

• 综述 •

立体三维超声心动图解读

贺林 王新房

超声影像技术自问世以来,发展迅速,从初期的一维超声成像(A型和M型),随后出现的灰阶二维超声成像(复合成像和实时成像),直至三维超声(静态、动态和实时成像)应用于临床,目前技术日趋成熟,在临床诊断上发挥巨大的作用^[1~3]。近时GE公司对其多维星 Vivid 7 进行升级,在原有三维成像模式的基础上添加新的模式(版本 BT 08),为我们提供了一种崭新的三维图像,观察时检查者双眼需戴以相匹配的左红右绿的滤色镜,能看到立体感极强、景深感明显的立体图像,该公司取名"4D Stereo Vision"(四维立体成像)。华中科技大学医学院附属协和医院初步试用,结果令人满意。现根据我们的使用体会和相关资料,对该技术的成像原理及临床应用进行综述,以资参考。

1 人眼立体视觉的形成

我们知道,正常人的视觉具有很强的立体感,不仅能分辨物体的左右及上下,还能清楚判断其深度关系,这种深度(距离)线索从四个方面获得,它们是:静态图像中的深度线索,由运动造成的深度信息,生理上的深度线索以及立体线索。这与人类眼球的位置密切相关:正常人左右眼球瞳孔相距5~7cm,利用双眼观看景物时,不仅视野扩大,而且因为是从不同方位观察,在两侧视网膜上分别形成左右两幅视角稍有差异的图像,这种差异即为视差。此时左眼看到观察对象的左侧面较多,右眼看到的右侧面较多。人眼与所观察的景物距离愈近,图像的视差愈大;距离愈远则其视差愈小。当图像分别在两侧视网膜上成像传入大脑视觉中枢后,经会聚综合,根据视差的不同,能够精确判断被观察物体所处方位和距离远近,此即人类视觉的立体感。而某些动物,如兔,眼球位于两侧,这样视野扩大近乎360°全景,但是却缺少人类视觉的这种立体感。

2 立体电影与普通电影的区别及其成像原理

普通电影是利用胶片或电子感光芯片通过单一

镜头对所拍摄物体进行成像,放映时则是将所摄图像投射于银幕。由于这些图像是由单一视角所摄取,因此拍摄只是将真实的三维空间信息压缩于一个平面上,然后显示在电影银幕上。观众由银幕的图像上虽可看到被观察物体的形态、大小、上下与左右位置,却难以准确分辨前后远近,仍属无立体感的二维图像范畴。

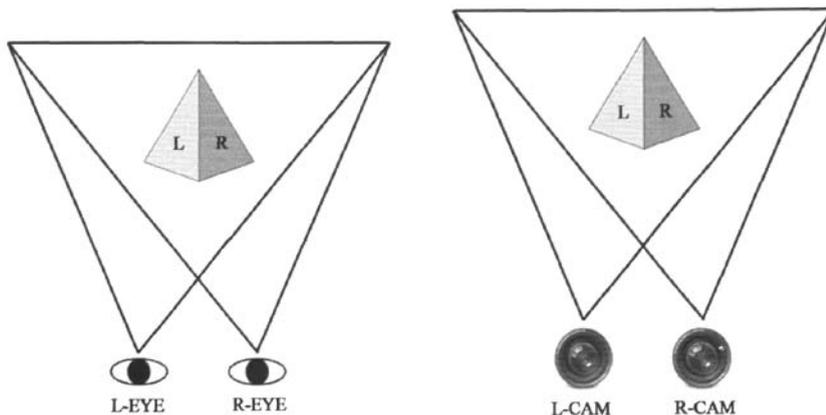
立体电影与此不同,是参照人类双眼视物的原理,在大脑中能产生立体视觉的机制而设计的^[4]。在拍摄立体电影时需使用两台摄影机,一左一右,参照常人双瞳的间距和视角,调节两台摄影机镜头的距离和方向,进行同步拍摄(图1,2)。两者所获图像有所不同:左侧镜头所摄的图像上显示被观察对象的左侧面较多,右侧镜头所摄的图像上显示被观察对象的右侧面较多。左右两组图像获得之后,分别制成胶片,供其后在影院中放映使用。放映立体电影时,根据拍摄时摄影机的位置将两台放映机并排放置,使所显示的两幅画面投射于同一个银幕,二图上各点的位置需精确对应,运转时间亦应同步。在放映过程中另需采取适当的画面分离技术,使观众的左眼只能看到左侧摄影机所摄的画面,而右眼只能看到右侧摄影机所摄画面,从而获得比较理想的立体影视效果。

目前立体电影拍摄和放映的方法有两种:第一种方法是在两台放映机镜头前各加一片偏振光滤镜,二者成90°夹角。人们观看立体电影时也要戴上偏振眼镜,左右镜片的偏振方向必须与放映机前的偏振光镜相匹配,使两眼分别看到与偏振光匹配的图像,滤掉不合偏振方向的画面,即左眼只能看到由左侧视角拍摄并由左机放映的画面,右眼只能看到由右侧视角拍摄并由右机放映的画面,最后在大脑中形成一幅立体图像。第二种方法是彩色滤镜法,放映时左右两部放映机分别将左红右绿的图像互相重叠投射于同一银幕,但观众两眼需戴上相匹配的左红右绿的镜片。戴红镜片的左眼只能看到荧

收稿日期:2008-12-31

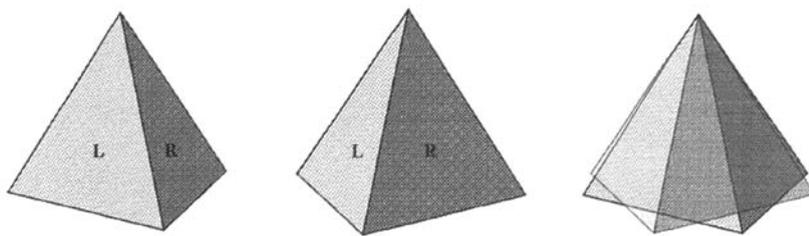
作者单位:430022 武汉市,华中科技大学医学院附属协和医院超声影像科

作者简介:贺林,男,1978年5月生,湖北武汉市人,医学博士,主治医师。E-mail:Helinwh@163.com, Tel:13387625570



二者在观察物体时均是左眼或左侧镜头所见对象的左侧面较多,右眼或右侧镜头所见对象的右侧面较多

图1 人眼视物及立体电影原理



左右视角的不同即形成视差,经大脑综合处理最后得到立体图像

图2 视角的差异和综合成像

屏上的红色影像,戴绿色镜片的右眼只能看到荧屏上的绿色影像,二者融合,也能在大脑中组成一幅立体图像。这两种方法虽各有长短,但均为模仿人眼视物的原理,因此观众对图像的立体感相似。

3 由普通三维超声向立体三维超声演进

GE公司在其多维星 Vivid 7 超声诊断仪上升级的"4D Stereo Vision"技术,就是参照立体电影的原理研制的。但检查时并非采用双探头扫查获得信息,仍用单个矩阵型换能器(matrix transducer)采集实时窄角或全容积宽角三维超声成像的原始数据,经数字化处理后,建立一幅三维声像图。与此同时,采用独特的计算方法,模拟人双眼视觉的视差,在原图旁侧复制另一视角稍有差异的三维图,使复制的图像近场与原图视差大,远场与原图视差小,而后将两图分别以左红右绿彩色编码形式互相叠加,显示在仪器监视器上,形成一全新的立体视觉超声图。由于这种图像系由左右两幅视角不同的画面所构成,故仅以裸眼视之,则觉图像模糊不清,边缘双影重叠,并混有一些杂乱的色带。但如戴上相匹配的左红右绿的滤色眼镜观察时,左右不同视角的画

面分别成像于左右眼球的视网膜,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,较之普通三维图像有本质的区别^[5]。

4 如何用立体三维超声进行检查

进行立体超声检查时,建议按以下步骤进行以获得质量较高的立体三维图像:(1)先用矩阵型换能器对二维图像作初步筛选,将感兴趣区置于图像中央。(2)触压"4D"按钮,用实时三维成像法扫查重点观察对象如瓣口、间隔缺损区、补片、封堵器、穿刺导管尖端、起搏器电极等目标。(3)启动立体超声(Stereo)模式,选取适当的截面与方位,观察感兴趣结构的形态、位置、毗邻关系、前后层次等。(4)如需观察范围较大的结构,应启用全容积(full volume)模式采集图像,最好让受检者暂停呼吸,选择清晰完整、无明显错位图像冻结储存,而后进行适当切割。

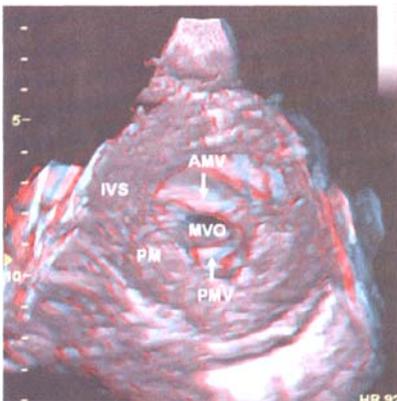
5 立体三维超声的临床应用

立体超声成像除保留以往三维成像固有的优点

之外,又增加精确的深浅远近分辨力,使其立体层次感有了很大改进。随着仪器性能的提高,图像质量不断改善,加之成像快速实时,可以在超声室、外科手术室、导管室、监护室及病房床边进行即时观测,对临床诊断和治疗有很大帮助。

5.1 显示房室壁及腔内各结构的立体形态 立体超声成像能显示房室的整体形态、有无占位性病变及其动态变化,帮助观察心腔内肌小梁、乳头肌、腱索的长度、粗细、走向与起止部位,可清晰显示心内结构的层次与毗邻关系。在临床上可帮助了解心脏肿瘤、血栓的大小、形态,观察室壁瘤、憩室等病变的范围。

5.2 瓣膜疾患的诊断 立体超声能精确、清晰地观察房室瓣复合装置(包括房室壁、瓣环、瓣叶、腱索、乳头肌)和动脉瓣的结构形态。垂直于房室瓣环平面从心房或心室方向可观察二、三尖瓣瓣叶的完整形态与实时活动(图3)。运用图像的旋转与切割功能,立体超声图像可以从不同方位显示各个瓣叶的整体轮廓、边缘厚度、活动状况、腱索连接的走向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、瓣叶粘连增厚的部位与范围,瓣叶脱垂的部位、范围以及在心动周期中的时相改变,甚至能清晰显示关闭不全时瓣叶对合处的缝隙。启用立体超声成像彩色血流显示模式时还能实时观察反流束的来源、走行和范围等。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,立体超声更能准确显示病变所在部位、性质、类型、形态、严重程度和累及范围。外科医师可以根据立体超声图像,详尽了解瓣叶的病变性质量和程度,从而决定手术方式,进行瓣膜置换或是瓣膜成形术。



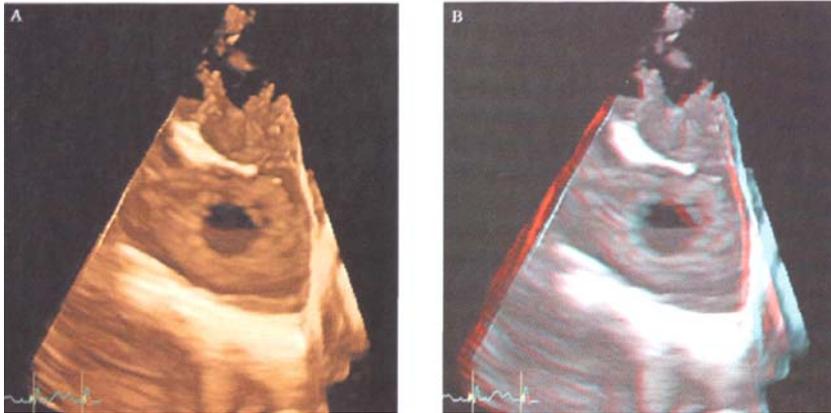
自左室侧观察二尖瓣的形态、结构及活动,裸眼视之立体感不甚明显,但如戴红绿滤色镜观察,立体感非常突出

图3 二尖瓣结构的立体三维超声成像

5.3 在先天性心脏病诊断上的应用 立体超声成像能快速显示心壁结构、房、室间隔的整体形态,判断房、室间隔缺损的部位、大小、范围、类型、动态变化及其与周邻结构的空间关系^[6](图4),有助于治疗方法(手术或封堵)的选择和制定,此外可直观了解主动脉与肺动脉的起源与空间关系。临床上对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,应用立体超声成像检查,选择适当的观察方位,从旋转剖切,可通过多个切面进行实时观察,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,补充或修正二维超声成像的漏误,从而获得全面、细致、正确的诊断。

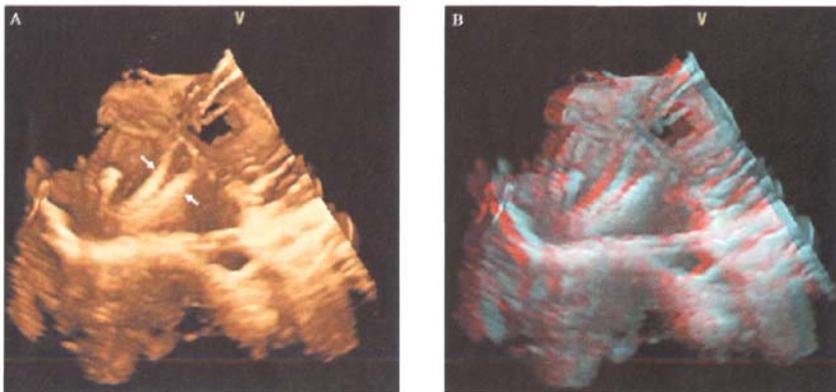
5.4 心脏外科手术和介入治疗的实时监测 立体超声成像可以得到实时、逼真、直观的超声立体图像,可以在手术室、导管室、监护室及床边进行实时超声观测,对临床手术和介入治疗有很大帮助:(1)在瓣膜置换术中,可及时反映人工瓣的形态与功能状态;在二尖瓣球囊成形术中,可确定二尖瓣扩张的效果,边缘有无撕裂等,改进其安全性;在瓣膜成形术中,可动态观察瓣膜启闭功能和反流状况。(2)在室间隔和房间隔缺损封堵术中,根据临床需要,从右房或左房侧,右室或左室侧观察,经过适当的旋转切割,形成多方位立体图像,不仅可以准确显示缺损口的大小,精确提示其与周邻解剖结构的关系,选择合适大小的封堵器,同时术中更能实时观察引导钢丝的位置、方向,监测并确定封堵伞的准确释放部位,有效地缩短手术时间,减少医师在X线下的曝光(图5)。另外通过立体彩色血流成像,还能及时评价封堵器的封堵效果,一旦出现残余漏,即可提示术者调整封堵器位置,以求良好的治疗效果。而在房、室间隔缺损的修补术中,多方位的立体超声图像可实时检测补片的附着位置、周邻结构、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。(3)在心肌活检术中,立体超声成像可迅速观察整个右室腔,实时引导活检钳,将其准确放置于需要采集病变组织的部位,避免对周邻组织的非必要损伤,有效提高活检成功率。

5.5 立体图像逼真直观,便于医生协作及医患沟通 立体超声图像较二维图像、三维图像更能形象逼真地显示心脏、大血管的解剖结构,所展示的空间立体方位感更接近于实际解剖所见,容易为临床医师甚至非医务人员所认识与理解,双方有共同语言,便于超声医师与临床医师及患者之间的沟通与交流。



A:普通三维超声心动图自右房面观察房间隔缺损;B:S3DE模式下,戴滤色镜时,其立体感明显增强,组织毗邻关系及层次显示清晰

图4 房间隔缺损



A:普通三维超声心动图自右房面观察房间隔封堵器;B:S3DE模式下,戴滤色镜时,其立体感明显增强,封堵器空间位置、形态显示清晰

图5 房间隔缺损封堵器

5.6 立体三维超声的发展前景 随着立体视觉超声成像的发展和改进,今后将在以下方面进一步发挥作用:(1)用立体超声成像引导输送夹具,把基因载体和新生长的细胞准确地送达心脏特定部位进行治疗。(2)在心律失常和肥厚型心肌病患者行消融治疗以及安装起搏器植入电极时,可实时精确引导,将电极放置于理想部位,减少对正常组织的损害。(3)今后如能进一步缩小矩阵型探头的直径和体积,提高成像质量,使之可经食管插入,近距显示心脏各个结构的立体形象,必将在超声医学领域内作出更大贡献。

参考文献

[1] Xie MX, Wang XF, Cheng TO, et al. Real-time 3-dimensional echocardiography: a review of the development of the technology and its clinical application.

Prog Cardiovasc Dis, 2005, 48: 209-225.
 [2] Wang XF, Deng YB, Nanda NC, et al. Live three-dimensional echocardiography imaging principles and clinical application. Echocardiography, 2003, 20: 581.
 [3] Sugeng L, Weinert L, Lang RM. Real-time 3-dimensional color Doppler flow of mitral and tricuspid regurgitation: feasibility and initial quantitative comparison with 2-dimensional methods. J Am Soc Echocardiogr, 2007, 20: 1050-1057.
 [4] 孙延禄. 立体电影摄影的基本规律及立体电影摄影机. 影视技术, 2003, 6:41-46.
 [5] 王新房. 立体三维超声成像的原理和应用及其发展前景. 中华超声影像学杂志 2008, 17:914-917.
 [6] 王静,王新房,吕清,等. 立体三维超声心动图技术评价房间隔缺损的临床应用价值研究. 中国临床医学影像杂志, 2009, 20: (in press).