

三维超声成像技术及其临床应用

同济医科大学附属同济医院超声科(430030) 徐辉雄 张青萍

三维超声成像自 80 年代末始用于临床以来,已日益发挥其重要作用。目前超声三维软件应用较为成熟的有德国 TomTec 公司生产的 Echoscanner 三维超声成像系统及奥地利 Kretz 公司生产的 Voluson 530D 三维超声成像系统。本文将就三维超声重建的原理、方法学及其临床应用作一综述。

原理与方法

成像原理 目前的三维超声显像已从计算机图形学转向三维物体的计算机立体模型重建。重建基于以下三种方法实现:立体几何构成法(GCS 模型),表面提取法(轮廓提取法)和体元模型法(Voxel 模型)。GCS 模型由于需要大量的几何原物,现已很少应用。

在二维图像中,一条曲线是由一系列坐标点形成若干条简单的直线而提出的。表面提取法将这一概念直接扩展到三维领域,在三维空间中,容积决定于物体的轮廓,这些轮廓同样是由一系列坐标点连接成若干简单直线来描绘。该方法所需计算机内存量少,运算速度快,但此法需人工对脏器的组织结构勾边,只能重建比较简单的脏器结构,目前应用较少。

体元模型法是目前最为理想的重建方法,可以提取脏器结构的组织灰阶信息,其重建所需的体元数目很大,因此,体元模型法需要相当精密的计算机。近年来,随着高速计算机图像处理技术的不断进步,用体元法进行三维重建,已成为目前最具临床实用价值的新技术。

在体元模型中,三维物体被划分成多个依次排列的小立方体,每个小立方体就叫作体元,体元可以认为是像素在三维空间中的延伸。与平面概念不同,体元素空间模型表示的是容积概念,与每个体元相对应的值称为“体元值”或“体元容积”,它可以决定一个体元是否属于物体的一部分^[1]。

成像方式 目前多用基于体元模型的总体显示法,即利用总体结构内的全部信息建立一个具有实体感的三维图像,显示组织结构的所有灰阶信息。具体

有以下两种成像方式:

1. 表面成像:提取组织结构的表面灰阶信息,然后采取表面拟合的方式进行图像重组。

2. 透明成像:该技术采用透明算法实现三维重建,淡化组织结构的灰阶信息,使之呈透明显示。该方法使重建结构具有透明感和立体感,从而显示实质性脏器内部结构的空间位置关系。

三维超声重建方法

图像的采集:

1. 机械驱动扫查:①平行扫查法 探头由电动马达驱动以预定的速度和预定的间隔采集图像。②旋转扫查法 将探头固定于某一透声窗,探头围绕某一轴心旋转获取图像。③扇形扫查法 探头固定于某一位置,由机械驱动呈扇形运动获取图像,其扫查间隔角度可调。

2. 自由臂扫查法:此种扫查法利用声或磁遥控装置来确定探头的位置与角度,其中利用磁遥控装置的方法称为磁场空间定位自由扫查。后者电磁场发生器、磁传感器和微处理器三部分组成,该方法操作方便、扫查范围和角度可调,适于作一次性大范围复合形式的扫查取样^[2]。

3. 三维探头法:Kretz 530D 三维探头将晶片包容于一个探头内,其内另有一机械装置,可驱动晶片作等距离扇形或环形扫查。

4. 三维电子相控阵方法:目前已有制造商利用该系统成功获取了实时的三维超声图像。

后 2 种方法使用方便,不用移动探头即可获取精确的三维数据,并能即刻或实时显像。

图像采集时要尽量避免呼吸、体位移动而造成的影响。根据取样部位和所观察区域的大小,选择采集方式,确定观察区域范围,同时去掉无关的信息。

三维重建 将采集的原始图像进行模数转换后存储并对其图像间的间隔进行插补、平滑,形成立体数据库。

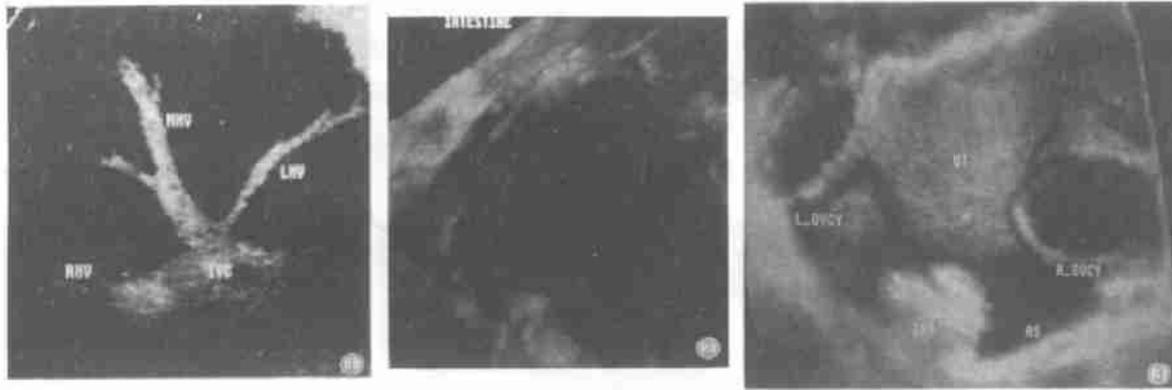


图1 肝淤血患者肝内血管三维图像(RHV 右肝静脉, MHV 中肝静脉, LHV 左肝静脉, IVC 下腔静脉)。图2 腹水中肠管三维图像。图3 腹水中三维图像显示子宫及双侧卵巢囊肿(L-ovcy 左侧卵巢, UT 子宫, R-ovcy 右侧卵巢, INT 小肠, AS 腹水)。

三维重建时,根据所要显示的脏器结构的部位和方向及在整个图像中的位置,从中确定一个中央参考点和一条过点的参考线,确定最佳观察切面,即可进行三维重建。

重建后的图像通过距离、纹理、灰阶等后处理可改变三维重建图像立体感的强弱,而且可在设置的任意角度范围内使三维图像作动态显示。

临床应用

三维超声成像自应用于临床以来,业已在以下方面显示其临床应用价值^[3];对含液性结构和病变可显示其立体形态、内部结构和内壁特征;对被液体环绕的结构和病变,可清楚显示其表面特征;采用透明成像技术可显示实质性脏器内部结构的形态和空间位置关系;利用血流彩色多普勒信息可重建实质脏器内的血管三维图像(图1-6)。

颈动脉与脑 彩色多普勒血流三维重建颈动脉,能详细显示颈动脉粥样硬化程度,如斑块的部位、质地、附着关系、颈动脉狭窄的情况,对临床上评估粥样硬化较有帮助。其他一些潜在的可能性包括:显示粥样硬化斑块上方的异常血流及评价正常和异常动脉血管的切应力(被认为是粥样斑块形成和发展的决定性因素)。有人已尝试利用血流信息建立 Willis 环及其分支的三维图像,其明显的用处是能精确定位正常解剖情况下的功能异常,血管壁附近血流速度变化和切应力的变化等血流信息也有可能获取。三维超声在颅脑的应用包括肿瘤和动静脉畸形的定位及其与周围重要结构的毗邻关系,术中颅脑肿瘤三维超声可准确显

示肿瘤的大小、范围、空间关系^[4]。

眼球及眶内疾病 眼球的生物学特性使之成为三维超声重建的理想部位,三维超声能清楚显示玻璃体内条状及膜状病变,如视网膜脱离、玻璃体内机化物、玻璃体炎症、脉络膜病变、晶体后脱位等。视网膜脱离时,三维超声不仅能直观显示网膜脱离的起止部位、大小、范围,而且能显示出视网膜破口的形状、数目。随着高频超声的应用,三维超声对球后的病变也能较好地显示,能准确评价球后病变(如肿瘤)与眼球、视神经及眼外肌之间的关系,对于手术医师选择合适的治疗方案颇为重要。与 MRI 和 CT 相比较,三维超声更省时,费用低、无放射性,并可反复检查而不必担心放射线诱发白内障。另外,三维超声能更准确计算肿瘤的大小、容积,并可能对病变作出较精确的定位以指导手术医师及放射治疗医师的工作^[5]。

泌尿生殖系 三维超声至少在两个方面对肾脏疾病的诊断有帮助,其一是肾内肿物,尤其是孤独肾的患者,其手术方法必须保留部分肾脏。因此,精确描述肿物与血管树、集合系统和肾包膜的空间关系至关重要。另外一个方面是对移植肾的成像,三维超声对肾脏局部血供的可视可能建立其与早期排异之间的相关性,因为排异早期的变化可能是节段性的或部分性的。此外,移植肾容积的判定及其随时间的变化也可能对排异的诊断有帮助^[6]。

三维超声显示膀胱肿瘤呈菜花状、乳头状或团块状,能显示肿瘤与壁的空间关系、基底部及表面情况,肿瘤的数目、大小、方位、与输尿管开口的空间关系也能清晰显示。对伴有大量血尿、膀胱炎症、尿道狭窄等病人,膀胱镜检查有困难或禁忌时,三维超声成像仍能

顺利进行。

前列腺肿瘤的容积对其预后具有重要意义,据估计肿瘤转移容积一般超过 1.5cm^3 ,绝大多数容积大于 3.0cm^3 的肿瘤将向前列腺外播散。三维超声由于不需借助几何模型的假说,能对前列腺肿瘤的大小作出精

确的定量研究^[7,8]。

妇产科 三维超声可较二维超声准确测量卵巢及卵泡大小,清晰观察卵泡边界、饱满程度,监测排卵,预防卵巢过激症的发生。三维超声能透视妇科肿瘤内部情况,表面形态及空间位置关系,有助于早期区分良恶性。

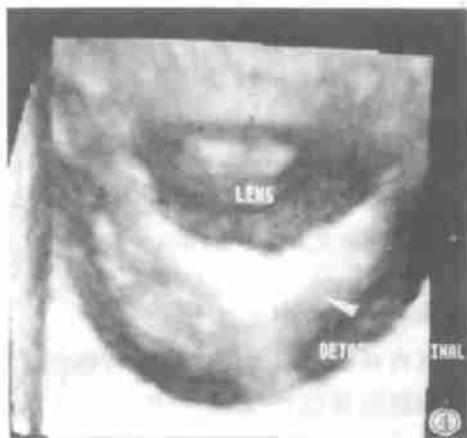


图4 三维图像显示完全型视网膜脱离(LENS 晶状体, Detached Retinal 脱离的视网膜)。



图5 孕20周胎儿面部三维图像。



图6 孕28周男性胎儿生殖器三维图像。

胎儿面部观察是高危妊娠超声检查的重要内容,三维超声较二维超声可更清晰观察胎儿面部解剖结构及其相互关系。对于常规二维超声难以确诊的畸形,如唇裂、腭裂等,三维超声均能提供帮助^[9]。

肝脏 三维超声肝内血管树的重建,有助于肝内肿块的定位,可以为临床医师制定手术方案提供参考。

三维超声透视肝内肿瘤内部结构及其对肿瘤与血管的关系显示优于二维图像,同时三维超声能显示进入瘤体内的滋养血管、周围被压迫移位或变窄的血管,这些较二维图像增加的信息是临床医师术前制定手术方案而极需了解的。

血管腔内超声 三维超声能直接显示管腔容积、斑块体积和管腔的容积狭窄率,能清晰显示管壁及粥样硬化斑块的空间形态,提供了二维图像所不能得到的信息。目前国外已能将血管腔内超声三维重建(IVUI)术用于临床冠心病介入治疗的评价,真实地显示球囊扩张术后内膜撕裂的形态和内膜夹层分离的真假管腔。还能指导定向旋切术中旋切的方位和深度、选择血管内支架的大小和类型、评价支架扩张程度以及与内膜的接触情况,为导管介入治疗的术前决策和术后效果的评价及并发症的早期发现提供了有用的工具^[10]。

展 望

随着计算机技术和图形处理技术的不断进步,三维超声有望在以下方面有所突破,从而不断扩展其临床应用范围,三维容积探头将缩短检查时间,使操作更为简便;脏器或肿瘤容积的定量分析;更精确地评价血管的情况(如颈动脉粥样硬化斑块的大小和狭窄程度);监测对治疗的反应;三维实时显像;三维彩色血流成像;三维腔内超声检查;三维实时经皮导向穿刺。

参考文献

- 1 周京敏,沈学东,蔡乃绳,等.心脏疾病的动态三维超声重建方法.中国超声医学杂志,1996,12(7):52-54.
- 2 周玉清,张青萍,李开艳,等.静态结构三维成像中磁场空间定位自由扫描与机械驱动扫描的比较.中国超声医学杂志,1997,13(12):1-5.
- 3 张青萍,周玉清,乐桂善,等.静态结构三维超声成像临床应用研究.中华超声影像学杂志,1998,7(1):3-6.
- 4 Rankin RN, Fenster A, Downey DB, et al. Three-dimensional sonographic reconstruction: technique and diagnostic applications. AJR, 1993, 161: 695-702.
- 5 徐辉雄,张青萍,周玉清.三维超声成像在眼科的初步应用.放射学实践,1998,13(2):66-70.
- 6 Hamper UM, Trapanotto V. Three-dimensional US: preliminary clinical experience. (1998-05-15 收稿)

(1998-05-15 收稿)