

## • 综述 •

## 经食管三维超声心动图临床应用的新进展

王 静, 王新房

【关键词】 超声心动描记术, 经食管; 超声心动描记术, 三维

【中图分类号】 R445.1

【文献标识码】 A

【文章编号】 1671-5403(2010)01-0089-04

经食管三维超声心动图(three-dimensional transesophageal echocardiography, 3D-TEE)于上世纪90年代初期问世并应用于实验室及临床检查。由于探头位置的改变,它能由后向前,近距离扫查心脏深部结构,有效排除肺气干扰、肥胖、胸廓畸形和肋间隙狭窄的影响,明显改善超声图像的清晰度及分辨率。经胸重建的三维图像质量较经胸三维超声图像(three-dimensional transthoracic echocardiography)更为清晰,从而为超声及外科医师提供了前所未有的翔实可靠信息,为心脏超声检查开辟了一个崭新的窗口<sup>[1]</sup>。3D-TEE经历了由静态灰阶食管三维超声、动态食管三维超声和最近的实时经食管三维超声等多个发展阶段,探头晶片技术也由最初的单平面、双平面发展到多平面扫查,目前能快速、直观、精确地显示心脏大血管的结构形态、空间位置关系和评价血流动力学变化。以下综述3D-TEE的发展历程、应用现状及新进展。

## 1 发展历程

**1.1 静态 3D-TEE** 上世纪90年代早期,一些作者开始应用经食管双平面探头对心脏进行静态三维重建。食管探头进入食管后,在适当的深度与方向上清晰显示心脏的纵轴切面图像后,应用角度定位器控制探头方向,作顺时针向旋转,进行全面观察。重建的心血管结构用薄壳法予以显示。该技术的缺点是采集的切面较少,无法观察心壁的厚度及其内部的复杂层次,也不能显示心壁的动态活动<sup>[2]</sup>。

**1.2 动态 3D-TEE** 上世纪90年代中期, Pandian等<sup>[3]</sup>先后报道了应用经食管多平面旋转扫查法重建出瓣膜病、间隔缺损、心内新生物等心血管病变的三维图像,获得了远较二维超声心动图丰富、准确的病变信息,称为“动态三维超声心动图”。动态3D-TEE较静态三维超声虽然在临床上发挥了较大的作用,但由于三维原始图像的采集、重建和资料分析所需要的时间较长,程序繁杂,不能在检查即

刻显示心脏结构的三维图像,故难以在手术室、导管室直接监护患者,其临床作用仍然受到较大局限。**1.3 实时 3D-TEE** 进入21世纪,由美国Duke大学提出,经Philips等公司研发的实时三维超声心动图(real-time or live three-dimensional echocardiography, RT-3DE or Live-3DE)技术在临床开始应用。采集数据的微型矩阵换能器(matrix array transducer)探头、高通量的数据处理系统和三维空间定位系统共同组成的三维成像系统在性能上较以往有了很大改进。当发射声束沿预定方向X轴前进时,可形成一条扫描线(即一维显示);此扫描线按相控阵方式沿Y轴进行方位转向(azimuth steering)时可形成二维图像;再使二维图像沿Z轴方向扇形移动行立体仰角转向(elevation steering),最后形成一个覆盖靶区各个部位立体结构的金字塔形图像三维数据库。在联机和脱机状态下应用仪器的切割功能可对获取的三维图像从X、Y、Z三个方向上任意切割,从而动态观察任意切面及其深部的立体结构。它在描述先天性心脏畸形的空间结构形态、心腔容积和功能的定量计测上有明显优势。但这种探头形体较大,且只能经胸探查,不能进行经食管超声检查,应用有一定局限<sup>[4]</sup>。

新近Philips公司对这种矩阵型三维换能器作了重大改进,减小其直径,提高频率,镶嵌于食管探头管体的前端,制成实时3D-TEE探头<sup>[5]</sup>。由于距离缩短,超声发射频率提高,分辨率明显改善,可以由左房后侧清晰、准确、快速显示内心结构的立体形态,使之在临床上特别是导管室介入治疗、手术室内进行实时监护、判断疗效等方面取得了令人振奋的良好效果。

## 2 经食管三维超声心动图的临床应用与进展

**2.1 完整显示心壁与腔室的立体形态** 3D-TEE能显示心脏不同深度房室壁的结构形态及其动态变化、空间方位、房室大小、连续关系与活动情况

作者单位:430022 武汉市,华中科技大学同济医学院附属协和医院超声影像科

通讯作者:王新房, Tel:027-85726430, E-mail:wangxf@public.wh.hb.cn

等。此外对肌小梁形态、乳头肌的空间位置以及各结构的层次与毗邻关系也显示十分清楚。3D-TEE 由于探头位置固定,图像定位准确,不受胸廓与肺气干扰,故其三维图像远较经胸超声图像清晰。另外3D-TEE检查能较经胸检查获取更宽阔的右室结构进行三维重建,在探头从0~180°旋转过程中超声束可全面显示右室流入道、心尖与流出道,从而可准确测量心室容量和游离壁心肌重量<sup>[6]</sup>。

晚近发展的实时3D-TEE更能即刻实时展示感兴趣区内心壁与腔室的立体形态,通过鸟瞰、仰视、左向右、右向左观,以及任意视角观察心脏结构的解剖细节,对临床诊断有更大的帮助。

**2.2 明确瓣膜疾病的病变性质与程度** 3D-TEE能观察二尖瓣、三尖瓣的立体形态,以及房室壁、瓣环、瓣叶、腱索、乳头肌的房室瓣复合装置的结构形态。在心房或心室侧与房室瓣环相平行的剖面方位显示鸟瞰图,从不同方位显示各瓣膜的整体轮廓、边缘厚度、腱索走向、活动状况以及瓣膜病变波及的范围,准确观察狭窄瓣口的形态与面积、瓣叶黏连增厚的部位与范围,清晰显示关闭不全时瓣叶对合不良的缝隙,还原瓣膜真实形态与实时活动状态,图像直观,分析方便。对二尖瓣脱垂患者,明确二尖瓣脱垂部位、程度、范围则对确定患者选择瓣膜整形或瓣膜置换治疗很重要。应用实时全容积成像模式,可在左心长轴切面方位上,显示脱垂的前瓣瓣叶与后瓣收缩期对合点的立体形态、脱垂瓣体与瓣环的空间位置关系;结合全容积彩色多普勒成像,能更准确地显示出瓣叶脱垂的具体部位、反流程度及其在心动周期中的时相改变等。对于某些瓣膜先天畸形,如二尖瓣裂、双孔二尖瓣、二叶或四叶主动脉瓣,经食管三维超声图像也能准确提示病变类型、病变形态、血流动力学严重程度和累及范围等。外科医生可根据直观的立体超声图像详细了解瓣叶的病变性质和程度,从而确定进行瓣膜置换抑或瓣膜整形。在人工瓣膜置换术后,三维超声亦可在左心长轴切面方位及在左室侧与人工瓣平行的方位上观察人工瓣整体形态和活动状况,如出现反流者,还可区分异常血流是否来源于瓣环内或瓣周,对判断手术效果具有重要意义。另外,对出现机械瓣再狭窄的患者,经食管三维超声图像能避免经胸三维图像上机械瓣叶反射的干扰,多方位切割观察可排除有无血栓附着。结合彩色多普勒显像,还可显示瓣口血流有无加速。研究显示经食管三维超声能全面直观地反映瓣膜病的病理解剖,更准确地测量血流动力学参数,更真实地反映瓣膜反流及狭窄的程度<sup>[7,8]</sup>。

万方数据

**2.3 细致观察先天性心脏畸形的病变特征** 在经胸图像不理想,采集切面信息有限、临床需要提供更翔实更精确的病变信息时,3D-TEE有不可替代的临床应用价值。

3D-TEE能显示深部的心壁与房室间隔的整体形态,可判断房、室间隔缺损的部位、大小、范围、类型、立体形态、动态变化及其与周邻组织的空间关系;如描述房间隔缺损的全貌及边缘的大小,残端距二尖瓣环、上下腔静脉、主动脉根部的距离,对封堵治疗具有一定的指导意义。另外对描述其他复杂先天性心脏畸形的空间位置关系也有明显优势。大动脉关系正常者,在三维超声图像上显示升主动脉与肺动脉干互相垂直走行。而大动脉转位的患者,升主动脉与肺动脉干可走向平行,二者同时显示为长轴或短轴断面。Fallot 四联症、Fallot 五联症、右室双出口、大动脉转位等先天性复杂心脏畸形患者,选择适当的观察方位,通过旋转剖切,对多个非标准切面进行观察,可完整显示病变的复杂空间结构关系和血管走向,对明确诊断有很大帮助,能补充或修正二维超声成像的漏误,使患者在术前能获得更全面、细致、正确的诊断,提高手术成功率。

3D-TEE在术前可有助于临床治疗方案(手术或封堵)的选择和制定。在房、室间隔缺损,窦瘤破裂修补术后,可以从右房或左房侧,右室或左室侧探查,显示补片的位置、大小、完整形态,以及与心壁间的缝接关系,确定有无残余漏等<sup>[9]</sup>。3D-TEE还可观察心壁、间隔与大血管的连续状态,能完整地显示病变的复杂空间结构关系和血管走向,对明确诊断有很大帮助。有关研究探讨经3D-TEE三维重建房间隔缺损的临床应用价值的报告显示,经食道超声心动图三维结构重建与经食管超声心动图相比,能在术前提供更加详细的解剖信息,可作为选择房间隔缺损治疗方案以及封堵器大小的重要参考。

**2.4 准确探查胸腔内异常回声** 3D-TEE可对胸腔内异常回声的有无、空间位置关系做准确描述。它能显示胸腔内肿瘤的立体形态、病变起源、空间位置等<sup>[10]</sup>。如黏液瘤,三维图像可清晰显示肿瘤的大小、形态、与心壁的关系以及瘤蒂附着位置等,为手术医师提供更多的诊断信息。3D-TEE对左心耳显示率很高,对附着于此部位的血栓也能准确描述。另外,左心室腔内有假腱索的患者,三维图像还可显示清晰假腱索的长度、粗细、走向与起止部位。

**2.5 定量评估心脏的收缩功能** 三维超声心动图计算心室容积时根据其实际形状,而不依赖任何几

何学假设,因此其测定的心室容积及功能更准确。冠心病患者的左、右室收缩功能的准确评估对患者选择治疗方案、疗效及预后评价非常重要。3D-TEE能弥补经胸二维图像质量差以及扫查图像受限的不足,重建的三维图像清晰直观,还原心腔的真实形态、内膜易于辨认,较经胸三维超声心动图能更准确地测量左、右室的容积、质量以及射血分数等,在冠心病融栓治疗、经皮冠状动脉介入治疗和冠状动脉旁路移植术中有重要应用价值。有早期研究应用多平面3D-TEE对慢性肺源性心脏病患者测量右室心肌重量及右室收缩功能<sup>[11]</sup>。结果显示3D-TEE对右室游离壁肥厚的阳性检出率为18.75%,测定的右室射血分数与放射性核素心室造影的测定值高度相关( $r=0.91, P<0.01$ )。郑昭伦等<sup>[12]</sup>应用多平面3D-TEE对心肌梗死患者的左室收缩功能进行测定,并与左室造影结果进行对比,显示其与左室造影测定值呈高度相关。

## 2.6 实时监测心脏外科手术和介入治疗的效果

以往的经食管动态三维超声在检查时,由于成像步骤复杂,需时较长,难以满足手术医师的要求,因此在手术室中的应用受到很大局限。随着实时3D-TEE的问世,图像质量不断改进,成像时间不断缩短,因此有望在手术室、导管室、监护室及床边进行超声观测,为临床快速、完整地提示病变信息:(1)心外手术中,在体外循环前完成图像采集,处理分析与显示成为可能。为心外科医师直观显示心脏各结构的轮廓,观察心脏瓣膜的形态,探测间隔缺损的部位、大小、形态,与周围组织的距离等,方便与外科医师与麻醉医师的沟通,及时修正术前诊断结果,为临床提供更准确、全面、直观的信息。另可及时向外科医师反馈手术后病变矫正的效果,包括补片附着位置、形状大小,及其与心壁间的缝接关系等,确定有无残余漏等,提高手术成功率<sup>[11]</sup>。(2)瓣膜置换术和二尖瓣球囊成形术中,可及时反馈人工瓣的位置与功能状态、有无瓣周漏;还可观察二尖瓣边缘有无撕裂等,改进其安全性。(3)在经皮导管介入以及心外科微创非体外循环下治疗先天性心脏病中具有指导价值。从右房或左房侧,右室或左室侧观察,对三维图像进行适当的旋转切割,不仅可以准确显示缺损口的大小与形态,精确提示其与周邻解剖结构的关系,协助选择合适的封堵伞大小和类型,同时术中更能实时观察引导钢丝的位置方向,监测并确定封堵伞的准确释放部位,有效减少医师在X线下的照射时间,缩短手术时间。另外结合彩色血流成像,还能及时评价封堵器的封堵效果,一旦出现残余漏,即可告知术者调整

封堵器位置,以求良好的治疗效果,使手术得以安全、准确和有效率地进行<sup>[14]</sup>。(4)在右室活检术中,经食管实时三维超声图像能迅速观察全部右室腔结构,实时引导活检钳准确放置于需要采集病变组织的部位,避免对周邻组织的不必要损伤,缩短手术时间,并有效提高活检成功率。

2.7 经食管立体三维超声成像有待发展 目前所看到的经食管三维超声图像虽有某些立体感,但和立体超声相比尚有差距。后者是由GE公司新近推出的Vivid 7 BT 08“4D Stereo Vision”技术所建立的。该仪器参照立体电影的原理,将其三维超声成像仪的软件加以改进提高而获得成功的。检查时仍用单一的矩阵型换能器(matrix transducer)采集实时三维超声成像的原始数据,经数字化处理后,建立一幅实时三维声像图。再利用其立体超声软件(BT 08)从同一数据库提取信息,在其旁侧另建一在视角上稍有差异的三维图,而后将二图分别以左红右绿彩色编码形式互相叠加,显示在荧光屏上,形成一全新的立体超声图。当戴上左红右绿的滤色眼镜观察时,左右不同视角的画面分别成像于左右视网膜,再经视神经传入大脑视觉中枢,根据二者视角差异的大小,将会在观察者头脑中形成一组轮廓结构清晰、远近层次分明、立体感极强的新型三维超声图像。对于这一新的技术和检查方法,我们建议命名为立体三维超声心动图(stereo three-dimensional echocardiography, S3DE),简称“立体心动图”。目前这种探头形体较大,难以插入食管,如果经过改进提高,减小其直径和长度,能进行经食管超声检查,既保留其立体超声成像固有的优点,又增加精确的深浅远近分辨力,使其立体层次感进一步改善,将有可能在超声室、手术室、导管室、监护室及床边进行即时观测,对临床诊断和治疗将有很大帮助。

## 【参考文献】

- [1] Wang XF, Li ZA, Cheng TO, *et al.* Four-dimensional echocardiography: methods and clinical application[J]. *Am Heart J*, 1996, 132(3): 672-684.
- [2] 王新房, 李治安, 谢明星, 等. 四维超声心动图的临床应用[J]. *中华心血管病杂志*, 1996, 25(1): 6-9.
- [3] Pandian NG, Roelandt J, Nanda NC, *et al.* Dynamic three-dimensional echocardiography: methods and clinical potential[J]. *Echocardiography*, 1994, 11(3): 237-259.
- [4] Pua EC, Idriss SF, Wolf PD, *et al.* Real-time 3D transesophageal echocardiography[J]. *Ultrason Imaging*, 2004, 26(4): 217-232.

- [5] Pothineni KR, Inamdar V, Miller AP, *et al.* Initial experience with live/real time three-dimensional transesophageal echocardiography [J]. *Echocardiography*, 2007, 24(10): 1099-1104.
- [6] Jiang L, Siu SC, Handschumacher MD, *et al.* Three-dimensional echocardiography. *In vivo* validation for right ventricular volume and function[J]. *Circulation*, 1994, 89(5): 2342-2350.
- [7] Ahmed S, Nanda NC, Miller AP, *et al.* Usefulness of transesophageal three-dimensional echocardiography in the identification of individual segment/scallop prolapse of the mitral valve[J]. *Echocardiography*, 2003, 20(2): 203-209.
- [8] 陈庆伟, Roelandt Jrte, Vletter WB, 等. 多平面经食管三维超声心动图对二尖瓣狭窄的诊断价值[J]. *中华超声影像学杂志*, 1997, 6(5): 24-27.
- [9] Jean WH, Kang TJ, Liu CM, *et al.* Transcatheter occlusion of ruptured sinus of Valsalva aneurysm guided by three-dimensional transesophageal echocardiography [J]. *J Formos Med Assoc*, 2004, 103(12): 948-951.
- [10] Muller S, Feuchtnr G, Bonatti J, *et al.* Value of transesophageal 3D echocardiography as an adjunct to conventional 2D imaging in preoperative evaluation of cardiac masses[J]. *Echocardiography*, 2008, 25(6): 624-631.
- [11] 王勇, 张运, 杨印楼, 等. 经胸二维和多平面经食管三维超声心动图测量慢性肺心病右室收缩功能的对比研究[J]. *中华超声影像学杂志*, 1999, 8(3): 3-5.
- [12] 郑昭伦, 张运, 张薇, 等. 多平面经食管三维超声心动图测量心肌梗塞患者左室功能准确性的研究[J]. *中华心血管病杂志*, 1998, 5(5): 56-57.
- [13] Abdel-Massih T, Dulac Y, Taktak A, *et al.* Assessment of atrial septal defect size with 3D-transesophageal echocardiography: comparison with balloon method[J]. *Echocardiography*, 2005, 22(2): 121-127.
- [14] Mehmood F, Vengala S, Nandan NC, *et al.* Usefulness of live three-dimensional transthoracic echocardiography in the characterization of atrial septal defects in adults[J]. *Echocardiography*, 2004, 21(8): 707-713.

(收稿日期:2008-08-18;修回日期:2009-04-07)

(上接第81页)

氮减少,内皮素-1增加,冠状动脉血管张力调节机能受损,冠状动脉严重收缩,局部血流动力学异常,并可促发凝血过程形成血栓加重,甚至阻塞冠状动脉管腔<sup>[2]</sup>。心肌供血减少是UA主要的病理生理机制。以现代工艺技术合成的阿魏酸钠注射液中的阿魏酸钠是中药川芎的主要有效活性物质,具有传统活血化瘀之功效,但临床尚未见其用于治疗属UA的初发劳力性心绞痛报道。本观察结果表明:静滴阿魏酸钠有助于缓解UA,改善心肌缺血,疗效满意。阿魏酸钠作用机理<sup>[3,4]</sup>:拮抗冠状动脉血管内皮素受体和内皮素效应,增加一氧化氮合成,从而扩张血管,降低外周阻力;减少血栓素A<sub>2</sub>生成和促进前列环素产生,抑制血小板聚集,从而降低血黏度,改善微循环。可见阿魏酸钠对冠状动脉血管内皮具有良好保护作用,可显著改善冠状动脉供血(有助逆转UA的病理生理),作为UA的辅助用药,符合当前心血管疾病治疗的新趋势<sup>[5]</sup>,且应用方便、安全。阿魏酸钠的远期疗效及分子生物学机制有待进一步研究。

#### 【参考文献】

- [1] 叶任高, 陆再英. 内科学[M]. 北京: 北京人民卫生出版社, 2003. 813-814.
- [2] Langer A, Constance C, Fodor JG, *et al.* Statin therapy and the management of acute coronary syndromes[J]. *Can J Cardiol*, 2003, 19(8): 921-927.
- [3] 吴建龙, 王大元. 阿魏酸钠的药理研究进展[J]. *中国药理学杂志*, 1993, 28: 267-269.
- [4] 刘梦琼, 郑义. 阿魏酸钠对氧化低密度脂蛋白所致的内皮细胞释放NO的影响[J]. *华中医学杂志*, 2002, 33(1): 15-16.
- [5] 胡大一. ASCOT试验的最新结果[J]. *临床荟萃*, 2006, 21: 153-154.

(收稿日期:2008-12-11;修回日期:2009-05-04)