

超声心动图诊断舒张性心力衰竭的应用价值

杨亚娟, 王飞, 赖玉琼
佛山市第一人民医院, 广东 佛山 528000

【摘要】舒张性心力衰竭,也称为射血分数正常的心力衰竭,其发病率及病死率逐渐增加。由于临床上绝大部分怀疑舒张性心力衰竭的患者无法进行心导管检查,超声心动图对判断左室舒张功能异常有非常重要的意义。目前常用测量指标有二维超声测量心脏结构和功能指标,频谱多普勒测量二尖瓣、肺静脉血流频谱,彩色M型超声心动图、组织多普勒显像技术、Tei指数等。近年来一些新超声测量指标受到越来越多的关注,如二维斑点追踪技术、实时三维超声心动图、速度向量成像技术等,本文就目前超声心动图诊断舒张性心力衰竭的研究现状做一综述分析。

【关键词】心力衰竭;舒张性心功能不全;超声心动图;评价指标;综述

【中图分类号】R540.4

【文献标识码】A

【文章编号】1005-202X(2016)03-0274-06

Application value of echocardiography in diagnosis of diastolic heart failure

YANG Ya-juan, WANG Fei, LAI Yu-qiong
Foshan First People's Hospital, Foshan 528000, China

Abstract: The morbidity and mortality of diastolic heart failure (DHF), also known as heart failure with normal ejection fraction, increased gradually. Echocardiography plays a very important role in the diagnosis of left ventricle diastolic dysfunction because cardiac catheterization is difficult to be clinically conducted for the patients suspected of DHF. The common measurement indexes includes cardiac structure and function measured by two-dimensional ultrasound, mitral valve flow spectrum, pulmonary vein flow spectrum, color M-mode Doppler, tissue Doppler imaging, Tei index and so on. Recently, some new ultrasonic indicators has been attracting more and more attention, such as two-dimensional speckle tracking imaging, real-time three-dimensional echocardiography, velocity vector imaging, etc. The research status of DHF diagnosed by echocardiography was analyzed in this paper.

Key words: heart failure; diastolic cardiac dysfunction; echocardiography; evaluation indicator; review

前言

舒张性心力衰竭(Diastolic Heart Failure, DHF),是指在心室整体收缩功能正常情况下,由于心脏主动松弛功能受损,被动充盈或扩张能力下降,使心室松弛性和顺应性降低,心室充盈异常和充盈压升高而导致的肺循环或体循环淤血的临床综合征,现更多称为射血分数正常的心力衰竭(Heart Failure with Normal EF, HFNEF)。近年来,HFNEF受到广泛重视和

较为深入的研究。HFNEF约占全部心力衰竭(Heart Failure, HF)的50%,且与收缩性心力衰竭(Systolic Heart Failure, SHF),也称为射血分数减低的心力衰竭(Heart Failure With Reduce EF, HFREF)有同样预后风险和结局^[1]。老年女性、冠心病、糖尿病、高血压和肥厚性心肌病都是HFNEF的常见病因。由于HFNEF治疗措施有别于收缩功能不全引起的HF,故识别由舒张功能障碍引起的HF非常重要。

对于HFNEF的诊断标准有多种,如文献[2],但现行推荐的诊断DHF需要3个必备条件:(1)有HF的充分证据;(2)正常或轻微异常的左室射血分数(LVEF);(3)左室舒张功能不全的证据,如左室松弛、充盈、左室扩张、僵硬度异常^[1,3]。由于HF的临床症状和体征缺乏特异性,HFNEF与HFREF很难鉴别,

【收稿日期】2015-11-07

【基金项目】广东省科技计划项目(2013B021800034)

【作者简介】杨亚娟(1990-),女,在读硕士研究生。Tel: 18823236806;
E-mail: Yaya11818@126.com。

【通信作者】赖玉琼(1965-),男,主任医师,硕士生导师,研究方向:心血管内科治疗、心脏超声。E-mail: yukinglai@tom.com。

目前临床评价左室舒张功能不全的金标准仍是心导管获取舒张末期左心室充盈压和压力容积曲线,但因其有创性很难在临床实施,所以超声心动图在HFNEF的诊断中扮演了非常重要的角色。它不仅可以评估诊断标准中的两个指标,而且可以鉴别其他原因引起的HNEF,如瓣膜疾病、心包限制性疾病、肺动脉高压、先天性心脏病等^[4]。本文就目前超声心动图评价左室舒张功能的研究现状做一综述分析。

1 二维超声测量心脏结构和功能改变

有关左室充盈压升高的有用线索可以从二维超声心动图获得。HFNEF的特点包括左室肥厚或重塑、左房扩大,和舒张功能不全,而无左室扩张,与HFREF恰好相反^[5]。左室肥厚可用左室质量与体表面积指数来表示,男性 $>115\text{ g/m}^2$ 、女性 $>95\text{ g/m}^2$ 判断为左室肥厚^[4]。左室结构重塑或肥厚与左室舒张功能不全有高度相关性,且这些结构改变是发生严重心血管事件的独立危险因素^[5]。

左室舒张期,左房直接暴露于左室压力下,随着左室舒张功能的恶化,为维持左室充盈压左房压力上升,进而导致左房扩大^[6]。有研究显示,左房参数甚至比组织多普勒参数更有利于评估左室舒张功能^[7]。在无心房纤颤以及二尖瓣疾病的患者中,左房容积通常反映左室充盈压随时间的累积变化,意味着心室充盈的慢性改变,很少受血流动力学即时改变的影响^[8]。有研究显示左房容积比左房面积及左房直径能更好地反映左房大小,且与左室舒张功能不全的严重程度有关^[9-10]。现最常用的测量指标为左房容积指数(LAVi),是左房容积与体表面积的比值,当 $\text{LAVi} \geq 32\text{ mL/m}^2$ 时高度怀疑舒张功能不全, $\text{LAVi} \geq 34\text{ mL/m}^2$ 时诊断充盈压升高^[8]。另有研究表明结合LAVi和E/Ea指标可以提高舒张功能不全的诊断准确性^[4]。然而,左房扩大也可以发生在正常舒张功能和充盈压的个体,如二尖瓣瓣膜疾病、心房纤颤、心动过速、高动力循环状态等。近些年来,左房功能也不断受到重视,左房应变率下降和僵硬度增加可以从舒张功能不全患者中鉴别出HFNEF患者。左房僵硬度指标 $>1.1\text{ mmHg}$ 鉴别HFNEF的敏感性和特异性分别为84%和100%^[11]。

2 频谱多普勒超声心动图

2.1 二尖瓣血流频谱(MVF)

测量二尖瓣血流常常是对左室舒张功能和充盈的最初多普勒评价,几乎所有病人均可获得优质的

二尖瓣血流流速。常用的测量参数有舒张早期E峰、舒张晚期A峰、E/A、E峰下降时间(DT)、等容舒张时间(IVRT),以及A峰持续时间(Ad)^[12]。正常健康个体,E/A峰比值 >1.0 , $160\text{ ms} < \text{DT} < 240\text{ ms}$,IVRT为60~100 ms。随着年龄增加,E峰和E/A比例下降,DT和A峰增加。二尖瓣不同充盈模式可以评估舒张功能不全和描述其严重性,将其分为舒张功能正常、舒张功能迟缓、伪正常期和限制型充盈模式^[4]。早期舒张功能不全导致左室松弛延缓,E峰下降,A峰代偿性增加,E/A比例 <1 , $\text{DT} > 240\text{ ms}$ 。随着舒张功能不全恶化和左室顺应性下降,左房压力上升,导致“假性正常化”,E/A峰比值 >1.0 , $160\text{ ms} < \text{DT} < 240\text{ ms}$,此时可通过组织多普勒成像(TDI)、肺静脉血流频谱与Valsalva动作来鉴别^[13];严重的舒张功能不全,左房压力显著上升,表现为限制型充盈模式,E峰增高,E/A比例 >2 ,DT缩短($<160\text{ ms}$)。然而,MVF测定受多种因素影响,早期E峰受前负荷和左室松弛变异影响,晚期A峰受左室顺应性和限制功能影响,此外还受年龄、窦性心动过速、二尖瓣反流等影响。

2.2 肺静脉血流频谱(PVF)

肺静脉血流流速反映左房充盈、压力和顺应性,可通过多普勒来记录。常用的肺静脉血流参数包括正向收缩期S峰(PVS)、舒张期D峰(PVD)、逆向左房收缩期Ar峰(PVAr)及持续时间(Ard)^[4,12]。在正常人, $\text{S峰} > \text{D峰} > \text{Ar峰}$, $\text{PVAr} < 35\text{ cm/s}$, $\text{Ard} < \text{Ad}$ 。左室舒张功能迟缓时, $\text{S/D} > 1$,PVAr及Ard持续时间基本不变;MVF假性正常化时, $\text{S/D} < 1$;限制性充盈时, $\text{S/D} < 1$,PVAr波流速增大,Ard持续时间延长^[13-14]。PVF不能单独描述舒张功能的特征,且对于HFNEF病人的敏感性不如HFREF,但它可以作为二尖瓣血流频谱的补充。研究显示, $\text{PVAr/Ad} > 1$ 反映左室舒张功能障碍,且PVAr和Ad的差值(PVAr-Ad)与左室舒张末压密切相关, $(\text{PVAr-Ad}) > 30\text{ ms}$ 预测左室舒张末压力 $\geq 15\sim 20\text{ mmHg}$ ^[12]。然而,PVF即使在正常人也较难获得,主要反映左房内压力,易受左房收缩运动影响,不适用于心房颤动、窦性心动过速和I度房室传导阻滞的病人。

3 彩色M型超声心动图(Color M-mode Doppler, CMD)

舒张期血液由左心室基底部流向心尖,其流速逐渐降低。血液通过心室的这种流速改变被称为二尖瓣血流传播速度(V_p),可以通过测量二尖瓣环到

心尖的彩色M型频谱的斜率来显示,Vp反映左室内舒张早期压力下降速率。在正常心脏,早期充盈速度快且二尖瓣流入血流速度从瓣环到心尖的变化小,导致高斜率和传播速度较快。舒张功能异常时,早期充盈减慢,彩色M型的斜率延长且传播速度减慢。通常认为Vp>50 cm/s为正常^[15]。Vp和IVRT或二尖瓣E峰流速结合也可用于评估肺毛细血管楔压(Pw)。研究显示E/Vp比值可以很好地评估Pw,相关性 $r=0.80$,可用于舒张功能评价^[16]。正常人E/Vp<1.5,当左室松弛功能减低伴左室充盈压升高时,E峰速度增加,Vp减低,E/Vp值增大。然而这些相关性更适合于HFREF患者。且Vp与EF直接相关,对有左室舒张松弛异常但EF仍正常的患者,Vp值有可能正常^[17]。此外Vp易受心脏大小和前负荷、心率、年龄等的影响。

4 组织多普勒显像技术(Tissue Doppler Imaging, TDI)

TDI是将彩色多普勒用于心肌显像,通过消除血流的低幅信号,仅显示低速、高振幅的室壁运动信息,它克服了许多传统超声多普勒评估舒张功能不全的限制,常见指标包括组织速度显像(TVI)、应变/应变率显像(SRI)等。TDI技术很少受负荷状况影响,对评估舒张功能不全提供强有力的补充作用^[7]。

4.1 组织速度成像(Quantitative Tissue Velocity Imaging, QTVI)

通过测定二尖瓣环速度评价左室舒张功能,因其操作简便,无创性,不像二尖瓣血流速度一样受血流动力学(左房压力)影响^[18]等诸多优点被临床广泛应用。研究显示室间隔二尖瓣环运动速度参数有较高诊断价值^[19],收缩期心肌峰值运动速度S、舒张早期心肌峰值运动速度(Ea)、舒张晚期心肌峰值运动速度Aa及Ea/Aa比值是测量左室收缩和舒张功能的敏感指标^[20]。正常值Ea/Aa>1,Ea>8。左室舒张功能减退早期,Ea降低,Aa升高,Ea/Aa<1,此时有助于鉴别二尖瓣血流频谱伪正常充盈。舒张早期Ea峰是左室松弛的一个指标,反映左室整体舒张松弛功能,随年龄、心动过速、心肌疾病下降,并受左房压力和左室松弛影响^[21]。大量研究显示E峰/Ea峰比值与左室平均舒张末压(M-LVDP)有良好的相关性($r=0.64$),被作为诊断HFNEF患者左室舒张充盈压异常的最好指标^[20]。E/Ea<8则左室充盈压正常或较低(97%的阴性预测价值),E/Ea>15提示左室充盈压较高,评估M-LVDP>15 mmHg特异度为86%,对于8<E/Ea<15,

则需结合其他超声指标如PVAR-Ad时间差和Valsalva期间E/A比值变化鉴别^[20,22]。E/Ea主要反映左房收缩压,不受左室收缩功能影响,故可用于评估左室收缩功能正常的左室舒张功能^[22]。E/Ea不适用于二尖瓣狭窄、反流及严重钙化的病人,但可用于心房纤颤患者^[23]。另有研究显示左室松弛受损时Ea峰持续时间延长,而当左房压力增大时E峰持续时间下降,两者时间差值T(Ea-E)与左室松弛相关性良好,临床研究证明可以鉴别左室舒张功能不全,与IVRT结合可以预测肺毛细血管楔压(PCWP),IVRT/T(Ea-E)比值与PCWP有良好相关性($r=-0.74$),比值<2对预测PCWP>15 mmHg的敏感度和特异度分别为91%和89%^[24]。多普勒超声束夹角、心动周期中心脏的整体移动和呼吸等均可影响测量结果。

4.2 应变率显像技术(Strain Rate Imaging, SRI)

SRI是近年来在组织速度成像技术的基础上发展而来的一项超声新技术,该技术已广泛应用于左室收缩及舒张功能的研究。它可以在左室整体收缩功能出现异常之前即可敏感地检测出局部心肌组织的舒缩功能异常^[25]。左室心肌应变率曲线包括3个主峰:收缩峰(SRs),舒张早期峰(SRe),舒张晚期峰(SRa)也称房缩峰,SRs评价收缩功能,SRe和Sra评价舒张功能。研究显示,左室等容舒张期应变率(SRIVR)是左室松弛异常的一个指标,二尖瓣舒张早期血流速度E与SRIVR比值E/SRIVR可以预测左室充盈压,E/SRIVR>236预测PCWP>15 mmHg的敏感性和特异性分别为96%和82%,尤其适用于正常EF值或节段性舒张功能不全的病人^[21,26]。指标的预测价值已被研究证实,但对轻度舒张功能异常的诊断没有展现出比TDI指标E/Ea更优越的价值,有关评价还需要更深入的研究^[26]。应变及应变率成像也可评估左心房功能,为预测左室充盈压及预测心血管事件的发生提供有用信息。

SRI可以克服心脏整体运动及心肌相邻心肌阶段的运动所产生的干扰,对于无创性定量评价局部心肌的运动和形变评价更精确,具有更加广阔的前景,但是基于TDI技术发展起来的SRI,具有角度依赖性,还受到帧率的影响,而且只能监测心脏纵轴的运动,故又有一定的局限性。

5 Tei指数

Tei指数,又称心肌活动指数(MPI),是1995年日本学者提出的一个评价左室收缩和舒张功能的指

标,为等容收缩间期(ICT)与等容舒张间期(IRT)之和与心室射血时间(ET)的比值,反映心室收缩和舒张的整体功能。孟素云等^[27]研究发现组织多普勒测得Tei值比血流多普勒测值更准确反映左心室功能。心导管监测的Tei指数正常值为 0.39 ± 0.10 ,取 $Tei > 0.47$ 为阈值,诊断充血性心力衰竭的敏感性和特异性分别为86%和82%,Tei指数与左室舒张末压呈正相关($r=0.46$)^[28]。研究显示Tei指数随心功能分级的进展而增大。Tei指数作为评价心脏整体功能的新方法,简便易行,且受患者透声条件、心率及心脏几何形态等因素的影响较小^[28-29],是一项有较高临床价值的心功能检测手段。但其也有限制性,难以区分是收缩功能或舒张功能障碍^[30]。血流频谱多普勒测量的参数值不在同一心动周期内,限制了其使用范围;组织多普勒测量的Tei是取样容积局部心肌组织运动速度的图像,它能否反映左心室整体心功能状况尚有疑问,需多部位心肌测量取平均值。

6 近年来超声新技术

6.1 二维斑点追踪技术(Two-Dimensional Speckle Tracking Imaging, 2D-STI)

该技术利用组成二维超声图像的像素为声学斑点,在连续帧中追踪每个斑点并计算运动轨迹。根据斑点的运动轨迹定量显示组织的运动速度、应变及应变率及准确评价左室扭转及解旋功能。

6.1.1 应变/应变率(Strain/Strain Rate Imaging, SRI)

2D-STI技术通过追踪二尖瓣环测量其相对于心尖部的收缩期和舒张期运动的位移和速度,获得心肌组织的应变和应变率参数,准确评估左室舒张功能。常用测量参数为舒张早期二尖瓣环间隔部位移(ESD)、速度(ESV),舒张早期二尖瓣左室侧壁部位移(ELD)、速度(ELV),舒张晚期二尖瓣环间隔部位移(ASD)、速度(ASV),舒张晚期二尖瓣左室侧壁部位移(ALD)、速度(ALV)。有研究显示ESD、ESV、ELD、ESV在高血压左室肥厚患者均较正常人减低,可较早发现高血压患者舒张功能异常^[31]。基于2D-STI成像基础的SRI不依赖于多普勒原理,无角度依赖,有良好的空间和时间分辨率,不仅反映心脏纵向方向的运动,而且也反映心脏径向、环向的运动,更能真实地反映局部心肌功能状态,更准确地测量二尖瓣环的运动位移和速度,比TDI有更大的优越性^[31]。

6.1.2 左室解旋与扭转 2D-STI也可以准确评价左室扭转及解旋运动,为临床评价左室舒缩功能提供

一种新的无创检测方法。近年来解剖观点认为心脏两个心室由单块肌纤维带扭转和包绕形成双螺旋结构,其收缩和舒张造成左室扭转和解旋运动。常用测量指标:各水平峰值旋转角度(Pr)、左室扭转角度(LVtw)、扭转速度峰值(PTV)、扭转速度达峰时间(TPTV)、解旋速度峰值(PUV)、解旋速度达峰时间(TPUV),LVtw=心尖水平峰值旋转角度(AP-Pr)-心底水平峰值旋转角度(MV-Pr)。收缩期左室基底部分(MV)顺时针旋转,心尖部(AP)逆时针旋转,左室整体上表现为逆时针扭转,引起左室射血,在SHF患者LVtw明显降低,射血分数下降,但其测值为定性及半定量^[32];左室的解旋主要发生在等容舒张期,其迅速的弹性回缩释放了扭转时储存的弹性势能,引起左室早期充盈。研究显示在左室肥厚的高血压患者,左室舒张期解旋的延迟及减低能反映左室舒张功能异常^[33]。另有研究显示,在SHF患者,PUV下降及TPUV延长,而对于DHF患者,PUV正常,TPUV亦延长^[34]。

6.2 速度向量成像技术(Velocity Vector Imaging, VVI)

VVI是新近推出的研究心肌结构力学、分析局部心肌功能的超声新技术,其基于二维斑点追踪原理,准确判断斑点间的相互位移而建立起来的一种无角度依赖性的评价心肌舒缩功能的方法,可以获得室壁任意方向上的运动信息,采集图像较为容易,不受心脏摆动的影响,提高了检测的可重复性。通常将取样点置于二尖瓣环室间隔、侧壁、下壁、后壁、前壁及前间隔处,分别记录各位点的舒张早期峰值运动速度(Ve)、舒张晚期峰值运动速度(Va)、舒张早期应变率(SRe)、舒张晚期应变率(SRa)。正常情况下,左室充盈几乎均发生于舒张早期,舒张晚期左房收缩作用较小, $Ve > Va$, $SRe > SRa$;当舒张功能减退时,舒张早期左室主动松弛延缓, Ve 、 SRe 下降,舒张晚期左房收缩代偿性增强, Va 、 Sra 增加, $Ve < Va$, $SRe < SRa$ ^[35]。魏鹏等^[36]研究显示VVI和TDI两种技术评价高血压性心脏病患者左室舒张功能有较好的一致性,可作为评价舒张功能减低的新方法。通过VVI技术测量的二尖瓣环舒张期运动速度及应变率均可评价左室舒张功能,但VVI测量需采集图像后脱机分析处理,在时间上限制了临床广泛应用,同时现有临床研究大都基于对左室舒张功能心肌运动状态的长轴方向心肌运动速度和变形速度进行考察,对心室短轴、心尖部等部位运动变化尚需进一步深入研究。

6.3 实时三维超声心动图(Real-Time Three-Dimensional Echocardiography, RT-3DE) RT-3DE是近年来超声领

域发展的一项新技术,与二维超声相比,因其不受左心室几何形态的影响,准确性和重复性较好,能够精确评估左心室质量、容积、收缩和舒张功能^[37]。常用临床参数包括峰值射血率(PER)和峰值充盈率(PFR)。PER与左室射血分数(LVEF)相关性良好,较好地反应左室收缩功能。PFR为舒张期左心室充盈的最大容积-时间变化率,较准确地反映左室舒张功能。研究表明,RT-3DE所测PER与PFR值与评价左心功能的“金标准”心脏磁共振(CMRI)测量值有良好相关性,且数据测量及分析时间均较CMRI短^[38-39]。RT-3DE也可通过准确测量左房容积和左室心肌重量的改变评估左室舒张功能^[40-41]。RT-3DE仍有局限性,易受透声条件和二维图像质量影响,且不能直接测量三维距离及容积。

6.4 声学定量技术(Acoustic Quantification, AQ) AQ利用背向射散原理,自动识别血液-组织界面,快速准确测量心动周期每一心搏量的左室面积、容积及LVEF的变化,用于临床评价心脏舒缩功能。常用指标有左房充盈分数(AFF)评价心脏收缩功能,心室舒张早期峰值充盈率(PRFR)及舒张晚期峰值充盈率(PAFR)评价心室舒张功能。PRFR/PAFR<1为舒张功能异常指标。AQ可作为二尖瓣血流频谱的补充,鉴别二尖瓣血流频谱假性正常化。AQ技术操作简便,重复性好,克服了不同操作者手动描绘心内膜界面的主观性差异等缺点。但其对增益要求较高,受声窗、呼吸等影响^[42]。

6.5 彩色室壁运动技术(Color Kinesis, CK) CK是AQ的延伸,能实时显示左室局部和整体运动,将舒张期每一帧图像用不同色彩标识并叠加,同一色彩标识舒张期同一时相位移,位移的宽度代表该时相中心内膜的运动幅度,从空间和时间定量分析左室舒张局部和整体室壁运动,通过软件自动分析,自动定量出舒张心内膜位移CK-DI值^[43]。左室舒张功能受损时,CK色带变窄。CK量化指标为舒张期前1/3时相的局部心内膜位移面积百分比(1/3*RFAC),舒张功能异常时,其值较正常减低,也可用来鉴别假性正常化^[43]。由于CK可简便、实时地反映左室各节段舒张功能,对于有些传统多普勒测量参数舒张功能正常的患者,可较早发现节段性舒张功能异常,为患者预后提供详细资料。CK因技术原因和经验不足目前未在临床普及。

7 二尖瓣血流频谱“伪正常”鉴别

当二尖瓣血流频谱呈现“伪正常”时,常需结合

以下方法鉴别:①TDI:用TDI方法所测二尖瓣环运动指标Ea/Aa<1, Ea<8 cm/s,为临床最常用鉴别方法;②肺静脉血流频谱:当所测S峰<D峰, PVAr流速增加及Ard时间延长时,可用来鉴别伪正常;③Valsalva动作:对于正常心脏, Valsalva动作期间前负荷下降, E和A峰减低,但E/A比例正常不变;然而在伪正常病人其左房压力下降, E/A比例<1, E/A比例绝对值减小0.5和A峰增加;但Valsalva动作不适用于有中重度三尖瓣反流的患者^[44];④CMD:当二尖瓣伪正常时,所测Vp值明显下降;⑤AQ技术:PRFR/PAFR<1提示舒张功能异常,也可用CK技术鉴别,但后面几种方法由于受到多种因素影响和技术原因在临床上较少采用。

8 小结

综上所述,超声评估左室舒张功能异常的指标有多种,然而每种指标都有一定的有利性和局限性。临床上诊断HFNEF仍面临巨大挑战,虽然心导管测量左室舒张末压是评估心功能不全的金标准,但因有创性限制其在临床的使用,超声无疑在HFNEF的诊断中扮演了至关重要的角色。目前还没有一种超声指标能独立精确评估左室舒张功能不全,需多种指标综合分析。然而,对于用多种指标综合预测左室舒张功能不全现也没有统一准确的标准。随着未来超声技术不断发展和深入研究,若能够筛选出评价左室舒张功能不全的特异指标,将为患者病情控制和预后提供非常有用的价值。

【参考文献】

- [1] PAULUS W J, TSCHOPE C, SANDERSON J E, et al. How to diagnose diastolic heart failure: a consensus statement on the diagnosis of heart failure with normal left ventricular ejection fraction by the Heart Failure and Echocardiography Associations of the European Society of Cardiology [J]. Eur Heart J, 2007, 28(20): 2539-2550.
- [2] YTURRALDE R F, GAASCH W H. Diagnostic criteria for diastolic heart failure[J]. Prog Cardiovasc Dis, 2005, 47(5): 314-319.
- [3] WEIDEMANN F, NIEMANN M, HERRMANN S, et al. Assessment of diastolic heart failure. Current role of echocardiography [J]. Herz, 2013, 38(1): 18-25.
- [4] HAYLEY B D, BURWASH I G. Heart failure with normal left ventricular ejection fraction: role of echocardiography [J]. Curr Opin Cardiol, 2012, 27(2): 169-180.
- [5] ZILE M R, GOTTDIENER J S, HETZEL S J, et al. Prevalence and significance of alterations in cardiac structure and function in patients with heart failure and a preserved ejection fraction [J]. Circulation, 2011, 124(23): 2491-2501.
- [6] TSANG T S, ABHAYARATNA W P, BARNES M E, et al.

- Prediction of cardiovascular outcomes with left atrial size: is volume superior to area or diameter[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2006, 47(5): 1018-1023.
- [7] HSIAO S H, LIN K L, CHIOU K R. Comparison of left atrial volume parameters in detecting left ventricular diastolic dysfunction versus tissue Doppler recordings[J]. *Am J Cardiol*, 2012, 109(5): 748-755.
 - [8] TSANG T S, BARNES M E, GERSH B J, et al. Left atrial volume as a morphophysiologic expression of left ventricular diastolic dysfunction and relation to cardiovascular risk burden [J]. *Am J Cardiol*, 2002, 90(12): 1284-1289.
 - [9] CACCIAPUOTI F, SCOGNAMIGLIO A, PAOLI V D, et al. Left atrial volume index as indicator of left ventricular diastolic dysfunction: Comparison between left atrial volume index and tissue myocardial performance index[J]. *J Cardiovasc Ultrasound*, 2012, 20(1): 25-29.
 - [10] MADDUKURI P V, VIEIRA M L, DECASTRO S, et al. What is the best approach for the assessment of left atrial size[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2006, 19(8): 1026-1032.
 - [11] MOTOKI H, BOROWSKI A G, SHRESTHA K, et al. Left atrial function in diastolic heart failure[J]. *Am J Cardiol*, 2013, 112(6): 821-826.
 - [12] NAGUEH S F, APPLETON C P, GILLEBERT T C, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography[J]. *J Am Soc Echocardiogr*, 2009, 22(2): 107-133.
 - [13] WANG M, YIP G W, WANG A Y, et al. Tissue Doppler imaging provides incremental prognostic value in patients with systemic hypertension and left ventricular hypertrophy [J]. *J Hypertens*, 2005, 23(1): 183-191.
 - [14] 贾莉, 马果丰. 多普勒超声心动图对左室舒张功能不全的评价[J]. *川北医学院学报*, 2003, 18(2): 68-69.
JIA L, MA G F. The evaluation of left ventricular diastolic function by Doppler ultrasound [J]. *Journal of North Sichuan Medical College*, 2003, 18(2): 68-69.
 - [15] NAGUEH S F. Echocardiographic assessment of left ventricular relaxation and cardiac filling pressures[J]. *Curr Heart Fail Rep*, 2009, 6(3): 154-159.
 - [16] GARCIA M J, ARES M A, ASHER C, et al. An index of early left ventricular filling[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 29(2): 448-454.
 - [17] RIVAS-GOTZ C, MANOLIOS M, THOHAN V, et al. Impact of left ventricular ejection fraction on estimation of left ventricular filling pressures using tissue Doppler and flow propagation velocity [J]. *Am J Cardiol*, 2003, 91(6): 780-784.
 - [18] SOHN D W, CHAI I H, LEE D J, et al. Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 30(2): 474-480.
 - [19] SRIVASTAVA P M, BURRELL L M, CALAFIORE P. Lateral vs medial mitral annular tissue Doppler in the echocardiographic assessment of diastolic function and filling pressures: which should we use[J]. *Eur J Echocardiogr*, 2005, 6(2): 97-106.
 - [20] OMMEN S R, NISHIMURA R A, APPLETON C P, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: a comparative simultaneous Doppler-catheterization study[J]. *Circulation*, 2000, 102(15): 1788-1794.
 - [21] WANG J, KHOURY D S, THOHAN V, et al. Global diastolic strain rate for the assessment of left ventricular relaxation and filling pressures[J]. *Circulation*, 2007, 115(11): 1376-1383.
 - [22] NAGUEH S F, MIDDLETON K J, KOPELEN H A, et al. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures[J]. *J Am Coll Cardiol*, 1997, 30(6): 1527-1533.
 - [23] SOHN D W, SONG J M, ZO J H, 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.
 - [24] RIVAS-GOTZ C, KHOURY D S, MANOLIOS M, et al. Time interval between onset of mitral inflow and onset of early diastolic velocity by tissue Doppler: a novel index of left ventricular relaxation[J]. *J Am Coll Cardiol*, 2003, 42(8): 1463-1470.
 - [25] 段云燕, 张军. 超声心动图对心肌功能的定量评价方法进展[J]. *现代医用影像学杂志*, 2013, 22(6): 514-517.
DUAN Y Y, ZHANG J. Development of echocardiography in evaluating quantitatively myocardial function[J]. *Modern Medical Imaging*, 2013, 22(6): 514-517.
 - [26] KASNER M, GAUB R, SINNING D, et al. Global strain rate imaging for the estimation of diastolic function in HFNEF compared with pressure-volume loop analysis[J]. *Eur J Echocardiogr*, 2010, 11(9): 743-751.
 - [28] 孟素云, 李越, 李岩密, 等. 组织多普勒和血流多普勒测量左室Tei指数比较[J]. *中国医学影像学杂志*, 2006, 14(4): 303-305.
MENG S Y, LI Y, LI Y M, et al. Compare Doppler tissue imaging with blood flow Doppler in measuring left Tei index [J]. *Chinese Journal of Medical Imaging*, 2006, 14(4): 303-305.
 - [28] BRUCH C, SCHMERMUND A, MARIN D, et al. Tei-index in patients with mild- to moderate congestive heart failure [J]. *Eur Heart J*, 2000, 21(22): 1888-1895.
 - [29] KARAYE K M. Relationship between Tei index and left ventricular geometric patterns in a hypertensive population: a cross-sectional study [J]. *Cardiovasc Ultrasound*, 2011, 9: 21.
 - [30] AKINTUNDE A A. The clinical value of the Tei index among Nigerians with hypertensive heart failure: correlation with other conventional indices[J]. *Cardiovasc J Afr*, 2012, 23(1): 40-43.
 - [31] 于雪芳, 万征, 黄灿亮, 等. 超声二维斑点追踪技术测量二尖瓣环运动评价高血压患者左室舒张功能[J]. *天津医药*, 2010, 38(7): 562-565.
YU X F, WAN Z, HUANG C L, et al. Usefulness of speckle tracking imaging to measure the mitral annular movement for assessment of left ventricular diastolic function in patient with hypertension[J]. *Tianjin Medical Journal*, 2010, 38(7): 562-565.
 - [32] 董瑞庆, 杨俊华, 王如兴. 斑点追踪技术评价左室扭转及解旋运动的临床应用[J]. *临床心血管病杂志*, 2012, 25(5): 328-331.
DONG R Q, YANG J H, WANG R X. Clinical application of speckle tracking imaging in evaluating left ventricular torsion and untwisting parameters[J]. *Journal of Clinical Cardiology*, 2012, 25(5): 328-331.
 - [33] 马兰, 吴卫华. 二维斑点追踪技术在心血管疾病中的应用进展[J]. *中国心血管病研究*, 2008, 6(6): 472-474.
MA L, WU W H. The development of two-dimensional speckle tracking imaging in cardiovascular disease [J]. *Chinese Journal of Cardiovascular Review*, 2008, 6(6): 472-474.
 - [34] MOR- AVI V, LANG R M, BADANO L P, 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.

(下转290页)