

# 超声心动图评估心脏收缩和舒张功能 临床应用指南

中华医学会超声医学分会超声心动图学组 中国医师协会心血管分会超声心动图专业委员会

通信作者: 张梅, Email: daixh@vip.sina.com; 张运, Email: yun-zhang@163.com;

尹立雪, Email: yinlixue@yahoo.com

DOI: 10.3760/cma.j.cn131148-20200227-00115

心力衰竭是各种心血管疾病死亡的主要原因。心力衰竭的诊断一般根据临床表现、实验室和医学影像检查综合判断。超声心动图由于检查相对简单、无创性,是评估心脏结构和功能的主要影像学技术。

近年来,随着超声技术的不断发展,三维超声心动图和心肌应变显像技术在心功能检查中的应用,使我们对于心功能的超声测量方法有了新的认识。为了更好地评估心脏功能,使患者得到更准确的疾病诊断和合理的治疗,中华医学会超声医学分会超声心动图学组、中国医师协会心血管分会超声心动图专业委员会组织专家组,根据国内外最新临床研究成果,参考中国汉族正常成年人超声心动图标准参考值<sup>[1]</sup>、2018年中国心力衰竭诊断和治疗指南<sup>[2]</sup>、美国超声心动图学会(ASE)和欧洲心血管影像协会(EACVI)2016年更新的关于超声心动图评估左心室舒张功能的建议<sup>[3]</sup>和2015年更新的关于超声心动图心腔定量评估的建议<sup>[4]</sup>,结合我国国情及临床实践,制定了超声心动图评估心脏收缩和舒张功能临床应用指南。

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的指标进行了类别推荐。世界超声心动图联盟根据最新的正常值研究结果<sup>[5]</sup>,提出各国应该建立自己的正常参考值范围,本指南关于常见指标的正常值参考范围根据中国成人超声心动图参考值<sup>[1]</sup>将年龄组简化后列出(表1)。另外,正常值范围校正方法尚在临床研究验证阶段,本指南推荐的校正方法仍然为目前国际采用的校正公式,部分指标如左房大小可能存在过度校正问题。

临床心力衰竭分类根据左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)分为射血分数降低的心力衰竭(heart failure with reduced ejection fraction, HFrEF)、射血分数保留的心力衰竭(heart failure with preserved ejection fraction, HFpEF)和射血分数中间值的心力衰竭(heart failure with mid-range ejection fraction, HFmrEF),对心功能分类要求检查必须全面且规范。超声心动图

作为一种检查技术,根据超声检查部位和分类方法将心功能检查指南主要分为左心室收缩功能、左心室舒张功能和右心室功能进行概述,心房功能指标有限,暂时在心脏舒张功能中描述。

本指南对检查方法推荐类别(Class of Recommendation, COR)的表述沿用国际通用的方式:

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。

IIa类指征(COR IIa):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。

IIb类指征(COR IIb):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):仅为专家共识意见和/或小型临床试验、回顾性研究或注册登记研究。

## 左心室收缩功能

超声心动图检查可对左心室整体及局部收缩功能进行定性及定量评价,已经成为临床无创性评价心室收缩功能的重要方法<sup>[6-8]</sup>。目前,有许多评价左心室收缩功能的指标,临床最常用的评价左心室收缩功能的指标为LVEF,其简便易行,且有较好的预测价值。左心室长轴功能可反映内膜下心肌纤维的收缩,有望成为敏感反映心肌功能异常的指标。由于各指标

均有其优势与不足, 特殊情况下应当注意应用多个指标对左心室收缩功能进行评价。

由于超声检查时受操作者测量的变异性和心律的影响, 本指南建议在窦性心律时可选取代表性心动周期进行测量, 心房颤动时最少应取 5 个心动周期的平均值。

### 一、左心室容量的测量

左心室容量可采用 M 型超声、二维或三维超声测量, 推荐使用二维或三维超声测量 (COR I, LOE A)。三维超声测量无左心室短切问题, 在不降低空间分辨力的前提下, 尽可能获得三维显像的最大时间分辨力。

#### 1. M 型超声心动图

优点: 该法简便易行, 有较高的时间分辨率。

限制性: 该方法通过左心室一维径线估测左心室三维容量。测量的前提是设定左心室形状类似椭球体, 左心室各部位室壁运动均匀一致。对于左心室心腔过大或过小、左心室变形、有明显节段性运动异常的患者有较大限制性, 可能高估或者低估各项指标, 且有时取样线难以与室间隔及左心室后壁保持垂直, 造成测量值偏差 (COR II b, LOE B)。

#### 2. 二维超声心动图

方法: 在心尖四腔和二腔心切面上选取左心室面积最大的切面进行测量。最常用测量容量的方法为改良双平面 Simpson 法。如果连续两个及以上左心室节段心内膜显示不清, 推荐使用声学增强剂辅助识别心内膜边界<sup>[9]</sup> (COR I, LOE A)。应用增强剂后的超声图像所测量的左心室容量与磁共振技术的测值更为一致<sup>[10]</sup>。

优点: 二维超声心动图适用于左心室形态改变时心功能的测定, 尤其适用于伴有室壁节段性运动异常的患者 (COR I, LOE A)。

限制性: 二维超声心动图观察切面有限, 难以完整显示心室整体功能状态。对于心内膜显示不清的患者测量受限。操作时探头应放置于心尖部位, 避免左心室短切。

#### 3. 三维超声心动图

方法: 建议有条件时使用三维超声心动图测量左心室容量<sup>[11]</sup> (COR II a, LOE A)。检查时在图像清晰完整的基础上尽可能提高帧频, 适当时可采用全容量模式进行图像采集。可利用声学增强剂辅助显示心内膜边界, 以提高容量测量的准确性。三维超声测量的左心室容量更接近磁共振技术的测值。

优点: 三维超声测量容量无需几何学假设。与 M 型及二维超声相比, 三维超声心动图可更全面显示心脏整体情况, 可避免左心室短切问题<sup>[12-14]</sup>。

限制性: 三维超声测量结果同样依赖心内膜的清晰度。由于帧频有限, 有时无法真正显示心室的收缩末期及舒张末期。图像采集时三维超声图像可能存在拼接问题。

### 二、左心室整体收缩功能

左心室整体功能可通过 M 型超声、二维或三维超声测量, 常用的指标如下:

#### 1. 左心室射血分数 (LVEF)

LVEF 在临床实践中已成为评价左心室收缩功能最常用的方法 (COR I, LOE A)。广泛应用于病情评估、临床决策及预后评价。LVEF 由舒张末期容积 (EDV) 和收缩末期容积 (ESV) 的测值计算而来, 其公式如下:

$$LVEF = (EDV - ESV) / EDV \times 100\%$$

推荐应用双平面法 (改良 Simpson) 测量左心室容量来计算 LVEF (COR I, LOE A)。如图像质量较好, 可采用三维超声进行测量 (COR II a, LOE A)。LVEF 男性 < 52%, 女性 < 53% 提示左心室收缩功能异常<sup>[1]</sup>。LVEF 40% ~ 52% 为轻度减低, 30% ~ 40% 为中度减低, < 30% 为重度减低。无明显心脏疾病情况下可根据 M 型超声测量 LVEF (COR II b, LOE B)。

#### 2. 心搏量 (SV)

SV 指每次心动周期左心室排出的血流量, 是定量左心室泵血功能的重要指标。可根据上述检查得出的 EDV 和 ESV 计算,  $SV = EDV - ESV$ ; 也可应用多普勒超声心动图技术测量: 推荐根据主动脉瓣环血流量进行测定 (COR II a, LOE A)。其测量公式:

$$SV = \pi \times (d/2)^2 \times VTI$$

d 为通过二维胸骨旁左心室长轴切面测量的主动脉瓣环直径, VTI 为心尖五腔切面根据脉冲多普勒获得的主动脉口血流频谱计算的流速-时间积分。心搏量的正常值男性为每搏 33 ~ 78 ml, 女性为每搏 29 ~ 63 ml<sup>[1]</sup>。但需注意该方法受瓣环内径、声束与血流方向成角等影响较大, 实际上瓣环为椭圆形而非圆形, 测量结果可能会有偏差。

#### 3. 二尖瓣环收缩期峰值速度 (S')

将组织多普勒取样容量置于二尖瓣环室间隔或侧壁处测量 S', 可用于评价左心室整体功能<sup>[15]</sup>, S' 的大小与 LVEF 具有较高的一致性 (COR II a, LOE B)。S' 正常应 > 5 cm/s<sup>[1]</sup>。

#### 4. 整体纵向应变 (GLS)

GLS 应在三个心尖标准切面上测量。测量时要选取最佳的图像质量、最大的帧频, 并将左心室短切的可能性降至最低<sup>[16]</sup>。若单个切面上有两个心肌节段跟踪不理想, 应取消 GLS 的测量, 可采用其他替

代方法评估左心室长轴功能,如组织多普勒显像测量的  $S'$ 。

虽然 GLS 的临床应用远低于 LVEF,但多项研究均表明 GLS 测值稳定,且重复性好,对患者亚临床心功能减低评价及预后方面优于 LVEF<sup>[17-20]</sup> (COR I, LOE A)。鉴于不同厂家的仪器所测量的 GLS 结果差异较大,尚无法推荐 GLS 的正常值和正常低限。目前建议  $GLS \leq -20\%$  为正常参考值界限<sup>[4]</sup> (COR I, LOE B)。GLS 的绝对值在女性略高于男性,且其随年龄增高而降低。随访观察患者心功能变化时建议应用同款仪器进行测量。如何统一不同仪器设备测量值尚需进一步研究。

### 5. 左心室短轴缩短率 (LVFS)

LVFS 可由二维超声引导 M 型图像或二维图像上直接获取。该测量操作简便,但左心室整体收缩功能的测量仍依赖于线性结构的测量,对于冠心病或传导异常等造成心室形态异常和/或节段性室壁运动异常患者并不适合应用 (COR III, LOE C)。

## 三、左心室局部功能

### 1. 左心室节段的划分

根据冠状动脉血液供应的区域将可左心室分为不同节段。通常采用美国超声心动图协会推荐的 17 节段模式<sup>[21]</sup>,该模式适用于心肌灌注研究及不同影像技术的对比研究。评估室壁运动观察 16 节段,不应包括心尖帽,因为该部位正常情况下并无运动。虽然冠状动脉对于心肌节段的血液供应存在某些变异,但各节段可分别划归于三条主要的冠状动脉。

### 2. 测量方法

评估内容应包括室壁增厚率、心肌节段的运动幅度、应变以及心肌运动的同步性。由于心肌运动可由邻近节段的牵拉或左心室整体移位产生,故局部心肌变形(增厚、缩短等)应为检查的重点。心外膜冠状动脉病变引起的心肌局部功能异常,常常与冠状动脉供血区域有关,而其他原因引起的心肌运动异常往往缺乏与冠状动脉分布有关的规律性。

#### (1) 定性分析方法

建议对每一节段的室壁运动采用定性分析方法描述<sup>[4,22]</sup> (COR I, LOE A): ①运动正常或增强,表现为心内膜运动幅度  $\geq 5$  mm、室壁增厚率  $\geq 50\%$ ; ②运动减弱,表现为心内膜运动幅度 2~4 mm、室壁增厚率  $< 50\%$ ; ③运动消失(室壁增厚消失或可忽略的室壁增厚),心内膜运动幅度  $< 2$  mm; ④反向运动(收缩期心肌变薄或伸长,室壁朝向外运动,如室壁瘤)。可对上述心肌运动进行半定量的记分(对应上述分别为运动增强:0分;运动正常:1分;运动减低:2分;运动消失:3分;反向运动:4分),将

所有节段的记分进行平均后,计算出左心室室壁运动记分指数(WMSI),WMSI = 1 为正常,  $> 1$  为异常,  $> 2$  为显著异常。

#### (2) 斑点追踪技术对局部室壁运动的定量测定

超声心动图对局部心肌功能的定量评估可采用斑点追踪技术测量局部力学参数<sup>[23-25]</sup>。应变及应变率显像可反映心肌主动收缩功能,以区别主动收缩和被动牵拉。最常使用的形变参数是左心室收缩期的长轴峰值应变。由二维斑点追踪技术或三维数据获得的局部心肌力学参数正常参考值尚在研究<sup>[26-27]</sup>。

#### (3) 心肌运动的同步性

主要通过测量左心室不同节段收缩指标达峰时间差获取,可由 M 型超声、频谱多普勒、组织多普勒、斑点追踪及三维超声获取。其中 M 型超声可测量室间隔与左心室后壁运动峰值时差,但受仪器精密密度、取样线位置等因素影响较多。

频谱多普勒可通过测量心电图 QRS 波形起始到主动脉瓣或肺动脉瓣前向血流频谱起始的时间间隔(射血前时间)反映左、右心室收缩同步性并预测心脏再同步化治疗(CRT)效果,两者之差  $> 40$  ms 可认为心室间不同步。室间隔与左心室后壁间的收缩延迟时间(SPWMD)  $\geq 130$  ms 定义为室内不同步。组织同步化显像(TSI)等通过测量心电图 QRS 波起始至心肌各节段 S 波达峰时间( $T_s$ )观察同步性,通常认为在心尖四腔心与二腔心切面上的 4 个基底段,达峰时间之差  $T_s > 65$  ms 可反映收缩不同步,同时也可观察收缩后收缩现象(PSS)。

应变及应变率显像的预测价值需进一步明确。三维超声与上述技术相比最大的优势在于可同时显示各节段的活动,避免心率及切面变化产生的误差。

### 左心室收缩功能评价的关键点:

1. 左心室容量计算常规使用二维超声 Simpson 法。在有条件的情况下,心脏形态明显变形时,建议应用三维超声测量左心室容量。M 型超声测量误差较大,不推荐使用。心室容量目前可进行体表面积校正。

2. 二维或三维超声心动图测量的 LVEF 为常规左心室收缩功能指标。中国成人参考值推荐 LVEF 男性  $< 52\%$ , 女性  $< 53\%$  提示左心室收缩功能异常。GLS 可早期发现心功能异常,可提供较 LVEF 更多的参考信息,但测值易受仪器的影响。GLS  $\leq -20\%$  建议为正常参考值界限,应变的数值越大,左心室功能减低的可能性及程度越大。

3. 建议超声心动图局部功能评估使用 17 节段法。对每一心肌节段使用室壁运动半定量方法进行评

估,同时可评估心肌运动的同步性。由于局部心肌运动力学指标缺乏正常参考值,且各厂家仪器测量的变异较大,故目前尚无法给出定量评价建议。

## 左心室舒张功能

左心室舒张包括等容舒张期和充盈期两个时相,在正常情况下静息或运动状态左心室充盈均不伴有左心室舒张末压的异常升高。影响左心室舒张功能的主要因素则是左心室心肌的弹性或僵硬度<sup>[28-31]</sup>。

超声心动图评估左心室舒张功能可早期发现易患人群如高血压左心室肥厚、糖尿病、肥胖、心肌缺血等患者的心功能异常;心脏收缩功能减退者可评估左心室充盈压升高并有助于判断预后;根据心脏结构、估测的左心室舒张功能和充盈压对于鉴别其他疾病如肺部疾病引起的呼吸困难等具有重要的价值<sup>[32]</sup>。

### 一、评估原则

左心室舒张功能测量的金标准是有创的心导管检查技术。超声心动图作为间接的估测方法,任何一种指标均不能准确判断舒张功能异常及其严重程度。需要注意临床指标如心率、血压,再结合二维超声心动图和多普勒超声检查,包括左心室容量、室壁厚度、LVEF、左房容量、二尖瓣病变和基本节律等,心肌肥厚是发生舒张功能异常的最常见病理基础<sup>[33]</sup>;另外,还要考虑图像质量和其他影响因素。在舒张功能评价过程中,左心室充盈压的判断至关重要。

### 二、左心室舒张功能评价指标

超声心动图评估左心室舒张功能的指标分为主要指标和次要指标。

#### 1. 主要指标

##### (1) 二尖瓣舒张期血流速度 (E 峰、A 峰)

心尖四腔心切面彩色多普勒血流条件下,脉冲波多普勒取样容量在二尖瓣瓣尖水平获取舒张早期 E 峰(心电图 T 波之后)及舒张晚期 A 峰(心电图 P 波之后)峰值速度,两者比值即为 E/A 值。

E 峰速度反映了在舒张早期左房与左心室的压力阶差,其受左心室松弛速度和左房压变化的影响;A 峰速度反映了舒张晚期左房与左心室的压力阶差,受左心室顺应性和左房收缩功能的影响。二尖瓣 E/A 值用于确定充盈类型:正常、松弛受损、假性正常化和限制性充盈(COR I, LOE A)。

优点:测值具有良好的可行性和可重复性;对收缩功能减低患者,相对于 LVEF,进一步判断充盈类型和充盈压与预后相关;LVEF 值正常伴有左房扩大的患者,出现限制型充盈类型提示预后不佳。

限制性:影响因素较多,对于伴有冠状动脉疾病和 LVEF > 50% 的肥厚型心肌病患者,二尖瓣血流速

度与左心室充盈压相关性较差;E/A 值与左心室舒张功能呈“U”形关系,难以区分正常和假性正常化类型,尤其对于 LVEF 正常且无其他异常改变时;不适用于受心律、左心室前后负荷及年龄因素影响较大的患者。

##### (2) 二尖瓣 E 峰减速时间 (DT)

获取 E 峰频谱,从二尖瓣 E 峰峰值测至基线水平即为 DT,结合二尖瓣 E/A 值有助于判断充盈类型(COR I, LOE B)。

优点:可行性和重复性较强,尤其 LVEF 值减低的患者出现 DT 缩短提示左心室舒张末压升高,无论对窦性心律还是心房颤动,都具有较高的精确性。

限制性:对于 LVEF 正常者,DT 与左心室舒张末压无相关性;E 峰和 A 峰发生融合时准确性下降;受年龄因素影响(随着年龄增长而增长);不适用于心房扑动患者。

##### (3) 二尖瓣环侧壁和间隔运动速度 ( $e'$ )

取心尖四腔心切面,组织多普勒取样容积 5~10 mm,于二尖瓣环处侧壁和室间隔及侧壁处获取舒张早期最大速度  $e'$ ,可计算二者平均值。

临床意义:可以校正左心室松弛受损对二尖瓣 E 峰流速的影响(COR I, LOE A)。

优点:具有较好的可行性和重复性;左心室松弛受损时,左心室充盈压对  $e'$  的影响最小;相比传统血流多普勒参数,对负荷的依赖性较小。

限制性:在伴有冠状动脉疾病和节段性室壁运动异常、二尖瓣重度钙化、外科瓣膜病术后以及心包疾病的患者,准确性低;至少采集两个切面以准确定位和调节合适大小的取样容积,不同切面测量结果的临界值不同;受年龄因素影响(随着年龄增长而降低)。

##### (4) 平均 E/ $e'$ 值

二尖瓣血流 E 峰速度除以二尖瓣环处侧壁和间隔舒张早期速度的平均值  $e'$ ,即 E/ $e'$ ,常规用于估测左心室充盈压(COR I, LOE A)。

优点:具有较好的可行性和可重复性;平均 E/ $e'$  值 < 8 通常提示左心室充盈压正常, > 14 与左心室充盈压升高具有高度特异性。

限制性:在伴有二尖瓣、心包疾病、冠状动脉疾病和节段性室壁运动异常患者中应用平均 E/ $e'$  值准确性减低;该比值的“灰色区域”(8~14)不能确定左心室充盈压是否升高;不同切面测量的结果临界值不同。

##### (5) 左房最大容量指数 (LAVI)

取心尖四腔心和两腔心切面,冻结二尖瓣开放前 1~2 帧,保持长径和横径最大,采用二维或三维超声测量左房容量(不应包含左心耳和肺静脉),并应

用体表面积进行校正。

临床意义：可用于反映升高的左心室充盈压随着时间变化产生的累积效应，左房容量增加对于死亡、心力衰竭、心房颤动和缺血性卒中具有预测价值 (COR I, LOE B)。

优点：可行性和可重复性好，可为左心室舒张功能障碍和慢性心血管疾病提供诊断和预后信息。

限制性：即使左心室舒张功能正常，左房扩大仍可见于心动过缓、心房扑动/心房颤动、严重二尖瓣疾病等以及运动员心动过缓等情况；在技术上要求较高，图像质量未达到最优时（包括左房透视缩短现象），测量准确性不高；当伴有升主动脉、降主动脉瘤以及较大的房间隔膨出瘤时，亦很难准确测量左房容量。

#### (6) 肺静脉血流 S 波、D 波及 S/D 值

取心尖四腔心切面，在彩色多普勒血流引导下，脉冲波多普勒取样容积置于右（或左）上肺静脉下 1~2 cm 处，分别于收缩早期及舒张早期获取收缩期峰值速度 S、舒张早期峰值速度 D 或其速度时间积分 (VTI)。S 波速度除以 D 波速度，或肺静脉 S 波 VTI 除以 D 波 VTI 即为 S/D 值。

临床意义：S 波反映左房压变化和心室收缩功能；D 波反映舒张早期左心室充盈和顺应性，且与二尖瓣 E 峰速度变化有关，左房顺应性降低和左房压升高与 S 波速度减低和 D 波速度增加有相关性 (COR II, LOE A)。

优点：在 LVEF 减低的患者中，S 波速度下降，S/D 值 < 1，以及收缩期充盈分数（收缩期 VTI/整个前向血流 VTI）< 40% 提示左房压升高；对于心房颤动患者，肺静脉舒张期 D 波速度可选择性地用于估测平均肺毛细血管楔压 (PCWP)。

限制性：可行性欠佳，尤其特殊体型或体位无法配合的患者；对于 LVEF 正常、心房颤动、二尖瓣疾病和肥厚型心肌病的患者，肺静脉收缩期充盈分数和左房压的关系具有一定的限制性。

#### (7) 肺静脉 Ar 波持续时间

取心尖四腔心切面，脉冲波多普勒多普勒取样容积放置于右（或左）上肺静脉下 1~2 cm 处，测量收缩期肺静脉逆向血流速度 Ar 波及其持续时间。

临床意义：主要反映左心室舒张末压的变化 (COR II, LOE A)。

优点：肺静脉 Ar 持续时间减去二尖瓣 A 波持续时间即 Ar-A 间期 > 30 ms 时，提示左心室舒张末压 (LVEDP) 升高；不受年龄和 LVEF 影响；可用于有二尖瓣反流和肥厚型心肌病患者。

限制性：可行性欠佳，尤其特殊体型或体位无法

配合的患者；窦性心动过速或 I 度房室传导阻滞患者难以测量。

(8) 连续波多普勒测量三尖瓣最大反流速度 (TRV<sub>max</sub>)

取胸骨旁短轴和心尖四腔心切面，在彩色多普勒血流模式下采用连续波多普勒获取三尖瓣反流频谱，测量最大收缩期速度。

临床意义：主要用于评估收缩期肺动脉压，与无创获取的左房压之间具有显著相关性。在无肺动脉疾病情况下，收缩期肺动脉压升高提示左房压增高 (COR I, LOE B)。

优点：收缩期肺动脉压可用于评估平均左房压，具有预后价值。

限制性：只能间接估测左房压；有时难以获取完整的反流频谱；对伴有重度三尖瓣反流和较低的右心室-右房压差患者，估测的准确性依赖于对右房收缩压的可靠性评估。

## 2. 次要指标

### (1) 彩色多普勒 M 型测量血流传播速度 (V<sub>p</sub>)

在心尖四腔心切面，采用彩色多普勒 M 型模式，调节彩色基线，降低彩色量程直至出现红/黄混叠，测量从二尖瓣水平到左心室腔内舒张早期 4 cm 混叠区血流斜率。

临床意义：可反映左心室松弛程度，二尖瓣口舒张早期 E 与 V<sub>p</sub> 比值即 E/V<sub>p</sub> 与左房压相关 (COR II b, LOE B)。

优点：对于 LVEF 减低和左心室扩大的患者，评估左心室松弛性较可靠，但不适用于 LVEF 值正常患者；在 LVEF 值减低的患者中，E/V<sub>p</sub> ≥ 2.5 可合理预测 PCWP > 15 mmHg。

限制性：从二尖瓣至心尖血流传播速率的测量方法较多，未确定统一标准；可行性和重复性较低；M 型取样线和血流存在夹角会导致测量错误。

### (2) 等容舒张时间 (IVRT)

取心尖长轴切面或五腔心切面，采用连续波多普勒将取样线放置于左心室流出道，同时显示主动脉射血末期和二尖瓣开放时血流频谱，测量主动脉瓣关闭至二尖瓣开放的时间。

临床意义：正常个体的 IVRT ≤ 70 ms；左心室松弛功能受损而左心室充盈压正常时 IVRT 可延长；当左房压升高时，IVRT 可缩短；在心脏病患者中，与左心室充盈压呈负相关 (COR II b, LOE B)。

优点：整体上具有一定的可行性和可重复性；可结合其他二尖瓣血流参数评估 HFrEF 患者的左心室充盈压；适用于二尖瓣狭窄患者。

限制性：IVRT 部分受心率和心房压的影响；对

于心动过速的患者，测量方法和结果判断较困难；采用连续波多普勒或脉冲波多普勒模式所得的结果不同。

### 3. 其他指标

#### (1) 左房整体纵向应变

于心尖四腔心切面进行左房心内膜的斑点追踪，获得左房应变-时间曲线，从而获取左房各节段的整体纵向应变值。左房应变曲线可见两处波峰，分别为心室收缩末期和左房收缩期，分别反映左房存储功能和左房泵功能，两峰之间反映左房通道功能。HFpEF 左房存储应变减低对于临床事件具有预测价值<sup>[34]</sup> (COR II b, LOE B)。左房壁薄、肺静脉入口等均影响斑点追踪技术测量左房应变，重复性较差<sup>[35-36]</sup>。

#### (2) 负荷超声心动图

对于临床难以解释的活动胸闷、呼吸困难患者，静息状态超声检查左心室充盈压正常、舒张功能 I 级患者适合负荷超声心动图检查，不适合明显左心室充盈压升高患者。检查以运动负荷为主。负荷超声心动图评估患者舒张功能指标的变化，出现平均  $E/e' > 14$ 、 $TRV_{max} > 2.8$  m/s、左房容量增大，即左心室充盈压升高和肺动脉高压提示舒张功能异常<sup>[37-38]</sup> (COR II a, LOE B)。

### 三、左心室舒张功能评估流程

1. LVEF 正常患者左心室舒张功能异常的主要参考指标

- (1) 二尖瓣环  $e'$  速度 (室间隔  $e' < 7$  cm/s 或侧壁  $e' < 10$  cm/s)；
- (2) 平均  $E/e' > 14$ ；
- (3) 左房容量指数  $> 34$  ml/m<sup>2</sup>；
- (4) 三尖瓣最大反流速度  $> 2.8$  m/s。

上述评估左心室舒张功能的四项指标中 (图 1)，两个以上指标均未达到临界值，提示左心室舒张功能正常 (COR I, LOE A)；而两个以上指标超过临界值，提示左心室舒张功能异常 (COR I, LOE A)。两个指标未达到临界值，则结论不可确定，建议结合临床信息判断；同时存在收缩期心房整体纵向应变减低提示左心室充盈压增高，左心室舒张功能异常。

2. HFrEF 左心室充盈压和舒张功能异常分级方法

LVEF 减低患者和 LVEF 正常心肌病患者参考临床特点和其他二维超声检查结果后，其左心室充盈压和舒张功能异常分级的评估流程 (图 2) 如下：

- (1)  $E/A \leq 0.8$  且  $E \leq 50$  cm/s，则提示左心室充盈压正常，舒张功能不全 I 级 (COR I, LOE B)。

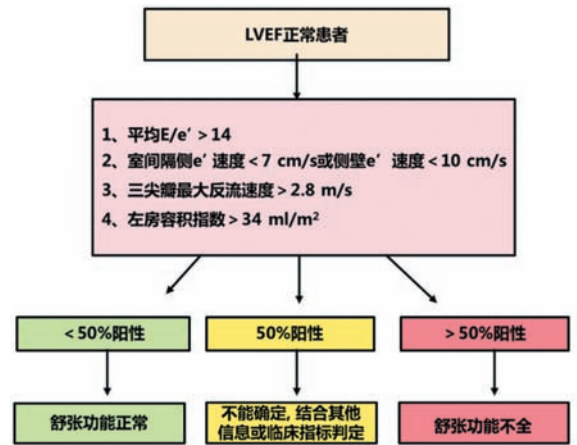


图 1 左心室射血分数正常舒张功能评估简要流程

(2)  $E/A \geq 2$ ，提示左心室充盈压升高，舒张功能不全 III 级 (COR I, LOE B)。

(3)  $E/A \leq 0.8$  且  $E > 50$  cm/s，或  $0.8 < E/A < 2$ ，此为灰区，则需采用三个指标进行评估：①平均  $E/e' > 14$ ；②三尖瓣反流速度  $> 2.8$  m/s；③左房容量指数  $> 34$  ml/m<sup>2</sup>。

综合考虑临床和二维图像数据之后，以上三个指标中，有两个或三个阴性，或当仅有两个指标可使用，若两个阴性，则均提示左房压正常，舒张功能不全 I 级 (COR I, LOE B)；有两个或三个阳性，或当仅有两个指标可使用，且两个均为阳性，提示左房压升高，舒张功能不全 II 级 (COR I, LOE B)；当仅有两个指标可使用，若一个阴性，一个阳性，或当三个指标中仅有一个可获取时，则舒张功能不全分级不能确定，此时可参考其他指标，如心腔大小、心房应变、肺静脉血流速度和负荷试验结果等，左房最大整体纵向应变  $< 20\%$  提示左心室充盈压升高<sup>[31, 33, 39-41]</sup> (COR II a, LOE B)。肺静脉收缩期和舒张期血流速度比值 (S/D)  $< 1$  提示左心室充盈压增高 (COR II b, LOE B)，注意 LVEF 正常时 40 岁以下可出现 S/D 值  $< 1$ <sup>[30, 42-45]</sup>。

#### 左心室舒张功能评价的关键点：

1. 舒张功能的超声心动图指标应当在较多的信息下进行解读，包括患者的临床资料、二维及多普勒参数，应全面了解二维和多普勒超声测量指标的技术要求、获取方法和影响因素。

2. 每个测量参数均有限制性。如果某个参数的图像切面显示欠佳，则不能用于评估左心室舒张功能。

3. 二尖瓣瓣环运动速度、二尖瓣口前向血流速度、三尖瓣反流速度以及左房容量指数是评价舒张功能的主要指标，当上述指标仍然无法满足诊断需求时，需要结合其他参数综合评价。

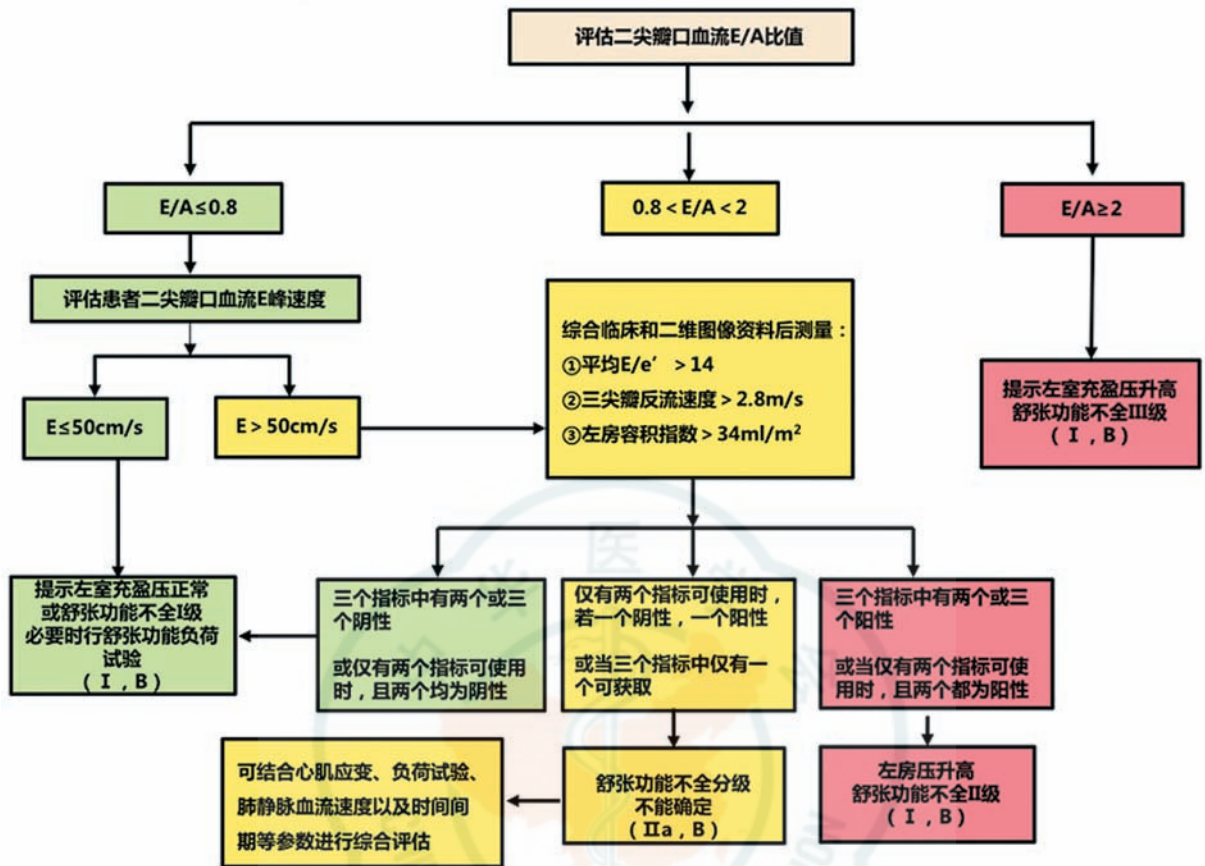


图2 左心室舒张功能异常分级诊断流程

4. 关于左心室舒张功能异常的分级，应首先判断基础疾病、LVEF 正常或减低，左心室充盈压是否升高及严重程度是分级的主要标准。

### 右心功能评价

各种心血管疾病出现右心室功能异常时，心血管疾病的死亡率和心血管病事件增加，因此，准确评估右心室结构和功能对于疾病诊断、治疗和预后具有重要意义。临床对右心功能的评估方法主要有右心导管、MRI、核素及超声心动图技术等。心导管技术测量的压力-容量环评估右心功能虽然为金标准，但属有创检查；MRI 价格较昂贵，采集技术较复杂；心肌核素显像具有放射性；超声心动图由于操作简便、安全无创、易于重复等特点，在右心功能评价中占有重要地位。

右心室具有独特的结构和功能特征，由肌性流入道、流出道及心尖肌小梁三部分组成。由于右心室腔呈不规则新月型，难以进行标准几何模型假设，流入道和流出道不在同一平面，肌小梁较发达，心内膜边缘不规则，同时在各种疾病影响下右心室形态可有多种变化，因此，不能完全应用左心室超声心动图方法评估右心功能，右心室功能评估更加复杂。超声检查

应包括定性和定量指标，如右心室大小、右心房大小、右心室收缩功能，在某些情况下，也需要评估肺动脉压及右心室舒张功能<sup>[46]</sup>。而随着超声技术的发展，三维超声心动图、应变成像、组织多普勒成像等不依赖心脏几何构型假设的相关技术出现，使右心功能的评估更加准确、全面<sup>[46-47]</sup>。右心径线测量见中国成年人超声心动图检查测量指南<sup>[48]</sup>。

#### 一、右心室收缩功能

右心收缩功能可采用多个指标评估，推荐指标如下：

##### 1. 二维右心室面积变化分数（2D-FAC）

在心尖右心室四腔心切面测量<sup>[4,46,49-50]</sup>，右心室面积包括肌小梁、腱索及三尖瓣叶，2D-FAC = (右心室舒张末期面积 - 右心室收缩末期面积) / 右心室舒张末期面积 × 100%。

FAC < 35% 提示右心室收缩功能减低 (COR I, LOE A)。

优点：易于获取。

限制性：右心室面积测量均采用单平面法测量，且面积忽略了右心室流出道的面积。

##### 2. 右心室射血分数 (RVEF)

由于右心室形态不规则和二维超声测量方法的限

制性，二维超声检查难以获取右心室容量数据，不建议采用该方法获取 RVEF (COR III, LOE B)<sup>[4,50]</sup>。三维超声心动图可以获取右心室容量及 RVEF 值，但规范性数据有限，采集方法未统一，对心律及图像质量要求较高，仅在右心室明显扩张及右心室功能异常的患者中推荐应用 3D-RVEF 进行右心室功能评估 (COR II a, LOE B)，RVEF 低于 44% 表明右心室收缩功能减低。

优点：三维超声心动图可较准确地获取右心室容量及 3D-RVEF。

限制性：3D-RVEF 测量正常值缺乏<sup>[4,50]</sup>。与 MRI 测量右心室容量相比，三维超声仍然低估右心室容量。另外，右心室明显扩大或右心室功能不全的患者资料更少。

### 3. 三尖瓣环收缩期位移 (TAPSE)

三尖瓣瓣环右心室壁侧收缩期最大位移的距离称为 TAPSE，代表右心室的纵向收缩功能<sup>[4,46,49-50]</sup>。根据心尖四腔心切面三尖瓣侧瓣环 M 型曲线，测量三尖瓣环舒张末期至收缩末期的位移距离。斑点追踪技术也可以测量三尖瓣环位移的距离。应用这一方法应假设心尖四腔心切面右心室基底段和其相邻节段位移能够代表整个右心室的收缩功能，而在许多疾病状态下或存在右心室节段性运动异常时这一假设是不成立的。推荐 TAPSE 作为一种常规评价右心室功能的方法。TAPSE < 16 mm 反映右心室收缩功能减低。(COR I, LOE B)

优点：操作简单，不需追踪心内膜缘，较少受到图像质量的影响，重复性好，且不依赖几何形状假设。

限制性：用二维局部位移代表复杂的三维结构功能，仅部分反映右心室收缩功能，受心脏整体运动的影响，有角度依赖及负荷依赖性。

### 4. 右心室心肌做功指数 (RIMP)

也称做 MPI 或 Tei 指数，反映右心室整体功能，即收缩和舒张功能<sup>[4,46,49-50]</sup>。RIMP = (IVRT + IVCT) / ET，其中 IVRT 为等容舒张时间，IVCT 为等容收缩时间，ET 为射血时间。

RIMP 可通过频谱或组织多普勒两种方法获取。在右心室流出道通过脉冲波多普勒频谱测量 ET；在三尖瓣口脉冲波多普勒测量三尖瓣关闭 - 开放时间 (从三尖瓣 A 波终点到 E 波开始时间)，并用连续波多普勒测得三尖瓣反流时间，两者相减即可得出 IVRT + IVCT。因为测量是非同一心动周期的时间值，当 RR 间期基本一致时才能获得较准确的结果。组织多普勒方法测量三尖瓣环侧壁速度，可在一个心动周期测量 IVCT、IVRT 和 ET。脉冲多普勒测

RIMP > 0.40，组织多普勒测 RIMP > 0.55，提示右心室功能不全。(COR I, LOE B)

优点：RIMP 易于获取，重复性好，避免右心室复杂的解剖结构，有预后价值。

限制性：心律失常如心房颤动时，当 RR 间期不固定时不准确，有容量依赖性，右房压力升高时估测不准确。RIMP 不能单独用以评估右心室功能。

### 5. 组织多普勒三尖瓣环收缩期速度 (S')

组织多普勒取样容量置于右心室三尖瓣环或右心室游离壁基底段中部，可测量收缩期速度 S'。右心室游离壁基底段 S' 速度反映右心室整体收缩功能<sup>[4,46,49-50]</sup>。S' 速度 < 9 cm/s 表明右心室收缩功能减低<sup>[1]</sup>，对年轻患者尤为适用，而老年患者缺乏相关研究资料。(COR I, LOE A)

优点：易于获取，重复性好，在区分正常及异常右心室功能方面具有良好的分辨能力，对判断心血管预后有一定价值。

限制性：该指标在非右心室基底段重复性差，有角度依赖性。而且右心室基底段单一节段的功能在如右室心肌梗死、肺动脉栓塞等情况下不能完全代表右心室收缩功能。

### 6. 右心室应变分析

右心室心肌纵向应变比周向应变能更好地反映右心室收缩功能。建议应用右心室游离壁整体纵向应变 (RVGLS) 评估右心室收缩功能 (COR II a, LOE B)。

右心室应变分析可对整体和局部右心室功能进行评估<sup>[50-51]</sup>，右室纵向应变尤其是游离壁纵向应变，可行性及重复性较好，无角度依赖性，在多种疾病中显示出预后价值<sup>[49,52-58]</sup>。但目前对右心室应变最佳测量方法仍不统一，对图像质量要求较高，对整体功能的评估来自于单一切面，需要额外的软件支持，且不同超声仪器不同的算法可能导致不同的正常范围<sup>[59]</sup>。建议在右心衰竭、肺动脉高压、致心律失常性心脏病和先天性心脏病患者中测量 RVGLS，不建议作为常规临床应用。其数据变异性大，推荐 RVGLS 正常参考值 < -21%。

优点：右心室应变分析均不依赖几何形状假设，可对右心室局部和整体功能进行评估。右心室应变分析方法无角度依赖性。

限制性：右心室壁薄、心内膜边界显示欠清晰均可影响应变分析，测量方法受应变曲线漂移、图像质量以及患者年龄和心率的影响。且不同超声仪器算法的差异可能导致不同的正常测量范围。

### 二、右心室舒张功能

右心室舒张功能评估目前临床应用价值有限。评



价右心室舒张功能包括三尖瓣血流的脉冲多普勒频谱、三尖瓣环侧壁的组织多普勒频谱、肝静脉的脉冲多普勒频谱、下腔静脉内径及塌陷率<sup>[4,57-58]</sup>。推荐三尖瓣 E/A、右房大小、下腔静脉内径及塌陷率为主要观察指标 (COR I, LOE A), E 峰减速时间、三尖瓣环侧壁组织多普勒舒张早期运动速度 ( $e'$ ) 为参考指标 (COR II a, LOE B)。值得注意的是这些指标应该是平静呼吸期间呼气末测量或取连续 3 个心动周期的平均值, 且三尖瓣大量反流可明显影响测量结果。

在心尖四腔心切面于收缩末期测量右心房面积及直径。右心房面积  $>18 \text{ mm}^2$ , 能较好评价右心室舒张功能异常; 右心房面积测量困难时需测量右心房内径, 右心房长径  $>53 \text{ mm}$  (主要径线)、右心房横径  $>44 \text{ mm}$  (主要径线) 表明右房增大。

在剑突下下腔静脉长轴切面, 距右心房入口  $0.5 \sim 3 \text{ cm}$  可测量下腔静脉内径及塌陷率, 吸气末下腔静脉塌陷程度是评估右心房压的主要指标。下腔静脉内径  $\leq 2.1 \text{ cm}$ , 吸气末内径塌陷  $>50\%$ , 提示为正常右心房压 [ $3 \text{ mmHg}$  ( $0 \sim 5 \text{ mmHg}$ )]; 如下腔静脉内径  $>2.1 \text{ cm}$ , 吸气末内径塌陷  $<50\%$ , 提示右心房压增高 [ $15 \text{ mmHg}$  ( $10 \sim 20 \text{ mmHg}$ )]; 如在两者之间, 提示右心房压约为  $8 \text{ mmHg}$  ( $5 \sim 10 \text{ mmHg}$ )。吸气末内径塌陷  $<20\%$ , 建议评估其他指标。注意以上指标不适用于年轻运动员和接受呼吸机治疗患者。

右心室舒张功能异常判断建议: 三尖瓣 E/A  $<0.8$  提示右心室松弛功能受损; 三尖瓣 E/A 在  $0.8 \sim 2.1$  之间伴  $E/e' >6$ , 或肝静脉明显的舒张期血流, 提示右心室舒张功能中度受损 (假性正常化); 三尖瓣 E/A  $>2.1$  伴减速时间  $<120 \text{ ms}$ , 提示右心室限制性充盈障碍。

## 特殊心脏疾病心功能测量

### 一、肥厚型心肌病 (HCM)

1. 对于不合并心房颤动与二尖瓣中度以上反流的成年 HCM 患者, 推荐使用  $E/e'$  比值 (COR I, LOE A)、LAVI (COR I, LOE A)、Ar-A 间期 (COR I, LOE B) 和  $\text{TRV}_{\text{max}}$  (COR II a, LOE B) 评价左心室舒张功能<sup>[3,60-61]</sup>。

2. 对于合并心房颤动的成年 HCM 患者, 推荐使用  $E/e'$  值 (COR I, LOE A) 和  $\text{TRV}_{\text{max}}$ <sup>[3]</sup> (COR II a, LOE B) 评价左心室舒张功能。

3. 对于合并中度以上二尖瓣反流的成年 HCM 患者, 推荐使用 Ar-A 间期 (COR I, LOE B) 和  $\text{TRV}_{\text{max}}$  (COR II a, LOE B) 评价左心室舒张功能。

4. 除上述常用指标外, 传统的二尖瓣口血流 E/A 值、E 峰减速时间及近年来研究较多的左心房整体纵向应变, 左心室舒张期解旋峰值和收缩期扭转峰值至二尖瓣开放前的解旋率也有一定的参考价值<sup>[3,62-63]</sup> (COR II b, LOE B)。

5. 对于儿童 HCM 患者, 可采用二尖瓣环  $e'$ 、LAVI 及二尖瓣口血流 E 峰减速时间评价左心室舒张功能<sup>[64]</sup> (COR II a, LOE B)。

6. GLS 可用于评价 HCM 的左心室整体收缩功能改变, 且对于评价  $\text{LVEF} >50\%$  的 HCM 患者具有重要应用价值 (COR I, LOE A)。应用二维斑点追踪技术和组织多普勒技术评价左室心肌长轴节段性应变, 肥厚节段纵向应变减低, 可作为评价局部收缩功能异常的参考 (COR I, LOE A)。

7. 在 HCM 早期, LVEF 多正常或者一定程度增高, 随着病程进展, 在 HCM 终末期 LVEF 可减低,  $\text{LVEF} <50\%$  表明临床病程进展迅速、预后较差 (COR I, LOE B)。

### 二、限制型心肌病 (RCM)

1. 二尖瓣血流 E/A、E 峰减速时间、IVRT、间隔和侧壁  $e'$ 、 $E/e'$  和 LAVI 是评价限制型心肌病左心室舒张功能的重要指标, 并且可以评价病情进展情况<sup>[65-66]</sup> (COR I, LOE A)。

2. 二尖瓣环间隔和侧壁  $e'$  的比值可用于鉴别限制型心肌病和缩窄性心包炎, 前者间隔和侧壁  $e'$  均下降, 但侧壁  $e'$  通常大于间隔  $e'$ , 而后者室间隔  $e'$  通常大于侧壁  $e'$ , 或称为瓣环倒置<sup>[65]</sup> (COR I, LOE B)。

3. GLS 可用于早期评价和监测限制型心肌病的左心室收缩功能改变<sup>[66-67]</sup> (COR I, LOE A)。

4. LVEF 在限制型心肌病早期多为正常, 随病程进展 LVEF 减低, 监测 LVEF 对评价患者的病程进展有重要作用<sup>[66-67]</sup> (COR I, LOE B)。

5. 对于心肌淀粉样变导致的限制型心肌病改变, 左心室基底段和中间段二维纵向应变减低而心尖纵向应变保留的特征性表现, 可作为心肌淀粉样变与其他限制型心肌疾病鉴别诊断的依据<sup>[65,68]</sup> (COR I, LOE A)。

### 三、缺血性心脏病

1. 采用二尖瓣瓣环的  $e'$ 、平均  $E/e'$ 、LAVI 评价缺血性心脏病左心室舒张功能 (COR II a, LOE B), 并可能预测患者的远期不良预后<sup>[3,69]</sup> (COR II a, LOE B)。

2. LVEF 是评价急性冠状动脉综合征和缺血性心脏病左心室整体收缩功能的首选指标, 可采用二维 Simpson 法或三维超声方法 (COR I a, LOE B)。

当出现左心室重构时, 三维方法比二维方法更准确<sup>[70-71]</sup> (COR II b, LOE C)。

3. 冠状动脉狭窄但未闭塞时, 早期 LVEF 多为正常, 此时左心室 GLS 可更敏感准确地检测整体收缩功能异常<sup>[72-73]</sup> (COR II a, LOE B)。

4. 急性冠状动脉综合征和缺血性心脏病时可采用目测室壁运动评分法半定量评价局部心肌功能 (COR II a, LOE B)。而定量评价局部心肌收缩功能目前主要基于多普勒组织成像和斑点追踪超声心动图技术 (COR II a, LOE B), 优先采用左心室纵向应变参数, 但目前尚不能提供局部心肌纵向应变的正常值范围, 还有待进一步研究<sup>[74-75]</sup>。

#### 四、心房颤动

1. 左心室容量和 LVEF 仍是评价心房颤动左心室整体收缩功能的常用检查指标, 建议至少测量 3~5 个心动周期的平均值或者选择代表性心动周期<sup>[3-4]</sup> (COR I, LOE A)。

2. 室间隔 E/e'  $\geq 11$  及以上可以预测左心室充盈压增高<sup>[3,39,69,76]</sup> (COR II, LOE B)。

3. 二尖瓣血流 E 峰减速时间 ( $\leq 160$  ms) 可以准确地预测左心室舒张压增高及不良临床事件的发生<sup>[3,77]</sup> (COR II, LOE B)。

4. 其他相关指标包括: 二尖瓣 E 峰峰值加速度 ( $\geq 1900$  cm/s<sup>2</sup>)、肺静脉舒张期 DT ( $\leq 220$  ms)、IVRT ( $\leq 65$  ms)、E/Vp 值 ( $\geq 1.4$ )。评价时需仔细观察二尖瓣口血流速度随心率 RR 间期不等而发生的改变, 因为充盈压增高患者的心律变异性缩减<sup>[3,76,78]</sup> (COR II, LOE C)。

5. 测量时需结合心室率的快慢。

#### 五、肺动脉高压

多种原因可引起肺动脉高压, 肺动脉高压本身可导致右心和左心功能改变。

1. 二尖瓣瓣环侧壁处 E/e' (COR I, LOE A) 较间隔 E/e' (COR III, LOE B) 能更好地反映特发性肺动脉高压患者左心室充盈压和左房压力<sup>[3]</sup>。

2. 在无肺血管疾病的情况下, 肺动脉收缩压或 TRVmax 可反映肺动脉高压患者治疗前后左心室充盈压和左房压变化 (COR I, LOE A)<sup>[79]</sup>。

3. 由于室间隔形态和运动受右心室压力的影响, 推荐应用二尖瓣环侧壁测量组织多普勒 e' 峰速度 (COR I, LOE A), 不推荐二尖瓣环间隔侧组织多普勒 e' 峰速度评估左心功能<sup>[3]</sup> (COR III, LOE B)。

4. 在中重度肺动脉高压时, 应用 Simpson 法获取的 LVEF 评价左心室收缩功能的准确性会有所减低<sup>[50]</sup> (COR II a, LOE A)。建议采用三维超声心动图法测量 LVEF 评价左心室收缩功能<sup>[3]</sup> (COR I,

LOE A)。

5. 三尖瓣口脉冲多普勒频谱 E/A 值、下腔静脉内径及塌陷率、右房大小可较好地反映肺动脉高压患者右心室舒张功能<sup>[80]</sup> (COR I, LOE A)。

6. 三尖瓣环侧壁组织多普勒舒张早期运动速度 (e') 及三尖瓣 E 峰减速时间可作为参考指标<sup>[80]</sup> (COR I, LOE B)。

7. 肝静脉多普勒、三尖瓣 E/e' 值在右心室舒张功能下降较明显时会出现异常, 对评价早期右心室舒张能异常作用有限<sup>[80]</sup> (COR I, LOE C)。

8. 右心室收缩功能可采用 2D-FAC、TAPSE、RIMP 和 3D-RVEF<sup>[52,54,81-84]</sup> (COR I, LOE A)、右心室纵向应变<sup>[52,83]</sup> (COR I, LOE A)、三尖瓣环收缩期运动速度 (s') 和右心室纵向应变率<sup>[83]</sup> (COR I, LOE B)。

#### 六、窦性心动过速

1. 当二尖瓣口舒张期血流频谱 E 波和 A 波完全融合时, 无法使用二尖瓣口血流多普勒参数, 推荐以平均 E/e'  $> 14$  来评估肺 PCWP 升高 ( $\geq 15$  mmHg), 具有较高的特异度而灵敏度较低<sup>[84]</sup> (COR I, LOE A)。

2. IVRT  $\leq 70$  ms (COR II a, LOE A) 和肺静脉收缩期充盈分数 [SFF = TVIs / (TVIs + TVId),  $\leq 40\%$ ] <sup>[85]</sup> (COR II a, LOE B) 有助于评价左心室舒张功能, 具有较高的特异度, 但敏感度较低<sup>[84]</sup>。

3. 当 E 峰和 A 峰部分或完全融合时, 早搏之后出现的代偿间歇往往可致 E 峰、A 峰的分离, 此时可用二尖瓣血流频谱参数评估左心室舒张功能<sup>[40,86]</sup> (COR II b, LOE C)。

4. 左心室容量和 LVEF 仍是评价左心室整体收缩功能的首选指标, 但需结合心率和临床表现 (COR I, LOE B)。

#### 七、房室传导阻滞和起搏器

1. 对于一度房室传导阻滞, 无二尖瓣 E、A 峰融合, 可选择评估左心室舒张功能和左心室充盈压的常规指标<sup>[3]</sup> (COR I, LOE A)。

2. 对于左束支阻滞、右心室起搏及接收心脏再同步化治疗的患者, 二尖瓣环速度和 E/e' 评估左心室舒张功能和充盈压的准确性欠佳<sup>[3]</sup> (COR I, LOE A)。

3. 如果二尖瓣充盈波仅表现为 A 波, 则只有 TRVmax ( $> 2.8$  m/s) 可用以评估左心室充盈压<sup>[3]</sup> (COR I, LOE A)。

4. 不推荐单纯使用 LVEF 评估左心室收缩功能, 可结合左心室收缩同步性分析<sup>[87]</sup> (COR I, LOE B)。

5. 测量左心室容量和 LVEF 的方法推荐采用三维超声心动图<sup>[47,88]</sup>, 当无法使用三维超声心动图时, 推荐二维 Simpson 法, 不推荐使用 M 型超声方法<sup>[4,88]</sup> (COR I, LOE A)。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

#### 指南编写组成员

**组长:** 张运

**副组长:** 张梅 田家玮 尹立雪 穆玉明 袁建军 许迪 康春松

朱天刚 陈良龙

#### 专家组成员 (按姓氏笔画顺序排序)

马小静 (武汉亚洲心脏病医院); 马春燕 (中国医科大学附属第一医院); 王小丛 (吉林大学第一医院); 王珂 (大连医学院第一附属医院); 王顺 (西安交通大学医学院第一附属医院); 王浩 (中国医学科学院阜外医院); 王廉一 (清华大学第一附属医院); 乌若丹 (云南省第一人民医院); 方理刚 (北京协和医院); 尹立雪 (四川省人民医院); 邓又斌 (华中科技大学同济医学院附属同济医院); 邓爱云 (兰州大学第一医院); 邓燕 (四川省人民医院); 田家玮 (哈尔滨医科大学附属第二医院); 田新桥 (河南省人民医院 阜外华中心血管病医院); 史学功 (安徽医科大学附属第一医院); 冯雪茹 (北京大学第一医院); 冯新恒 (北京大学附属第三医院); 吕秀章 (北京阜外心血管病医院); 吕清 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 朱天刚 (北京大学人民医院); 朱梅 (昆明医科大学第一附属医院); 任卫东 (中国医科大学附属盛京医院); 刘芳 (清华大学附属北京清华长庚医院); 刘丽文 (空军军医大学西京医院); 刘燕娜 (南昌大学第二附属医院); 闫瑞玲 (联勤保障部队第 940 医院); 许迪 (南京医科大学第一附属医院); 孙红光 (扬州大学附属医院); 孙洪军 (山东省千佛山医院); 孙锟 (上海交通大学医学院附属新华医院); 杜鑫 (天津医科大学总医院); 李天亮 (山西省心血管病医院); 李东野 (徐州医学院附属医院); 李爱莉 (中日友好医院); 杨军 (中国医科大学附属第一医院); 杨俊华 (苏州大学附属第一医院); 杨炳昂 (海南省人民医院); 杨娅 (首都医科大学附属北京安贞医院); 杨颖 (北京大学第一医院); 吴卫华 (上海市胸科医院); 吴伟春 (中国医学科学院阜外医院); 吴瑛 (深圳市人民医院); 何怡华 (首都医科大学附属北京安贞医院); 冷晓萍 (哈尔滨医科大学附属第二医院); 汪芳 (北京医院); 沈学东 (上海交通大学仁济医院); 张军 (空军军医大学西京医院); 张运 (山东大学齐鲁医院); 张梅 (山东大学齐鲁医院); 张雪华 (浙江医科大学附属第二医院); 张赛丹 (中南大学湘雅医院); 陆景 (四川省人民医院); 陈冉 (浙江大学医学院附属邵逸夫医院); 陈良龙 (福建医科大学附属协和医院); 纳丽莎 (宁夏医科大学总医院); 周长钰 (天津医科大学第二医院); 周肖 (中国人民解放军总医院); 周启昌 (中南大学湘雅二医院); 周青 (武汉大学人民医院湖北省人民医院); 周微微 (沈阳军区总医院); 郑哲岚 (浙江大学医学院附属第一医院); 段云友 (空军军医大学唐都医院); 饶莉 (四川大学华西医院); 费洪文 (广东省人民医院); 姚桂华 (山东大学齐鲁医院青岛院区); 袁丽君 (空军军医大学唐都医院); 袁建军 (河南省人民医院); 倪梅 (山东大学齐鲁医院); 徐书真 (中国人民武装部队西藏总队医院); 徐金峰 (深圳市人民医院); 郭盛兰 (广西医科大学第一附属医院);

郭薇 (福建省立医院); 唐红 (四川大学华西医院); 宾建平 (南方医科大学南方医院); 黄国情 (复旦大学华山医院); 康小琴 (青海大学附属医院); 康春松 (山西医科大学第三医院); 梁勤 (贵州省人民医院); 韩薇 (哈尔滨医科大学附属第一医院); 智光 (中国人民解放军总医院); 程应樟 (南昌大学第二附属医院); 程新耀 (武汉大学附属中南医院); 舒先红 (复旦大学附属中山医院); 游向东 (浙江大学医学院附属第二医院); 谢明星 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 潘翠珍 (复旦大学附属中山医院); 穆玉明 (新疆医科大学第一附属医院)

**执笔人:** 张梅 (山东大学齐鲁医院); 刘艳 (山东大学齐鲁医院); 徐铭俊 (山东大学齐鲁医院); 张蕾 (山东大学齐鲁医院); 吕清 (华中科技大学同济医学院附属协和医院); 袁丽君 (空军军医大学唐都医院); 刘莹 (深圳市人民医院); 吴伟春 (中国医学科学院阜外医院); 潘翠珍 (复旦大学附属中山医院); 韩薇 (哈尔滨医科大学附属第一医院); 马春燕 (中国医科大学附属第一医院); 邓燕 (四川省人民医院)

**秘书:** 张瑜 (山东大学齐鲁医院); 叶青 (山东大学齐鲁医院)

#### 参 考 文 献

- [1] Yao GH, Deng Y, Liu Y, et al. Echocardiographic measurements in normal chinese adults focusing on cardiac chambers and great arteries: a prospective, nationwide, and multicenter study [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2015, 28 (5): 570-579. DOI: 10.1016/j.echo.2015.01.022.
- [2] 中华医学会心血管病学分会心力衰竭学组, 中国医师协会心力衰竭专业委员会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 中国心力衰竭诊断和治疗指南 2018 [J]. 中华心血管病杂志, 2018, 46(10): 760-789. DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-3758.2018.10.004.
- [3] Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2016, 29 (4): 277-314. DOI:10.1016/j.echo.2016.01.011.
- [4] 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.
- [5] Asch FM, Miyoshi T, Addetia K, et al. Similarities and differences in left ventricular size and function among races and nationalities: results of the world alliance societies of echocardiography normal values study [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2019, 32 (11): 1396-1406. e2. DOI: 10.1016/j.echo.2019.08.012.
- [6] Potter E, Marwick TH. Assessment of left ventricular function by echocardiography: the case for routinely adding global longitudinal strain to ejection fraction [J]. JACC Cardiovasc Imaging, 2018, 11(2 Pt 1): 260-274. DOI:10.1016/j.jcmg.2017.11.017.
- [7] Palmieri V, Dahlöf B, DeQuattro V, et al. Reliability of echocardiographic assessment of left ventricular structure and function: the PRESERVE study. Prospective randomized study

表 1 中国成人超声心动图正常参考值(95%参考范围, 下限~上限)

参数	男性				女性			
	总体 (n = 678)	18~39 (n = 246)	40~59 (n = 244)	60~79 (n = 188)	总体 (n = 716)	18~39 (n = 255)	40~59 (n = 276)	60~79 (n = 185)
LA-ap(mm)	23.3~38.9	22.7~37.2	23.8~39.1	24.9~39.9	21.8~37.0	21.1~34.7	22.3~37.1	23.6~38.6
LA~l(mm)	35.0~58.6	33.7~56.9	35.4~58.2	36.9~60.3	33.5~56.7	32.4~54.5	34.2~56.5	35.7~58.4
LA-t(mm)	26.5~44.9	25.8~45.0	26.9~44.5	26.9~45.5	26.0~43.2	25.6~41.8	25.9~43.8	26.8~43.7
LAA(cm <sup>2</sup> )	8.3~21.1	8.2~20.0	8.5~20.7	8.9~22.5	8.3~19.5	7.8~18.1	8.4~19.7	9.2~20.6
LAV(ml)	14.8~61.2	15.0~57.7	15.4~59.6	15.1~66.2	13.4~56.2	11.3~51.8	15.6~55.4	15.7~60.6
LAV/Height <sup>2</sup> (ml/m <sup>2</sup> )	4.9~21.1	4.9~19.4	5.2~20.5	5.2~23.3	5.1~22.3	4.2~20.1	6.2~21.5	6.3~24.6
LAV/BSA(ml/m <sup>2</sup> )	8.3~34.3	8.1~32.1	8.8~32.8	8.8~37.7	8.6~35.5	7.3~32.8	10.3~34.2	10.9~39.0
LVOT(mm)	13.5~25.1	13.3~25.5	13.9~25.0	13.3~24.6	11.9~23.1	11.6~23.3	12.2~22.9	12.0~23.2
IVSd(mm)	6.3~11.5	6.2~11.0	6.4~11.5	6.9~11.7	5.5~10.7	5.3~9.8	5.6~10.8	6.3~11.2
IVSs(mm)	8.9~16.1	8.6~15.3	9.1~16.0	9.3~16.8	7.9~15.1	7.6~14.0	8.3~14.9	8.8~15.7
LVPWd(mm)	6.3~11.1	6.0~10.7	6.2~11.1	6.6~11.5	5.5~10.3	5.4~9.3	5.4~10.4	6.2~10.8
LVPWs(mm)	8.7~16.3	8.5~15.9	9.0~16.1	9.1~16.9	8.1~15.3	7.6~14.7	8.4~14.9	8.7~16.0
LVEDD(mm)	38.2~54.2	39.0~54.1	38.4~54.2	37.3~53.8	36.6~49.8	37.1~49.2	36.7~50.7	35.8~49.6
LVESD(mm)	22.4~38.8	23.9~38.9	22.6~38.9	20.9~37.9	20.7~35.5	21.5~34.9	21.0~35.8	19.3~36.1
LVEDV(ml)	45.1~128.3	49.3~134.1	45.7~128.0	42.6~117.8	37.0~107.4	40.9~105.2	38.4~108.7	30.6~107.4
LVESV(ml)	16.1~54.9	20.0~61.9	16.0~56.3	15.0~46.4	12.9~47.2	13.5~47.0	13.4~47.5	11.6~46.6
LVEF(%)	52.4~76.4	51.5~74.6	52.6~76.7	53.6~77.8	52.6~77.4	52.1~77.3	52.3~77.1	53.7~77.9
LVM(g)	76.4~195.2	78.9~182.2	73.1~200.3	79.6~202.7	56.1~158.5	55.6~139.5	57.0~163.8	64.8~167.5
LVM/BSA(g/m <sup>2</sup> )	44.3~108.5	44.5~99.8	41.6~110.6	46.8~114.5	36.8~99.4	37.6~86.2	37.0~101.8	42.9~106.7
LVM/Height <sup>2.7</sup> (g/m <sup>2.7</sup> )	17.1~46.6	17.5~41.8	16.6~48.1	19.3~49.1	15.1~45.8	15.0~38.4	17.6~43.6	18.7~50.0
LVEDD/Height(cm/m)	2.22~3.18	2.25~3.13	2.23~3.19	2.21~3.18	2.28~3.14	2.28~3.06	2.30~3.18	2.29~3.15
LVRWT	0.25~0.51	0.24~0.48	0.25~0.50	0.26~0.54	0.24~0.49	0.24~0.44	0.23~0.49	0.28~0.52
RA-l(mm)	35.0~53.8	34.2~51.8	35.5~53.5	36.4~55.5	32.1~50.9	30.7~49.0	32.5~51.3	34.6~51.6
RA-t(mm)	26.2~44.6	26.5~45.1	26.0~44.6	25.9~44.0	23.7~40.9	23.4~39.8	24.4~41.0	23.7~41.6
RV-awt(mm)	2.6~6.2	2.5~6.0	2.6~6.4	2.9~7.0	2.5~6.0	2.3~5.9	2.5~6.0	2.7~6.3
RV-fwt(mm)	2.6~6.9	2.6~7.0	2.7~6.9	2.2~7.0	2.4~6.6	2.2~6.4	2.5~6.8	2.4~6.9
RVOT(mm)	14.8~32.0	14.9~31.1	14.9~31.9	14.8~32.9	14.4~30.0	14.5~29.4	14.5~30.5	13.8~30.7
RV-ap(mm)	15.5~31.3	13.3~28.9	16.3~32.0	15.9~32.5	14.5~29.0	13.9~28.8	15.0~29.0	14.7~30.7
RV-l(mm)	36.7~75.5	37.6~78.8	37.2~73.8	35.8~72.4	34.5~68.9	35.3~68.7	34.2~70.6	34.2~66.5
RV-m(mm)	16.3~37.1	16.6~37.9	17.0~36.0	15.3~37.3	14.6~33.8	14.9~34.2	14.0~34.1	14.8~32.7
RV-b(mm)	22.0~42.4	21.3~42.7	22.1~41.9	22.7~42.5	19.4~39.4	18.2~39.6	19.8~39.3	21.1~38.9
Ao-a(mm)	17.0~26.7	16.9~26.0	17.0~26.9	17.2~27.2	15.5~24.7	15.3~23.9	15.6~24.9	15.9~25.4
Ao-s(mm)	23.7~36.5	23.0~34.5	24.0~37.1	24.5~37.4	21.1~34.0	20.3~32.3	21.7~34.2	22.3~35.0
Ao-asc(mm)	20.3~35.1	20.0~32.1	20.9~35.4	22.2~36.3	18.9~32.9	17.6~31.0	19.5~33.3	21.2~34.1
Ao-ar(mm)	17.3~31.6	16.8~29.5	17.6~31.9	19.0~32.9	16.3~29.9	16.1~27.8	16.8~30.4	18.2~31.4
Ao-d(mm)	12.7~27.1	12.4~25.5	12.6~27.9	14.4~28.1	12.3~25.1	11.6~23.5	12.9~25.2	14.1~26.1
PV-a(mm)	13.7~26.5	14.0~25.5	13.5~26.8	14.0~27.4	13.0~25.4	12.9~24.8	13.3~25.8	13.4~25.7
MPA(mm)	15.7~27.3	15.7~26.1	15.9~27.4	15.8~28.6	14.9~27.2	14.5~25.8	15.1~27.3	15.3~28.5
RPA(mm)	7.4~17.8	7.6~16.4	7.6~17.8	7.4~19.3	6.9~16.9	6.9~15.7	7.2~16.8	7.1~18.6
LPA(mm)	7.9~17.5	8.1~16.6	7.9~17.8	8.3~18.6	7.4~17.0	7.2~16.0	7.8~16.9	8.1~18.2
E(m/s)	0.50~1.20	0.60~1.30	0.49~1.20	0.41~1.10	0.50~1.30	0.60~1.38	0.54~1.36	0.40~1.24
A(m/s)	0.39~1.11	0.35~0.90	0.39~1.00	0.50~1.21	0.40~1.30	0.37~1.05	0.40~1.14	0.48~1.45
E/A	0.60~2.42	1.00~2.63	0.64~2.19	0.50~1.72	0.59~2.51	0.97~2.81	0.70~2.25	0.52~1.82
DT(ms)	92.0~275.2	88.5~276.6	99.1~270.6	93.5~279.5	89.0~262.5	88.3~266.2	95.1~257.0	88.3~282.9
A-d(ms)	92.0~268.3	92.5~258.4	88.5~331.4	97.8~254.3	92.0~345.3	93.2~363.8	85.0~358.3	94.0~245.1
Ar-d(ms)	63.0~157.0	62.6~183.0	67.0~151.9	63.0~157.0	63.0~162.2	55.0~177.0	65.4~158.0	73.5~156.5
Ar-A(ms)	-167.9~24.0	-170.6~38.3	-201.3~23.2	-139.7~21.0	-200.8~25.8	-206.8~33.5	-231.5~24.7	-132.0~26.4
LVOT-v(m/s)	0.60~1.50	0.60~1.39	0.57~1.50	0.60~1.60	0.60~1.50	0.60~1.40	0.62~1.48	0.60~1.56
AV-v(m/s)	0.85~1.71	0.87~1.65	0.81~1.70	0.89~1.83	0.89~1.80	0.86~1.70	0.89~1.70	0.96~1.90
RVOT-v(m/s)	0.47~1.14	0.50~1.19	0.45~1.11	0.40~1.16	0.50~1.10	0.50~1.10	0.49~1.10	0.46~1.10
PV-v(m/s)	0.69~1.41	0.71~1.41	0.65~1.39	0.69~1.52	0.68~1.38	0.69~1.32	0.67~1.38	0.67~1.40
E-tv(m/s)	0.35~0.85	0.40~0.90	0.35~0.80	0.31~0.72	0.37~0.90	0.43~0.99	0.38~0.82	0.33~0.81
A-tv(m/s)	0.24~0.70	0.23~0.60	0.24~0.72	0.26~0.71	0.25~0.72	0.24~0.72	0.24~0.70	0.27~0.77

(继续表)

(续表)

参数	男性				女性			
	总体	18~39	40~59	60~79	总体	18~39	40~59	60~79
	(n = 678)	(n = 246)	(n = 244)	(n = 188)	(n = 716)	(n = 255)	(n = 276)	(n = 185)
E/A-tv	0.7~2.3	0.9~2.7	0.6~2.1	0.6~2.0	0.7~2.5	0.9~2.8	0.7~2.3	0.6~2.0
s'-tv(cm/s)	9.0~18.6	9.1~19.5	9.0~18.0	8.5~19.5	8.9~18.0	9.1~18.0	9.4~18.0	7.4~18.4
e'-tv(cm/s)	5.0~19.1	7.0~20.2	6.0~19.0	5.3~17.6	6.5~20.0	9.0~21.2	7.0~20.0	5.2~19.0
a'-tv(cm/s)	6.9~22.4	5.9~17.7	7.6~21.1	8.0~24.3	6.9~21.9	5.8~17.1	7.9~22.0	9.3~24.0
e'/a'-tv	0.4~2.0	0.7~2.2	0.5~1.8	0.4~1.5	0.5~2.3	0.7~2.7	0.6~1.7	0.4~1.5
E/e'-tv	2.7~9.3	2.8~8.9	2.7~9.2	2.5~9.9	2.7~8.8	2.6~7.0	2.7~8.2	2.9~10.5
间隔 s'-s(cm/s)	6.0~12.7	7.0~13.0	6.0~12.6	5.9~11.8	6.0~12.5	6.3~12.6	6.0~13.0	5.7~12.0
间隔 e'-s(cm/s)	5.0~16.4	7.5~17.7	5.9~17.8	4.0~14.0	5.0~17.0	7.0~18.6	5.7~17.0	4.0~13.6
间隔 a'-s(cm/s)	6.0~14.2	5.6~12.7	6.1~15.0	5.9~15.7	5.2~13.3	5.0~12.8	6.0~14.4	6.3~14.2
间隔 e'/a'-s	0.5~2.2	0.7~2.4	0.6~1.9	0.4~1.6	0.5~2.3	0.7~2.7	0.5~1.9	0.4~1.9
间隔 E/e'-s	5.6~11.0	4.9~10.0	5.5~10.9	7.2~12.6	6.2~11.8	5.2~10.4	6.4~11.8	8.1~13.7
侧壁 s'-l(cm/s)	6.4~16.2	7.0~17.0	6.6~16.0	5.7~15.5	6.3~15.7	7.0~16.9	6.7~15.0	5.8~14.6
侧壁 e'-l(cm/s)	6.3~21.7	9.0~23.4	7.5~21.0	5.0~18.0	6.3~22.0	9.4~25.4	7.8~19.0	5.3~17.4
侧壁 a'-l(cm/s)	5.9~15.8	5.7~13.8	6.1~15.0	6.2~17.0	5.3~16.8	4.9~16.8	5.9~16.1	6.5~17.6
侧壁 e'/a'-l	0.5~2.9	0.9~3.3	0.6~2.5	0.4~1.9	0.5~3.0	0.7~3.5	0.7~2.7	0.4~2.1
侧壁 E/e'-l	3.5~13.0	3.4~10.3	3.4~12.7	3.9~14.1	3.7~14.2	3.3~10.5	4.0~13.0	4.1~15.9
平均 s'-av(cm/s)	6.5~13.4	7.4~14.7	6.5~13.4	6.0~12.8	6.5~13.5	7.2~14.0	6.5~13.0	6.1~12.9
平均 e'-av(cm/s)	6.0~19.0	9.0~19.6	7.0~18.5	4.9~15.7	6.0~19.1	8.7~20.1	7.2~16.4	5.1~15.1
平均 a'-av(cm/s)	6.3~14.3	6.1~12.0	6.7~14.2	6.4~15.2	5.9~14.4	5.5~13.6	6.4~14.1	6.9~15.0
平均 e'/a'-av	0.5~2.4	0.8~2.7	0.7~2.1	0.4~1.7	0.5~2.6	0.8~2.9	0.6~2.2	0.4~1.9
平均 E/e'-av	4.5~9.9	3.9~8.9	4.5~9.7	5.9~11.1	5.1~10.5	4.1~9.3	5.3~10.5	6.6~12.2
等容舒张时间(ms)	41.0~123.0	40.0~127.0	41.5~116.0	37.0~124.0	41.9~126.0	36.4~126.6	46.0~130.7	39.6~116.0
等容收缩时间(ms)	37.9~109.1	37.3~105.4	35.0~110.0	39.7~111.6	41.8~106.0	37.7~113.4	44.9~106.0	42.0~104.9
左心室射血时间(ms)	229.9~349.0	231.1~355.7	227.3~345.0	226.2~360.1	233.0~363.6	243.7~362.0	238.5~367.3	208.0~370.0

注: LA-ap; 左心房前后径; LA-l; 左心房长径; LA-t; 左心房横径; LAA; 左心房面积; LAV; 左心房容量; BSA; 体表面积; LVOT; 左心室流出道内径; IVSd; 室间隔舒张末期厚度; IVSs; 室间隔收缩末期厚度; LVPWd; 左心室后壁舒张末期厚度; LVPWs; 左心室后壁收缩末期厚度; LVEDD; 左心室舒张末期内径; LVESD; 左心室收缩末期内径; LVEDV; 左心室舒张末期容量; LVESV; 左心室收缩末期容量; LVEF; 左心室射血分数; LVM; 左心室质量; LVRWT; 左心室壁相对厚度; RA-l; 右心房长径; RA-t; 右心房横径; RV-awt; 右心室前壁厚度; RV-fwt; 右心室游离壁厚度; RVOT; 右心室流出道内径; RV-ap; 右心室前后径; RV-l; 右心室长径; RV-m; 右心室中部横径; RV-b; 右心室基底部横径; Ao-a; 主动脉瓣环直径; Ao-s; 主动脉窦内径; Ao-asc; 升主动脉近段内径; Ao-ar; 主动脉弓部内径; Ao-d; 降主动脉内径; PV-a; 肺动脉瓣环内径; MPA; 主肺动脉内径; RPA; 右肺动脉内径; LPA; 左肺动脉内径; E-tv; 三尖瓣舒张早期峰值流速; A-tv; 三尖瓣舒张晚期峰值流速; s'-tv; 三尖瓣环侧壁处收缩期速度; e'-tv; 三尖瓣环侧壁处舒张早期速度; E; 二尖瓣舒张早期峰值流速; A; 二尖瓣舒张晚期峰值流速; DT; 二尖瓣 E 峰减速时间; A-d; 二尖瓣 A 峰持续时间; Ar-d; 右肺静脉 Ar 波持续时间; Ar-A; 右肺静脉 Ar 波持续时间与二尖瓣 A 峰持续时间差; LVOT-v; 左心室流出道收缩期峰值流速; AV-v; 主动脉瓣收缩期峰值流速; RVOT-v; 右心室流出道收缩期峰值流速; PV-v; 肺动脉瓣收缩期峰值流速; a'-tv; 三尖瓣环侧壁处舒张晚期速度; e'/a'-tv; 三尖瓣环侧壁处舒张早期与晚期速度比值; E/e'-tv; 三尖瓣舒张早期速度与三尖瓣环侧壁处舒张早期速度比值; s'-s; 二尖瓣环侧壁处收缩期速度; e'-s; 二尖瓣环侧壁处舒张早期速度; a'-s; 二尖瓣环侧壁处舒张晚期速度; e'/a'-s; 二尖瓣环侧壁处舒张早期与晚期速度比值; E/e'-s; 二尖瓣舒张早期速度与二尖瓣环侧壁处舒张早期速度比值; s'-l; 二尖瓣环侧壁处收缩期速度; e'-l; 二尖瓣环侧壁处舒张早期速度; a'-l; 二尖瓣环侧壁处舒张晚期速度; e'/a'-l; 二尖瓣环侧壁处舒张早期与晚期速度比值; E/e'-l; 二尖瓣舒张早期速度与二尖瓣环侧壁处舒张早期速度比值; s'-av; 二尖瓣环侧壁处与侧壁处收缩期速度均值; e'-av; 二尖瓣环侧壁处与侧壁处舒张早期速度均值; a'-av; 二尖瓣环侧壁处与侧壁处舒张晚期速度均值; e'/a'-av; 二尖瓣环侧壁处与侧壁处舒张早期与舒张晚期速度比值的均值; E/e'-av; 二尖瓣舒张早期流速与 e'-av 比值

evaluating regression of ventricular enlargement[J]. J Am Coll Cardiol, 1999, 34(5):1625-1632. DOI: 10.1016/s0735-1097(99)00396-4.

[8] Devereux RB, de Simone G, Pickering TG, et al. Relation of left ventricular midwall function to cardiovascular risk factors and arterial structure and function[J]. Hypertension, 1998, 31(4): 929-936. DOI: 10.1161/01.hyp.31.4.929.

[9] Mulvagh SL, Rakowski H, Vannan MA, et al. American society of echocardiography consensus statement on the clinical applications of ultrasonic contrast agents in echocardiography [J]. J Am Soc Echocardiogr, 2008, 21(11): 1179-1201; quiz 1281. DOI: 10.1016/j.echo.2008.09.009.

[10] Hoffmann R, von Bardeleben S, Kasprzak JD, et al. Analysis of

regional left ventricular function by cineventriculography, cardiac magnetic resonance imaging, and unenhanced and contrast-enhanced echocardiography: a multicenter comparison of methods[J]. J Am Coll Cardiol, 2006, 47(1): 121-128. DOI: 10.1016/j.jacc.2005.10.012.

[11] 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(2): 1799-1808. DOI: 10.1016/j.jacc.2012.01.037.

[12] Kaku K, Takeuchi M, Otani K, et al. Age- and gender-dependency of left ventricular geometry assessed with real-time three-dimensional transthoracic echocardiography[J]. J Am Soc

- Echocardiogr, 2011, 24(5):541-547. DOI:10.1016/j.echo.2011.01.011.
- [13] Fukuda S, Watanabe H, Daimon M, et al. Normal values of real-time 3-dimensional echocardiographic parameters in a healthy Japanese population: the JAMP-3D Study [J]. *Circ J*, 2012, 76(5):1177-1181. DOI:10.1253/circj.cj-11-1256.
- [14] Germans T, Götte MJ, Nijveldt R, et al. Effects of aging on left atrioventricular coupling and left ventricular filling assessed using cardiac magnetic resonance imaging in healthy subjects [J]. *Am J Cardiol*, 2007, 100(1):122-127. DOI:10.1016/j.amjcard.2007.02.060.
- [15] Husebye T, Eritsland J, Bjørnerheim R, et al. Systolic mitral annulus velocity is a sensitive index for changes in left ventricular systolic function during inotropic therapy in patients with acute heart failure [J]. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*, 2018, 7(4):321-329. DOI:10.1177/2048872616687114.
- [16] Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese society of echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2011, 24(3):277-313. DOI:10.1016/j.echo.2011.01.015.
- [17] Mignot A, Donal E, Zaroui A, et al. Global longitudinal strain as a major predictor of cardiac events in patients with depressed left ventricular function: a multicenter study [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23(10):1019-1024. DOI:10.1016/j.echo.2010.07.019.
- [18] Stanton T, Leano R, Marwick TH. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain: comparison with ejection fraction and wall motion scoring [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2009, 2(5):356-364. DOI:10.1161/CIRCIMAGING.109.862334.
- [19] Di Salvo G, Rea A, Mormile A, et al. Usefulness of bidimensional strain imaging for predicting outcome in asymptomatic patients aged  $\leq 16$  years with isolated moderate to severe aortic regurgitation [J]. *Am J Cardiol*, 2012, 110(7):1051-1055. DOI:10.1016/j.amjcard.2012.05.039.
- [20] Witkowski TG, Thomas JD, Debonnaire PJ, et al. Global longitudinal strain predicts left ventricular dysfunction after mitral valve repair [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(1):69-76. DOI:10.1093/ehjci/jes155.
- [21] Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart. A statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association [J]. *Circulation*, 2002, 105:539-542. DOI:10.1161/hc0402.102975.
- [22] 王新房. 超声心动图学 [M]. 5 版. 北京: 人民卫生出版社, 2016: 228-245.
- [23] Heimdal A, Støylen A, Torp H, et al. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1998, 11(11):1013-1019. DOI:10.1016/s0894-7317(98)70151-8.
- [24] Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, et al. Two-dimensional strain—a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2004, 17(10):1021-1029. DOI:10.1016/j.echo.2004.06.019.
- [25] Stefani L, Toncelli L, Gianassi M, et al. Two-dimensional tracking and TDI are consistent methods for evaluating myocardial longitudinal peak strain in left and right ventricle basal segments in athletes [J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2007, 5:7. DOI:10.1186/1476-7120-5-7.
- [26] Maffessanti F, Nesser HJ, Weinert L, et al. Quantitative evaluation of regional left ventricular function using three-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with and without heart disease [J]. *Am J Cardiol*, 2009, 104(12):1755-1762. DOI:10.1016/j.amjcard.2009.07.060.
- [27] Badano LP, Cucchini U, Muraru D, et al. Use of three-dimensional speckle tracking to assess left ventricular myocardial mechanics: inter-vendor consistency and reproducibility of strain measurements [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(3):285-293. DOI:10.1093/ehjci/jes184.
- [28] Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(2):107-133. DOI:10.1016/j.echo.2008.11.023.
- [29] Choi EY, Ha JW, Kim JM, et al. Incremental value of combining systolic mitral annular velocity and time difference between mitral inflow and diastolic mitral annular velocity to early diastolic annular velocity for differentiating constrictive pericarditis from restrictive cardiomyopathy [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(6):738-743. DOI:10.1016/j.echo.2006.11.005.
- [30] Opdahl A, Remme EW, Helle-Valle T, et al. Determinants of left ventricular early-diastolic lengthening velocity: independent contributions from left ventricular relaxation, restoring forces, and lengthening load [J]. *Circulation*, 2009, 119(19):2578-2586. DOI:10.1161/CIRCULATIONAHA.108.791681.
- [31] Troughton RW, Prior DL, Frampton CM, et al. Usefulness of tissue Doppler and color M-mode indexes of left ventricular diastolic function in predicting outcomes in systolic left ventricular heart failure (from the ADEPT study) [J]. *Am J Cardiol*, 2005, 96(2):257-262. DOI:10.1016/j.amjcard.2005.03.055.
- [32] Geske JB, Sorajja P, Nishimura RA, et al. The relationship of left atrial volume and left atrial pressure in patients with hypertrophic cardiomyopathy: an echocardiographic and cardiac catheterization study [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(8):961-966. DOI:10.1016/j.echo.2009.05.003.
- [33] 盛媛媛, 李萌萌, 李晓艺, 等. 中国成人高血压左心室构型特点与国际标准构型差异的超声心动图对比分析 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2018, 27(6):461-466. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2018.06.001.
- Sheng YY, Li MM, Li XY, et al. The differences of left ventricular configuration between Chinese and international standard by echocardiography in Chinese adults with hypertension [J]. *Chin J Ultrasonogr*, 2018, 27(6):461-466. DOI:10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2018.06.001.
- [34] Cameli M, Mandoli GE, Mondillo S. Left atrium: the last bulwark

- before overt heart failure[J]. *Heart Fail Rev*, 2017, 22(1): 123-131. DOI: 10.1007/s10741-016-9589-9.
- [35] Madhkour R, Wah A, Praz F, et al. Amplatzer patent foramen ovale occluder safety and efficacy[J]. *Expert Rev Med Devices*, 2019, 16(3): 173-182. DOI: 10.1080/17434440.2019.1581060.
- [36] Maruo T, Seo Y, Yamada S, et al. The speckle tracking imaging for the assessment of cardiac resynchronization therapy (START) study [J]. *Circ J*, 2015, 79(3): 613-622. DOI: 10.1253/circj.CJ-14-0842.
- [37] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组. 负荷超声心动图规范化操作指南 [J]. *中国医学影像技术*, 2017, 33(4): 632-638. DOI: 10.13929/j.1003-3289.201609116.
- [38] Picano E, Pellikka PA. Stress echo applications beyond coronary artery disease [J]. *Eur Heart J*, 2014, 35(16): 1033-1040. DOI: 10.1093/eurheartj/eh350.
- [39] Sohn DW, Song JM, Zo JH, et al. Mitral annulus velocity in the evaluation of left ventricular diastolic function in atrial fibrillation [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1999, 12(11): 927-931. DOI: 10.1016/s0894-7317(99)70145-8.
- [40] Sohn DW, Kim YJ, Kim HC, et al. Evaluation of left ventricular diastolic function when mitral E and A waves are completely fused: role of assessing mitral annulus velocity [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 1999, 12(3): 203-208. DOI: 10.1016/s0894-7317(99)70136-7.
- [41] Tighe DA, Vinch CS, Hill JC, et al. Influence of age on assessment of diastolic function by Doppler tissue imaging [J]. *Am J Cardiol*, 2003, 91(2): 254-257. DOI: 10.1016/s0002-9149(02)03122-3.
- [42] Gonzalez-Vilchez F, Ares M, Ayuela J, et al. Combined use of pulsed and color M-mode Doppler echocardiography for the estimation of pulmonary capillary wedge pressure: an empirical approach based on an analytical relation [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1999, 34(2): 515-523. DOI: 10.1016/s0735-1097(99)00230-2.
- [43] Hasegawa H, Little WC, Ohno M, et al. Diastolic mitral annular velocity during the development of heart failure [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 41(9): 1590-1597. DOI: 10.1016/s0735-1097(03)00260-2.
- [44] Firstenberg MS, Levine BD, Garcia MJ, et al. Relationship of echocardiographic indices to pulmonary capillary wedge pressures in healthy volunteers [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2000, 36(5): 1664-1669. DOI: 10.1016/s0735-1097(00)00909-8.
- [45] Caiani EG, Weinert L, Takeuchi M, et al. Evaluation of alterations on mitral annulus velocities, strain, and strain rates due to abrupt changes in preload elicited by parabolic flight [J]. *J Appl Physiol* (1985), 2007, 103(1): 80-87. DOI: 10.1152/jappphysiol.00625.2006.
- [46] Venkatachalam S, Wu G, Ahmad M. Echocardiographic assessment of the right ventricle in the current era: application in clinical practice [J]. *Echocardiography*, 2017, 34(12): 1930-1947. DOI: 10.1111/echo.13651.
- [47] Lang RM, Badano LP, Tsang W, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three dimensional echocardiography [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2012, 25(1): 3-46. DOI: 10.1016/j.echo.2011.11.010.
- [48] 中华医学会超声医学分会超声心动图学组. 中国成年人超声心动图检查测量指南 [J]. *中华超声影像学杂志*, 2016, 25(8): 645-666. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1004-4477.2016.08.001.
- [49] Abouzeid CM, Shah T, Johri A, et al. Multimodality imaging of the right ventricle [J]. *Curr Treat Options Cardiovasc Med*, 2017, 19(11): 82. DOI: 10.1007/s11936-017-0584-9.
- [50] 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.
- [51] Lu KJ, Chen JX, Profitis K, et al. Right ventricular global longitudinal strain is an independent predictor of right ventricular function: a multimodality study of cardiac magnetic resonance imaging, real time three-dimensional echocardiography and speckle tracking echocardiography [J]. *Echocardiography*, 2015, 32(6): 966-974. DOI: 10.1111/echo.12783.
- [52] Shukla M, Park JH, Thomas JD, et al. Prognostic value of right ventricular strain using speckle-tracking echocardiography in pulmonary hypertension: a systematic review and meta-analysis [J]. *Can J Cardiol*, 2018, 34(8): 1069-1078. DOI: 10.1016/j.cjca.2018.04.016.
- [53] López-Candales A. Applicability of automated functional imaging for assessing right ventricular function [J]. *Echocardiography*, 2013, 30(8): 919-928. DOI: 10.1111/echo.12174.
- [54] Vitarelli A, Mangieri E, Terzano C, et al. Three-dimensional echocardiography and 2D-3D speckle-tracking imaging in chronic pulmonary hypertension: diagnostic accuracy in detecting hemodynamic signs of right Ventricular (RV) Failure [J]. *J Am Heart Assoc*, 2015, 4(3): e001584. DOI: 10.1161/JAHA.114.001584.
- [55] Shelburne NJ, Parikh KS, Chiswell K, et al. Echocardiographic assessment of right ventricular function and response to therapy in pulmonary arterial hypertension [J]. *Am J Cardiol*, 2019, 124(8): 1298-1304. DOI: 10.1016/j.amjcard.2019.07.026.
- [56] Kossaily A. Echocardiographic assessment of the right ventricle, from the conventional approach to speckle tracking and three-dimensional imaging, and insights into the "right ay" to explore the forgotten chamber [J]. *Clin Med Insights Cardiol*, 2015, 9: 65-75. DOI: 10.4137/CMC.S27462.
- [57] Hamada-Harimura Y, Seo Y, Ishizu T, et al. Incremental prognostic value of right ventricular strain in patients with acute decompensated heart failure [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2018, 11(10): e007249. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.117.007249.
- [58] DiLorenzo MP, Bhatt SM, Mercer-Rosa L. How best to assess right ventricular function by echocardiography [J]. *Cardiol Young*, 2015, 25(8): 1473-1481. DOI: 10.1017/s1047951115002255.
- [59] Johnson C, Kuyt K, Oxborough D, et al. Practical tips and tricks in measuring strain, strain rate and twist for the left and right ventricles [J]. *Echo Res Pract*, 2019, 6(3): R87-R98. DOI: 10.1530/ERP-19-0020.
- [60] Kitaoka H, Kubo T, Hayashi K, et al. Tissue Doppler imaging

- and prognosis in asymptomatic or mildly symptomatic patients with hypertrophic cardiomyopathy [J]. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*, 2013, 14(6):544-549. DOI:10.1093/ehjci/jes200.
- [61] Authors/Task Force members, Elliott PM, Anastakis A, et al. 2014 ESC Guidelines on diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy: the task force for the diagnosis and management of hypertrophic cardiomyopathy of the European society of cardiology (ESC) [J]. *Eur Heart J*, 2014, 35(39):2733-2779. DOI:10.1093/eurheartj/ehu284.
- [62] Roşca M, Popescu BA, Beladan CC, et al. Left atrial dysfunction as a correlate of heart failure symptoms in hypertrophic cardiomyopathy [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2010, 23(10):1090-1098. DOI:10.1016/j.echo.2010.07.016.
- [63] van Dalen BM, Kauer F, Michels M, et al. Delayed left ventricular untwisting in hypertrophic cardiomyopathy [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(12):1320-1326. DOI:10.1016/j.echo.2009.07.021.
- [64] Dragulescu A, Mertens L, Friedberg MK. Interpretation of left ventricular diastolic dysfunction in children with cardiomyopathy by echocardiography: problems and limitations [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2013, 6(2):254-261. DOI:10.1161/CIRCIMAGING.112.000175.
- [65] Sallach JA, Klein AL. Tissue Doppler imaging in the evaluation of patients with cardiac amyloidosis [J]. *Curr Opin Cardiol*, 2004, 19(5):464-471. DOI:10.1097/01.hco.0000136451.63329.17.
- [66] Choi JH, Choi JO, Ryu DR, et al. Mitral and tricuspid annular velocities in constrictive pericarditis and restrictive cardiomyopathy: correlation with pericardial thickness on computed tomography [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2011, 4(6):567-575. DOI:10.1016/j.jcmg.2011.01.018.
- [67] Schouwer ED, Mocerri P, Doyen D, et al. Early detection of cardiac involvement in sarcoidosis with 2-dimensional speckle-tracking echocardiography [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 227:711-716. DOI:10.1016/j.ijcard.2016.10.073.
- [68] Phelan D, Collier P, Thavendiranathan P, et al. Relative apical sparing of longitudinal strain using two-dimensional speckle-tracking echocardiography is both sensitive and specific for the diagnosis of cardiac amyloidosis [J]. *Heart*, 2012, 98(19):1442-1448. DOI:10.1136/heartjnl-2012-302353.
- [69] Hillis GS, Møller JE, Pellikka PA, et al. Noninvasive estimation of left ventricular filling pressure by  $E/e'$  is a powerful predictor of survival after acute myocardial infarction [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2004, 43(3):360-367. DOI:10.1016/j.jacc.2003.07.044.
- [70] Medvedofsky D, Maffessanti F, Weinert L, et al. 2D and 3D echocardiography-derived indices of left ventricular function and shape: relationship with mortality [J]. *JACC Cardiovasc Imaging*, 2018, 11(11):1569-1579. DOI:10.1016/j.jcmg.2017.08.023.
- [71] Mannaerts HF, van der Heide JA, Kamp O, et al. Early identification of left ventricular remodelling after myocardial infarction, assessed by transthoracic 3D echocardiography [J]. *Eur Heart J*, 2004, 25(8):680-687. DOI:10.1016/j.ehj.2004.02.030.
- [72] Biering-Sørensen T, Hoffmann S, Mogelvang R, et al. Myocardial strain analysis by 2-dimensional speckle tracking echocardiography improves diagnostics of coronary artery stenosis in stable angina pectoris [J]. *Circ Cardiovasc Imaging*, 2014, 7(1):58-65. DOI:10.1161/CIRCIMAGING.113.000989.
- [73] Liou K, Negishi K, Ho S, et al. Detection of obstructive coronary artery disease using peak systolic global longitudinal strain derived by two-dimensional speckle-tracking: a systematic review and meta-analysis [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2016, 29(8):724-735. e4. DOI:10.1016/j.echo.2016.03.002.
- [74] Caspar T, Samet H, Ohana M, et al. Longitudinal 2D strain can help diagnose coronary artery disease in patients with suspected non-ST-elevation acute coronary syndrome but apparent normal global and segmental systolic function [J]. *Int J Cardiol*, 2017, 236:91-94. DOI:10.1016/j.ijcard.2017.02.068.
- [75] Dahlslett T, Karlsen S, Grenne B, et al. Early assessment of strain echocardiography can accurately exclude significant coronary artery stenosis in suspected non-ST-segment elevation acute coronary syndrome [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2014, 27(5):512-519. DOI:10.1016/j.echo.2014.01.019.
- [76] Nagarakanti R, Ezekowitz M. Diastolic dysfunction and atrial fibrillation [J]. *J Interv Card Electrophysiol*, 2008, 22(2):111-118. DOI:10.1007/s10840-008-9203-8.
- [77] Nagueh SF, Kopelen HA, Quiñones MA. Assessment of left ventricular filling pressures by Doppler in the presence of atrial fibrillation [J]. *Circulation*, 1996, 94(9):2138-2145. DOI:10.1161/01.cir.94.9.2138.
- [78] Chirillo F, Brunazzi MC, Barbiero M, et al. Estimating mean pulmonary wedge pressure in patients with chronic atrial fibrillation from transthoracic Doppler indexes of mitral and pulmonary venous flow velocity [J]. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 30(1):19-26. DOI:10.1016/s0735-1097(97)00130-7.
- [79] Apfel HD, Shen Z, Gopal AS, et al. Quantitative three dimensional echocardiography in patients with pulmonary hypertension and compressed left ventricles: comparison with cross sectional echocardiography and magnetic resonance imaging [J]. *Heart*, 1996, 76(4):350-354. DOI:10.1136/hrt.76.4.350.
- [80] Sato T, Tsujino I, Ohira H, et al. Validation study on the accuracy of echocardiographic measurements of right ventricular systolic function in pulmonary hypertension [J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2012, 25(3):280-286. DOI:10.1016/j.echo.2011.12.012.
- [81] Tsugu T, Murata M, Kawakami T, et al. Significance of echocardiographic assessment for right ventricular function after balloon pulmonary angioplasty in patients with chronic thromboembolic induced pulmonary hypertension [J]. *Am J Cardiol*, 2015, 115(2):256-261. DOI:10.1016/j.amjcard.2014.10.034.
- [82] Jone PN, Patel SS, Cassidy C, et al. Three-dimensional echocardiography of right ventricular function correlates with severity of pediatric pulmonary hypertension [J]. *Congenit Heart Dis*, 2016, 11(6):562-569. DOI:10.1111/chd.12337.
- [83] Lee JZ, Low SW, Pasha AK, et al. Comparison of tricuspid annular plane systolic excursion with fractional area change for the evaluation of right ventricular systolic function: a meta-analysis [J]. *Open Heart*, 2018, 5(1):e000667. DOI:10.1136/



openhrt-2017-000667.

- [84] Nagueh SF, Mikati I, Kopelen HA, et al. Doppler estimation of left ventricular filling pressure in sinus tachycardia. A new application of tissue Doppler imaging [J]. *Circulation*, 1998, 98 (16):1644-1650. DOI:10.1161/01.cir.98.16.1644.
- [85] Smiseth OA. Evaluation of left ventricular diastolic function: state of the art after 35 years with Doppler assessment [J]. *J Echocardiogr*, 2018, 16 (2): 55-64. DOI: 10.1007/s12574-017-0364-2.
- [86] Shirai Y, Goya M, Isobe M, et al. Preferential pathway pacing within the aortic sinus of valsalva: strong evidence for the existence of preferential conduction with different exit sites

traversing the ventricular septum [J]. *J Cardiovasc Electrophysiol*, 2015, 26(7):805-808. DOI:10.1111/jce.12669.

- [87] Marwick TH. Ejection fraction: pros and cons: JACC state-of-the-art review [J]. *J Am Coll Cardiol*, 2018, 72(19):2360-2379. DOI: 10.1016/j.jacc.2018.08.2162.
- [88] 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.

(收稿日期:2020-02-27)



中华医学会