2D: 离轴测量 3D: 空间/时间分辨率、采集伪影、后处理要求
确认冠状动脉开口	ME: AV SAX, LAX	2D: 双平面/多平面成像 CFD 频谱多普勒(舒张期占优势) 3D	2D: 声学阴影 3D: 空间/时间分辨率, 需要后处理
评估 AV 功能 AS: 主动脉瓣峰值速度和平均压力梯度 AVA(平面描记测量和连续性方程) AR: 返流束起源与方向, 缩流颈宽度, PHT; 降主动脉舒张期血流逆转	ME: AV SAX, LAX TG: 深部 5Ch, 2Ch, LAX, 升主动脉 SAX, LAX	2D (平面描记测量 AVA) M-mode: AV 瓣叶尖端偏移, CFD: 血流加速: 瓣膜下、瓣膜内和瓣膜上, 固定 VS 动态 CFD: AR 缩流颈 频谱多普勒: 流速特征, AV 连续方程面积, 整个舒张期血流逆转 3D (AVA 平面描记法) 3D CFD: AV 反流束和方向	负荷状态 左室功能 左室顺应性 主动脉顺应性 并存的瓣膜病变 LOVT 直径测量错误 多普勒声束偏差成角 伪像
伴发病变 MV: 存在二尖瓣反流不对称性间隔肥厚, 存在 SAM	ME: 4/5Ch, MC, 2Ch, LAX	2D/CFD M-mode: 收缩期过早关闭, 二尖瓣前叶扑动, 存在舒张期二尖瓣反流	负荷状态 左室功能
评估左室功能 整体和局部收缩功能	ME: 4Ch, 2Ch, LAX TG: 基底 SAX, 中间部 SAX, 2Ch, 深部 5Ch	2D: 定性室壁运动 2D: 叠片法 3D: 容积法 频谱多普勒: LOVT SV	2D: 几何假设 3D: 空间/时间分辨率, 需要后处理

缩写：2CH，两腔心的；4CH，四腔心的；5CH，五腔心的；2D，二维的；3D，三维的；AR，主动脉瓣反流；AV，主动脉瓣；AVA，主动脉瓣面积；CFD，彩色多普勒；LAX，长轴；LV，左心室；LVOT，左室流出道；ME，食管中段；MC，二尖瓣交界；MR，二尖瓣反流；MV，二尖瓣；PHT，压力半降时间；SAM，收缩前向运动；SAX，短轴；SV，每搏量；TG，经胃。

3.2.4 手术后评估

松开主动脉阻断后，根部加压可能检测到新的或残留的主动脉瓣反流。声学阴影可能会限制食管中段视图中的评估，而经胃成像对部分充盈的左心室可能具有挑战性。在脱离体外循环和血流动力学优化后，TEE对主动脉瓣干预治疗（修复或替换）的评估应侧重于检查和确定主动脉瓣反流的严重程度，并检查修复后或人工主动脉瓣的形态和功能。

主动脉瓣修复术

修复后必须对主动脉瓣进行系统评估，建议在评估主动脉瓣修复术时采取以下步骤：

- 1) 应用 CFD 评估，成功修复的主动脉瓣无残余反流或仅有极少量残余主动脉瓣反流。如果存在大于轻度的主动脉瓣反流，特别是偏心反流，应该进一步评估，以确定主动脉瓣修复后的反流机制，并帮助指导再次修复或可能的瓣膜置换。瓣膜评估应考虑修复类型，例如，对于主动脉瓣环扩张和 I 型主动脉瓣反流患者，如果过度缩小瓣环尺寸可能会导致瓣叶组织过多，以及随后由于瓣叶脱垂所致的 II 型主动脉瓣反流。
- 2) 在食管中段主动脉瓣长轴切面中，瓣叶对合的水平应该在主动脉瓣环的水平或以上，有效高度（从主动脉瓣环到瓣尖的距离；图 4） $>9\text{mm}$ 与主动脉瓣功能正常或接

近正常的可能性很高。相反，在瓣尖对合水平低于瓣环的水平，随后发生显著的主动脉瓣反流的风险可能性高达 71%。

- 3) 在食管中段主动脉瓣长轴视图中测量的瓣叶对合高度（图 4）应 $>4\text{mm}$ ，当对合高度为 $\geq 4\text{mm}$ 时，即使在术后早期检查中发现轻微主动脉瓣反流，在长期随访中发生中度或严重主动脉瓣反流的可能性极小。
- 4) 修复后主动脉瓣环过大也与高失败率相关，建议术后主动脉瓣环直径应小于 25mm 。
- 5) 修复后跨瓣膜的跨瓣平均压差应小于 10mmHg 。

主动脉瓣置换术

在对主动脉瓣人工瓣膜进行评估应遵循已发表的 ASE 建议，应包括：（1）识别缝合环和评估瓣叶的正常功能（2）排除病理性反流（瓣内或瓣周）（3）评估新植入瓣膜的血流动力特征。人工主动脉瓣膜的评估包括在 ME 和 TG 水平的几个切面。在 TG 切面中，由假体材料引起的混响和阴影伪影位于主动脉瓣和左室流出道的远侧，因此可以通过 CFD 对主动脉瓣反流进行评估。在 ME 水平上，可以在短轴方向上看到缝合环的整个圆周，然而在每个特定切面中，需要探头微调操作来确保缝合环水平的精确成像，双平面或多平面成像可能是有用的。

主动脉瓣人工瓣膜测量的压力梯度取决于心室收缩力、负荷条件以及人工瓣膜的

类型、大小和位置。

植入后应立即评估人工瓣膜是否存在病理性反流。瓣膜内反流是功能正常的生物瓣膜的常见现象(10%)，通常表现为小的中央或对合处反流。机械瓣膜有特殊的冲洗反流模式，可以最大限度地减少瓣叶结构中的血栓，防止血栓形成。这些冲洗反流在缝合环内可见，在瓣膜关闭过程中较早出现，且持续时间短及长度都很短。同时的多平面成像可以更容易地识别和呈现这些反流。反流束的特征可能不只是轻微的反流，包括宽的反流束、多个反流束、瓣架或缝合环周围可见的反流以及可见的近端血流汇聚。ASE指南不建议使用反流束长度或反流束面积来评估人工瓣膜反流的严重程度，因为这些反流通常是偏心的，受LVOT的限制，或缠绕

在LVOT内，导致反流迅速扩大。使用定量标准的注意事项包括心室负荷状况和功能，以及心室和主动脉顺应性。

用于评估自体瓣膜狭窄的多普勒原理和公式也同样适用于人工瓣膜狭窄。提示明显瓣膜梗阻的定量指标包括加速时间延长(>100ms)时主动脉峰值流速>3m/s和低多普勒速度指数(DVI)(<0.27 ; 正常 ≥ 0.35)。由于患者人工瓣膜不匹配会导致主动脉瓣置换术后左心室功能下降和远期疗效差，因此新植入的人工瓣膜的有效瓣口面积(EOA)应该用连续方程来计算。应将有效瓣口面积(EOA)与其他多普勒参数进行比较确定一致性，并确定不一致性的原因。

主动脉瓣手术的术后评估要点如表5所示。

表5 主动脉瓣手术术后评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
主动脉开放后的主动脉瓣置换/修复评估： 残余/新发AR（返流束特征）；左心排气情况	ME: AV SAX,LAX	•2D •CFD	•负荷状况 •远场声影
CPB脱机后主动脉瓣置换评估： 瓣内漏、瓣周漏；瓣叶活动度；峰流速/平均压力梯度，DVI；有效瓣口面积（连续方程法）	ME: AV SAX,LAX TG: 深部5Ch, 2Ch, LAX	•2D,双平面/多平面成像 •CFD •频谱多普勒 •3D	•负荷状况 •伪像 •多普勒声束成角
主动脉瓣修复评估： 有无AR及严重程度；对合高度，平均跨瓣压力梯度	ME: AV SAX,LAX TG:深部5Ch,LAX	•2D:平面几何描记法测AVA •CFD •3D:平面几何描记法测AVA •频谱多普勒	•负荷状况 •伪像 •3D需要后处理 •多普勒声束成角
左室功能评估： 收缩功能：整体/局部	ME: 4Ch,2Ch,LAX TG:基底SAX,中间SAX,2Ch,深部5Ch	•2D:室壁运动定性测量 2D: 叠片法 3D: 容积法	•2D: 几何假设 •3D: 空间/时间分辨率，后处理要求

表 5 (续)

排除冠状动脉开口损伤： 辨别冠状动脉开口损伤，新发室壁运动异常	ME: AV SAX,LAX	•2D,双平面/多平面成像 •CFD •3D	•3D: 低空间分辨率, 后处理要求
------------------------------------	----------------	------------------------------	--------------------

缩写：2CH，两腔心的；4CH，四腔心的；5CH，五腔心的；2D，二维的；3D，三维的；AR，主动脉瓣反流；AV，主动脉瓣；AVA，主动脉瓣面积；AVR，主动脉瓣置换；CFD，彩色多普勒；CPB，体外循环；DVI，多普勒速度指数；LAX，长轴；LV，左心室；LVOT，左室流出道；ME，食管中段；SAM，收缩期前向运动；SAX，短轴；SV，每搏量；TAPSE，三尖瓣环收缩期移位；TG，经胃。

3.3 三尖瓣

3.3.1 术前评估

三尖瓣装置应按照业已出版指南中描述的食管中段和经胃视图切面进行评估。原发性三尖瓣病变相对少见，为了排除继发性或功能性三尖瓣反流的原因，常对左心结构和肺动脉进行综合评估。检查侧重于瓣膜解剖和功能，以及对周围结构的生理影响，如右心房、右心室、房间隔和室间隔。三尖瓣解剖的复杂性，以及三尖瓣瓣叶的圆周和径向大小的变异性，可能需要探头进行双平面成像和非标准切面，以便更准确地识别三尖瓣瓣叶。周围的解剖标志可用于识别瓣叶。隔叶总是毗邻室间隔，冠状静脉窦开口于右心房，靠近后叶和隔叶的联合处，前叶毗邻右心耳和主动脉瓣右冠瓣。外科手术患者通常在右心房内放置导管和设备(如临时起搏器)，这些导管和设备可能附着血栓或赘生物，并可能导致三尖瓣闭合不全。可以在经胃右心室基底部切面对三尖瓣瓣叶进行逐个评估，并利用同步双平面成像模式进一步评估。3D 成像通过从右心房或右心室角度以正面方式检查三尖瓣有助于增强对瓣叶的识别，然而由于三尖瓣结构薄和位于探头远场，用三维超声心动图对三尖瓣成像具有挑战。

3.3.2 TV 特定病理学评估

三尖瓣狭窄

三尖瓣狭窄 (TS) 的主要表现是异常增厚的三尖瓣叶运动范围缩小和舒张期血流加速。经三尖瓣舒张期血流加速，右心房扩张，房间隔向左心房移位，下腔静脉和右心耳也扩张，常伴有自发性超声显影。在肝静脉血流速度图中，收缩期 (S) 波减弱或反向提示右心房压力升高，三尖瓣狭窄的严重程度应根据 ASE 指南进行评估。

三尖瓣反流

根据已发表的 ASE 指南，三尖瓣反流的超声心动图评估应采用几种成像方式：二维和三维超声心动图，彩色血流、连续频谱 (CW) 和脉冲频谱 (PW)。三尖瓣反流评估的一个重要方面是评估三尖瓣环 (TA) 扩张和右室重构。根据现有证据，显著的瓣环扩张被定义为舒张末期直径 $>40\text{mm}$ ($>21\text{mm/m}^2$)，是功能性三尖瓣反流三尖瓣手术决策算法的一部分。近期，研究者使用食管中段四腔心切面中的三尖瓣环测量值，作为三尖瓣瓣环沿前外后隔轴向扩张的的隔-侧径线。三尖瓣环的测量也可以通过三维多平面重建来实现。右心室重塑可导致三尖瓣几何形状发生改变，三尖瓣成形术后残留的三尖瓣反流与瓣叶腱索过大 $>0.76\text{cm}$ 和腱

索面积>1.63cm²有关。

3.3.3 手术后评估

术中对修复/替换后的三尖瓣评估需要评估医源性三尖瓣狭窄和残余三尖瓣反流，并依赖于用于自体瓣膜的相同成像方式，

CFD 用于评估残余三尖瓣反流，频谱多普勒测量舒张期跨瓣压差以排除医源性三尖瓣狭窄。

三尖瓣手术患者术前和术后评估要点如表6所示。

表6 三尖瓣手术术前、术后评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
术前			
三尖瓣解剖评估： 瓣叶外观；瓣叶牵拉 受限；三尖瓣瓣环	ME:4/5Ch, RV 流入/ 流出道切面，改良的 双腔静脉切面， TG: RV 基底部，RV 流入道	•2D,双平面/多平面成 像 •3D	•瓣膜远场位置 •解剖变异
TR 评估： 反流数目和方向；缩 流颈宽度/面积； RVSP	ME: 4/5Ch, RV 流入 /流出道切面，改良的 双腔静脉切面 TG: RV 流入/流出道 切面	•2D,双平面/多平面成 像 •CFD: TR 反流束方 向 •CW:TR 反流束 •PW: 三尖瓣 E 峰速 度	•需要多角度观察 •反流口多变几何形 状 •多普勒声束成角
三尖瓣瓣环测量	ME: 4Ch	•2D •3D	•TA 形态多变 •无标准测量切面
三尖瓣狭窄评估： 平均跨瓣压差	ME: 4/5Ch, RV 流入 /流出道切面，改良的 双腔静脉切面	•2D,双平面/多平面成 像 •CFD •频谱多普勒	•共存瓣膜病变
相邻结构： 冠状窦，右心耳，腔 静脉，肝静脉，房间 隔	ME:4Ch,双腔静脉切 面(IVC,SVC),升主动 脉 SAX(SVC)	•2D,双平面/多平面成 像 •CFD •频谱多普勒:肝静脉 血流频谱轮廓	
RV/RA 大小和功能评 估： 收缩舒张期 IAS 和 IVS 运动	ME: 4/5Ch, RV 流入 /流出道切面 TG: 中间部 SAX, RV 流入/流出道切面	•2D,双平面/多平面成 像 •CFD •频谱多普勒	•需要多切面观察 •右室复杂几何形状
术后			
形态/解剖	ME:4/5Ch,RV 流入/ 流出道切面，改良的 双腔静脉切面， TG: RV 流入/流出道 切面，RV 流入道切面	•2D,双平面/多平面成 像 •3D •CFD •频谱多普勒	•假性材料声影 •受负荷状态和阳性 肌力药物影响 •多普勒声束成角
残余 TR			
排除源医性 TS			

缩写：2Ch, 两腔心的；4Ch, 四腔心的；5Ch, 五腔心的；2D, 二维的；3D, 三维的；CFD, 彩色多普勒；CW, 连续频谱；E, 舒张早期充盈；IAS, 房间隔；IVC, 下腔静脉；IVS, 室间隔；LAX, 长轴；ME, 食管中段；PW, 脉冲频谱；RA, 右心房；RV, 右心室；SAX, 短轴；SVC, 上腔静脉；TA, 三尖瓣环；TAPSE, 三尖瓣环收缩期移位；TG, 经胃；TR, 三尖瓣反流；TS, 三尖瓣狭窄；TV, 三尖瓣。

3.4 肺动脉瓣

3.4.1 术前评估

肺动脉根部组成包括右室流出道（RVOT）、肺动脉瓣、瓣叶间三角和瓦氏肺动脉窦。类癌综合征、心内膜炎和先天性心脏病（如法洛四联症修复术或先天性肺动脉瓣狭窄）可出现明显的肺动脉瓣病变。评估应包括瓣叶形态和运动、瓣环大小、瓣膜/瓣叶对称性和瓣叶完整性。当计划对病变的自体瓣膜或人工心脏瓣膜进行 ROSS 手术或经导管肺动脉瓣置换术时，评估自体肺动脉瓣的尺寸、大小和功能尤其重要。肺动脉瓣评估可以按照业已出版的 ASE 指南建议，在食管上段（UE）、食管中段（ME）和经胃（TG）视图成像。

3.4.2 PV 特定病理学评估

肺动脉瓣狭窄

肺动脉瓣狭窄（PS）在成人最常见的原因是先天性心脏病（先前修复后的残余狭窄、先天性矫正的大动脉转位、法洛四联症），但也可能是类癌疾病发展的结果。类癌综合征患者的肺动脉瓣叶增厚，并伴有钙化和收缩期“穹隆”状。

压力梯度的测量是 PS 评估的主要内容。应将其与瓣膜下或瓣膜上狭窄区分开，并应对主肺动脉（PA）成像，以了解狭窄后扩张的存在。RVOT 梗阻可能发生于漏斗状间隔膜的肥厚，膜性室间隔瘤，心脏肿瘤以及右主动脉瓦氏窦扩张引起的压迫。

肺动脉瓣反流

肺动脉瓣反流（PR）通常耐受性良好，除非严重。严重 PR 通常是先天性的，或者

是先前矫正手术的后遗症（例如，在校正法洛四联症或先天性肺动脉瓣狭窄修补后）。这也可能是由于肺动脉高压（导致肺动脉瓣环扩张），类癌综合征（瓣叶增厚，在收缩期和舒张期运动受限），心内膜炎，粘液性变性（罕见），马凡氏综合征或先天性肺动脉瓣狭窄继发球囊扩张的结果。先前进行的室间隔缺损（VSD）修复术可能会导致肺动脉瓣解剖结构变形，从而导致 PR。

有关 PR 严重程度的分级标准已在 ASE 相关的指南中进行了描述。

3.4.3 手术后评估

术后对置换的肺动脉瓣的术中评估需要了解有无肺动脉狭窄和残余肺动脉瓣反流，并依赖于用于自体瓣膜的相同成像方式；CFD 用于检查有无残余肺动脉瓣反流，频谱多普勒用于测量收缩期跨瓣压差以排除医源性肺动脉瓣狭窄。

外科和经导管肺动脉瓣置换术后都有冠状动脉侵犯或变形的报道，因此，应该对左心室和右心室壁运动进行全面检查，以排除这类并发症。

肺动脉瓣手术患者手术前后评估的要点见表 7。

表 7 肺动脉瓣手术前后评估的要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
手术前			
PV 解剖学	ME: RV 流入/流出	2D 双平面/多平面	回声差(位置靠前、瓣叶菲薄)
PV 瓣叶形态与运动	道切面, 升主动脉	成像	
PV 瓣环尺寸	SAX/LAX	CFD	主动脉根部声学阴影
瓣下或瓣上狭窄	UE: 主动脉弓 SAX	3D	很难排除穿孔, 开窗
	TG:RV 基底部分, RV 流入/流出道切面		
PV 功能	UE: 主动脉弓 SAX	CFD	受负荷状态影响
评估 PR: PHT, PA 血流	ME: RV 流入/流出	频谱多普勒	多普勒声束成角
逆转, 反流束宽度与肺动脉环比例	道切面		
评估 PS: 峰值流速	TG: RV 基底部分, RV 流入/流出道切面		
峰值压力梯度			
无创血流动力学	UE: 主动脉弓 SAX	CFD	受负荷状态影响
SPAP/平均 PAP	ME: RV 流入/流程	频谱多普勒	多普勒声束成角
收缩中期右室流出道多普勒包络轨迹	到切面		
PVR	TG:RV 基底部分, RV 流入/流出道切面		
(TR _{jet} /VTI _{ROVT} ×10)			
PA 加速时间			
RVOT SV			
手术后			
形态学/解剖学	UE: 主动脉弓 SAX	2D 双平面成像	回声差
残余 PR	ME: RV 流入/流出	3D/CFD	伪像
瓣膜下狭窄	道切面, 升主动脉	频谱多普勒	受负荷状态影响
排除医源性 PS	SAX		多普勒声束成角
	TG: RV 基底部分, RV 流入/流出道切面		

缩写: 2CH, 两腔心的; 4CH, 四腔心的; 5CH, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; CFD, 彩色多普勒; DPAP, 肺动脉舒张压; LAX, 长轴; ME, 食管中段; PA, 肺动脉, PHT, 压力半降时间; PR, 肺动脉瓣反流, PS, 肺动脉瓣狭窄, PV, 肺动脉瓣; PVR, 肺血管阻力; RA, 右心房; RV, 右心室; RVOT, 右室流出道; SAX, 短轴; SPAP, 肺动脉收缩压; SV, 每搏输出量; TG, 经胃; TR, 三尖瓣反流; UE, 食管上部; VTI, 速度-时间积分。

4. 冠状动脉疾病

TEE 在冠状动脉旁路移植术 (CABG) 中的应用已经得到了业已出版指南的支持。考虑到冠状动脉疾病 (CAD) 的动态特征, TEE 在这些过程中的作用是对患者确认诊断、排除新的瓣膜功能障碍和完善补充术前未被识别的异常诊断。

4.1 术前评估

冠状动脉疾病的动态性特点要求进行全面的 TEE 检查, 详见 ASE 相关实践指南。对于接受冠状动脉搭桥术的患者, 重点是评估双心室的收缩功能, 评估舒张功能障碍的严重程度, 评估容量依赖性和充盈压力, 评估是否存在瓣膜功能障碍, 以及检查主动脉是否患有动脉粥样硬化性疾病。还应特别注意心肌梗死可能的机械并发症的诊断, 如乳头肌破裂或梗死相关的室间隔缺损。

心功能不全的评估在确定患者脱离体外循环时或体外循环后的管理计划时尤为重要, 因为血运重建手术后的高危患者可能需要正性肌力药物或临时机械循环辅助。左心室形态、大小、室壁厚度、有无室壁瘤或低血流状态 (自发超声显影) 应在食管中段和经胃视图进行评估。收缩功能的定性和定量评估应按照 ASE 指南中心室定量推荐的 2D 和 3D 超声心动图方法进行。可以在 ME 切面中使用双平面同步正交成像, 以避免左心室缩短。应在术前测定基础值时注意室壁运动异常, 并与血运重建后检查进行比较, 右心室的大小和功能也应在多个断层切面上评估 (表 2)

评价舒张功能对血流动力学管理有重要意义。舒张功能受损 (I 级舒张功能异常) 提示对前负荷和心房收缩的依赖, 而限制性收缩功能异常 (III 级舒张功能异常) 则提

示对心率的依赖, 以便在存在固定每搏输出量的情况下维持足够的心输出量。

应注意瓣膜功能有无障碍, 因为任何未被识别的重大病变都可能导致手术计划的改变 (例如, 对于中度或重度二尖瓣反流, 进行二尖瓣修复或置换; 或者对于重度主动脉瓣狭窄, 进行主动脉瓣置换), 或者灌注策略的改变 (例如, 如果存在明显的主动脉瓣反流, 需要逆行停跳液灌注, 或者放置左心室引流管)。

最后, 术前成像应包括评估升主动脉近端、降主动脉和主动脉弓, 了解是否存在动脉粥样硬化。严重的动脉粥样硬化性疾病可能会影响主动脉插管部位的位置、主动脉阻断的位置或用于血流动力学支持的主动脉内球囊反搏 (IABP) 的放置位置。当 TEE 不能显示主动脉插管位置时, 如果在主动脉其他部位发现明显动脉粥样硬化, 外科医生可以利用体表血管探头对主动脉表面直接扫描成像观察。

4.2 手术后评估

TEE 通过提供左心室、右心室充盈和功能相关的解剖与功能信息, 有助于脱离体外循环时优化前负荷、后负荷和正性肌力药物支持。

术后还应进行全面的 TEE 检查。应解决的具体问题包括: (1) 评估局部和整体心肌功能, 特别是在搭桥冠状动脉灌注的节段; 这种检查应在体外循环手术后定期进行, 因为移植桥血管在任何时候都可能发生弯折, 尤其是在胸骨再次闭合后; (2) 检测与主动脉插管有关的重大并发症 (例如, 升主动脉夹层)、空气栓塞或心肌保护问题; 以及 (3) 评估瓣膜功能。

冠脉旁路移植术术前术后评估要点见表 8。

表 8 冠状动脉旁路移植术前后评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
LV 解剖学 形状和大小(局部和整体)、壁厚	ME:4/5Ch, 2Ch, LAX TG:基底部 SAX, 中 间部 SAX, 2Ch	2D 双平面/多平面成 像 M-mode 3D	左室缩短 M-mode: 仅对前段 和下段进行评估 3D: 空间/时间分辨 率低, 需要后处理
左室整体功能 ED 和 ES 面积 ED 和 ES 容积 SV/EF	ME:4/5Ch, 2Ch, LAX TG:基底部 SAX, 中 间部 SAX, 2Ch	2D: 叠片法, FAC M-mode : MAPSE, FS 频谱多普勒: SV,MPI 组织多普勒: S',MPI 3D 斑点追踪	几何假设 受负荷状态影响 多普勒声束成角 3D: 时间/空间分辨 率低
左室局部功能 室壁运动和厚度	ME: 4/5Ch, 2Ch, LAX TG:基底部 SAX, 中 间部 SAX, 2Ch	2D: 双平面/多平面 成像 M-mode 组织多普勒 斑点追踪	2D: 观察者依赖 多普勒声束成角 斑点跟踪: 耗时(噪 声信号、后处理) 受负荷状态影响
舒张功能	ME: 4/5Ch, 2Ch, LAX	频谱多普勒: 二尖瓣 血流、肺静脉血流 组织多普勒: 二尖瓣 环速度 E/e'	多普勒声束成角 受负荷状态影响 受并存瓣膜疾病影 响 受心率和节律的影 响
主动脉动脉粥样硬 化性疾病 术后: 评估医源性主 动脉夹层	ME 升主动 脉 SAX/LAX UE : 主动 脉弓 SAX/LAX 降主动 脉视图 主动 脉外膜扫描	2D 3D	升主动 脉和主动 脉 弓远端的“盲点” 近场伪影

缩写: 2CH, 两腔心的; 4CH, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; CFD, 彩色多普勒; E, 二尖瓣血流早期充盈峰值, e'组织多普勒二尖瓣环舒张早期心肌速度; ED, 舒张末期; EF, 射血分数; ES, 收缩末期; FAC, 面积变化分数; FS, 缩短率; LAX, 长轴; LV, 左心室; ME, 食管中段; MPI, 心肌活性指数; SAX, 短轴; SV, 每搏量; TG, 经胃; UE, 食管上部。

5 主动脉手术

5.1 术前评估

ASE/SCA 全面 TEE 成像指南推荐了一

种从主动脉根部到降主动脉的系统成像方法。使用同步多平面成像可确保主动脉根部和近端升主动脉在所需的水平上成像, 并且最大尺寸垂直于血管的长轴测量。

按照惯例，主动脉根部的测量，即瓦氏窦、窦管交界处和升主动脉的管状部分，是在舒张期进行的，从前缘到前缘；然而，请注意，超声心动图实验室经常在收缩期进行这些测量。三维数据集的离线多平面重建可以实现这些测量。

通过将病变位置描述为距左锁骨下动脉起点的距离、其在血管壁上相对于食道位置(例如，与食道相对的壁)、或距离门齿的深度，这些有助于胸主动脉降段内异常病变的定位。

5.2 主动脉特定病理学评估

动脉粥样硬化评估

根据 2015 年 ASE 关于胸主动脉疾病多模式成像的指南文件，TEE 被推荐为诊断主动脉粥样硬化的首选成像方式。在对几种分类方案进行回顾的基础上，ASE 指南建议根据病变厚度的增加对主动脉粥样硬化疾病进行分级：1 级(内膜厚度 $<2\text{ mm}$)、2 级(内膜增厚 $2\text{--}3\text{ mm}$)、3 级(动脉粥样硬化厚度 $3\text{--}5\text{ mm}$)、4 级(动脉粥样硬化厚度 $>5\text{ mm}$)和 5 级(任何有移动性或溃疡性成分的动脉粥样硬化厚度)。

主动脉夹层

TEE 是确认主动脉夹层诊断和评估相关并发症的基础，应该在所有接受 A 型夹层修复术(累及升主动脉)的患者中进行。术中 TEE 应该用来识别夹层撕裂内膜片的存在，确定主动脉夹层的范围(例如，主动脉根部近端和膈肌下降主动脉远端)，识别真腔和假腔，并定位破口位置。排除与主动脉夹层相关的并发症包括冠状动脉受累(CFD 可见冠脉内血流、室壁运动异常)或主要侧支受累、心包积液和心包填塞、胸腔积液和主动脉瓣反流。

重要的是鉴别撕脱内膜片与伪影，如旁瓣伪影、镜像伪影或混响伪影。

区分真腔和假腔很重要，特别是在计划

进行主动脉内植入情况下(例如，插管、放置导丝)。在慢性和急性夹层中，较大的管腔通常是假腔，特别是在主动脉弓和降主动脉远端的地方。脉冲频谱(PW)显示真实管腔的收缩期血流速度较高。M 型成像可以帮助确定内膜片在收缩时的运动方向，从而识别真实的管腔，显示为收缩期间的扩张。假腔显示自发的回声增强并增加血栓形成的可能性。

内膜撕裂可定位于 78~100%的患者。此外，急性主动脉综合症的变型，如壁内血肿、动脉粥样硬化性穿透性溃疡和侧支梗阻也可被识别。

当显著的主动脉瓣反流合并急性 A 型主动脉夹层时，TEE 在确定 AR 的严重程度和机制方面至关重要，可以帮助外科医生确定哪些患者的瓣膜修复可能成功，因为多达 86%的升主动脉夹层可以保留主动脉瓣。A 型主动脉夹层中主动脉瓣反流的几种机制：

(1) 因扩张的窦管交界束缚瓣叶而导致的正常瓣叶中心性关闭不全 (2) 由于撕裂内膜片延伸到主动脉根部造成瓣叶附着中断而导致的瓣叶脱垂 (3) 撕裂的内膜片脱垂至瓣口，导致瓣口闭合形态变形至偏心性反流。主动脉瓣反流和修复适应性评估详见 3.2.2。

主动脉瘤

对于主动脉瘤手术的患者，手术前通常要彻底检查主动脉的解剖结构。尽管如此，术中 TEE 在描述动脉瘤是否累及主动脉根部、升主动脉和主动脉瓣方面是有用的。

主动脉手术术前评估要点见表 9。

表 9 主动脉手术的术前评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
升主动脉：LVOT，AV, 窦管交界处，升主动脉 主动脉弓（包括大血管） 降主动脉	ME: 升主动脉 LAX, SAX UE: 主动脉弓 SAX, LAX 降主动脉：SAX, LAX	2D, 双/多平面成像 CFD 频谱多普勒 3D	“盲区”远端升主动脉和主动脉弓 离轴测量
动脉粥样硬化性疾病： 位置 测量 活动性/溃疡性病变	ME: 升主动脉 LAX, SAX UE: 主动脉弓 SAX, LAX 降主动脉：SAX, LAX	2D, 双/多平面成像 3D	“盲点”远端升主动脉和近端主动脉弓 近场伪像 观察依赖 未考虑“动脉粥样硬化负担”
主动脉夹层： 夹层撕裂内膜片，假腔入口，扩展，假腔与真腔 冠状动脉受累 壁运动异常 主动脉瓣关闭不全 心包积液 胸腔积液 其他急性主动脉综合征： 穿透性溃疡 壁内血肿	ME: 升主动脉 LAX, SAX UE: 主动脉弓 SAX, LAX ME: AV SAX, LAX (AR, 冠状动脉受累)	2D, 双/多平面成像 CFD: 入口撕裂, AR 评估, 冠状动脉受累 M 模式: 真腔的收缩期扩张 频谱多普勒: 真腔中的收缩流	“盲点”远端升主动脉和近端主动脉弓 伪影（镜像，混响）
主动脉瘤： 位置 主动脉瓣关闭不全	ME: 升主动脉 LAX, SAX UE: 主动脉弓 SAX, LAX ME: AV SAX, LAX	2D, 双/多平面成像 CFD: AR	“盲点”远端升主动脉和近端主动脉弓

缩写：2D，二维的；3D，三维的；AR，主动脉瓣反流；AV，主动脉瓣；CFD，彩色多普勒；LAX，长轴；LVOT，左室流出道；ME，食管中段；SAX，短轴；SV，每搏量；TG，经胃；UE，食管上部。

5.3 手术后评估

在手术过程中，TEE 有助于引导插管和放置导丝，无论是开放手术或杂交手术，静

脉引流管可以通过股静脉放置于右心房，TEE 确认导丝的存在，然后使用食管中段双腔静脉切面引导放置导管于右心房。导丝放

置在主动脉夹层的真腔内，用于插管或支架置放。应特别注意部分左心转流下行降主动脉瘤的切开修补术者。在这种部分体外循环支持的配置中，在左上肺静脉放置一个引流管，血液在降主动脉或股动脉提供供血给患者，位于主动脉阻断的远端。TEE 是一种多用途的工具，用于监测心室充盈和收缩功能，以确保主动脉阻断远端的循环支持有足够的血流和维持主动脉阻断近端血流动力学稳定的足够前负荷。

在脱离 CPB 后，应立即使用 TEE 系统地评估主动脉和主动脉瓣的解剖特征，并根据所进行的手术方式着重评估相关要素。主动脉瓣修复或置换应按照第 3.2.4 节所述进行评估。如果行主动脉根部置换术并行冠状动脉移植，应用 CFD 评估植入冠脉的充盈血流，检查室壁节段的运动情况，并记录室壁运动异常并与外科团队讨论。这种评估应该在 CPB 后继续进行，因为在外科手术或胸骨关闭期间，冠状动脉折弯和挤压变形可能发生在不同的时间。具体地说，对于主动

脉夹层，应该评估主动脉，以确保撕裂的破口和假腔已经被解除，血流已经恢复到真正的管腔。

在杂交和血管介入手术中，TEE 有助于发现内漏，是指在支架管腔外和动脉瘤囊内或邻近的血管段内监测到持续的血流。超声心动图医师应通过旋涡式自发显影增强的存在来警惕内漏的存在，因为这提示动脉瘤囊内残留血流。I 型内漏表现为围绕附着点(近端或远端)的持续血流，II 型是由于从未闭侧支血管逆行流入动脉瘤囊而发生的，III 型表现为通过撕裂、缺损或在内移植物的衔接处之间流入动脉瘤囊，而 IV 型表现为穿过支架的孔隙率流的血流。

TEE 在血管介入手术中最重要的作用之一是认识到逆行医源性主动脉夹层。医源性主动脉夹层很少见，报告发病率为 1.9%，但死亡率很高(33%)。应仔细检查升主动脉和主动脉弓，以证明其完整性。

主动脉手术后评估主动脉的要点见表 10。

表 10 主动脉手术后评估要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
AV 修复评估	ME: AV SAX, AV	2D, 双/多平面成像	声学伪影
残留 AR	LAX	CFD	负荷状态
对合缘高度	TG: 深 5Ch, LAX	频谱多普勒	多普勒声束成角
跨瓣压力梯度		3D	
AV 置换评估			
瓣内/瓣周 AR			
瓣叶运动			
压力梯度			
冠状动脉再植入的评估	ME: 升主动脉 LAX, SAX, 4Ch, 2Ch,	2D, 双/多平面成像	声学伪影
移植冠状动脉血流	LAX	CFD	负荷状态
室壁运动异常	TG: 基础 SAX, 中 SAX, 2Ch		

表 10 (续)

血管内手术评估	ME: 升主动脉 LAX, 2D, 双平面/多平面	“盲点”远端升主动
正确放置引导钢丝	SAX	脉和近端主动脉弓
内漏	UE: 主动脉弓 SAX, CFD	伪影 (镜像, 混响)
医源性主动脉夹层	LAX	展开支架的声学阴
	ME: AV SAX, LAX	影
	降主动脉 SAX LAX	的收缩流

缩写: 2D, 二维的; 3D, 三维的; AR, 主动脉瓣反流; AV, 主动脉瓣; CFD, 彩色多普勒; LAX, 长轴; ME, 食管中段; SAX, 短轴; SV, 每搏量; TG, 经胃; UE, 食管上部。

6 机械循环支持

心室辅助装置(VAD)的技术进步带来了其疗效提高、植入便捷、支持时间和患者预后改善,这可能会继续推动在快速增长的心力衰竭患者群体中进行更多的植入。以下部分重点介绍了 TEE 在接受持久或临时机械循环支持(MCS)患者的围手术期应用。

6.1 左心室辅助装置

体外左心室辅助装置(LVAD)旨在作为心脏移植或康复的桥梁,或作为永久替代治疗。这些装置通常配置为轴向或离心流动,流入管道位于左室心尖,流出管道与升主动脉吻合,或者对于有明显升主动脉病变的患者,也可与降主动脉吻合,但非常少见。流入管道和流出管道之间的 LVAD 叶轮泵可位于膈肌上方(HeartWare HVAD, HeartWare International, Framingham, MA and HeartMate 3, Abbott-Thoratec, Chicago, IL)或膈肌下方(HeartMate II, AbbottThoratec, 芝加哥, IL)。

最近的指南强调了超声心动图在左心室辅助装置患者围手术期监护中的关键作用。虽然绝大多数接受左心室辅助装置植入的患者术前都进行了 TTE 检查,但在放置装置之前应该进行全面的术中 TEE 检查。

TEE 改善了许多心脏结构的可视化,使我们有机会发现在体表超声心动图中可能漏诊的重要情况,如心房间分流、心内肿块或主动脉瓣反流的存在,这些情况在放置左心室辅助装置时可能需要手术治疗,并可能改变手术计划。

6.1.1 术前评估

植入前超声心动图检查的重点是左心室辅助装置的置入位置(左心室尖部和主动脉),排除血流动力学上有意义的瓣膜病变,检测左心耳或左心室肿块或血栓,并使用推荐的观点和指南评估基础右心室功能。

三尖瓣反流

在植入左心室辅助装置时,同时进行三尖瓣手术的价值尚无共识。一些研究表明,同时行三尖瓣手术可以减少住院时间,减少右心衰竭(RHF)的发生率,减少术后肾功能不全。然而,机械辅助循环支持机构登记处最近的一项分析显示,与单独植入左心室辅助装置的患者相比,中度和重度三尖瓣反流患者同时接受三尖瓣手术并不能带来任何生存益处。如第 3.3.2 节所述,三尖瓣反流的评估是复杂的,不仅应包括返流束的彩色血流和频谱多普勒评估,而且还应该包括对三尖瓣反流的评估。(1)三尖瓣环的大小;(2)三尖瓣叶活动受限;(3)右心房、右心室和下腔静脉的大小;(4)房间隔和室间隔的位置和

运动。

主动脉瓣反流

在接受左心室辅助装置植入的患者中，主动脉瓣关闭不全、瓣叶纤维化以及瓣叶尖端融合和卷曲可能会恶化。国际心肺移植学会建议在放置 LVAD 时纠正中度或较高度度的主动脉瓣反流，因为这可能会影响设备的长期功能和耐用性。在晚期心力衰竭患者中，左心室舒张压升高和全身血管阻力降低共同降低了主动脉瓣的舒张压梯度。这导致在植入左心室辅助装置前低估了主动脉瓣反流的严重程度。当左心室减压后，体外循环结束后，主动脉导管有直接血流进入升主动脉时，应重新评估主动脉瓣反流情况，在一定程度上可以模拟左心室辅助装置支持时的血流动力学状况。

二尖瓣反流

通过逆转重塑和改善瓣叶对合，植入左心室辅助装置可明显减轻二尖瓣反流的严重程度。新的数据表明，植入左心室辅助装置后残留二尖瓣反流的患者可能存在持续性肺动脉高压和较差的右室功能；然而，证据不足以令人信服地建议对中度或重度二尖瓣反流的这些患者进行手术干预治疗。

二尖瓣狭窄

二尖瓣上显著的舒张梯度将导致左心室辅助装置充盈受损，肺静脉压力持续升高，并出现心力衰竭症状。因此，在植入左心室辅助装置时，应该考虑对二尖瓣狭窄且平均压力梯度 > 10 mmHg 的患者进行二尖瓣置换术。对于存在那些可能影响到跨二尖瓣血流的情况时（例如心房颤动和心动过速），必须谨慎评估。由于心输出量降低，左室舒张压升高和跨二尖瓣低流量，跨二尖瓣压力梯度可能会低估 MS 的严重程度。在这些情况下，应使用其他方法，例如使用三维数据集的多平面重建来进行二尖瓣开口面积的平面测量。

人工瓣膜

人工心脏瓣膜(PHV)的存在不被认为是机械循环支持的禁忌症。然而，由于左心室辅助装置处于低流量状态，人工心脏瓣膜的瓣叶/碟片运动可能受限，并且可能导致有左心室辅助装置支持的患者的血栓或血管翳形成。左心室辅助装置置入时的压差评估对于其后 TTE 的随访评估将至关重要。

右心室功能

左心室辅助装置接受者发生右心衰的预后较差，因为最佳的左心室辅助装置性能依赖于功能充分的右心室为泵提供有效的前负荷。虽然左心室辅助装置的支持可以通过降低肺动脉高压从而降低右心室后负荷来增强右心室的性能，但左心室辅助装置的存在也可能通过增加右心室的前负荷来恶化右心室的功能。右心室综合评估见表 1。右室面积变化率(FAC)和三尖瓣环收缩期位移(TAPSE)是临床上评价右室功能的主要指标。然而，有大量证据表明，在体外循环和完全心包切除的心脏手术中，右心室收缩模式发生改变，纵向缩短相对横向缩短减少，使得三尖瓣环位移（TAPSE）在这些临床情况下评估右心室功能的可靠性较低。到目前为止，还没有超声心动图变量始终作为左心室辅助装置植入后右心衰竭的预测因子，而对右心室功能的纯粹定性评估，显示出中度以上的右心功能障碍，仍然是右心衰竭的高度预测指标。

心内分流

心内分流的存在可导致右向左分流并伴有低氧血症，并可能导致左心室辅助装置植入后的反常栓塞。虽然有可能发现房间隔缺损或室间隔缺损，但心内分流最常见的原因是卵圆孔未闭（PFO）的存在。识别卵圆孔未闭所需的 TEE 检查包括二维超声心动图评估和彩色多普勒评估，优化识别穿过卵圆孔未闭的低速血流。使用激活生理盐水注射和 Valsalva 动作来揭示从右向左分流。需特别注意房间隔瘤或希阿里氏网（Chiari）

的患者，因为这些解剖学发现更多地与卵圆孔未闭有关。此外，在存在严重的左心室功能障碍和非常高的左房压力的情况下，可能很难用 Valsalva 动作将右心房压力提高超过左心房压力，从而导致发泡实验假阴性结果。

左心房和左心室

血流量减少或心律失常(例如心房颤动)

导致的淤血能会导致左心室或左心房形成血栓。计划的流入(左心室心尖部)和流出(主动脉)插管位置应进行影像学检查。后一种情况可使用主动脉表面超声检查。

图 5 中提出了一种在接受左心室辅助装置植入的患者中进行术前成像原则。

图5：左心室辅助装置植入前经食管超声心动图成像原则

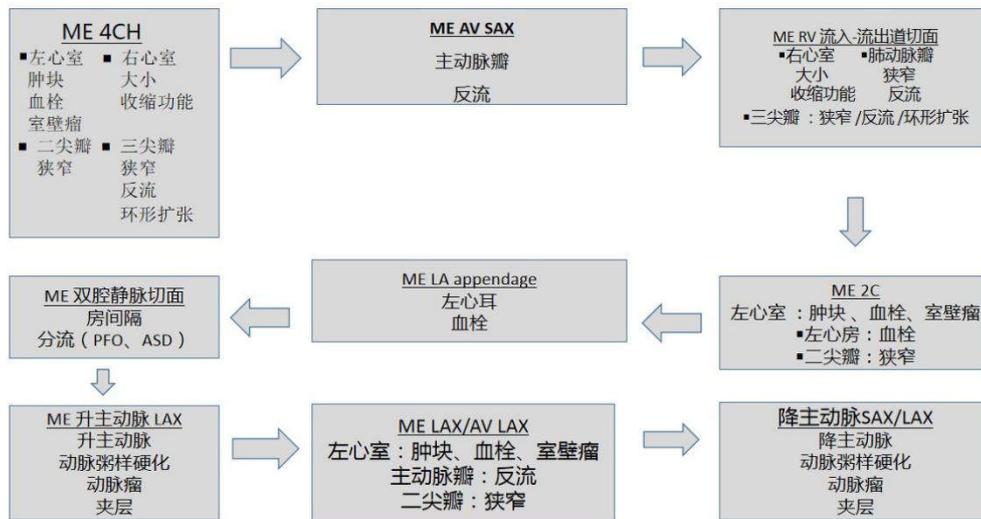


图 5：推荐的成像策略是在植入左心室辅助装置(LVAD)之前，从 ME4C 切面开始扫查。缩写：2C，两腔心的；4C，四腔心的；ASD，房间隔缺损，AV，主动脉瓣；LA，左心房；LAX，长轴；ME，食管中段；PFO，卵圆孔未闭；RV，右心室；SAX，短轴；TEE，经食管超声心动图。

6.1.2 手术后评估

术中 TEE 应在新植入的左心室辅助装置启动之前和之后不久进行。此外，无论何时血流动力学或装置参数发生变化，以及关闭胸骨时，均应进行 TEE 检查。设备运行速度应作为文本注释记录在所记录的图像和环路上，以供参考并与后续成像研究进行比较。

排气

在左心辅助泵启动前比较进行气泡检测，以减少空气栓塞的可能性，由于左室辅助泵可产生心室内负压和抽吸效应，不仅要

注意心腔内空气的排出，还要注意泵对空气的夹带和再引入。

流入管道

左心室辅助装置流入管道的最佳位置在左心室心尖部与二尖瓣开口对齐，远离室间隔和侧壁，应在食管中段水平常规应用 2D、3D、CFD 和频谱多普勒超声心动图进行评估（图 6）。在流入插管开口处的 CFD 探测应显示低速、单向、非湍流。另外，在峰值流速为 1-2m/s 的流入插管中，应使用 CW 或 PW 多普勒显示血流畅通。以前被描述为“瀑布伪影”的特征性伪影是由放置于

心包内的 HeartWare HVAD 叶轮产生的，这在 ME 水平上降低了对这些设备中流入插管的

的彩色和频谱多普勒评估。

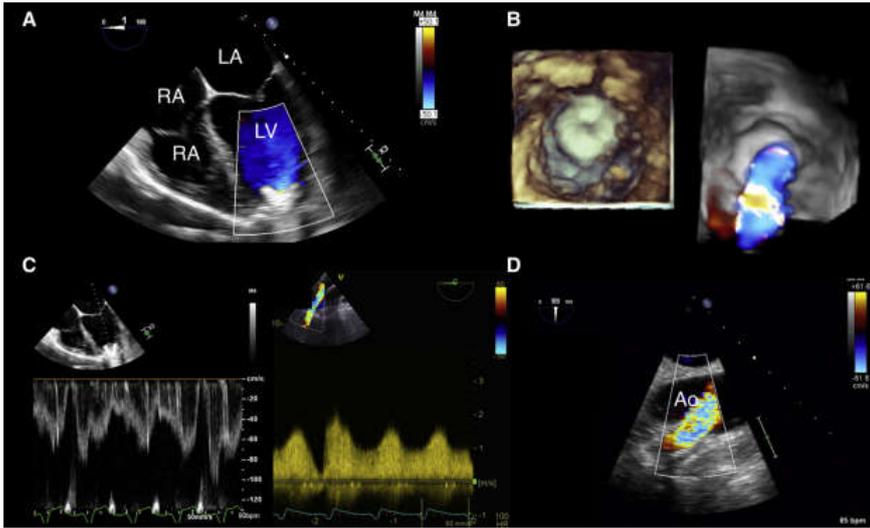


图 6: (A) 食管中段四腔心切面显示左室辅助装置流入插管无梗阻，以及三维的正面观 (B)。(C) 多普评估 HeartMate3(Abbott-Thoratec, Chicago, IL)左心辅助装置流入插管(左侧)和流出管道(右侧)。(D) 彩色多普勒评估左心辅助装置流出管道和升主动脉的吻合口。缩写: AO: 升主动脉; LA: 左心房; LV: 左心室; RA: 右心房; RV: 右心室。

流出管道

大多数左心辅助装置的流出导管位于升主动脉，在食管中段主动脉瓣短轴或长轴视图可以看到这些导管，用连续频谱多普勒探查速度时，速度应小于 2m/s。如果吻合口有梗阻，可以看到血流加速和更高的速度。然而，如果梗阻距离吻合口较远，血流速度可能较低，多普勒信号较弱，收缩期-舒张期变异性较小。值得注意的是，当前推荐的参考值没有考虑到较新设备的泵设计和流出道接头的差异。最近的报告表明，对于 HeartWare HVAD 设备来说，高达 3.4m/s 的速度可能在正常范围内。

植入前 TEE 的所有检查项目，在植入后应重复进行。有些 PFO 仅在 LVAD 植入后能被发现。在植入前检查中未检测到 PFO 的病例中，有 20%可能会发生这种情况。应评估和量化主动脉瓣反流的存在，若主动脉瓣反流程度大于轻度，应考虑手术矫正；

主动脉瓣叶的 M 型超声检查可显示瓣膜开放的程度和频率。

左心室辅助装置的存在以及体外循环的影响可能会通过改变右心室和三尖瓣装置的几何形状而一过性地恶化右心室功能和三尖瓣反流。理想情况下，室间隔位于中线，没有向左移位。过度的左室间隔偏移或“抽吸”，即左心室大小减小并伴有右心室扩张和功能障碍，表明在右心室衰竭时对左心室辅助装置提供的前负荷降低，应减慢左心室辅助装置速度，同时尽可能增加左心室前负荷。相反，室间隔向右偏移表示左心室辅助装置动力不足，需要提高泵速。双侧心室大小的减小表明血容量不足。

左心辅助装置植入术后成像评估原则见图 7。

左心室辅助装置植入的患者进行术前和术后评估的要点见表 11。

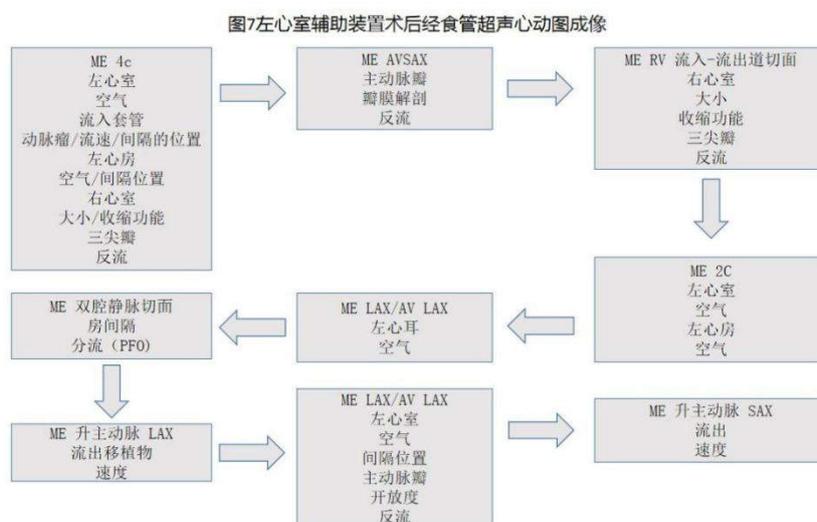


图 7：推荐的成像策略是在植入左心室辅助装置(LVAD)之后，从ME4C 切面开始评估。缩写：2C，两腔心的；4C，四腔心的；AV，主动脉瓣；LA，左心房；LAX，长轴；ME，食管中段；PFO，卵圆孔未闭；RV，右心室；SAX，短轴；TEE，经食管超声心动图。

表 11 左心室内置入术的术前、术后评估要点

手术前

植入前应进行全面检查，以排除血流动力学上有意义的瓣膜病变、心内分流和血栓，并评估基础右室功能

三尖瓣反流的评估应包括评估三尖瓣环、三尖瓣腱索、右心房和右心室大小，以及房间隔和室间隔在心动周期中的位置和运动

主动脉瓣关闭不全可能在 LVAD 植入后进展，并导致体循环前向血流不足。在患有晚期心力衰竭的患者中，它很容易被低估。CPB 建立后应重新评估 AR，以模拟 LVAD 支持期间的血流动力学状况

右室功能应通过综合几个超声心动图参数来评估(表 1)

手术后

植入后应重新评估的因素与植入前检查的因素相同：心内分流、三尖瓣反流程度、主动脉瓣反流程度和右心功能

房间隔和室间隔的位置以及左心室和右心室的相对大小提供了关于左心室辅助装置流量减少的相关信息

房间隔和室间隔左移、左心室缩小、右心室扩张和功能障碍提示右心室衰竭对左心室辅助装置的前负荷降低

表 11 (续)

左心室和右心室大小的减少表明在低血容量或外源性压迫的情况下,左心室辅助装置的前负荷减少

通过 CFD 和频谱多普勒对流入插管和流出管道的位置和流量进行评估和记录,如正文中所述

缩写: AR, 主动脉瓣反流; CFD, 彩色多普勒; CPB, 体外循环; IAS, 房间隔; IVS, 室间隔; LVAD, 左心室辅助装置; RA, 右心房; RV, 右心室; TR, 三尖瓣反流。

6.2 经皮介入设备

Impella 经皮导管装置 (Abiomed, Inc., Danvers, MA) 通过血管内微轴泵提供部分机械支持。该装置最常见的是通过股动脉或腋动脉插入,并穿过主动脉瓣至左心室。当放置正确时,通过其位于左心室的输入管道,将血液抽吸并输送至位于升主动脉的输出管道。

植入前检查应遵循(图 5)中提出的检查原则。然而,可能妨碍放置该系统的具体发现是:(1)严重钙化和狭窄的主动脉瓣,(2)机械人工主动脉瓣,(3)由于肥厚性心肌病或任何其他形式的主动脉瓣下狭窄而导致的左心室流出道狭窄,以及(4)冗长、粘液瘤性的二尖瓣瓣叶,可能妨碍该装置的输入管道。虽然存在严重的主动脉瓣反流可能不会妨碍系统的放置,但它可能导致无效的左心室排空和前向血流减少,并伴有全身灌注不良。

对于定位指导,最好的超声心动图视图是食管中段长轴切面,因为它可以显示设备从升主动脉进入左心室心尖部。为使该装置处于最佳位置,入口区应在主动脉瓣下方约 4-4.5 cm,出口区应远高于主动脉瓣,导管应朝向左心室心尖部,远离左心室壁和二尖瓣。入口和出口区域的位置可以通过它们产生的伪影来近似评估:在食管中段主动脉瓣长轴切面 (ME AV LAX) 中,由于声学阴影,入口区域(在左心室的远场中可以看到)将导致产生低回声区域,而出口外壳(在升

主动脉的近场中可以看到)将产生显著的混响伪影。此外,如果装置定位正确,CFD 监测应该显示出出口区域周围的马赛克湍流图案,远高于主动脉瓣。

与使用 Impella 经皮导管装置相关的并发症包括主动脉瓣损伤、二尖瓣损伤或瓣下装置牵引,并伴有新的或恶化的二尖瓣反流、心脏穿孔、主动脉夹层和血管损伤。

放置 Impella 经皮导管装置患者的成像要点见表 12。

表 12 经皮轴向左心室辅助装置置入的成像要点

成像目标	成像视图	成像模式
放置前		
排除禁忌症： 重度 AS 或 AR 人工主动脉瓣 LV 血栓 主动脉夹层 严重动脉粥样硬化疾病（有 松动性斑块）	ME: 4/5Ch, AV SAX/LAX, 升主动脉 SAX/LAX TG: 深部 5Ch, LAX 降主动脉: SAX/LAX	2D: 双平面/多平面成像 CFD/频谱多普勒/3D
其它病理（相对禁忌症） 粘液瘤性 MV 不对称性室间隔肥厚	ME: 4/5Ch, MC, LAX	2D: 双平面/多平面成像 CFD 频谱多普勒 3D
放置和监测		
可视化导丝的适当位置 流入道距离主动脉瓣 3.5-4cm 流出道/impeller 位于主动脉 瓣上方 导管方向: 远离二尖瓣朝向 左心室心尖	ME: 4/5Ch, AV SAX/LAX (流入道深度, AR,流出道 /impeller) ME:升主动脉 SAX/LAX (导 丝装置, 流出道/impeller) TG:深部 5Ch, LAX (安装深 度, AR) 降主动脉: SAX/LAX(导丝)	2D: 流入道深度距主动脉瓣 距离、导管方向、MV 形态 CFD: 在升主动脉课件流出 的马赛克图案/impeller
LV 大小		
AR（新的或加重的）		
设备去除后		
排除医源性损伤 AV 或 MV 新的/加重的 AR 新的/加重的 MR	ME: AV SAX, LAX ME: 4/5 Ch, MC, 2 Ch, LAX	2D CFD

缩写: 2CH, 两腔心的; 4CH, 四腔心的; 5CH, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; AR, 主动脉瓣反流; AS, 主动脉瓣狭窄; AV, 主动脉瓣; CFD, 彩色多普勒; LAX, 长轴; LV, 左心室; ME, 食管中段; MC, 二尖瓣交界; MR, 二尖瓣反流; MV, 二尖瓣; SAX, 短轴; TG, 经胃。

6.3 右心室辅助装置

支持右心衰竭的体外离心泵可以植入:
(1)经胸骨切开术(CentriMag, Thoratec,

Pleasanton, CA); (2)经股静脉经皮穿刺
(Impella RP, Abied, Danvers, MA); (3)经
右颈内静脉经皮穿刺(Protek Duo, Cardiac

Assist, Inc., Pittsburgh, PA)。

机械三尖瓣或肺动脉瓣的存在妨碍了经皮导管辅助装置的放置。应该使用 2D、CFD 和频谱多普勒超声心动图评估三尖瓣功能。虽然三尖瓣反流在右心室辅助装置 (RVAD) 支持期间通常可以很好地耐受, 但超过轻度肺动脉瓣反流的存在可能会限制向肺动脉输送装置流出的疗效。右心腔或肺动脉内肿块的存在可能导致装置阻塞或肺栓塞。

以导管为基础的右室辅助装置的流入端应位于右心房下腔静脉交界处 (Impella Rp) 或右心房-上腔静脉交界处 (Protek Duo)。右心室辅助装置在主肺动脉流出端的位置应足够远离肺动脉瓣, 以免干扰瓣膜开放,

加重反流, 将流出液的一部分导入右心室 (图 8)。类似地, 如果右心室辅助装置位于右或左肺动脉内或主要指向右肺动脉或左肺动脉内, 则一个肺将优先过度灌注。设备支持过程中右心室减压的程度应根据泵速来解释, 理想情况下最好在超声心动图上图像标注。右心室减压的程度各不相同; 体外离心泵可以产生超过 9 升/分钟的流量, 而基于导管的装置通常以大约 4 升/分钟的速度工作。缺乏预期的右心室减压也可能预示着肺动脉瓣反流的恶化, 可能是由于流出导管错位所致。

右室辅助装置植入手术前后评估要点见表 13。

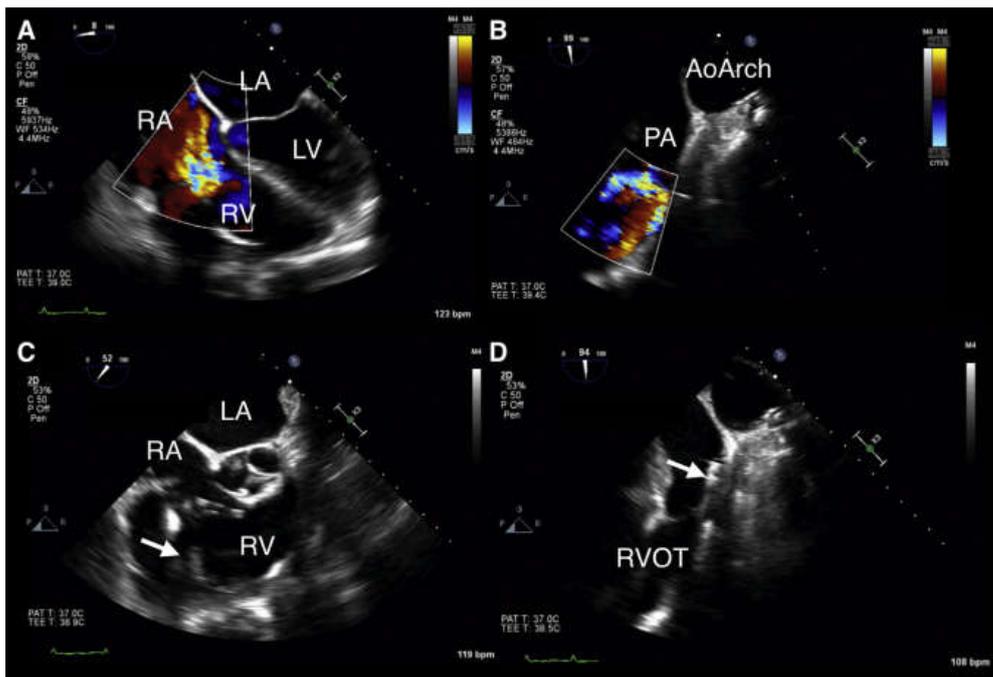


图 8 (A)1 例经皮右心室辅助装置 (RVAD) 患者的彩色多普勒食管中段四腔心切面显示右心室 (RV) 扩张, 位于肺动脉瓣下方的右心室辅助装置流出导管导致了严重的三尖瓣反流和血流再循环。(B) 在食管上段主动脉弓短轴切面中, CFD 可以看到肺动脉瓣下的血流再循环。(C) 食管中段右室流入流出道切面, 显示经皮右心室辅助装置 (白色箭头) 穿过三尖瓣。(D) 右心室辅助装置已置入, 食管上段主动脉弓短轴切面显示右心室辅助装置流出导管 (白色箭头) 已充分超越肺动脉瓣上, 位于主肺动脉 (PA) 内。缩写: LA, 左心房; LV, 左心室; RA, 右心房; RVOT, 右心室流出道。

表 13 右心室辅助装置置入患者的影像学要点

成像目标	成像视图	成像模式
放置前		
评估流入位置 RA:排除包块, Chiari 网, IAS 动脉瘤 IVC:排除血栓 SVC: 排除血栓	ME: 4/5Ch, 改良的 ME 双腔 静脉切面, RV 流入/流出道	2D:双平面/多平面成像 CFD/3D
评估流出位置 主肺动脉: 排除包块	ME: 升主动脉 SAX UE: 主动脉弓 SAX	2D:双平面/多平面成像 CFD/3D
排除心内分流: PFO/ASD	ME: 4/5Ch, 双腔静脉切面, RV 流入/流出道切面	2D:双平面/多平面成像 CFD 频谱多普勒
评估瓣膜功能: 存在/严重的 TR 存在/严重的 PR 人工的 TV,PV(排除经皮装置的放置)	ME: 4/5Ch, RV 流入/流出道 切面, 双腔静脉切面, 升主动 脉 SAX TG: RV 基底部分, RV 流入/ 流出道, RV 流入道切面 UE:主动脉弓 SAX	2D:双平面/多平面成像 CFD 频谱多普勒
放置后		
评估流入: 经皮设备的 IVC-RA 连接处 或 SVC-RA 连接处	ME: 4/5Ch, 双腔静脉切面, RV 流入/流出道切面 UE: 主动脉弓部 SAX	2D/CFD/3D
评估流出: 在肺动脉瓣之上; 在主肺动脉(不接近左/右肺 动脉)		
评估 RV 大小/功能 适当的减压	ME:4/5Ch, RV 流入/流出道, 双腔静脉切面, 升主动脉	2D/CFD/3D/频谱多普勒
评估新的/加重的 TR 可能是由于右心室扩张	SAX TG: RV 基底部分, RV 流入/ 流出道, RV 流入道	
评估新的/加重的 PR 可能导致右室扩张, 尽管设备 血流正常	UE:主动脉弓 SAX	

缩写: 2Ch, 两腔心的; 4Ch, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; AR, 主动脉瓣反流; AS, 主动脉瓣狭窄; AV, 主动脉瓣; CFD, 彩色多普勒; LAX, 长轴; LV, 左心室; ME, 食管中段; MC, 二尖瓣交界; MR, 二尖瓣反流; MV, 二尖瓣; SAX, 短轴; TG, 经胃。

6.4 全人工心脏

对于不可逆的双心室心力衰竭患者, 可

以考虑植入全人工心脏(TAH, SynCardia, Inc., Tucson,AZ), 作为心脏移植的桥梁或作

为永久替代治疗使用。整个人工心脏由两个含有聚氨酯隔膜的坚硬新心室组成。心房连接器将新心室连接到保留的三尖瓣和二尖瓣环，而装置的流出部分通过替换这些血管近端的短管移植连接到肺动脉和主动脉。来自外部控制台的空气通过传动系的循环通道导致新心室内的聚氨酯隔膜漂移，从而造成血液的重复充盈和喷射。全人工心脏包括位于三尖瓣和二尖瓣位置的 27 mm 单叶倾碟瓣 Medtronic-Hall(Medtronic, Inc, Minneapolis, MN) 和位于肺动脉和主动脉

位置的 25 mm Medtronic-Hall。考虑到手术的性质，术中 TEE 评估全人工心脏植入前的自体瓣膜病理或心室功能并不重要。然而，由于保留了自体心房，在全人工心脏放置前，彻底检查这些结构及其静脉流入是很重要的。右肺静脉和左肺静脉的直径、血流剖面和血流速度应该作为基础值记录下来，并与全人工心脏术后的结果进行比较。应检查左心耳是否有血栓，血管内医疗器械不应超过右心房-上腔静脉交界处。用于人工心脏植入术患者术前评估成像策略见图 9。

图9全人工心脏术前经食管超声心动图成像

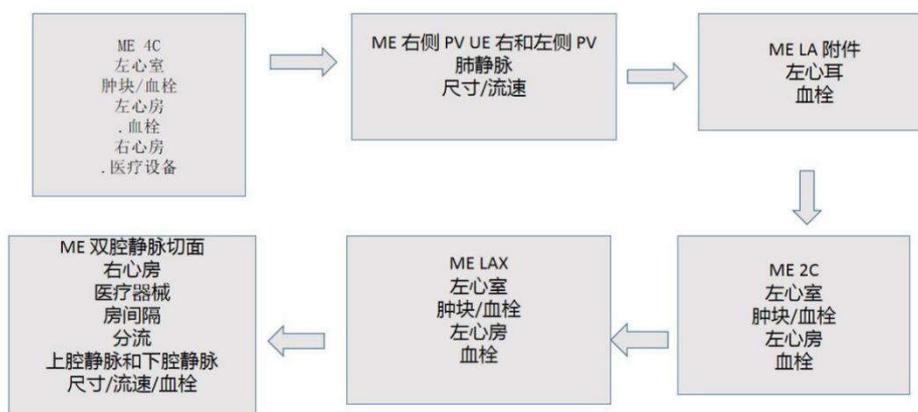


图 9：推荐的成像策略是在植入全人工心脏(TAH)前从 ME4 腔切面开始评估。缩写：2C，两腔心的；4C，四腔心的；AV，主动脉瓣；IVC，下腔静脉；LA，左心房；ME，食管中段；PFO，卵圆孔未闭；PV，肺静脉；RA，右心房；TEE，经食管超声心动图。

植入后，在食管中段视图下对自体心房、流入静脉和机械人工心脏瓣膜进行成像。在脱离体外循环时，使用 TEE 成像监测心腔内排气。残余空气(在主肺动脉和升主动脉中)应该与“微空化”相区别，微空化有时被认为是沿着快速关闭的机械瓣膜边缘出现的微小气泡。强烈的声学混响和其他成像伪影是由 4 个机械瓣膜、坚硬的新心室和气动隔膜引起的。人工瓣膜的平均压差通常与患者自

体心室的值相似，尽管它们可能受到设备设置的影响，如果人工心脏总流量充足，肺动脉瓣峰值速度达到 2 米/秒是可以接受的。应记录三尖瓣和二尖瓣瓣膜的平均压差和相应的心室率，作为后续检查的参考。

在纵隔内放置坚硬的新心室可能会扭曲或压缩流入心房的静脉。右心房-下腔静脉交界处的梗阻比右心房-上腔静脉梗阻更常见，肝内下腔静脉扩张并伴有肝静脉血流

速度减慢。如果收缩期和舒张期血流模式丧失，特别是如果检测到彩色多普勒血流加速，峰值速度高于正常或基础值，则怀疑肺静脉流入阻塞。采用增加吸引可以增加新心室的充盈。

通常，在关闭纵隔之前不会打开吸引。在给定的容量状态下，过强的吸力可能会产

生吸力事件，或抽吸。这可能表现为左心房肿块的出现，或者可能模拟左心房壁向内拉时的左心耳倒置。肿块的分辨与装置吸力的减少相一致，有助于证实诊断。

图 10 显示了 TAH 植入术患者术后成像策略。TAH 植入术中的成像要点如表 14 所示

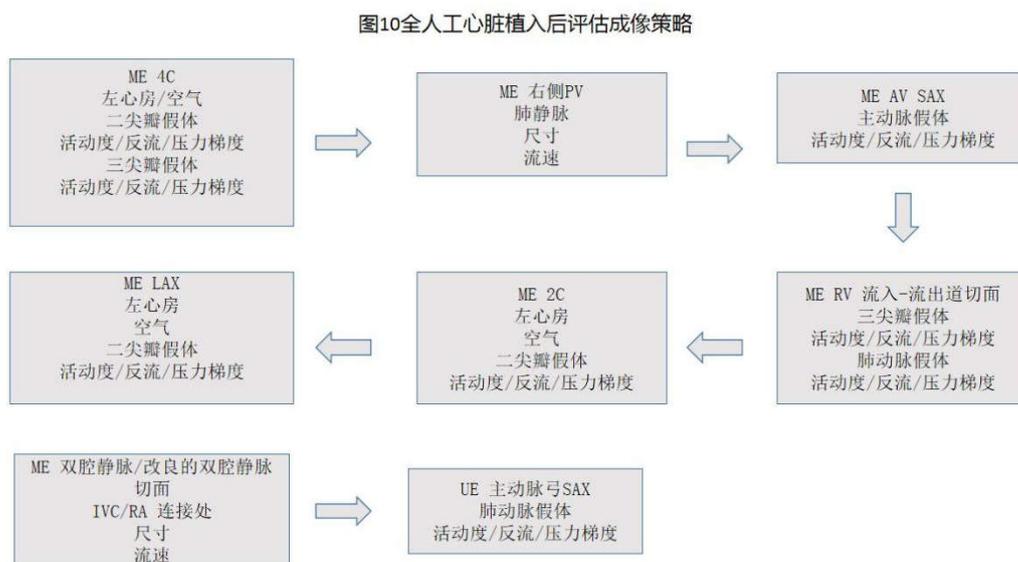


图 10: 推荐的成像策略是在植入全人工心脏(TAH)后从 ME4 腔切面开始评估。缩写: 2C, 两腔心的; 4C, 四腔心的; AV, 主动脉瓣; IVC, 下腔静脉; LA, 左心房; ME, 食管中部; PFO, 卵圆孔未闭; PV, 肺静脉; RA, 右心房; RV, 右心室; SAX, 短轴; TEE, 经食管超声心动图; UE, 食管上段。

表 14 全人工心脏置入患者影像学检查要点

手术前

检查左右心房和左心耳，排除血栓的存在

检查左肺静脉和右肺静脉，检查肺静脉大小和肺静脉血流(PW 多普勒检查血流频谱形态和速度)

检查 RA-SVC 和 RA-IVC 接头是否存在医疗装置、血栓、狭窄

手术后

监测原有心房、主肺动脉和升主动脉中空气的存在

重新评估心房和肺静脉血流的大小(血流剖面 and 速度)，以排除扭转或外在压迫

如果收缩期和舒张期血流模式丧失，检测到 CFD 血流加速，峰值速度高于正常值或基线值，则应怀疑 PV 血流梗阻

应记录三尖瓣和二尖瓣瓣膜的平均压差和相应的心室率，作为后续检查的参考

缩写: CFD, 彩色多普勒; IVC, 下腔静脉, LAA, 左心耳; PA, 肺动脉; PV, 肺静脉; RA,

右心房。

6.5 体外膜氧合

超声心动图在体外膜氧合(ECMO)治疗中起着多重作用。TEE 用于确定所需的 ECMO 类型(静脉-静脉[VV]与静脉-动脉[VA]), 确保插管的正确位置, 评估心室减压的程度, 监测和诊断并发症, 并评估潜在的心肌恢复以供后续决策。为了提供相关信息, 超声心动图检查者应完全了解预期的插管策略(例如, 外周插管与中心插管)和要使用的插管类型(单极与双极静脉插管或双腔静脉插管)。

超声心动图检查在安装 ECMO 之前应

明确双心室收缩功能, 以确定所需的 ECMO 插管回路类型(VV 或 VA)。

应排除可能限制 ECMO 回路流入的因素, 如血管狭窄或心内包块。先天性心脏病和相关的外科干预必须彻底评估, 以形成可接受的插管策略。同样, 应该认识到可能影响 VA ECMO 流出或使其复杂化的因素, 如严重的主动脉瓣反流、主动脉夹层或显著的动脉粥样硬化的负担。应注意心房间或心室间分流(PFO、ASD、VSD)的存在。展开 ECMO 前的成像评估原则 见图 11。

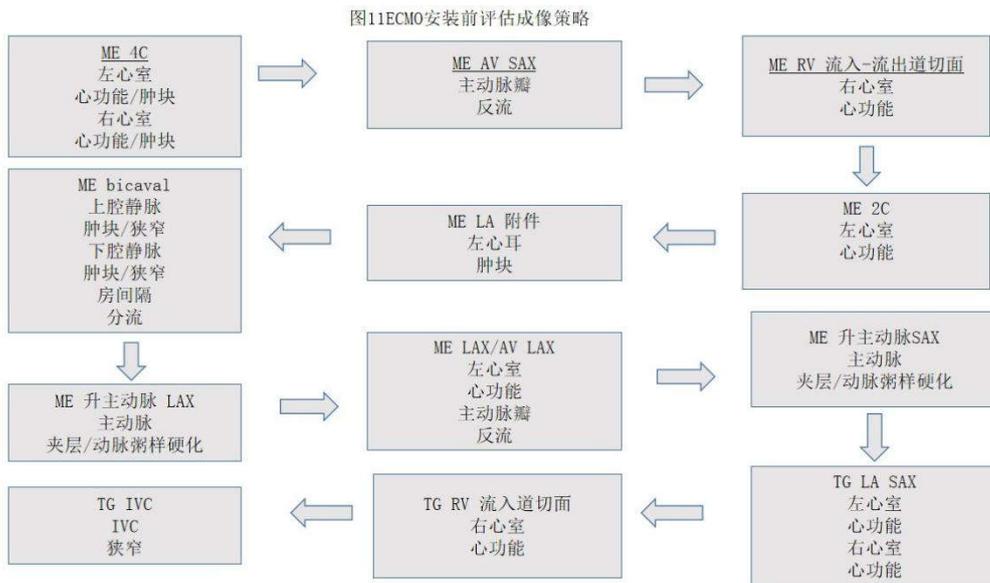


图 11: 推荐的成像策略是在安装体外膜氧合(ECMO)之前从 ME4 腔切面开始评估。缩写: 2C, 两腔心的; 4C, 四腔心的; AV, 主动脉瓣; IVC, 下腔静脉; LA, 左心房; LV, 左心室; ME, 食管中段; RV, 右心室; SAX, 短轴; SVC, 上腔静脉; TEE, 经食管超声心动图; TG, 经胃。

在放置 ECMO 时, TEE 应确定插管位置, 确保流入和流出不会在 VV ECMO 期间发生再循环(氧合回路流出优先被流入插管吸收, 而不是进入患者循环)。在 ECMO 支持期间会重新评估套管位置, 特别是如果担

心氧合或循环支持的效果。ECMO 支持期间也应评估心室减压的程度, 并应根据回路流速进行解释。在高 VA ECMO 流量下, 应观察 LV 减压情况。缺乏左心室减压可能表明存在显著的 AR 或侧支循环(支气管循环),

需要放置左心室通气口。在低血流和淤积区(无房室开口的左室心尖部、左心耳、主动脉根部)是否存在自发回声对比或血栓, 应进行评估。

最后, 超声心动图在确定体外膜氧合脱机准备情况中起着核心作用。许多基于超声的参数测量被认为是 VA 体外膜氧合成功脱机的预测指标, 包括由应变和组织多普勒成

像得出的结果。提示体外膜氧合撤机可能性较高的超声心动图参数包括: 左室射血分数>20-25%, 左室流出道速度-时间积分>10 cm, 组织多普勒成像二尖瓣环收缩期速度>6 cm/sec, 以及无左心室或右心室扩张。

建议的 ECMO 安装完成后成像策略如图 12 所示。体外膜氧合放置、监测和脱机的成像要点如(表 15)所示。

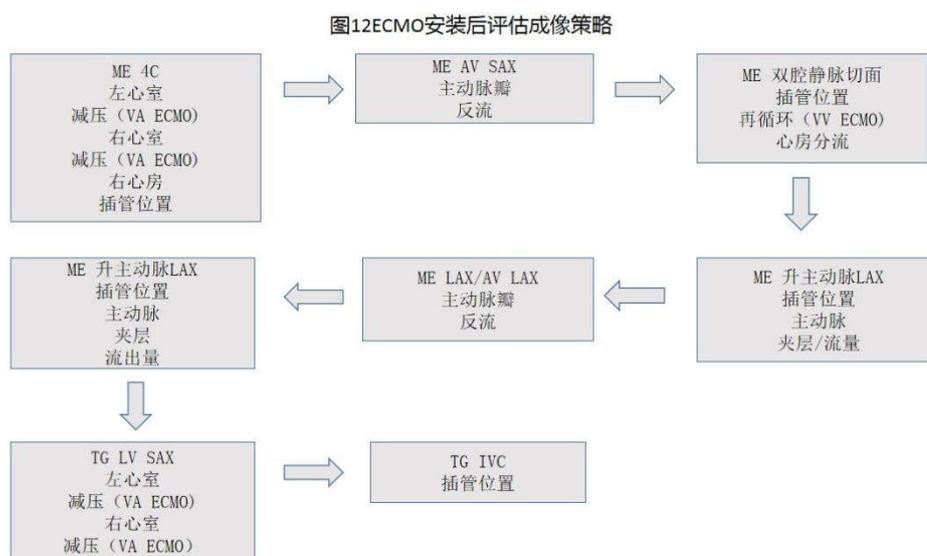


图 12: 推荐的成像策略是在安装体外膜氧合(ECMO)之后从 ME4 腔心切面开始评估。缩写: 2C, 两腔心的; 4C, 四腔心的; AV, 主动脉瓣; LV, 左心室; ME, 食管中段; SAX, 短轴; TEE, 经食管超声心动图; TG, 经胃; VA, 静脉-动脉; VV, 静脉-静脉。

表 15 体外膜氧合安装、监测和脱机的成像要点

部署
完全理解预先制定的插管策略
排除新的可逆病理(例如, 心包填塞)
VV-ECMO: 排除严重右室功能障碍和三尖瓣狭窄
VA-ECMO: 排除主动脉夹层和重度主动脉瓣关闭不全
VA-ECMO: 描述主动脉粥样硬化性疾病的存在、分布和严重程度
VA-和 VV-ECMO: 评估右心房是否有血栓、肿块、心内分流、起搏器导联
监测
评估插管位置(所使用的成像视图可能因 ECMO 类型和插管配置而异)
VV-ECMO: 确保引流和回流套管并非相邻很近。这将避免再循环

表 15 (续)

VA-ECMO: 评价左心室减压程度。减压失败会导致严重的 MR, 左心室血流瘀滞和血栓形成

VA-ECMO: 评估主动脉瓣开放程度。主动脉瓣开放失败会导致主动脉瓣尖和主动脉根部的血流淤滞和血栓形成。

VA-和 VV-ECMO: 排除心脏压塞

恢复和停机

VA-ECMO 血流量减少时应进行连续超声心动图监测

提示 VA-ECMO 脱机成功率较高的参数: 左室射血分数 20-25%, 左室流出道 VTI>10 cm, 二尖瓣环 S' >6 cm/秒。

缩写: ECMO, 体外膜氧合; EF, 射血分数; LV, 左心室; S', 组织多普勒成像测定收缩期血流速度; VA, 静脉-动脉; VV, 静脉-静脉。

6.6 主动脉内球囊反搏 (IABP)

主动脉内球囊反搏仍然是心脏病危重患者最广泛使用的机械循环支持 (MCS) 设备。这些装置大部分是在术中放置的。

置入前 TEE 检查应记录任何使用 IABP 的禁忌症, 如存在超过轻度主动脉瓣反流和主动脉病变, 如主动脉夹层或存在活动性斑块的动脉粥样疾病。

为了最大限度的球囊扩张效果, IABP 导管尖端的最佳位置是在左锁骨下动脉 (LSCA) 远侧 1-2 cm 的降主动脉。如果气囊导管位置过高/近端, 可能会影响流向左臂或大脑的局部血流; 如果位置过低/远端, 可能会危及流向腹部器官的局部血流。

评估 IABP 放置开始于显示降主动脉管

腔内的导丝。球囊尖端首先在降主动脉短轴切面中标识。左锁骨下动脉(LSCA)的正确放置是通过在降主动脉长轴切面上看到 IABP 的球囊尖端, 然后慢慢后退探头, 直到左锁骨下动脉出现在主动脉弓水平(现在可以在横断面上看到)来评估的。从球囊尖端到左锁骨下动脉的距离可以通过注意球囊尖端成像时探头深度与成像左锁骨下动脉时探头深度之间的差异来估计。

当球囊充气时, 可以通过舒张期声学阴影和混响伪影的存在来评估正确的 IABP 功能。最后, TEE 应评估反搏对心室功能的影响。有关放置 IABP 的成像要点如 (表 16) 所示。

表 16 主动脉内球囊反搏置入时的成像要点

手术前

排除中度或重度主动脉瓣关闭不全

检查移动动脉粥样硬化性疾病的存在

手术后

注意主动脉内球囊泵尖在主动脉弓远端(左锁骨下动脉)下方 1-2 厘米处,

舒张期气球充气会产生特征性的声影和混响伪影

7. 肥厚型心肌病

室间隔部分切除术被认为是治疗肥厚型心肌病(HCM)和动态左室流出道(LVOT)梗阻的金标准。手术干预的目标是将左心室流出道向前和向中疏通,远离二尖瓣瓣叶。肥厚型心肌病患者的外科手术包括:(1)经典的主动脉瓣下心肌切除术(2)扩大心肌切除术(3)松解乳头肌和(4)二尖瓣前叶折叠。扩大心肌切除术包括切除切除深达乳头肌基底部,引导血流朝向中、前方,离开二尖瓣。乳头肌分离术通过分离乳头肌和左室前壁之间的异常连接,使二尖瓣装置向后移位下降达到相对正常的后位,从而进一步分离左心室流入和流出。二尖瓣前叶的折叠术缩短了多余的前叶,消除了SAM的易感性。

术中TEE在指导HCM患者外科治疗中的应用已在ASE多模式心血管成像临床建议中进行了详细介绍超声心动图指导的一

些重要方面在下面阐明。

7.1 术前评估

拟行室间隔部分切除术患者在术前往往已经接受了全面的TTE和心脏磁共振成像检查。然而,通过详细的解剖和功能信息,术中TEE可以进一步确定手术计划。术前TEE检查的重要目的是(1)描述室间隔,(2)分析二尖瓣和瓣膜下结构解剖,描述二尖瓣反流的特点,(3)进一步阐明左室流出道梗阻的相关因素。

室间隔

对室间隔评价的最佳切面包括:食管中段四腔心切面、食管中段长轴切面和经胃中段短轴切面。最重要的是要描述间隔增厚的范围和位置。有用的测量包括间隔的最大厚度、间隔凸起的尖端范围以及从主动脉环到二尖瓣-间隔接触的距离。最好使用3D数据集的多平面重建,以确保在正确的水平上执行测量。(图13)

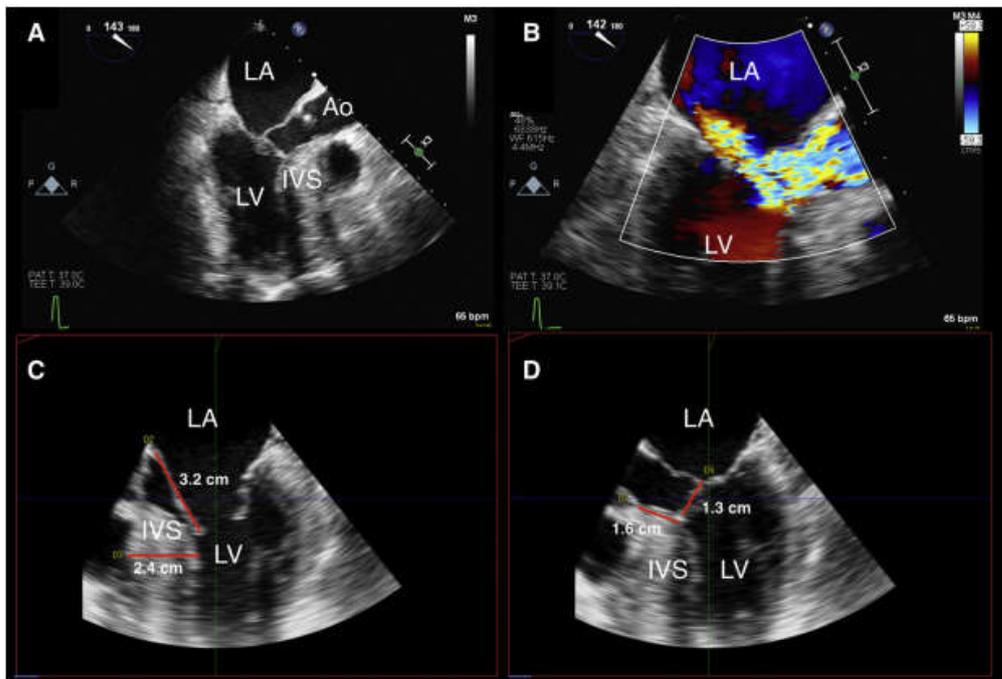


图 13:(A)ME LAX 切面显示二尖瓣收缩期前向运动,前叶(AL)触及室间隔(IVS)。(B)ME LAX 彩色血流多普勒显示二尖瓣反流朝后方,左心室流出道血流加速,似起源于二尖瓣与室间

隔的接触平面。(C)使用3D数据集的多平面重建测量IVS最大厚度(2.4 cm)和AL长度(3.2 cm)。(D)使用三维数据集的多平面重建测量AL超出对合处的冗余长度(1.3 cm)和主动脉环至间隔接触的距离(1.6 cm)。缩写: AO, 升主动脉; LA, 左心房; LV, 左心房

二尖瓣反流和二尖瓣装置

二尖瓣和二尖瓣反流评估见 3.1.2 节。在肥厚型心肌病患者中,与二尖瓣前叶收缩期前移(SAM 现象)相关的二尖瓣反流是向后的和动态的。二尖瓣前叶收缩期前移会导致正常二尖瓣闭合的破坏,因为后叶可能不够长或活动度不够,无法跟随左心室流出道的前叶,导致瓣叶闭合间隙出现。然而,由于二尖瓣结构缺陷,10-20%的肥厚型心肌病患者可能存在与收缩期前移无关的二尖瓣反流。在这种情况下,二尖瓣反流的反流束朝向中心或前方。有价值的测量包括二尖瓣前叶长度和二尖瓣前叶超出对合点的剩余长度。前叶长度 $>16 \text{ mm/m}^2$ 被认为是延长

的,可能会导致梗阻。测量可以在食管中段长轴切面(ME LAX)中进行,也可以通过3D数据集的多平面重建来完成。

左室流出道梗阻

CFD 可以用来确定血流汇聚的区域。应排除伴随的引起梗阻的病理因素(如主动脉瓣狭窄、主动脉瓣下隔膜)。峰值流速应采用频谱多普勒测量,左室流出道峰值压力梯度 $>30 \text{ mmHg}$ 伴收缩晚期“匕首”形流速信号(凹升和晚期峰值形态)提示血流阻塞。应排除二尖瓣返流对多普勒信号的干扰。

接受室间隔肌切除术患者术前评估的要点见表 17。

表 17 肥厚型心肌病室间隔切除术的影像学要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
评估 LVOT 压力梯度 存在血流加速 (LVOT, 收缩中期) 峰值流速 峰值压力梯度多普勒 包络呈“匕首形”	ME: 4/5 Ch, LAX TG:深部 5Ch, LAX	2D 双平面/多平面成 像 CFD 频谱多普勒	并存 MR 所造成的干 扰 多普勒声束成角 负荷状态
评估 LV IVS 厚度和延伸 注意事项其他 LV 异 常: 乳头肌异常附着/ 数量 肥大心肌分布	ME: 4/5Ch, 2Ch LAX TG: 基底部 SAX, 中 间部 SAX, 2Ch	2D 双平面/多平面成 像 3D	2D: 离轴测量 3D: 较低的空间分辨 率
评估二尖瓣 存在 SAM 前叶长度 前叶冗长 延迟对合 排除其他病理(例如: 瓣叶裂, 脱垂)	ME: 4/5Ch, LAX TG: 基底部 SAX, 2Ch TG: 基底部 SAX, 2Ch (瓣膜下装置)	2D: 双平面/多平面成 像 CFD M-mode/3D	2D: 离轴测量 负荷状态可能会影响 SAM

表 17 (续)

<p>评估 MR</p> <p>反流束朝后方，动力型</p> <p>如果反流束为中心/前向反流，则与 SAM 无关</p> <p>MR 严重程度分级</p>	<p>ME: 4/5Ch, MC, 2Ch</p> <p>LAX</p>	<p>2D</p> <p>CFD</p> <p>频谱多普勒</p>	<p>负荷状态影响二尖瓣反流的形态和严重程度</p>
<p>评估 AV</p> <p>伴发存在 AS/ 严重 AR</p> <p>LVOT 所致的收缩期提前关闭;</p> <p>主动脉瓣下隔膜</p>	<p>ME: AV SAX/LAX</p> <p>TG:深部 5Ch, LAX</p>	<p>2D: 双平面/多平面成像</p> <p>M-mode (AV 收缩期提前关闭)</p> <p>3D/CFD</p> <p>频谱多普勒</p>	<p>. 如果存在明显的 AS, 则很难区分 LVOT 梯度和主动脉瓣梯度</p> <p>. 合并主动脉瓣反流可能会增加通过 LVOT/AV 的血流</p>

缩写: 2Ch, 两腔心的; 4Ch, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; AR, 主动脉瓣反流; AV, 主动脉瓣; AS, 主动脉瓣狭窄; CFD, 彩色多普勒; LAX, 长轴; LV, 左心室; LVOT, 左室流出道; ME, 食管中段; MR, 二尖瓣反流; SAM, 收缩期前向运动; SAX, 短轴; TG, 经胃。

7.2 手术后评估

手术后，术中经食管超声心动图应评估手术的充分性，并检测可能的并发症。

手术治疗的充分性

术后左室流出道压差应在最佳血流动力学条件下测量。应在药物激发下进行重复评估（例如，多巴酚丁胺的剂量为 10µg/kg/min 或异丙肾上腺素可适当增加心率）。手术矫正之后的左室流出道速度 > 3 m/s 的残余梗阻，需要重新在体外循环下进一步修复。术前对室间隔进行同样的测量应重复，以评估切除的充分性。二尖瓣应该重新评估，以确保 SAM 现象的消除，改善粘连和降低二尖瓣返流的严重程度。

并发症

肥厚心肌肌切除术后应仔细检查室间隔的 2D 图像和 CFD 检查，以发现心肌组织不连续性和异常血流，以排除医源性室间隔

缺损。室间隔缺损通常最好在食管中段长轴切面 (ME LAX) 或食管中段主动脉瓣长轴切面 (ME AV LAX) 中发现，但应使用 CFD 的多个间隔视图(包括 TG 视图)。通过医源性室间隔缺损的血流应该是从左到右跨过室间隔，主要是收缩期。然而，小的医源性室间隔缺损可能很难观察到，只有在收缩期间右室内存在 CFD 异常湍流才可能是先兆。

区分室间隔缺损和左冠状动脉间隔支(冠状动脉-左室瘘)是很重要的。在食管中段四腔心或长轴切面、经胃底部短轴切面、经胃中段短轴切面或经胃深部五腔心切面，用 CFD 可以直观地显示间隔支裂伤。这类瘘管将显示舒张期血流从室间隔左侧进入肌切除部位的左心室。新发的主动脉瓣反流可能是由于冠脉直接损伤所致。

室间隔心肌切除术后影像学评估要点见表 18。

表 18 肥厚型心肌病室间隔切除手术后影像学检查要点

成像目标	成像视图	成像模式	局限性
优化负荷条件(前负荷、后负荷)和心率			
评估 LVOT 梗阻 血流加速存在; LVOT 梯度(静息和 静注多巴酚丁胺 10 µg/kg/min, 并适当增 加心率)	ME: 4/5Ch, LAX TG:深部 5Ch, LAX	2D CFD 频谱多普勒 3D	共存二尖瓣返流导 致超声干扰 多普勒声束成角 负荷情况
评估 MV 和残余 MR MV 完整性 残余 MR 与(新的)二尖瓣前向 反流(未发现器质性 二尖瓣病变)鉴别 确保没有医源性 MS	ME: 4/5Ch, MC, 2Ch, LAX TG: 基 底 部 SAX, 2Ch	2D CFD 频谱多普勒 3D	负荷情况
评估 IVS 在多个切面中排除 医源性 VSD 测量残余 IVS 厚度	ME: 4/5 Ch, LAX TG:基底部 SAX, 中 间部 SAX,深部 5Ch, LAX	2D CFD 3D 频谱多普勒: Qp/Qs	区别室间隔打孔器 伪像
评估 AV 新发/加重的 AR	ME: AV SAX/LAX TG:深部 5Ch, LAX	2D CFD 3D	区别室间隔打孔器

缩写: 2Ch, 两腔心的; 4Ch, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; AR, 主动脉瓣反流; AV, 主动脉瓣; CFD, 彩色多普勒; IVS, 室间隔; LAX, 长轴; LVOT, 左室流出道; ME, 食管中段; MR, 二尖瓣反流; MS, 二尖瓣狭窄; MV, 二尖瓣瓣; QP/QS, 肺循环与体循环比; SAX, 短轴; TG, 经胃; VSD, 室间隔缺损。

8. 心脏移植

TEE 在原位心脏移植(OHT)患者中有多种作用: (1)移植前的术中监测; (2)移植后即刻同种异体心脏移植功能和手术吻合口的评估; (3)血流动力学异常的诊断和处理。

术前评估

原位心脏移植受者的术前 TEE 可以(1)明确诊断, 最重要的是检查相关并发症, (2)辅助体外循环前的血流动力学管理。在终末期心力衰竭或心律失常情况下由于血流减

少而导致的心内血流瘀滞, 容易导致左心房或左心室中的血栓形成。体外循环前的手术操作可能会导致血栓脱落并可能导致栓塞中风。检查还应评估未来吻合口是否存在动脉粥样硬化性疾病或血栓: (1)升主动脉-食管中段主动脉瓣长轴切面, 食管中段升主动脉短轴/长轴切面, (2)主肺动脉-食管中段升主动脉短轴切面、食管上段主动脉弓短轴切面, (3)腔静脉-食管中段双腔静脉切面、食管中段升主动脉短轴切面。由于病人体内可能存在机械循环支持(MCS)或其他

心内设备，如植入式节律管理装置等，术前 TEE 检查可能具有挑战性。

术后评估

移植后应进行全面的经食管超声心动图检查，包括左心室收缩和舒张功能、右心室功能和瓣膜功能的评估。

高达 30% 的患者因左心室、右心室或双心室功能不全而发生原发性移植物功能障碍。虽然孤立性左心室功能障碍很少见，右室功能障碍，无论是孤立的还是作为双心室功能障碍的一部分，更常见，在接受原位心脏移植的患者中高达 50%。右室功能的评估（表 1），无论是通过目测或使用定量参数，都应该在移植后的整个时期进行，特别是当不明原因的血流动力学不稳定时。

严重的三尖瓣反流是原位心脏移植后最常见的瓣膜异常，报告的发生率高达 84%，这取决于诊断的时间和使用的标准。在移植后即刻，显著的三尖瓣反流可能是由于几何环状扭曲(双房手术技术更常见)和右室功能不全时的环状扩张所致。重要的是，在体外循环术后三尖瓣反流的严重程度是高度动态的，取决于右室的前负荷，后负荷和收缩

力。多项研究表明，原位心脏移植的三尖瓣反流不会导致足够明显的症状以及发展成手术治疗的指征。最近，Bishawi 等人。显示在从体外循环结束后，21% 的患者出现中度或重度三尖瓣反流，其中 91% 的患者将恢复至轻度或无三尖瓣反流，仅有 1% 的中度或重度三尖瓣反流患者接受了后续的二尖瓣手术修复。在原位心脏移植受者中遇到的其他常见瓣膜异常有肺动脉返流(42%)、中度二尖瓣反流(32%)和轻度主动脉瓣反流(23%)。

此外，在大血管、升主动脉、主 PA、IVC 和 SVC 的吻合部位，二维超声心动图应显示无明确的狭窄区域，CFD 应显示层流（图 14）。术前的评估方法同样使用于脱离体外循环后的大血管评估。值得注意的是，在移植后即刻，由于吻合血管大小不匹配或缝合收缩、扭转或扭曲引起的肺动脉吻合口狭窄是右室功能不全的可逆原因，应该始终进行评估。下腔静脉和上腔静脉吻合口狭窄可分别导致全身性静脉高压和肝肾功能衰竭或上腔静脉综合征。

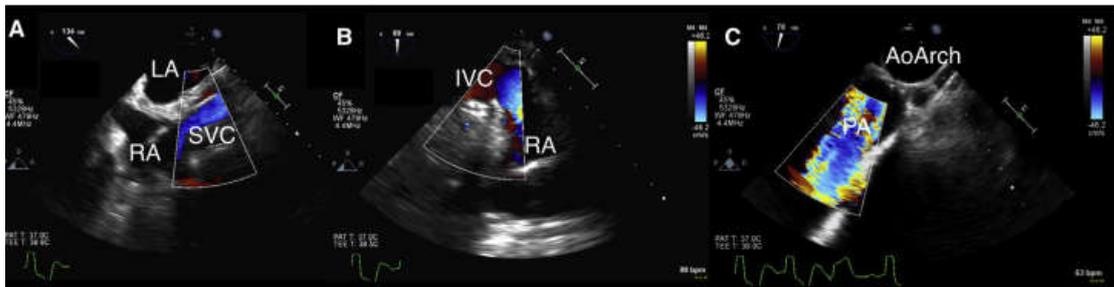


图 14: (A)ME 双腔切面显示心脏移植后上腔静脉(SVC)-右心房(RA)吻合的 CFD 层流。(2)CFD 显示下腔静脉(IVC)-RA 吻合口呈层流的非标准切面。(C)食道主动脉弓(AoArch)短轴切面的 CFD 探查肺动脉(PA)吻合通畅。

左心房吻合线可表现为左心房后壁上的一个突出的嵴状隆起，左心房可表现为增大。狭窄左心房缝合线的存在会导致血流动力学上的显著阻塞(获得性三房心)，从而导致肺静脉高压和右心衰竭，已被描述，应通过在食管中段切面检查左心房排除狭窄的

左心房缝合线。

移植后 TEE 检查也有助于肺动脉导管的推进，体外循环后的血流动力学管理，以及机械循环支持的部署。

心脏移植患者手术前后的影像学评估要点见表 19。

表 19 心脏移植患者手术前后影像学检查要点

成像目标	成像视图	成像模式
手术前		
评估升主动脉和主肺动脉 排除未来吻合口处的肿块/血栓	ME: 升主动脉 SAX/LAX UE: 主动脉弓 SAX TG: RV 基底部, TG:RV 部, RV 流入/流出 心外膜	2D, 双平面/多平面成像 3D
评估 IVC 和 SCV 排除未来吻合口的肿块/血栓/ 狭窄	ME: 双腔静脉(上腔静脉微缩 探头, 下腔静脉微微前移探 头), 升主动脉 SAX	2D, 双平面/多平面成像 CFD
评估心内的血栓 LAA/LV 心尖	ME: 4/5Ch, MC, 2Ch, LAX	2D, 双平面/多平面成像/3D/频 谱多普勒 (LAA 速度)
心外结构 胸腔积液 腹水	ME: 4/5 Ch (左侧胸膜腔向左 转动探头, 右侧胸膜腔向右转 动探头), TG 视图评估腹水	2D
手术后		
左心室: 大小 收缩功能: 局部(室壁运动异 常)和整体(FAC、SV、EF) 舒张功能: (TMF, 二尖瓣环运 动速度,)	ME: 4/5 Ch, 2Ch, LAX TG: 基底部 SAX, 中间部 SAX, 2Ch, 深部 5Ch	2D 双平面/多平面成像 3D 频谱多普勒 组织多普勒
右心室: 大小 (IVS 和位移) 收缩功能 (游离壁, FAC, TAPSE) RVOT SV	ME: 4Ch, RV 流入/流出道 TG: RV 基底部, RV 流入道, RV 流入/流出道	2D 双平面/多平面成像 CFD 频谱多普勒
对所有瓣膜进行综合评估	ME 和 TG 视图	2D/3D/CFD/频谱多普勒
升主动脉和主肺动脉吻合评 估 排除狭窄/血栓(无离散狭窄、 血流加速)	ME: 升主动脉 SAX/LAX UE: 主动脉弓 SAX TG: RV 基底部, RV 流入/流 出道, 心外膜	2D 双平面/多平面成像 CFD 频谱多普勒

表 19 (续)

评估 IVC 和 SVC 吻合 排除狭窄/血栓(无离散狭窄、 血流加速)	ME: 双腔静脉(上腔静脉微缩 探头, 下腔静脉微微前移探 头),升主动脉 SAX	2D 双平面/多平面成像 CFD
评估左心房吻合 排除狭窄(无流速加速)	ME: 4Ch, 2Ch, LAX	2D CFD

缩写: 2Ch, 两腔心的; 4Ch, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; CFD, 彩色多普勒; EF, 射血分数; FAC, 面积变化分数; IVC, 下腔静脉; IVS, 室间隔; LA, 左心房; LAA, 左心耳; LAX, 长轴; MC, 二尖瓣交界; ME, 食管中段; PA, 肺动脉; RA, 右心房; RV, 右心室; RVOT, 右室流出道; SAX, 短轴; SV, 每搏量; SVC, 上腔静脉; TAPSE, 三尖瓣环收缩期位移; TG, 经胃。

9. 肺移植

经食管超声心动图在肺移植患者中是一种非常有价值的诊断和成像工具。它在手术的所有阶段都有非常明确的应用,在重症监护病房的术后即刻也是如此。在肺移植过程中,经食管超声心动图可以区分不同的血流动力学不稳定原因,如右心室衰竭、低血容量、心肌缺血伴室壁运动异常,或严重肺气肿和肺过度膨胀。

术前评估

考虑到肺移植的候选者在等待移植时经历了不同的延迟,TEE 应该确认关于心室功能和瓣膜病变的术前检查结果,特别是关于右心室功能(表 1)和三尖瓣反流(3.3.2 节)的检查结果。具体地说,应该与外科团队讨论严重的右室功能障碍和扩张,因为在预期的肺动脉阻断时可能需要先行部署 ECMO,或者在缺氧、高碳酸血症或血流动力学不稳定时紧急部署 ECMO。慢性呼吸衰竭患者常有右心室压力超负荷、右心室肥厚、游离壁厚度>5 mm 的体征。如食管中段四腔心和经胃中段短轴切面所示,室间隔变平导致在整个心动周期中左心室呈“D”形。

TEE 还应评估心内分流(如 PFO、ASD)

的存在,这些分流可能需要在移植时通过体外循环手术闭合,或者在肺移植后可能需要进一步的检查和经导管封堵。移植前应测量肺静脉血流速度,并与移植后评估进行比较。

在移植过程中,肺动脉阻断的血流动力学效应可能导致急性右室衰竭,超声心动图表现为右心房和右心室扩张,房间隔和室间隔向左移位,室间隔反常运动,右心室功能不全。移除左心房钳并对植入的肺进行再灌注可导致空气栓塞进入左心。

手术后评估

尽管血管吻合并发症很少见(在 720 例肺移植的队列中报道为 1.8%),但它们会导致移植物功能障碍,并且具有很高的发病率和死亡率。早期发现和解决是预防术后并发症的重要措施。用 2D、CFD 和频谱多普勒超声心动图对所有血管吻合口进行全面检查,使用多个标准和改进的 TEE 视图。所有的肺静脉吻合术都要仔细评估,以排除明显的狭窄,这可能是由于扭结、外科缝合或外压造成的。CFD 显示湍流、肺静脉内径<0.5 cm、收缩期峰值速度>1m/s 提示吻合口明显狭窄。在作出有关手术再干预的管理决策时必须谨慎。高速血流也可提示对侧肺动脉吻合口狭窄、高肺血流量或供体肺静脉收

缩(图 15)。与自体肺相比, 移植单肺的肺血管阻力较低, 因此肺动脉瓣血流速度较高。肺动脉瓣流速低可能是血管并发症的早期征兆。肺动脉瓣低流速的鉴别包括(1)吻合口狭窄引起的血流阻塞;(2)血容量减少或心肌

功能不全所致的低肺血容量。然而, 即使在低速的情况下, 相(收缩期/舒张期)血流的丧失也应该提高狭窄的危险性, 并促使进一步的评估。TEE 观察到肺移植术后出现连续性气栓, 应及时复查肺静脉吻合口的完整性。

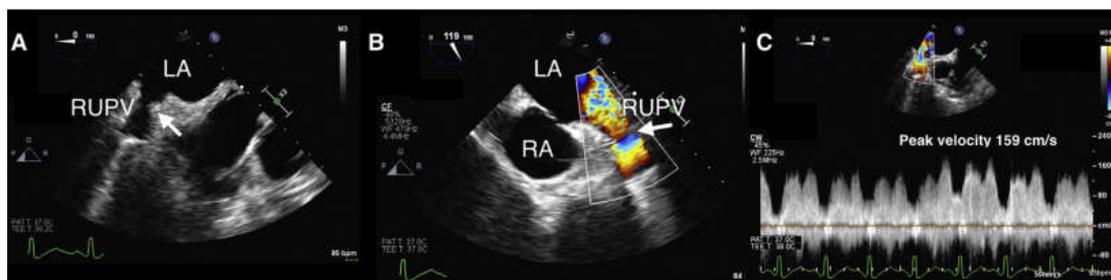


图 15: (A)ME 右上肺静脉(RUPV)视图显示可能有狭窄(白色箭头)。(B)彩色血流多普勒探查 RUPV, 显示狭窄水平有血流加速(白色箭头)。(C)连续波多普勒探查 RUPV 显示的速度为 159 cm/s。肺静脉速度的评估应结合临床情况进行。缩写: LA, 左心房; RA, 右心房。

应该仔细检查肺静脉和左房是否有血栓, 如果发现血栓, 要注意血栓的大小、精确位置和相关的血流异常。肺静脉血栓的总体发生率较低(15%), 一般累及上静脉。

如果肺动脉吻合口的最小直径至少是近端肺动脉直径的 75%, 并且彩色多普勒显示通过吻合口的血流畅通, 则认为肺动脉吻合口是正常的。在食管中段升主动脉短轴切面上, 右肺动脉容易成像, 而左肺动脉因左支气管夹杂而难以成像。然而,

左肺动脉可以在降主动脉近端的水平上成像, 在那里它通过前部到达左支气管。

应重新评估左、右心室功能。接受肺移植的患者可能容易出现右心室流出道梗阻, 原因是右心室动力亢进和/或右心室肥厚, 或者是移植肺过大造成的压迫。

心外膜超声心动图是在 TEE 不能显示血管吻合或有 TEE 禁忌症的患者, 如食道疾病(如硬皮病)患者中的一种选择。

肺移植患者成像的要点见表 20。

表 20 肺移植患者影像学检查要点

成像目标	成像视图	成像模式
手术前		
确认基础心室 (RV, LV) 和瓣膜功能 (MV, TV, AV, PV)	ME 和 TG 视图	2D 双平面/多平面成像 CFD/3D 频谱多普勒
评估心内分流 PFO/ASD, 用 Valsalva 动作进行发泡盐水实验	ME:4/5Ch, 双腔静脉切面	2D 双平面/多平面成像 CFD

表 20 (续)

评估肺静脉血流速度(左和右) 建立移植后比较的基础血流速度和血流特征	ME:MC,2Ch, 双腔静脉切面	2D/CFD 频谱多普勒
手术后		
评估肺静脉血流速度(左和右) 排除狭窄/扭结/血栓	ME:MC,2Ch, 双腔静脉切面 心外膜扫描(如果经食管超声心动图成像不充分)	2D/CFD 频谱多普勒
评估肺动脉吻合 排除狭窄/弯折/血栓 由于左主支气管的干扰, 左肺动脉的能见度有限	ME:升主动脉 SAX/LAX UE:主动脉弓 SAX TG:RV 流入/流出道切面 心外膜	2D/CFD 频谱多普勒
评估心室(RV,LV)和瓣膜功能(TV,PV,MV,AV)	ME 和 TG 视图	2D 双平面/多平面成像 CFD/3D/频谱多普勒

缩写: 2Ch, 两腔心的; 4Ch, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; ASD, 房间隔缺损; AV, 主动脉瓣; CFD, 彩色多普勒; LA, 左心房; LAA, 左心耳; LAX, 长轴; LV, 左心室; MC, 二尖瓣交界; ME, 食管中段; MV, 二尖瓣; PA, 肺动脉, PFO, 卵圆孔未闭; PV, 肺动脉瓣; RV, 右心室; RVOT, 右室流出道; SAX, 短轴; TEE, 经食管超声心动图; TG, 经胃; TV, 三尖瓣; UE, 食管上段。

10. 心包疾病

超声心动图在诊断心包疾病中的作用已在发表的 ASE 建议中进行了详细说明。本节将特别强调术中经食管超声心动图在指导心包疾病患者手术中的作用。

心包填塞

包围性心包积液是心包填塞的经典超声心动图表现, 在最近接受心脏手术或基于导管的心脏手术的患者中通常是不存在的。心脏手术后的心包填塞有各种各样的、非特异性的临床表现, 典型的超声心动图表现是局限性的心包积液。手术敷料、胸管、仰卧位和机械通气相结合, 使经食管超声心动图成为显示局部血栓所致心腔受压的首选成像技术, 与 TTE 相比, 经食管超声心动图不太可能产生假阴性报告。在确认诊断的同时, 术中应使用经食管超声

心动图排除其他无法识别的心力衰竭原因。TEE 还应记录包围性或局限性心包积液、肿块/血栓、纤维蛋白束(大小和长度可变的浮动线性结构)的存在及其对心腔结构和功能的影响。正压机械通气增加了与呼吸相关的跨瓣血流改变的模式, 即在机械呼气过程中, 二尖瓣早期流入速度(食管中段四腔心或食管中段长轴视图)预计会降低, 而三尖瓣早期流入速度(食管中段四腔心或食管中段改良双腔静脉视图)将增加。

在手术探查和心包解压后, 术中应重复 TEE, 以记录心包积聚的液体和凝块的清除情况, 特别是沿心脏后方(例如, 斜窦中可见的液体或凝块), 这在外科领域更难观察到。同样的切面应用于比较心包排出前后的心腔大小和血流速度。然而, 填塞缓解后重复的全面 TEE 检查也可以用来记录双心室功能和检测其他异常, 如瓣膜

疾病，这些疾病在心包排空前可能由于外在压迫和心脏充盈减少而难以评估。

缩窄性心包炎

缩窄性心包炎来到手术室接受心包切除术的患者，在术前检查中，通常通过几种影像方式进行综合成像和诊断。在这种临床背景下，术中 TEE 的诊断作用可能是有限的。尽管如此，超声心动图医生应该熟悉缩窄性心包炎的显著超声心动图特征。在缩窄性心包炎合并心室相互过度依赖时，右室和左室之间的压力梯度迅速变化，特别是在舒张早期，导致特征性的间隔反弹。特征性的组织多普勒表现包括二尖瓣环反转，即侧壁拴系导致二尖瓣环外侧 E' 速度降至二尖瓣环内侧 E' 速度以下，以及二尖

瓣环反常，即二尖瓣环内侧 E' 速度的保留/增强导致二尖瓣 E/E' 与左室充盈压呈负相关。在正压通气的情况下，二尖瓣和经狭窄瓣血流速度的类似呼吸相变化可见于心包填塞。

心包切除术后，应再次进行全面的 TEE 检查，一旦心包对心脏充盈的限制得到缓解，应进行双心室和瓣膜功能评估。曾有报道心包切除术后即刻出现的短暂性 RV 功能障碍。可能的原因是，由于长时间心包束缚所致心肌萎缩以及束缚解除后静脉回流突然增加所致的容量超负荷。

心包疾病患者的术中影像要点见表 21。

表 21 心包病变术中影像学检查要点

成像目标	成像视图	成像模式
手术前		
评估积液的存在和范围 大小和位置（可能被分隔） 游离壁压缩/反向运动 RA（收缩期） RV（舒张期反向运动） LA（收缩期）	ME:4/5Ch, RV 流入/流出道切面, LAX, 双腔静脉切面 TG: 基底部 SAX, 中间部 SAX, TG RV 流入道切面, RV 流入/流出道切面	2D 双平面/多平面成像 M-mode: 游离壁反向运动的时机
评估其它结构: 斜窦: 肺静脉周围的液体/凝块 横窦: 大血管周围的液体/凝块 压缩的 LAA	ME: 2Ch, MC, AV LAX, 升主动脉 SAX/LAX, 双腔静脉切面	2D 双平面/多平面成像 CFD
评估过度的心室互相依赖 跨瓣膜血流的呼吸相变化; 正压通气: 吸气时跨 TV 血流减少, MV 血流增加; 在心包切除术或局部积液的患者中可能不存在, IVS 反弹 缩窄性心包炎	ME:4Ch, RV 流入/流出道切面, 双腔静脉切面	2D 频谱多普勒 (PW 频谱在 TV 和 MV)

表 21 (续)

<p>缩窄型心包炎: 评估翻转环 (侧部 e' < 中部 e')</p>	ME: 4 Ch	组织多普勒成像(二尖瓣环侧间隔 PW 多普勒)
手术后		
<p>评价心包凝块或心包积液的消退情况</p>	ME: 4/5Ch, RV 流入/流出道切面, LAX, 双腔静脉切面 TG: 基底 SAX, 中部 SAX, TG RV 流入道, RV 流入/流出道切面	2D 双平面/多平面成像
<p>心包切开/引流术后, 评估心室 (RV, LV) 和瓣膜 (MV, TV, AV, PV) 功能</p>	ME 和 TG 视图	2D/3D/CFD/频谱多普勒

缩写: 2Ch, 两腔心的; 4Ch, 四腔心的; 5Ch, 五腔心的; 2D, 二维的; 3D, 三维的; AV, 主动脉瓣; CFD, 彩色多普勒; e', 二尖瓣环舒张早期血流速度; IVS, 室间隔; LA, 左房; LAA, 左心耳; LAX, 长轴; LV, 左心室; MC, 二尖瓣交界; ME, 食道中段; MV, 二尖瓣; PV, 肺动脉瓣; PW, 脉冲频谱; RV, 右心室; SAX, 短轴; TG, 经胃; TV, 三尖瓣。

11. 肿瘤和心内包块

超声心动图是评价心脏肿瘤的主要诊断手段。进行术中 TEE 检查的超声心动图医生应该熟悉心脏内肿瘤的超声心动图表现, 以及 TEE 在成像肿瘤和肿块方面的局限性。

TEE 检查应着重于肿块的结构特征、解剖位置和范围、附着类型(光滑与带蒂)、相对大小和对邻近心脏结构的影响(瓣膜返流或梗阻、腔内闭塞)以及相关表现(心包积液、填塞)。恶性肿瘤的典型特征是局部浸润和血管增多(通常表现为奈奎斯特下限的肿块内血流), 而良性肿瘤的血供较差, 血栓是无血管的。其他提示恶性肿瘤的特征包括位于左心房外、累及多个心腔、广泛附着、延伸至纵隔或大血管、出现多

个肿块和心包积液。

肿块和肿瘤应与正常解剖变异、胚胎学残留物(如“华法林嵴”、调节束、假肌腱、希阿里氏网、兰伯赘生物、界嵴或游离缘结节)或常见伪影相鉴别。

完全了解正常解剖学和变异以及胚胎学残留物, 以及术后或手术后的结构变化, 对于避免误诊至关重要。TEE 最适用于后方结构的可视化。二维超声心动图结合同步多平面成像可以更好地描述肿块, 并与正常心脏结构或伪影相鉴别。位于远场的前结构(左心室尖部血栓、肺动脉瓣叶上的肿块), TEE 不是理想的成像方法, 对于胸骨切开的患者, 心外膜超声心动图是一种替代方法。

心内肿瘤切除术患者术前和术后评估的要点如表 22 所示。

表 22 心内肿块切除术的术中影像学要点

手术前
评估肿块的位置、大小、附着类型
评估对邻近结构影响和相关发现 (例如, 心包积液)
评估文本中概述的恶性与良性特征
手术后
评估切除范围
排除切除过程中可能对邻近结构造成的医源性损伤
切除后进行全面检查, 以发现可能因肿瘤/肿块存在而被掩盖的病变组织

12. 总结

术中 TEE 是一种多功能的诊断和监测工具, 可在广泛的体外心脏外科手术中协助患者管理, 在当前手术复杂性增加和创伤性降低的时代更是如此。即使病人出现在手术室时已经接受过全面检查, 仍有必要尽可能进行完整的术前超声心动图检查与评估。使用“包罗万象”的操作流程作为所有手术和所有患者的成像起点, 可以实现图像采集的标准化, 降低成像和报告质量的差异, 并最终改善患者的治疗。将超声

心动图所发现信息清楚地传递给手术团队, 以及了解新发现对手术计划的影响是至关重要的。同样重要的是, 需要了解正在进行外科手术的技术步骤和可能发生的并发症, 以便将术后评估引导到与外科手术直接相关的方面, 并提供相关的超声心动图信息。

最终, 术中超声心动图医师必须成为心脏团队不可或缺的积极组成部分。基于团队的协作方法不仅可以提高个体化, 以患者为中心的医疗质量, 还可以通过跨专业的认知交流来提升团队成员的水平。

注意和免责声明:

本报告由 ASE 提供, 作为会员的礼节性参考资料。本报告仅包含建议, 不应作为作出医疗实践决定或对任何员工进行纪律处分的唯一依据。本报告中的陈述和建议主要是基于专家的意见, 而不是基于经过科学核实的数据。ASE 对本报告中信息的完整性或准确性不作任何明示或默示担保, 包括对适销性或特定用途适用性的担保。在任何情况下, 对于您或您的患者或任何其他第三方根据此信息做出的任何决定或采取的任何行动, ASE 均不承担任何责任。您对此信息的使用也不构成 ASE 提供的医疗建议, 也不构成 ASE 与您的患者或其他任何人之间的任何医患关系。