

心脏移植术后超声心动图检查规范化 临床应用指南（2023 版）

中华医学会超声医学分会超声心动图学组

通信作者：张丽，华中科技大学同济医学院附属协和医院超声医学科，武汉 430022，
Email: zli429@hust.edu.cn；谢明星，华中科技大学同济医学院附属协和医院超声医学科，
武汉 430022，Email: xiemx64@126.com

基金项目：湖北省重点研发计划重点项目（2020DCD015）；国家自然科学基金（81922033）；湖北省自
然科学基金（2021CFA046）

实践指南注册：国家实践指南注册与透明化平台（PREPARE-2023CN551）

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20230530-00297

Recommendations for clinical application of echocardiographic examination after heart transplantation (2023 edition)

Echocardiography Group, Ultrasound Medical Branch of Chinese Medical Association

Corresponding author: Zhang Li, Department of Ultrasound, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China, Email: zli429@hust.edu.cn; Xie Mingxing, Department of Ultrasound, Union Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430022, China, Email: xiemx64@126.com

Fund program: Key Program and Development Program of Hubei Province (2020DCD015); National Natural Science Foundation of China (81922033); Natural Science Foundation of Hubei Province (2021CFA046)

Practice guideline registration: Practice Guideline Registration for Transparency (PREPARE-2023CN551)

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20230530-00297

心脏移植（heart transplantation, HT）是终末期难治性心脏病最有效的治疗手段之一。国际心肺移植协会（International Society for Heart and Lung Transplantation, ISHLT）报道，截至 2018 年 6 月全球登记注册 HT 患者 146 975 例^[1]。据中国心脏移植注册数据库资料显示，截至 2021 年底中国登记注册 HT 患者 4 937 例。随着我国 HT 患者不断增加，术后疗效评价的需求在迅速增多。超声心动图在 HT 术后评价中起着至关重要的作用，被公认是移植心脏结构和功能评估的首选无创影像学方法^[2]。规范化的超声心动图检查，对于 HT 患者术后临床管理与预后评估，提高生存质量，延长生存期，具有重要意义。但目前我国尚无 HT 术后超声心动图评价的检查标准与规范。因此，为了促进我国 HT 术后超声心动图检查规范化，中华医学会超声医学分会超声心动图学组组织专家，参考国内外 HT 相关的最新临床研究成果、指南和临床实践标准，主要回顾 1989 – 2022 年发表的相关文献资料，检索国内外的主要电子数据，包括 PubMed、中国知网和万方数据库，通

过分析总结目前国内外最新研究证据，并结合我国 HT 术后超声心动图评价临床实践，在广泛征求意见的基础上制定了 HT 术后超声心动图检查规范化临床应用指南（以下简称“本指南”）。本指南适用于所有临床医师，尤其是超声医学科、心脏大血管外科及其他与 HT 术后患者诊疗和管理相关学科的专业人员。推荐意见的应用目标人群为 HT 术后患者。

本指南根据临床研究、循证证据、荟萃分析和专家们的建议对常用指标进行了类别推荐。本指南对检查方法和证据等级推荐类别（Class of Recommendation, COR）的表述，沿用国际通用方式：

I 类指征（COR I）：指已证实和（或）一致公认有益、有用和有效的操作或治疗。

II 类指征（COR II）：指有用和（或）有效的证据，尚有矛盾或存在不同观点的操作或治疗。

II a 类指征（COR II a）：有关证据/观点倾向于有用和（或）有效，应用这些操作或治疗是合理的。

II b 类指征（COR II b）：有关证据/观点尚不能

被充分证明有用和（或）有效，可考虑应用。

Ⅲ类指征（COR Ⅲ）：指已证实和（或）一致公认无用和（或）无效，并对一些病例可能有害的操作或治疗，不推荐使用。

对证据来源水平（Level of Evidence, LOE）表达如下：

证据水平 A（LOE A）：资料来源于多项随机临床试验或荟萃分析。

证据水平 B（LOE B）：资料来源于单项随机临床试验或多项非随机对照研究。

证据水平 C（LOE C）：仅为专家共识和（或）小型临床试验、回顾性研究或注册登记研究。

一、HT 术后影像学评估

HT 是终末期难治性心脏病的主要治疗手段，并且随着手术技术的进步及术后管理水平的提高，HT 术后患者的预后较过去明显改善^[2]。据国际心肺移植协会报道，目前成人 HT 术后中位生存时间长达 14.8 年^[1]。但是，排异反应仍为制约患者术后生存最主要的并发症。急性排异反应（acute rejection, AR）为 HT 术后 1 年最常见的并发症和致死因素^[1,3]。慢性排异反应，即移植心脏血管病（cardiac allograft vasculopathy, CAV），则为制约患者长期生存的主要并发症。术后 5 年 CAV 发生率约 30%，术后 10 年其发生率高达约 47%^[1]。经颈静脉心内膜活检（endomyocardial biopsy, EMB）为 AR 的诊断金标准，根据病理学表现，AR 可分为 0R~3R 级^[4]。冠状动脉造影为诊断 CAV 的金标准，依据冠状动脉狭窄程度及移植心脏功能状态，CAV 进一步分为 0~3 级^[5]。然而，EMB 及冠状动脉造影均为有创检查，且无法早期发现排异反应患者心功能受损情况。HT 术后准确评估心功能在患者的术后管理中发挥重要作用，因此，临床上亟需无创、早期、准确评价 HT 术后心功能的检查技术。

目前，临床上用于 HT 术后移植心脏的无创性检查技术主要有超声心动图、心脏磁共振（cardiac magnetic resonance, CMR）、冠状动脉 CT 血管造影（computed tomography angiography, CTA）及正电子发射断层扫描（positron emission tomography, PET）等^[2,6-7]。CMR 主要用于移植心脏功能及心肌组织纤维化程度评估；冠状动脉 CTA 可用于评估冠状动脉的狭窄程度；PET 则主要用于评估移植心脏的心肌灌注情况。超声心动图为 HT 术后的首选检查技术，其安全性高，无创无辐射，并且可以实时动态评估移植心脏的结构和功能变化情况。此外，近年来发展的斑点追踪超声心动图技术，可以更加早期、敏感监测心肌功能损害情况，为 HT 术后排异反应

的早期诊断提供更多重要信息^[7-11]。

超声心动图作为 HT 术后首选无创成像技术，可以评估移植心脏的心腔大小、房室收缩和舒张功能、室壁厚度、瓣膜结构和功能、肺动脉压力、心脏大血管以及心包积液的即时信息。此外，超声心动图也是临床疑诊排异反应患者的首选检查方法，可以实时评估移植心脏的结构和功能变化情况。就 HT 术后超声心动图检查的最佳时间而言，我国暂无相关指南或专家共识，根据国内外最新临床研究成果与相关成像随访建议^[2]，并结合我国 HT 实际情况，本指南推荐 HT 术后超声心动图检查时间见图 1。

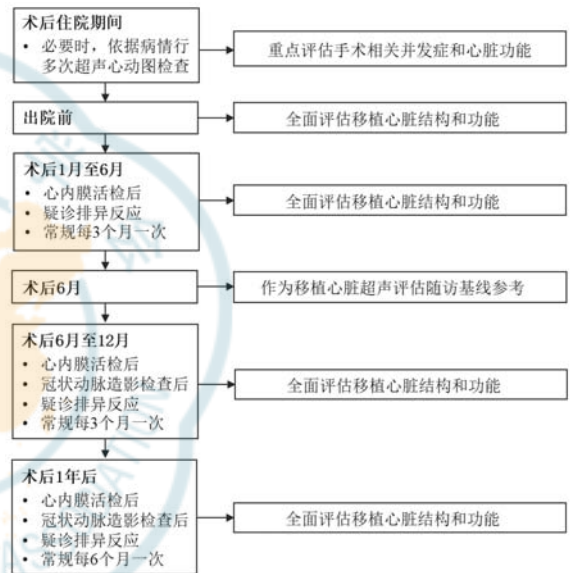


图 1 HT 术后超声心动图评估内容和检查时间

二、HT 术后规范化超声心动图评价

1. HT 术后超声心动图主要评估内容和常用标准切面

由于 HT 术后移植心脏对新环境存在一定的适应期、心脏在胸腔的位置也发生了改变，使供体心脏植入后发生重构，移植心脏形态结构较正常对照存在一定差异，普通健康人群的超声心动图正常参考值不适用于移植心脏评价。因此，HT 术后更强调对患者行系统、连续、动态超声评估。推荐使用 HT 术后 6 个月时的超声检查作为基线指标，后续的超声检查与术后 6 个月时的检查结果对比评价移植心脏结构和功能的变化情况。当患者随访过程心脏超声检查结果异常时，应严格对比既往心脏超声检查结果，并结合患者的临床症状及其他检查结果进行综合评估。

与正常人群比较，HT 术后的超声心动图评估主要增加了对于右心功能的系统评估，心房的结构和功能，主动脉、肺动脉、腔静脉大血管的形态结构，以及术后并发症等的评估。具体评估内容包括移植心脏的各个心腔形态结构，左心室和右心室的收缩功能，

心脏瓣膜的形态功能,大血管的形态结构,心包积液等并发症。依据正常人群心脏超声成像和测量标准^[12-14],并结合移植心脏本身特点,本指南就 HT 术后超声心动图检查标准切面、成像技术以及主要评估内容给出了具体建议,见表 1, 2。其中右心室结构和功能的评估应在聚焦右心室的心尖四腔心切面完成,图像采集要点包括:在标准心尖四腔心的基础上轻微逆时针转动探头,直至完全显示右心室心尖、右心室游离壁以及最大的右心室径线,同时将左心室心尖置于扫描扇角中心,并且需包括至少二尖瓣环的中点,避免出现主动脉瓣和主动脉窦部结构^[12,15-16]。检查者应至少采集 5 个心动周期的动态超声图像。建议将每位患者所存储图像进行质量分级,分为良好、一般、差,并按照统一的标准出具超声心动图诊断报告。

2. 三维超声心动图在 HT 术后的评估价值

二维超声心动图对心室功能的评估基于对心室几何形态的假设,右心室特殊的解剖结构也限制了二维超声的应用。另外,HT 术后的双心房形态结构发生了明显的改变,增加了二维超声评估心房结构和功能的困难。三维超声克服了二维超声平面分析的局限性,无需依赖于对心腔几何形态的假设,可以在三维空间上更准确地评估房室腔的形态结构及功能^[17-24],且三维超声在图像的分析及采集上更简单、省时。因此,推荐在 HT 术后的超声检查中常规采集移植心脏的三维全容积图像,并利用三维超声进一步分析移植心脏房室腔的形态及功能。本指南制定了 HT 术后推荐的三维超声检查标准切面、成像技术及主要评估内容,见表 3。

三、HT 术后心腔大小和功能评价标准

由于供体心脏通常小于受体纵隔腔空间,移植心脏在纵隔腔位置更居中,甚至出现顺钟向转位,推荐在对该人群行超声检查时要注意调整患者的体位,以获取各个标准切面。此外,由于术后移植心脏的重构性改变,HT 术后临床状态良好的患者,其移植心脏与健康人自体心脏相比,仍存在形态结构及功能上的改变。因此,在临床工作中应用健康人群的超声心动图参考值评估移植心脏的形态结构及功能并不合适。推荐 HT 术后应行系统、连续、动态超声心动图检查,建议使用 HT 术后 6 月时的超声检查作为基线指标,每次检查结果应严格对比既往心脏超声检查结果,并结合患者的临床症状及其他检查结果进行综合评估。

1. 左心室的结构与功能评价

HT 术后左心室大小与普通健康人群比较无明显差别^[25-27]。HT 术后 1 周左室壁厚度及左心室质量可

能较正常人群参考值增加,通常于术后 3 个月后逐渐恢复,至术后 1 年恢复至正常状态,这与术后早期炎症细胞浸润及心肌细胞水肿有关^[26]。推荐 HT 术后的超声复查应严格测量左心室室壁的厚度,并与前次复查结果对比。随访过程中新出现的左室壁增厚要警惕 AR 的发生,需进一步检查诊断及排除诊断 AR^[7](COR II b, LOE C)。

HT 术后室间隔运动稍平直甚至出现矛盾运动,但正常情况下,移植心脏无节段性室壁运动减弱^[7]。移植术后左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)可能较健康人群测值减低,但仍处于正常值范围^[17,28-29]。因此,推荐可以使用健康人群 LVEF 参考值评估移植心脏的左心室收缩功能,推荐首选双平面 Simpson 法测量移植心脏的 LVEF(COR I, LOE B)。当患者心尖四腔心和两腔心切面声窗较差,无法准确识别心内膜,可以利用超声造影增强的方法辅助显示心内膜边界并测量 LVEF^[30](COR I, LOE B)。三维超声可以全面显示心脏整体情况,测量左心室容积和 LVEF 无几何学假设,建议有条件时使用三维超声测量左心室容积和 LVEF^[18](COR II a, LOE A)。此外,M 型超声简便易行,有较高的时间分辨率,在不存在节段性室壁运动异常的前提下,可以通过 M 型超声测量其 LVEF(COR II a, LOE C)。随访过程中出现左心室室壁运动减低或 LVEF 测值低于正常值应疑诊 HT 术后排斥反应,需结合临床进一步行心内膜心肌活检或冠状动脉造影检查。

由于 HT 术后的左心室舒张功能受到多种因素的影响,目前美国超声心动图协会和欧洲心血管成像协会发布的超声评估左心室舒张功能指南不推荐对 HT 术后的左心室舒张功能进行诊断和分级诊断^[12]。本指南建议对于 HT 术后患者的超声心动图复查,需常规测量并记录其频谱多普勒二尖瓣口舒张早期血流充盈峰速(early diastolic inflow velocity, E)、舒张晚期血流充盈峰速(late diastolic inflow velocity, A)、E/A 比值以及组织多普勒成像(tissue Doppler imaging, TDI)获取的二尖瓣环间隔壁和二尖瓣环侧壁的舒张早期峰值速度(early diastolic tissue velocity, e'),无需进一步评价其舒张功能及分级。

与 LVEF 比较,斑点追踪超声心动图获取的左室整体纵向应变(left ventricular global longitudinal strain, LVGLS)可以更加早期、敏感地监测左室心肌功能受损情况。与健康人群比较,HT 术后的 LVGLS 减低^[17,28-29],不推荐应用健康人群的 LVGLS 正常值作为 HT 术后的参考值。但是,目前尚无 HT 术后 LVGLS 正常参考值的多中心大样本研

表 1 心脏移植术后常规二维和相应多普勒超声规范化成像标准切面、成像技术及主要评估内容

<p>胸骨旁升主动脉长轴切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+彩色多普勒</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) AAO 近端、吻合口和远端内径 (2) 有无 AAO 吻合口狭窄或吻合口漏 (3) AV 形态及功能 	<p>胸骨旁肺动脉长轴切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+彩色多普勒+PV 前向血流 PW+PV 反流 CW</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) PA 近端、吻合口和远端内径 (2) 有无 PA 吻合口狭窄或吻合口漏 (3) PV 形态及功能（前向血流及反流）
<p>胸骨旁左心室长轴切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+LV 室壁运动 M 型+彩色多普勒</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) LV 大小、功能及室壁厚度 (2) LA 形态和大小 (3) AV、MV 形态及功能（前向血流及反流） (4) 心包积液 	<p>胸骨旁二尖瓣水平左心室短轴切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+LV 室壁运动 M 型+彩色多普勒</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) MV 形态及功能 (2) LV 基底段室壁厚度 (3) LV 基底段室壁运动 (4) 心包积液
<p>胸骨旁右心室流入道切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+彩色多普勒+TV 反流 CW</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) TV 形态和功能（前向血流和反流） (2) RA 形态 	<p>胸骨旁乳头肌水平左心室短轴切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+LV 室壁运动 M 型</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) LV 中间段室壁厚度 (2) LV 中间段室壁运动 (3) 心包积液
<p>胸骨旁右心室流出道切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+彩色多普勒+PV 前向血流 PW+PV 反流 CW</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) RVOT 内径及前向血流 (2) PV 形态和功能（前向血流及反流） (3) AV 形态及功能 (4) 房、室间隔有无连续中断和过隔分流 	<p>胸骨旁心尖水平左心室短轴切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) LV 心尖段室壁厚度 (2) LV 心尖段室壁运动 (3) 心包积液
<p>胸骨旁主动脉短轴切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+彩色多普勒+TV 反流 CW</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) TV 形态及功能（前向血流及反流） (2) AV 形态及功能 (3) 房、室间隔有无连续中断和过隔分流 	<p>心尖四腔心切面</p>  <p>采集图像： 静态+动态（5 个心动周期）</p>	<p>成像技术： 二维+彩色多普勒+MV、TV 前向血流 PW+MV、TV 反流 CW</p> <p>主要评估内容：</p> <ol style="list-style-type: none"> (1) 心房吻合口，心房、心室形态及大小 (2) MV、TV 形态和功能（前向血流及反流） (3) 房、室间隔有无连续中断和过隔分流 (4) 心包积液

(续表 1)

<p>深度调浅的心尖四腔心切面</p>  <p>采集图像: 动态 (5 个心动周期)</p>	<p>心尖五腔心切面</p>  <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>
<p>心尖左心长轴切面</p>  <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>	<p>聚焦右心室的心尖四腔心切面</p>  <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>
<p>深度调浅的心尖左心长轴切面</p>  <p>采集图像: 动态 (5 个心动周期)</p>	<p>三尖瓣环收缩期位移</p>  <p>采集图像: 静态</p>
<p>心尖两腔心切面</p>  <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>	<p>剑突下四腔心切面</p>  <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>
<p>深度调浅的心尖两腔心切面</p>  <p>采集图像: 动态 (5 个心动周期)</p>	<p>剑突下下腔静脉长轴切面</p>  <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>



(续表 1)

<p>剑突下双房切面</p>  <p>成像技术: 二维+彩色多普勒</p> <p>主要评估内容: (1)房间隔形态, 有无连续中断和过隔分流 (2)SVC、IVC 血流</p> <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>	<p>胸骨上窝主动脉弓长轴切面</p>  <p>成像技术: 二维+彩色多普勒</p> <p>主要评估内容: 主动脉弓、降主动脉起始段形态、内径及血流</p> <p>采集图像: 静态+动态 (5 个心动周期)</p>
--	---

注: AAO 为升主动脉, AV 为主动脉瓣, CW 为连续多普勒, IVC 为下腔静脉, LA 为左心房, LV 为左心室, LVOT 为左心室流出道, MV 为二尖瓣, PW 为脉冲多普勒, PV 为肺动脉瓣, PA 为肺动脉, RA 为右心房, RV 为右心室, RVOT 为右心室流出道, SVC 为上腔静脉, TV 为三尖瓣

究。此外, 研究表明, 与 LVEF 比较, LVGLS 可以更加早期发现伴发排异反应患者受损的左心室收缩功能^[10-11, 31-33]。HT 术后发生 AR 的患者其 LVGLS 减低^[8, 31-33] (COR II a, LOE A), 且随着 AR 治疗好转, LVGLS 逐渐恢复^[34]。研究提出, LVGLS 绝对值 < 15.5% 时诊断 AR 的敏感性约 85.7%, 特异性约 81.4%^[31], 该界值仍需要大样本多中心的研究进一步验证。此外, ISHLT 发布的 HT 术后 CAV 诊断标准中^[5], LVEF 作为诊断标准之一。但是, 当患者 LVEF 减低时, CAV 已发展至严重阶段, 患者预后差。LVGLS 同样可以早期检测 CAV 患者受损的左心室功能, 多个研究均表明, 伴发 CAV 患者其 LVGLS 减低, 且随着 CAV 加重, LVGLS 减低的程度也随之增加^[10-11, 35] (COR II a, LOE B)。推荐 HT 术后常规测量其 LVGLS, 随访过程中 LVGLS 减低要警惕排异反应的发生, 需行进一步检查。未来需要大样本多中心研究进一步证实 LVGLS 用于 HT 术后排异反应的诊断价值, 并制定诊断排异反应的 LVGLS 临界值。

2. 右心室的结构与功能评价

HT 术后右心室长径较普通健康人群无明显改变, 但移植心脏的右心室横向往径线和面积可能较正常参考值偏大^[28]。这可能与心包切开, 移植心脏失去心包支撑作用有关。此外, 供、受体负荷不匹配, 受体肺动脉压力增高, 右心室可在术后出现一过性增大^[36]。依据健康人群右心评估指南, 推荐在聚焦右心室的心尖四腔心切面测量右心室大小, 包括右心室基底段横径、中间段横径和右室长径 (COR I, LOE A)。此外, 由于右心室几何学形态不规则, 推荐使用三维超声心动图定量右心室容积 (COR I, LOE B)。

右心室面积变化率 (right ventricular fractional area change, RVFAC) 和右心室射血分数 (right ventricular ejection fraction, RVEF) 评价右心室整

体收缩功能, 三尖瓣环收缩期峰值位移 (tricuspid annular peak systolic excursion, TAPSE) 和三尖瓣环游离壁收缩期速度 (tricuspid lateral annular systolic velocity, S') 反映右心室纵向收缩功能。与指南发布健康人群右心室功能正常参考值比较, HT 术后临床状态稳定且无并发症的患者, 其 RVFAC 和 RVEF 在正常值范围内, 但是 TAPSE 和 S' 均较正常参考值明显减低^[17, 28, 37-38]。并且, 研究显示, HT 术后减低的 RVFAC、TAPSE 和 S' 于术后 1 年逐渐好转, RVFAC 可恢复至正常水平, 但是 TAPSE 和 S' 仍明显低于健康人群水平^[27, 39-40] (COR II a, LOE B)。因此, 推荐 HT 术后可以使用健康人群的 RVFAC 和 RVEF 正常参考值, 当 RVFAC < 35%, RVEF < 45% 时, 应提示移植心脏的右心室收缩功能减低。但是, 基于健康人群的 TAPSE 和 S' 的正常参考值不适用于 HT 术后患者, 需谨慎解读 HT 术后 TAPSE 和 S' 测量值, 其测值减低不代表 HT 术后右心室功能障碍。本指南推荐常规测量并记录 HT 术后的 RVFAC, TAPSE 和 S', 联合多个右心功能指标并与前次检查结果对比, 综合判断其右心室功能。

与 RVFAC、TAPSE 和 S' 比较, 右心室游离壁纵向应变 (right ventricular free wall longitudinal strain, RVFWLS) 可以更加早期、敏感地检测受损的右心室功能。研究发现, 与未发生 AR 的 HT 术后患者比较, 发生 AR 的 HT 术后患者 RVFWLS 减低, 但是目前尚无 HT 术后 RVFWLS 正常参考值。有研究提出, 当 RVFWLS 绝对值 < 17% 时, 诊断 AR 的敏感性为 85.7%, 特异性为 91.1%^[31]。并且, 联合 LVGLS 与 RVFWLS 可以进一步提高 AR 诊断效能, 当 LVGLS 绝对值 > 15.5% 且 RVFWLS 绝对值 > 17% 时, 排除 HT 术后 AR 的阴性预测值高达 100%^[31] (COR II b, LOE C), 但该研究结果需要大样本多中心的研究进一步验证。因此, 尽管目前超声技术尚不能代替心内膜心肌活检, 但其有望在术后

表 2 心脏移植术后频谱多普勒和组织多普勒超声规范化成像标准切面、成像技术及主要评估内容

<p>二尖瓣口前向血流</p>  <p>成像技术: PW</p> <p>主要评估内容: (1)MV 前向血流 E 峰峰速、A 峰峰速、E/A 比值 (2)MV 前向血流 E 峰减速时间(DT)</p>	<p>左心室流出道前向血流</p>  <p>成像技术: PW</p> <p>主要评估内容: LVOT 前向血流峰速</p>
<p>三尖瓣口前向血流</p>  <p>成像技术: PW</p> <p>主要评估内容: TV 前向血流 E 峰峰速、A 峰峰速、E/A 比值</p>	<p>肺静脉血流</p>  <p>成像技术: PW</p> <p>主要评估内容: 肺静脉血流</p>
<p>肺动脉瓣口前向血流</p>  <p>成像技术: PW</p> <p>主要评估内容: PV 前向血流峰速</p>	<p>二尖瓣环隔壁 TDI</p>  <p>成像技术: TDI</p> <p>主要评估内容: 二尖瓣环隔壁舒张早期运动速度 (e')</p>
<p>右心室流出道前向血流</p>  <p>成像技术: PW</p> <p>主要评估内容: RVOT 前向血流峰速</p>	<p>二尖瓣环侧壁 TDI</p>  <p>成像技术: TDI</p> <p>主要评估内容: 二尖瓣环侧壁舒张早期运动速度 (e')</p>
<p>主动脉瓣口前向血流</p>  <p>成像技术: PW</p> <p>主要评估内容: AV 前向血流峰速</p>	<p>三尖瓣环游离壁 TDI</p>  <p>成像技术: TDI</p> <p>主要评估内容: 三尖瓣环游离壁收缩期运动速度 (S')</p>

注: AV 为主动脉瓣, LVOT 为左心室流出道, MV 为二尖瓣, PW 为脉冲多普勒, PV 为肺动脉瓣, RVOT 为右心室流出道, TV 为三尖瓣, TDI 为组织多普勒。表 2 中全部采集静态图像

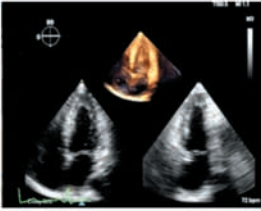
随访中协助排除 AR, 避免不必要的有创性检查。推荐在 HT 的术后随访中, 常规测量 LVGLS 和 RVFWLS, 当测值减低时要提示临床警惕排异反应的发生, 强调在超声评估的基础上更加有效、合理地应用心内膜心肌活检及冠状动脉造影等有创性检查。

3. 心房形态与结构评价

HT 术后心房几何学形态及功能的改变与手术方式直接相关(图 2)。HT 术式包括全心原位心脏移植术、双房原位心脏移植术及双腔原位心脏移植术。

双房原位心脏移植术也称为“标准术式”, 它是在左、右心房间水平吻合供受体心脏。双腔原位心脏移植术的左心房切口位于左心耳的底部, 在受体四条肺静脉周围留下一小块心房组织与供体心脏吻合, 而受体右心房全部切除, 分别通过上腔静脉和下腔静脉与供体心脏吻合。双腔原位心脏移植术式保留了心房与窦房结功能, 为目前最常用的心脏移植术式^[2,41]。HT 术后左心房和右心房均增大, 并且行双房原位心脏移植术式后的心房几何学形态改变更明显, 呈“雪人

表 3 心脏移植术后三维超声规范化成像标准切面、成像技术及主要评估内容

<p>左心三维全容积图像</p>  <p>采集图像： 动态（5 个心动周期）</p> <p>成像技术： 左心三维全容积超声成像</p> <p>主要评估内容：</p> <p>(1)LAVmax, LAVmin, LAEF (2)LVEDV, LVESV, LVEF (3)LASpeak, LVGLS</p>	<p>右心三维全容积图像</p>  <p>采集图像： 动态（5 个心动周期）</p> <p>成像技术： 右心三维全容积超声成像</p> <p>主要评估内容：</p> <p>(1)RAVmax, RAVmin, RAEF (2)RVEDV, RVESV, RVEF (3)RASpeak, RVFWLS</p>
--	--

注：LAVmax 为左心房最大容积，LAVmin 为左心房最小容积，LAEF 为左心房射血分数，LVEDV 为左心室舒张末期容积，LVESV 为左心室收缩末期容积，LVEF 为左心室射血分数，LASpeak 为左心房峰值应变，LVGLS 为左心室整体纵向应变，RAVmax 为右心房最大容积，RAVmin 为右心房最小容积，RAEF 为右心房射血分数，RVEDV 为右心室舒张末期容积，RVESV 为右心室收缩末期容积，RVEF 为右心室射血分数，RASpeak 为右心房峰值应变，RVFWLS 为右心室游离壁纵向应变

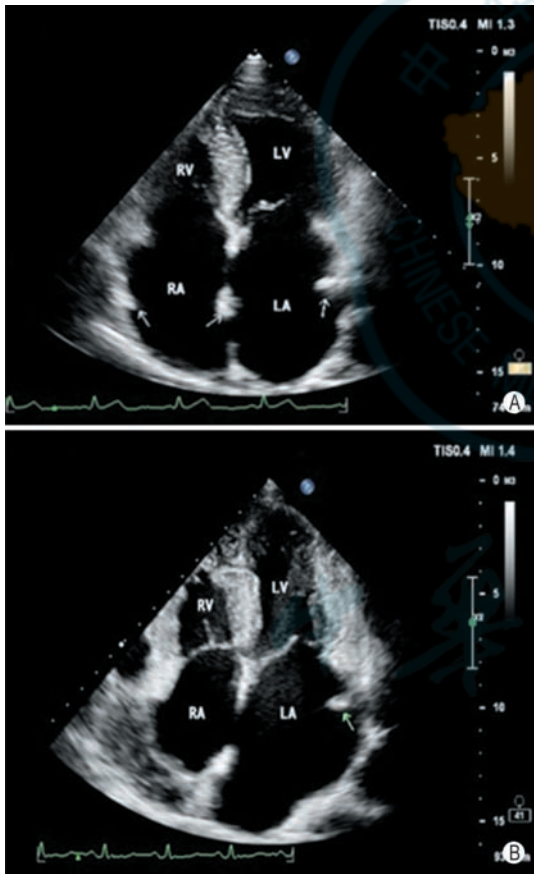


图 2 不同心脏移植术式心房形态改变的超声图像 A：双房原位心脏移植术后的心房超声图像表现；B：双腔原位心脏移植术后的心房超声图像表现（箭头指示心房吻合口）

征”，而行双腔原位心脏移植术式后的心房形态改变程度相对较小^[2,28,42]，推荐使用三维超声评估 HT 术后的心房容积^[2,43]（COR II a, LOE B）。另外，由于 HT 术后心房几何形态发生改变，再加上手术方式的不同，不推荐参考健康人群心房径线参考值评估移植心脏的心房大小，HT 术后不强调单次检查心房

大小绝对值，推荐在报告中描述心房呈移植术后改变。

四、HT 术后瓣膜结构与功能评价

三尖瓣反流是 HT 术后最常见的瓣膜并发症^[2]。一般情况下，HT 术后的三尖瓣反流多为少许或轻度反流。术后早期可以出现中度以上三尖瓣反流，但比例较少且随术后时间延长反流程度逐渐减轻^[44-45]。HT 术后三尖瓣反流分为功能性三尖瓣反流和解剖性三尖瓣反流^[46]。HT 术后功能性三尖瓣反流的原因主要有：双房心脏移植术式后右心房形态失常，右心房收缩功能减低致三尖瓣环扩大；术后伴发肺动脉高压，右心室重构，右心室长径增加致瓣叶栓系，对合面减低；术后 AR 致乳头肌水肿、功能障碍以及右心室功能减低影响三尖瓣闭合等^[45-49]。术后 1 周三尖瓣反流主要继发于受体术前肺高压，随着术后时间延长，肺动脉压力逐渐减低，三尖瓣反流也随之好转。HT 术后解剖性三尖瓣反流的原因主要有：术后 EMB 操作过程致腱索断裂等三尖瓣装置损伤、术后感染性心内膜炎累及三尖瓣等^[47,49-51]。此外，HT 术后中重度三尖瓣反流与右心衰竭、死亡等不良预后相关^[49,52]。因此，本指南推荐 HT 术后的超声复查中要严格评估有无三尖瓣反流及其反流程度。检查中一旦发现患者伴有三尖瓣反流，应在报告中常规记录其三尖瓣反流程度、反流峰速和压差，结合右心房压力估测其肺动脉收缩压，并与前次检查结果进行对比。此外，推荐常规测量 HT 术后的三尖瓣口舒张早期血流充盈峰速（E）和舒张晚期血流充盈峰速（A）。HT 术后主动脉瓣及二尖瓣反流相对较少发生。

五、HT 术后大血管的评价

正常情况下 HT 术后主、肺动脉吻合口处血流通畅，血流无明显加速。推荐 HT 术后的超声复查

中要严格评估主、肺动脉大血管吻合口的结构及血流动力学。常规测量升主动脉和肺动脉近端内径、吻合口处内径和远端内径,并仔细排除吻合口漏、吻合口狭窄、吻合口血栓形成等并发症。HT 术后可伴发腔静脉狭窄,上腔静脉狭窄较下腔静脉狭窄多见,双腔原位心脏移植术式、术前右心导管检查、术后 EMB 操作均可导致上腔静脉损伤、狭窄,甚至上腔静脉综合征等严重并发症^[53-56]。推荐 HT 术后超声检查中要仔细检查移植心脏的上、下腔静脉,排除上、下腔静脉狭窄。建议在剑突下下腔静脉长轴切面,距右房入口 1~2 cm 处测量下腔静脉近心段内径和管径随呼吸塌陷率,并以此估测右心房压力 (COR I, LOE A)。正常下腔静脉内径 ≤ 2.1 cm,随呼吸管径塌陷率 $> 50\%$,估测右心房压力约 3 mmHg (0~5 mmHg);当下腔静脉内径 > 2.1 cm,随呼吸塌陷率 $< 50\%$,提示右心房压力增高 [15 mmHg (10~20 mmHg)];当下腔静脉内径和呼吸塌陷率存在一个异常值时,估测右心房压约 8 mmHg (5~10 mmHg) (COR I, LOE A)。

六、HT 术后心包积液的评价

HT 术前受体纵隔腔扩大,移植的供体心脏较小,致 HT 术后心脏的位置发生改变,再加上手术创伤,HT 术后 1 个月内心包积液较常见^[57]。但随着术后时间的延长,心包积液逐渐减少,通常于术后 3 个月可以恢复正常,HT 术后 1 年心包积液则较少发生^[2,57-59]。HT 术后超过 1 年出现的心包积液与患者不良结局相关^[58]。此外,随访过程中心包积液突然增多或新发心包积液则要警惕 AR 的发生,需进一步检查诊断及排除诊断 AR (COR II b, LOE C)。因此,推荐 HT 术后超声复查时要严格评估心包积液出现时间、程度及有无血流动力学改变,并与前次检查结果进行对比。

七、其他常见并发症评价

除了排异反应,HT 术后常见的并发症包括移植植物功能障碍、感染、糖尿病、肾功能障碍、恶性肿瘤等^[1,60-61]。移植植物功能障碍为术后 30 d 最常见的心脏并发症及死因,移植植物功能障碍分为左心室功能障碍和右心室功能障碍。超声心动图为评估移植植物功能障碍的主要检查手段,推荐 HT 术后常规评估其 LVEF 和 RVEF 值,当 LVEF $\leq 40\%$ 提示 HT 术后左心室功能障碍,RVEF $< 45\%$ 提示 HT 术后右心室功能障碍^[2,62] (COR II a, LOE A)。感染和 AR 为 HT 术后 1 年内最常见的并发症。CAV、糖尿病、肾功能障碍为术后中晚期常见的并发症。据 ISHLT 报道,严重肾功能障碍、CAV、糖尿病于 HT 术后 5 年的发病率分别为 15.7%, 29.0%, 33.8%, CAV 术后

10 年的发病率更是高达约 47%^[1]。HT 术后恶性肿瘤主要继发于长期应用免疫抑制剂,表现为皮肤癌、肾癌及淋巴瘤等^[60]。超声心动图显示 HT 术后并发的心包淋巴瘤主要表现为心包内低回声团块,且左心增强超声心动图可见心包低回声团块内有造影剂充填^[61]。

局限性和展望:本指南结合国际指南推荐意见、既往研究结果以及我国 HT 实际情况和专家意见而制定,旨在推动我国 HT 术后心脏超声评价的检查标准与规范。本指南也会根据国内外的循证医学证据适时更新。希望本指南的制订能够对我国现阶段 HT 术后患者临床管理工作提供参考和帮助,促进我国 HT 术后患者管理水平的高质量发展,为我国 HT 患者提供优良的医疗服务。

利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突

指南编写组成员

组长: 谢明星 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)

副组长: 穆玉明 (新疆医科大学第一附属医院); 许迪 (南京医科大学第一附属医院); 袁丽君 (中国人民解放军空军军医大学唐都医院); 马春燕 (中国医科大学附属第一医院); 舒先红 (复旦大学附属中山医院)

专家组成员: (按姓氏拼音顺序排序)

邓荷萍 (河北医科大学第三医院); 方理刚 (北京协和医院); 费洪文 (广东省人民医院); 谷颖 (贵州医科大学附属医院); 关欣 (天津市胸科医院); 郭盛兰 (广西医科大学第一附属医院); 郭薇 (福建省立医院); 郭燕丽 (陆军军医大学第一附属医院); 姜岚 (昆明医科大学第一附属医院); 景香香 (海南省人民医院); 刘俐 (北京大学深圳医院); 刘丽文 (空军军医大学西京医院); 刘娅妮 (华中科技大学同济医学院附属同济医院); 芦桂林 (石河子大学医学院第一附属医院); 吕清 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 吕秀章 (北京朝阳医院); 马小静 (武汉亚洲心脏病医院); 蒲朝霞 (浙江大学医学院附属第二医院); 任建丽 (重庆医科大学附属第二医院); 申锸 (上海市第八人民医院); 王浩 (中国医学科学院阜外医院); 王小丛 (吉林大学第一医院); 王志斌 (青岛大学附属医院); 薛继平 (山西医学科学院山西大医院); 薛莉 (哈尔滨医科大学附属第四医院); 姚桂华 (山东大学齐鲁医院); 尹立雪 (四川省医学科学院四川省人民医院); 余蕾 (浙江大学医学院附属第二医院); 袁建军 (河南省人民医院); 张蕾 (哈尔滨医科大学附属第二医院); 张丽 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 张瑞芳 (郑州大学第一附属医院); 张小杉 (内蒙古医科大学附属医院); 章春泉 (南昌大学第二附属医院); 朱文晖 (中南大学湘雅三院); 朱向明 (皖南医学院弋矶山医院)

主要执笔人: 张丽 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 孙薇 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 谢雨霁 (华中科技大学同济医学院附属协和医院)

参 考 文 献

- [1] Khush KK, Cherikh WS, Chambers DC, et al. The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Thirty-sixth adult heart transplantation report-2019; focus theme: Donor and recipient

- size match [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2019, 38 (10): 1056-1066. DOI:10.1016/j.healun.2019.08.004.
- [2] Khush KK, Potena L, Cherikh WS, et al. The International Thoracic Organ Transplant Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: 37th adult heart transplantation report-2020; focus on deceased donor characteristics [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2020, 39(10):1016-1027. DOI:10.1016/j.healun.2020.07.009.
- [3] Badano LP, Miglioranza MH, Edvardsen T, et al. European Association of Cardiovascular Imaging/Cardiovascular Imaging Department of the Brazilian Society of Cardiology recommendations for the use of cardiac imaging to assess and follow patients after heart transplantation [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2015, 16(9):919-948. DOI: 10.1093/ehjci/jev139.
- [4] Stewart S, Winters GL, Fishbein MC, et al. Revision of the 1990 working formulation for the standardization of nomenclature in the diagnosis of heart rejection [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2005, 24 (11): 1710-1720. DOI: 10.1016/j.healun.2005.03.019.
- [5] Mehra MR, Crespo-Leiro MG, Dipchand A, et al. International Society for Heart and Lung Transplantation working formulation of a standardized nomenclature for cardiac allograft vasculopathy-2010 [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2010, 29(7): 717-727. DOI:10.1016/j.healun.2010.05.017.
- [6] Miller CA, Fildes JE, Ray SG, et al. Non-invasive approaches for the diagnosis of acute cardiac allograft rejection [J]. *Heart*, 2013, 99(7):445-453. DOI:10.1136/heartjnl-2012-302759.
- [7] Dandel M, Hetzer R. Post-transplant surveillance for acute rejection and allograft vasculopathy by echocardiography: usefulness of myocardial velocity and deformation imaging [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2017, 36(2): 117-131. DOI:10.1016/j.healun.2016.09.016.
- [8] Zhu S, Li M, Tian F, et al. Diagnostic value of myocardial strain using two-dimensional speckle-tracking echocardiography in acute cardiac allograft rejection: a systematic review and meta-analysis [J]. *Echocardiography*, 2020, 37(4): 561-569. DOI:10.1111/echo.14637.
- [9] Sade LE, Hazirolan T, Kozan H, et al. T1 Mapping by cardiac magnetic resonance and multidimensional speckle-tracking strain by echocardiography for the detection of acute cellular rejection in cardiac allograft recipients [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2019, 12(8 Pt 2): 1601-1614. DOI: 10.1016/j.jcmg.2018.02.022.
- [10] Clemmensen TS, Løgstrup BB, Eiskjaer H, et al. Evaluation of longitudinal myocardial deformation by 2-dimensional speckle-tracking echocardiography in heart transplant recipients: relation to coronary allograft vasculopathy [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2015, 34(2): 195-203. DOI:10.1016/j.healun.2014.07.008.
- [11] Clemmensen TS, Eiskjaer H, Løgstrup BB, et al. Noninvasive detection of cardiac allograft vasculopathy by stress exercise echocardiographic assessment of myocardial deformation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2016, 29(5): 480-490. DOI:10.1016/j.echo.2016.01.012.
- [12] Mitchell C, Rahko PS, Blauwet LA, et al. Guidelines for performing a comprehensive transthoracic echocardiographic examination in adults: recommendations from the American Society of Echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(1):1-64. DOI:10.1016/j.echo.2018.06.004.
- [13] Rudski LG, Lai WW, Afalalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23(7): 685-713; quiz 786-788. DOI:10.1016/j.echo.2010.05.010.
- [14] Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(1): 1-39. e14. DOI: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
- [15] Badano LP, Koliaas TJ, Muraru D, et al. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2018, 19(6):591-600. DOI:10.1093/ehjci/jev042.
- [16] Badano LP, Muraru D, Parati G, et al. How to do right ventricular strain [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2020, 21(8):825-827. DOI:10.1093/ehjci/jeaa126.
- [17] Lv Q, Sun W, Wang J, et al. Evaluation of biventricular functions in transplanted hearts using 3-dimensional speckle-tracking echocardiography [J]. *J Am Heart Assoc*, 2020, 9(10): e015742. DOI:10.1161/JAHA.119.015742.
- [18] Dorosz JL, Lezotte DC, Weitzenkamp DA, et al. Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2012, 59(20): 1799-1808. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.01.037.
- [19] Seo Y, Ishizu T, Atsumi A, et al. Three-dimensional speckle tracking echocardiography [J]. *Circ J*, 2014, 78(6): 1290-1301. DOI:10.1253/circj.cj-14-0360.
- [20] Zhu S, Sun W, Qiao W, et al. Real time three-dimensional echocardiographic quantification of left atrial volume in orthotopic heart transplant recipients: comparisons with cardiac magnetic resonance imaging [J]. *Echocardiography*, 2020, 37(8): 1243-1250. DOI:10.1111/echo.14792.
- [21] Muraru D, Spadotto V, Cecchetto A, et al. New speckle-tracking algorithm for right ventricular volume analysis from three-dimensional echocardiographic data sets: validation with cardiac magnetic resonance and comparison with the previous analysis tool [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2016, 17(11): 1279-1289. DOI:10.1093/ehjci/jev309.
- [22] Zhang Y, Wu C, Sun W, et al. Left heart chamber volumetric assessment by automated three-dimensional echocardiography in heart transplant recipients [J]. *Front Cardiovasc Med*, 2022, 9: 877051. DOI:10.3389/fcvm.2022.877051.
- [23] Nagata Y, Wu VC, Kado Y, et al. Prognostic value of right

- ventricular ejection fraction assessed by transthoracic 3D echocardiography[J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(2): e005384. DOI:10.1161/CIRCIMAGING.116.005384.
- [24] 孙薇, 吕清, 杨芸, 等. 全自动三维超声右心室定量软件评估心脏移植术后右心室功能的价值: 与心脏磁共振比较[J]. *中华超声影像学杂志*, 2021, 30(7): 584-591. DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20210114-00029.
- Sun W, Lyu Q, Yang Y, et al. Evaluation of right ventricular function by fully automated three-dimensional echocardiography right ventricular quantification software in patients after heart transplantation[J]. *Chin J Ultrasonogr*, 2021, 30(7): 584-591. DOI:10.3760/cma.j.cn131148-20210114-00029.
- [25] Wilhelmi M, Pethig K, Wilhelmi M, et al. Heart transplantation: echocardiographic assessment of morphology and function after more than 10 years of follow-up[J]. *Ann Thorac Surg*, 2002, 74(4): 1075-1079; discussion 1079. DOI: 10.1016/s0003-4975(02)03833-x.
- [26] Goland S, Siegel RJ, Burton K, et al. Changes in left and right ventricular function of donor hearts during the first year after heart transplantation[J]. *Heart*, 2011, 97(20): 1681-1186. DOI: 10.1136/hrt.2010.220871.
- [27] Ingvarsson A, Werther Evaldsson A, Waktare J, et al. Echocardiographic assessment of chamber size and ventricular function during the first year after heart transplantation[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2021, 41(4): 355-365. DOI: 10.1111/cpf.12702.
- [28] Ingvarsson A, Werther Evaldsson A, Waktare J, et al. Normal reference ranges for transthoracic echocardiography following heart transplantation[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2018, 31(3): 349-360. DOI:10.1016/j.echo.2017.11.003.
- [29] Ran H, Zhang PY, Wan LL, et al. Heart transplantation ten-year follow-ups: deformation differentiation comparison of myocardial performance in left ventricle and right ventricle[J]. *Clin Physiol Funct Imaging*, 2020, 40(6): 415-422. DOI:10.1111/cpf.12660.
- [30] Senior R, Becher H, Monaghan M, et al. Clinical practice of contrast echocardiography: recommendation by the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) 2017[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2017, 18(11): 1205-1205af. DOI: 10.1093/ehjci/jex182.
- [31] Mingo-Santos S, Monivas-Palomero V, Garcia-Lunar I, et al. Usefulness of two-dimensional strain parameters to diagnose acute rejection after heart transplantation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(10): 1149-1156. DOI: 10.1016/j.echo.2015.06.005.
- [32] Goirigolzarri Artaza J, Mingo Santos S, Larranaga JM, et al. Validation of the usefulness of 2-dimensional strain parameters to exclude acute rejection after heart transplantation: a multicenter study[J]. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2021, 74(4): 337-344. DOI:10.1016/j.rec.2020.01.012.
- [33] Ciarka A, Cordeiro F, Droogne W, et al. Speckle-tracking-based global longitudinal and circumferential strain detect early signs of antibody-mediated rejection in heart transplant patients[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2022, 23(11): 1520-1529. DOI:10.1093/ehjci/jeab212.
- [34] Clemmensen TS, Løgstrup BB, Eiskjaer H, et al. Changes in longitudinal myocardial deformation during acute cardiac rejection: the clinical role of two-dimensional speckle-tracking echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2015, 28(3): 330-339. DOI:10.1016/j.echo.2014.10.015.
- [35] Narang A, Blair JE, Patel MB, et al. Myocardial perfusion reserve and global longitudinal strain as potential markers of coronary allograft vasculopathy in late-stage orthotopic heart transplantation[J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2018, 34(10): 1607-1617. DOI:10.1007/s10554-018-1364-7.
- [36] Bhatia SJ, Kirshenbaum JM, Shemin RJ, et al. Time course of resolution of pulmonary hypertension and right ventricular remodeling after orthotopic cardiac transplantation [J]. *Circulation*, 1987, 76(4): 819-826. DOI: 10.1161/01.cir.76.4.819.
- [37] Clemmensen TS, Eiskjaer H, Løgstrup BB, et al. Echocardiographic assessment of right heart function in heart transplant recipients and the relation to exercise hemodynamics [J]. *Transpl Int*, 2016, 29(8): 909-920. DOI: 10.1111/tri.12793.
- [38] Lakatos BK, Tokodi M, Assabiny A, et al. Dominance of free wall radial motion in global right ventricular function of heart transplant recipients[J]. *Clin Transplant*, 2018, 32(3): e13192. DOI:10.1111/ctr.13192.
- [39] Monivas Palomero V, Mingo Santos S, Goirigolzarri Artaza J, et al. Two-dimensional speckle tracking echocardiography in heart transplant patients: two-year follow-up of right and left ventricular function [J]. *Echocardiography*, 2016, 33(5): 703-713. DOI:10.1111/echo.13169.
- [40] Harrington JK, Richmond ME, Woldu KL, et al. Serial changes in right ventricular systolic function among rejection-free children and young adults after heart transplantation[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2019, 32(8): 1027-1035. e2. DOI: 10.1016/j.echo.2019.04.413.
- [41] Davies RR, Russo MJ, Morgan JA, et al. Standard versus bicaval techniques for orthotopic heart transplantation: an analysis of the United Network for Organ Sharing database [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2010, 140(3): 700-708, 708. e1-2. DOI: 10.1016/j.jtcvs.2010.04.029.
- [42] Schnoor M, Schäfer T, Lühmann D, et al. Bicaval versus standard technique in orthotopic heart transplantation: a systematic review and meta-analysis[J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2007, 134(5): 1322-1331. DOI:10.1016/j.jtcvs.2007.05.037.
- [43] Urbano-Moral JA, Arias-Godinez JA, Ahmad R, et al. Evaluation of myocardial mechanics with three-dimensional speckle tracking echocardiography in heart transplant recipients: comparison with two-dimensional speckle tracking and relationship with clinical variables[J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(12): 1167-1173. DOI:10.1093/ehjci/jet065.
- [44] Bishawi M, Zanotti G, Shaw L, et al. Tricuspid valve regurgitation immediately after heart transplant and long-term outcomes[J]. *Ann Thorac Surg*, 2019, 107(5): 1348-1355. DOI: 10.1016/j.athoracsur.2018.10.065.
- [45] Kim HR, Kim HJ, Lee SE, et al. Prevalence and risk factors of post-heart transplant tricuspid regurgitation [J]. *Transplantation*, 2022, 106(6): e297-e303. DOI: 10.1097/TP.

0000000000004128.

- [46] Kwon MH, Shemin RJ. Tricuspid valve regurgitation after heart transplantation [J]. *Ann Cardiothorac Surg*, 2017, 6(3): 270-274. DOI: 10.21037/acs.2017.04.02.
- [47] Aziz TM, Burgess MI, Rahman AN, et al. Risk factors for tricuspid valve regurgitation after orthotopic heart transplantation [J]. *Ann Thorac Surg*, 1999, 68(4): 1247-1251. DOI: 10.1016/s0003-4975(99)00768-7.
- [48] Herrmann G, Simon R, Haverich A, et al. Left ventricular function, tricuspid incompetence, and incidence of coronary artery disease late after orthotopic heart transplantation [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 1989, 3(2): 111-117; discussion 118. DOI: 10.1016/1010-7940(89)90087-0.
- [49] Wartig M, Tesan S, Gäbel J, et al. Tricuspid regurgitation influences outcome after heart transplantation [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2014, 33(8): 829-835. DOI: 10.1016/j.healun.2014.04.005.
- [50] Guo A, Alnsasra H, Kitahara H, et al. Tricuspid valve injury after heart transplantation: how to monitor for rejection? [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2021, 22(7): e91. DOI: 10.1093/ehjci/jeab035.
- [51] Sherman-Weber S, Axelrod P, Suh B, et al. Infective endocarditis following orthotopic heart transplantation: 10 cases and a review of the literature [J]. *Transpl Infect Dis*, 2004, 6(4): 165-170. DOI: 10.1111/j.1399-3062.2004.00074.x.
- [52] Aziz TM, Saad RA, Burgess MI, et al. Clinical significance of tricuspid valve dysfunction after orthotopic heart transplantation [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2002, 21(10): 1101-1108. DOI: 10.1016/s1053-2498(02)00433-3.
- [53] Sze DY, Robbins RC, Semba CP, et al. Superior vena cava syndrome after heart transplantation: percutaneous treatment of a complication of bicaval anastomoses [J]. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 1998, 116(2): 253-261. DOI: 10.1016/s0022-5223(98)70124-2.
- [54] Strecker T, Zimmermann I, Heinz M, et al. Successful venous angioplasty of superior vena cava syndrome after heart transplantation [J]. *Case Rep Cardiol*, 2014, 2014: 490276. DOI: 10.1155/2014/490276.
- [55] Tadros HJ, Whelihan JT, Lopez-Colon D, et al. Risk factors associated with post-transplant superior caval vein stenosis in paediatric heart transplantation [J]. *Cardiol Young*, 2021, 31(10): 1589-1594. DOI: 10.1017/S1047951121000573.
- [56] Portran P, Lavigne F, Jacquet-Lagrece M, et al. Inferior vena cava stenosis after heart transplant: a rare cause of venoarterial extracorporeal membrane oxygenation weaning failure [J]. *Perfusion*, 2019, 34(3): 254-256. DOI: 10.1177/0267659118808731.
- [57] Al-Dadah AS, Guthrie TJ, Pasque MK, et al. Clinical course and predictors of pericardial effusion following cardiac transplantation [J]. *Transplant Proc*, 2007, 39(5): 1589-1592. DOI: 10.1016/j.transproceed.2006.11.014.
- [58] Stämpfli SF, Özkartal T, Hagenbuch N, et al. Pericardial effusion unrelated to surgery is a predictor of mortality in heart transplant patients [J]. *Cardiol J*, 2018, 25(6): 714-721. DOI: 10.5603/CJ.a2018.0001.
- [59] Kindel SJ, Hsu HH, Hussain T, et al. Multimodality noninvasive imaging in the monitoring of pediatric heart transplantation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2017, 30(9): 859-870. DOI: 10.1016/j.echo.2017.06.003.
- [60] Stehlik J, Kobashigawa J, Hunt SA, et al. Honoring 50 years of clinical heart transplantation in circulation: in-depth state-of-the-art review [J]. *Circulation*, 2018, 137(1): 71-87. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.029753.
- [61] Wu C, Zhang L, Li Y, et al. A rare case of pericardial lymphoma in a heart transplantation recipient [J]. *Med Ultrason*, 2020, 22(2): 255-256. DOI: 10.11152/mu-2467.
- [62] Kobashigawa J, Zuckermann A, Macdonald P, et al. Report from a consensus conference on primary graft dysfunction after cardiac transplantation [J]. *J Heart Lung Transplant*, 2014, 33(4): 327-340. DOI: 10.1016/j.healun.2014.02.027.

(收稿日期: 2023-05-30)

