

# 三维超声心动图的临床应用及其发展前景

王新房

心脏为一结构复杂,腔室繁多,层次叠覆,活动快速的立体器官。检查者为了了解各个房室、瓣口及大血管的形态、立体方位与连续关系,只能进行多方位二维超声探查,在自己的头脑中“构想”出一幅立体图像,才能做出正确的判断。随着计算机的飞速发展,图像处理速度与数据存储量大大提高,原先需用数小时才能完成的操作,现在可在较短的数分钟内处理完毕,这使实时显示心脏与大血管各结构的形态、厚度、腔径、方位、走向、空间关系特别是活动状况的愿望得以实现,此即动态三维(又称四维)超声心动图(dynamic three-dimensional or four-dimensional echocardiography)。这是近几年发展起来的新技术,对心血管疾病诊断有重要价值,故受到重视。在新世纪回顾现有成绩,展望未来的研究方向将有重要的理论与实际价值。

## 一、图像的采集方法

1. 扫查方式 动态三维超声心动图是在二维切面图像和静态三维超声成像基础上逐步演进而来。检查时先用二维超声对心脏进行实时扫描,在每一方位获取一完整心动周期的全部信息,而后由计算机处理,建立动态三维超声心动图。采集图像的方式甚多,但学者们认为以旋转扫描法(rotating scanning)与扇形扫查法(fan-like scanning)效果最佳。晚近有作者报告采用自由臂(free hand)扫查,认为可以取得较好效果。

2. 检查途径 常用检查方式有二:①经食管检查;②经胸壁检查。

3. 三维数据库图像的扫查 由三维成像计算机系统直接控制操作柄旋钮上的步进马达,按预设的程序以旋转扫描法(rotating scan)驱使食管探头前端镶嵌的换能器晶片自动旋转 $180^\circ$ ,从而在一锥体形扫描区内(conical scan area)获得一系列轴心不变、夹角均为 $2^\circ$ 的 $90^\circ$ 个方位(或均为 $3^\circ$ 的 $60^\circ$ 个方位)的二维切面。每一方位上采集二维图像的时间必须为一个完整的心动周期,按心电图上收缩与舒张先后顺序,依次采集 $10\sim 20$ 帧图像,故每一锥体形扫描区所采集的二维图像总数在 $1000$ 帧以上,由此建立供分析观察的三维数据库。

## 二、动态三维重建方法

1. 三维锥体数据库的建立 动态三维超声图像重建时采用总体显示法(volume-rendering display),信息量显著增多,其图像质量有很大改进。成像时使用TomTec计算机三维图像重建系统将各个方向扫查时所获的数以千计的二维图像上的全部信息尽皆收集,数字化后并予以储存,再提取在心动周期中各个方位上同一时相的二维图像,按其空间位置,彼此横向连接,并插补(interpolate)立体方位像素(voxel),而后汇总所有信息,建立起心脏某一探查区域内的三维锥体数据库(3D conical da-

ta-set or data bank)。

为了显示心内血流的动向,可应用二维彩色多普勒进行动态三维重建,采样时可将图像上心脏结构的回声尽量抑制,仅留彩色多普勒信息,再按灰阶编码进行动态三维超声图像重建,即可获得立体动态有灰阶显示的多普勒血流信号。

2. 切割剖析与动态显示 三维锥体数据库建成之后,并不能在荧光屏上直接观察到心脏的立体图像,而仅显示为几个新组成的二维切面。检查者可选择其中接近自己要求的图像作平行切割,再以此图为设定平面(即参考位置 reference position),用计算机提取其前或其后各层结构储存的信息,依次累加,建成多层次、多结构、具有灰阶的心脏立体画面,即成三维图像。如由计算机软件系统将此区内不同时相的立体图像按心电图上收缩与舒张先后顺序依次调出,连续放映,即形成为可显示心脏各个解剖结构层次、形态与活动状况的准实时(quasi-real time)动态三维超声心动图。为方便书写与口述,并与以往只显示单一内膜结构的静态和动态网格状或薄壳状表层显示(wire-mesh type or shell-like surface-rendering display)的三维超声图像相区别,一些学者称此为“动态三维超声心动图或四维超声心动图”。

## 三、临床应用

动态三维超声心动图提出之后,已经在临床上用于诊断多种疾病。现对其临床应用范围及实用价值探讨如下。

1. 观察心脏形态 进行动态三维超声心动图检查时,结合图像的切割与旋转,可以从不同方位了解心脏各个结构的形态、位置、大小、腔室内径、空间关系、立体方位与活动状态,观察心壁、间隔与大血管的连续状态,故可对各种先天性心脏病复杂畸形的诊断与鉴别发挥重要作用。大动脉关系正常者,在动态三维图像上显示升主动脉与肺动脉干互相垂直,即当前者为短轴时,后者则为长轴。而大动脉转位患者,升主动脉与肺动脉干走向平行,二者同时显示为长轴或短轴。Fallot 四联症者的动态三维图像上除有主动脉骑跨外,另见右室流出道明显狭窄,内径变小,形成一细小的管状通道,形状比较特异。在心室假腱索患者,动态三维图像上可显示出假腱索的长度、粗细、走向与起止部位。

2. 确定瓣膜病变性质 在动态三维超声图像上不但可获得与二维超声相似的心脏瓣膜断面,而且可以适当转动图像方位,观察二维超声所无法显示的高低起伏,可以活动的瓣口沙盘样立体活动图。宛如将摄像机置于瓣上或瓣下观察其瓣膜的整体平面结构,显示瓣膜的形态、厚度及关闭和开放时的活动情况。

二尖瓣狭窄者舒张期前后叶开放受限,瓣口变小,瓣体处呈气球状突向左室。二尖瓣脱垂者可见叶瓣游离缘处某一区域向左房脱出,即在比较平整的二尖瓣平面上出现一瓢匙状凹

陷。此外,对确定二叶化主动脉瓣、二尖瓣裂、腱索断裂以及感染性心内膜炎时的瓣膜赘生物等也可提供重要信息。

3. 探查间隔缺损 对室间隔缺损、房间隔缺损患者,动态三维超声心动图不仅可在相应的间隔上看到连续中断,如沿间隔近平行切割,再转动此切面,从与之垂直的方向由左侧或右侧进行观察,可获得相应部位的房间隔或室间隔的平面图,从而显示出缺损的有无、位置、形状、直径、周长、面积及其类型。

4. 观察室壁活动 三维超声对于观察心壁节段性运动失常,诊断心肌梗塞等也有较大意义。在进行心肌声学造影结合第二谐波成像确定心肌缺血部位与范围时将有重要价值。

5. 确诊心腔肿物 对心腔内粘液瘤、附壁血栓、Valsalva 窦瘤及其他肿物,动态三维超声可以检测其位置、形态、大小,确定与心壁结构的关系。

6. 夹层动脉瘤 主动脉根部内膜剥离形成夹层者,术中经食管进行动态三维成像,见增粗的环状主动脉壁反射内有一薄层灰暗呈波浪状的内膜光环,形成套管状的真腔与假腔,主动脉瓣附于剥离的内膜上。手术修补后可恢复正常。

#### 四、动态三维超声心动图发展前景

现用仪器所建立的动态三维超声心动图虽能显示心脏及大血管动态的立体形态和空间关系,但对组织的细微结构和断面的边沿轮廓的显示水平还有待改进。

1. 提高图像质量 今后应不断地改进仪器性能,改进三维图像的质量,提高分辨力和清晰程度,加快成像速度。使能在动态三维超声显示的立体图像上,可以根据需要切割并除去浅层组织的回声,有利于对感兴趣部位和病灶的细致分析,在临床诊断上有重要价值;此种检查也可用于模拟手术,借以制定比较理想的手术方案与选择合适的手术途径,这些资料对外科医师也将有一定参考意义。

2. 动态三维彩色多普勒成像装置 近时此种仪器已经研究成功,可以显示血流方向、速度及形态,进一步完善之后有可

能在观察心内血流(包括分流与返流)的位置、时相、轮廓、途径、范围、长度、前后径等方面发挥更大的作用。如能对血流束进行垂直切割,可为正确了解缺损、瓣口关闭不全及狭窄处血流束的横断面的大小与剖面形态等提供确切的数据。这种新的动态三维多普勒血流成像(dynamic three-dimensional Doppler flow imaging)技术具有很大的发展潜力,一旦能够推广应用,在临床上将发挥巨大的效能。

3. 实时动态三维成像 美国 Duke 大学生物医学工程系最近提出了进行容积测定实时成像(real-time volumetric imaging)的二维阵列换能器(two-dimensional array transducer)。这种呈矩阵型(matrix)排列的探头晶片被纵向、横向多线均匀切割为众多的微型正方形小格。用于体外探查时,微小的晶片多达  $40 \times 40 = 1600$ ,  $60 \times 60 = 3600$  或  $80 \times 80 = 6400$ ;而用于心内探查的导管式前向观察探头的晶片按  $10 \times 10 = 100$  排列,侧向观察探头的晶片按  $11 \times 13 = 143$  排列。探头发射声束时按相控阵方式沿 Y 轴进行方位转向(azimuth steering)形成二维图像,后者再沿 Z 轴方向扇形移动进行立体仰角转向(elevation steering)形成金字塔形数据库。应用此法检查时探头不需移动,切面的间距均匀,取样的时相和切面的方向易于控制。根据作者报告由于仪器采用特殊的发射与接收方法,扫描速度提高 60 余倍,在一个心动周期,即可完整地采集某一心脏结构的三维数据资料,从而真正地实现实时动态三维成像,在未来心脏疾患检查中将可能会发挥重大作用。

4. 探测心腔容积 由于动态三维超声图像能准确显示心脏在不同时相的立体形态,并可于心底到心尖平行切割为众多的短轴切面,分别描绘出心腔与心壁的轮廓与面积,由计算机将其累加,能准确估算心腔容量和室壁重量,故可用于测定心脏功能和心肌肥厚程度。

5. 互相结合 若检查者能吸取一维、二维和三维多种方法各自的优点,充分发挥其特性,取长补短,互相印证,动态三维超声心动图一定能在心脏疾病诊断上发挥更大的作用。

(2000-02-21 收稿)

## • 影像快讯 •

### 灌注 CT 可快速发现脑卒中损害

约 70% 脑卒中患者由脑缺血引起并有局部灌注减少。以往需数小时才能确定为脑卒中,而开始有效治疗的时间窗口可能在发病 3 小时内。

现在有一种新的 CT 技术,即一种专用软件,称为“灌注 CT”,可在 15 分钟内评估卒中的脑损害。此软件的彩色图像比灰阶图更易确定损害的位置,从而达到早期治疗的恢复。此法的原理是注射造影剂后,将动态扫描数据和重建图像输入工作站,藉助于专用软件“Perfusion CT”,在数分钟内计算出脑血流灌注图像。此软件由西门子公司开发,已进行 3 年临床研究,对缺血性病变的检出和分型,其敏感度为 90%,特异度达 100%。此软件可配合 Somatom Plus 4 使用。

郭俊渊摘译自 Med. Imag. Intern, 1999, 11~ 12

### 超高速 MRI 用于急诊

当前,只有 40% 的到达急诊室的心脏病人会立即得到诊断。超高速 MRI 的速度远超过通常的 MR 仪。若将扫描范围缩小到心脏,它可以获得实时运动图像达每秒 20 帧,或者心搏之间的心脏冻结图像。它能显示心脏解剖、功能、心肌活力以及心壁内的血流。

这种小范围的 MRI 也可使脑的图像更优,脑卒中数分钟后它即可显示细胞损害及受累范围,相信还可显示卒中的原因。如果研究结果理想,这种 MRI 仪可能成为急诊科的标准诊断手段。这种 MR 仪是美国国家心肺血液中心与通用电气公司合作发展的。