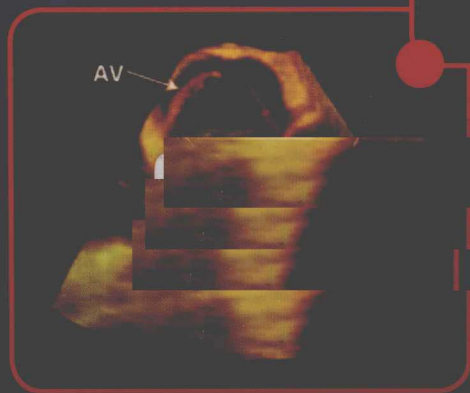
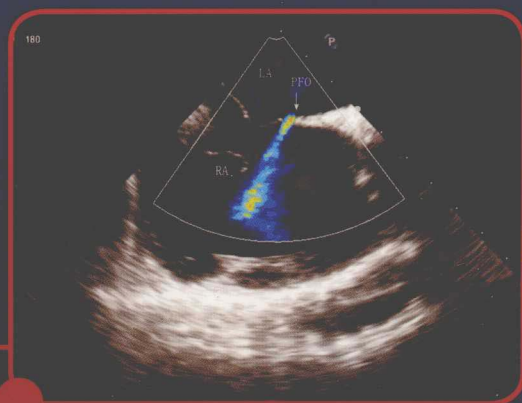


Real-time Three-dimensional
Transesophageal Echocardiography Atlas

经食管实时 三维超声心动图图谱

主编 唐红 蒲岷

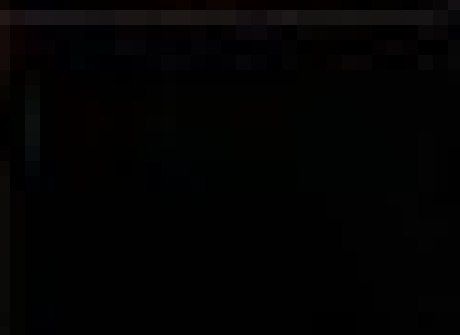


Real-time, three-dimensional visualization
of the complex, dynamic system

综合管带时

实时三维可视化综合管带时

实时 三维 可视化



**Real-time Three-dimensional
Transesophageal Echocardiography Atlas**

经食管实时

三维超声心动图图谱

- 名誉主编 黄承孝
- 主 编 唐红 蒲岷

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

经食管实时三维超声心动图图谱/唐红等主编.
—北京: 人民卫生出版社, 2010. 12
ISBN 978-7-117-13463-7

I. ①经… II. ①唐… III. ①实时-三维-超声心动图-图谱 IV. ①R540.4-64

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 190384 号

门户网: www.pmph.com 出版物查询、网上书店
卫人网: www.ipmph.com 护士、医师、药师、中医师、卫生资格考试培训

版权所有, 侵权必究!

经食管实时三维超声心动图图谱

主 编: 唐红 蒲岷
出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)
地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号
邮 编: 100021
E - mail: pmph@pmph.com
购书热线: 010-67605754 010-65264830
 010-59787586 010-59787592
印 刷: 北京汇林印务有限公司
经 销: 新华书店
开 本: 889×1194 1/16 印张: 13
字 数: 410 千字
版 次: 2010 年 12 月第 1 版 2010 年 12 月第 1 版第 1 次印刷
标准书号: ISBN 978-7-117-13463-7/R·13464
定 价: 108.00 元
打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com
(凡属印装质量问题请与本社销售中心联系退换)



序

超声医学研究发展非常迅速,从我们熟悉的单线 M 型、单平面二维超声,直至能显示心脏结构立体形态的实时三维超声心动图的出现,使这一影像显示技术在心脏疾患的临床诊断、术式选择、术中监护、术后追踪与疗效评估方面发挥重大的作用。2007 年新推出的经食管实时三维超声心动图将经食管超声检查技术与实时三维超声技术相结合,能够真实反映心脏在循环状态下的立体结构以及功能状态。与经胸实时三维超声心动图相比,此种检查所获图像更为清晰,立体感极强,且不受肺气干扰,能在心脏外科手术中实时监测,并具有即时评价手术效果等优点,故受到临床高度重视。

作为超声心动图的一大飞跃,经食管实时三维超声已经在心脏疾病的诊疗中发挥了重要作用。然而国内目前能够进行此项检查的只有少数大型综合性医院,而多数医院尚未开展。一方面可能是受到设备条件和操作者水平的限制,另一方面也与国内缺少相关的专著,人们对于经食管实时三维超声的认识比较生疏有关。因之由四川大学华西医院唐红教授等组织编写的这本《经食管实时三维超声心动图图谱》无疑填补了这一空白,对此项技术的推广应用具有重大意义。

本书从经食管实时三维超声的基础知识出发,重点阐述了其实际操作技巧和各种心脏疾病的超声表现,对于在心脏外科手术和内科介入治疗中的应用,也进行了细致描述。书籍内容较为全面,基本涵盖了目前经食管实时三维超声的应用范围。书中图片精美、资料翔实、论证客观、层次分明、条理清楚、文笔流畅,不仅可以指导初学者掌握经食管实时三维超声的检查方法,同时也给使用此技术、从事科学研究的工作人员和心脏外科医生提供了重要的参考资料。

本书编者为国内外一些大型心脏疾病研究中心第一线超声工作学者,他们对于经食管实时三维超声的检查有较为深入的研究和体会。作为一部超声影像学专著,该书不仅是经食管实时三维超声临床应用的阶段性总结,更是作者们集体智慧与辛勤工作的结晶。本书作者多系中青年技术骨干,他们思维敏捷、造诣高深、基础扎实、勇于探索,掌握着心脏超声领域的最新理论和工作经验,这正是我国超声心动图事业后继有人的标志。

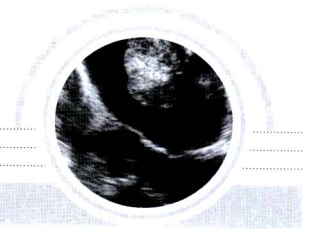
本人有幸,先睹为快,通过拜读本书书稿,我深感这是一本不可多得的超声专著。我真诚地希望该书的出版能够为经食管实时三维超声的开展起到推波助澜的作用,对促进我国超声医学的发展和提高作出更大的贡献。同时,也希望作者们再接再厉,今后为我们编写更多这样集实用性、理论性为一体的精美超声专著。有感于此,思绪连篇,欣然命笔,为书作序。

中华医学会超声医学分会名誉主任委员
华中科技大学同济医学院附属协和医院

王弘芳

2010 年 6 月于武汉

前 言



随着心脏外科的发展,对于超声心动图的要求越来越高。经食管实时三维超声心动图自 2007 年问世以来,已经在心血管疾病诊断和治疗中发挥了重要的作用,正逐渐成为一项具有重要意义的医学成像方式。经食管实时三维超声心动图在世界范围的临床实践中得到了广泛且迅速的应用,然而国内尚缺乏指导经食管实时三维超声心动图检查流程和临床应用的专著,这也正是我们组织撰写本书的出发点。本书从经食管实时三维超声的原理出发,介绍了其操作技术和注意事项,随后分为三个部分进行叙述。

1. 在心脏疾病诊断中的应用 主要介绍了心脏瓣膜病、先天性心脏病、感染性心内膜炎及心脏肿瘤等,通过典型病例帮助读者理解、掌握各种心脏疾病的经食管实时三维超声心动图表现。

2. 在心脏疾病治疗中的应用 从心脏外科手术和内科介入治疗两个方面介绍了经食管实时三维超声在术前患者筛查、术中实时监测以及术后即刻评估中的作用。

3. 本书还介绍了经食管实时三维超声心动图在心脏三维结构定量分析中的应用,从量化的角度阐明其在心脏疾病诊断、治疗以及科研中的应用价值。

全书共十二章,精选图片 650 余幅。绝大部分图片系编著者在国内外临床实践中积累、收集、整理所得。本书内容较为全面,基本涵盖了目前经食管实时三维超声的应用范围,资料翔实、图文并茂,论述层次分明、深入浅出。希望本书的出版能对各级医院开展经食管实时三维超声检查有所帮助。

在本书的编写过程中得到四川省超声医学工程学会名誉会长、四川大学华西医院黄承孝教授的悉心指导。承蒙美国 Wake Forest University School of Medicine Baptist Medical Center 蒲岷教授、复旦大学附属中山医院舒先红教授、华中科技大学同济医学院附属协和医院谢明星教授、武汉亚洲心血管病医院马小静教授、美国 Wake Forest University Baptist Medical Center Benjamin H. Holland 医师的鼎力协助。贵州省人民医院谭静医生和河北医科大学第三医院邓荷萍博士在美国 Wake Forest University Baptist Medical Center 作访问学者期间承担了部分文字工作。四川大学华西医院孔令秋、任奔、康彧医师撰写了多个章节并参与了文字修订工作,武汉亚洲心血管病医院袁媛、王静静、何亚峰、吴洋,华中科技大学附属协和医院西区李虹医师也付出了辛勤劳动。我院胸心外科、麻醉科和超声心动图室的全体同仁对本书的编写给予了积极的支持。在此,一并致以衷心的感谢。

我国超声心动图界的泰斗王新房教授在获知本书的编写和阅读初稿后,给予了热情鼓励和高度评价,百忙之中特为本书拨冗作序,并亲自为第一章润笔。至此书稿即将付梓出版之际,深表谢忱。

经食管实时三维超声心动图目前尚在不断完善之中,作者多系工作在一线的中青年超声骨干,由于学识和经验有限,错误与疏漏在所难免,恳请超声专家和同道不吝指正。

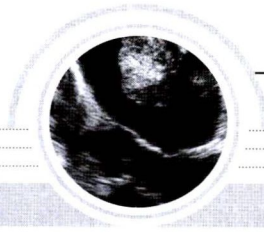
唐 红
2010 年 6 月于成都



目 录

第一章 经食管实时三维超声心动图原理和技术	1
第一节 概述	1
第二节 经食管实时三维超声探头	2
第三节 实时三维超声图像处理技术	3
第四节 经食管实时三维超声图像显示	4
第五节 临床应用	8
第二章 经食管超声心动图的操作技术	12
第一节 仪器的设置	12
第二节 操作技术	15
第三章 经食管实时三维超声心动图的检查方法及常见伪像	20
第一节 经食管实时三维超声心动图的检查方法	20
第二节 经食管实时三维超声心动图图像采集方法及技巧	30
第三节 经食管实时三维超声心动图的常见伪像	35
第四章 心脏瓣膜病	37
第一节 二尖瓣狭窄	37
第二节 二尖瓣关闭不全	41
第三节 二尖瓣脱垂	46
第四节 主动脉瓣狭窄	51
第五节 主动脉瓣关闭不全	54
第六节 三尖瓣疾病	57
第五章 人工瓣膜	62
第一节 人工瓣膜的类型和血流动力学	62
第二节 人工瓣膜功能评价	62
第六章 感染性心内膜炎	69
第七章 先天性心脏病	75
第一节 房间隔缺损	75

第二节	室间隔缺损	81
第三节	房室间隔缺损	85
第四节	法洛四联症	89
第五节	三尖瓣下移畸形	92
第六节	冠状动脉瘘	96
第七节	主动脉窦瘤破裂	99
第八节	三房心	102
第九节	左心室-右心房通道	104
第十节	大动脉转位	107
第十一节	左冠状动脉异常起源于肺动脉	112
第八章	肥厚型心肌病	116
第九章	心脏肿瘤	118
第十章	在心脏外科手术中的应用	123
第一节	心脏瓣膜置换术	123
第二节	二尖瓣成形术	127
第三节	主动脉瓣成形术	132
第四节	三尖瓣成形术	139
第五节	房间隔缺损微创封堵术	143
第六节	室间隔缺损微创封堵术	148
第七节	动脉导管未闭结扎及封堵术	156
第八节	术中心功能评价	160
第九节	其他方面的应用	165
第十一章	在心脏病介入治疗中的应用	169
第一节	房间隔缺损介入封堵治疗	169
第二节	室间隔缺损介入封堵治疗	172
第三节	左心耳关闭术	178
第四节	心脏瓣膜病的介入治疗	180
第五节	肥厚型心肌病介入消融治疗	186
第十二章	经食管实时三维超声心动图定量分析心脏三维结构及功能	190
附录	缩略语	198



第一章

经食管实时三维超声心动图原理和技术

第一节 概 述

临床上评估心脏结构和功能的主要方法包括超声心动图、磁共振显像、计算机断层扫描等,其中超声心动图具有简便、无创、能移动至病床旁、费用比较低廉等优点,因而在各级医疗单位得到了最为广泛的应用。近 50 年来,超声心动图显像技术得到迅速发展,图像显示方式由最初的一维 M 型运动曲线,迅速发展为二维切面显像,其后又推出了可显示血流信号的多普勒技术以及经食管探头技术,这些技术的发展与不断完善,构成了现代临床超声心动图诊断的基石。其中,二维超声切面可实时显示心脏的解剖结构及运动,彩色多普勒技术可独特、直观地显示心血管腔内正常与异常的血流信号,频谱多普勒技术可检测血流速度,计算压力阶差和血流量。在日常临床工作中,超声心动图检查能实时而清晰地显示心脏与大血管的解剖结构及生理功能。

但传统 M 型超声心动图与二维超声心动图是以一维或二维成像方式来显示三维结构的心脏,对了解心脏的复杂三维解剖结构及其与毗邻组织的空间关系有一定局限性。以一维、二维超声图像的发现作为基础,从而推想出心脏的立体解剖结构及病变,这不仅需要检查者具有丰富的经验,对有限的二维平面图像进行空间想象,才能重构出心脏的三维图像。传统超声心动图的临床应用中,检查者是先综合多个标准的甚至非标准的二维切面图像,在大脑中构建出正常或已发生病变心血管结构的三维图像,然后再对心脏解剖结构、生理或病理生理功能作出正确评价。在临床实践中,这一过程不仅十分困难,而且这种推想出来的三维图像无法予以客观显示,从而阻碍了超声医师与相关临床医师之间的相互交流。三维超声心动图提供的三维图像能直观显示心脏的解剖结构和功能活动,三维超声全容积图像也可同时显示心脏的多个二维切面图像,特别是常规二维超声心动图不能显示的切面图,这对临床医师评估心脏的结构和功能更有帮助。

尽管经胸三维超声心动图早在 20 世纪 70 年代初就已试用于临床诊断,但受当时仪器硬件和软件处理能力的限制,三维成像速度较缓慢。三维图像的获取方法主要是对带有时间与位置信息的系列二维超声图像进行重建。经胸三维超声心动图测量左心室容积需要先将三维全容积图像分割为系列的二维图像,再手动描绘二维图像的心内膜边缘,通过累积法来计算左心室容积。这种方法对左心室容积的评估有一定局限性,且重建的三维图像对心脏结构改变和血流动力学评估也只能提供有限的信息。早期的三维超声扫描器与超声诊断仪是相互独立的装置,过于笨重,操作不便。采集系列二维图像的常用方法有平行扫描、扇形扫描和旋转扫描,探头的扫描方式决定了所获取的系列二维图像。二维图像采集后,需要脱机经三维图像工作站处理,重建显示三维图像,并需通过选取一定的参考平面对重建的三维图像进行剖切后,才能显示出所需观察结构的三维图像。早期经胸三维重建超声心动图常受图像质量的限制,部分患者很难获得满意图像。其后,随着软件和转换器技术的提高,可经食管获取二维图像数据重建三维图像。经食管获取的三维图像较经胸三维图像更为清晰,但受限于当时仪器的计算成像处理能力,早期经食管三维超声心动图帧频很低,三维图像重建过程亦较缓慢,故多限于实验研究,没有被

广泛应用于临床。

实时三维经胸超声心动图诞生于 20 世纪 90 年代末,其核心技术是超声压电晶体的矩阵排列,超声探头内容纳 3000 个以上的微小压电晶片,可实时发射与接收一个矩阵型波束,形成一个实时的立体数据库,不需再进行脱机处理重建三维数据库。

近年来,随着技术的进步,矩阵压电晶体可进行微型化加工,镶嵌于经食管探头,从而诞生了经食管实时三维超声心动图(real time three dimensional transesophageal echocardiography,RT3D TEE)。RT3D TEE 克服了经胸三维超声心动图图像质量较差的缺点,而且可以在机分析图像,不需进行脱机后处理。新一代 RT3D TEE 成像仪的图像质量明显优于经胸实时三维超声心动图,在实时显示心脏的三维形态结构与病变,评价心脏功能及血流动力学改变等方面有着广泛的应用前景。

第二节 经食管实时三维超声探头

传统二维超声探头是在二维平面上发射和接收超声波。探头内晶片呈单行排列,每个晶片以不同的时间延迟方式进行相控阵超声波束的发射,形成一个扇形波阵面,从而获得相应的二维图像。目前常规的二维超声探头内一般包含有 128 个压电晶片。

RT3D TEE 探头使用了纯净波晶体技术和微型化的矩阵技术,探头的横径稍大于普通多平面经食管探头(图 1-1),其操作方法与常规的经食管超声探头相似。

1. 纯净波晶体技术 压电晶体是超声探头的基石,工作时将电能转换成声能发射至相关组织和将回声转换成电能,其电能与机械能的转化效率是决定超声图像质量的关键因素。为了获取良好的压电效果,传统的压电晶体是将多晶体材料内的双极子排成一行,以完成这个转化过程。但由于压电晶体边界的限制,工作过程中仅部分双极子参与了声能与电能的转换过程。最近,一种新的纯净波

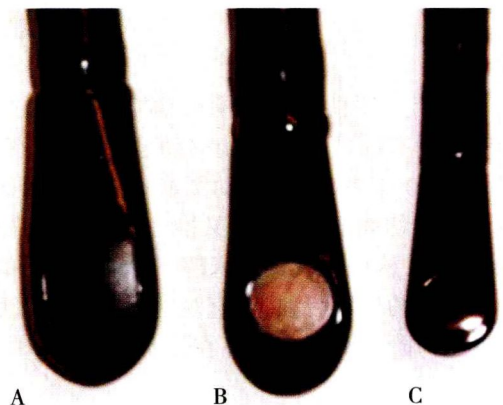


图 1-1 经食管三维超声探头

A. 经食管三维超声 X7-2t 探头(philips),使用了纯净波晶体技术和矩阵技术;B. 成人经食管 S7-2 多平面探头;C. 小儿经食管 S7-3t 多平面探头

晶体技术在提高电能与机械能的转换效率上有了极大的突破,显著特点是波束的声衰减低,旁瓣效应少。这种晶体材料的分子是沿着理想的单晶体方向排列,具有最大电声学特性。对这些晶体进行加工处理,可使晶体分子在排列方向上具有更好的一致性,整体晶体结构近似一条双极子的直线,这种结构可极大提高电机械能的转换效率。较之传统的压电陶瓷,纯净波单晶体的电机械能转换效率可提高 70%~85%。同时,纯净波晶体的压强 10 倍于传统压电陶瓷,这种特性则使探头具有更好的频带宽度和更高的敏感性,提高了发射声波的穿透力和分辨力,明显改善了超声图像质量(图 1-2)。

2. 矩阵转换技术 最早由杜克(Duke)大学的 Von Ramm 等发明,使用了近 2500 个压电晶体元件,这些元件排列在二维网格里,通过电路连接,使用平行处理技术使压电晶体

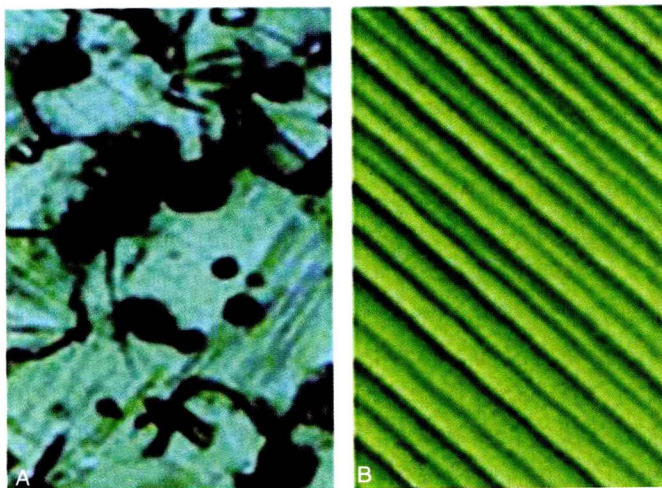


图 1-2 传统压电晶体与纯净波晶体

A. 传统压电晶体,由随意方向排列的晶体颗粒组成;B. 纯净波晶体,晶体排列方向一致,整体材料具有一致性的特点(图像由 Philips 医学影像系统提供)

协同工作。矩阵转换技术不仅可对单列方向的每个压电晶体进行相控阵方式发射与接收,而且同时可对纵列方向上的每个压电晶体进行相控阵方式工作,整体形成一个矩阵式电机械能转换方式。工作时使用了全部的通道来发射超声波脉冲,在常规二维图像的不同层面上进行同步扫描,获取其横断面的二维图像,从而形成全容积图像。

RT3D TEE 成像仪探头压电晶体即采用了矩阵转换技术,对探头内压电晶片不仅是沿 x 轴进行横行切割,形成单行排列的独立工作的压电晶片,而且同时再沿 y 轴方向进行纵行切割(图 1-3)。与这些独立晶片相连的电流相互独立,并相互连接。探头工作时,按实时三维方式对人体组织进行扫描,获取三维数据库,实现真正的实时三维超声扫描与显示(图 1-4)。这种压电晶片矩阵排列技术最初是在经胸超声探头上成功开发。2007 年,Philips 公司成功研发了 RT3D TEE 探头(X7-2t)。经食管三维探头内的压电晶体是运用钻石锯片对单块探头晶片进行高精度的工艺切割而获得,形成总共 2500 个具有独立电路的晶片工作单元,呈矩阵排列,并加工成泪滴状,装置在常规大小的经食管超声探头的顶端。其内置芯片处理能力相当于 150 台普通计算机同时工作,可对声束进行 360° 的聚焦和扫描。这种技术还可在两个完全垂直的平面同时发射和接收超声波,产生实时多平面图像。这种由单块晶体加工成的矩阵探头,工作温度较常规经食管探头更低,并具有很强的抗电频干扰能力。

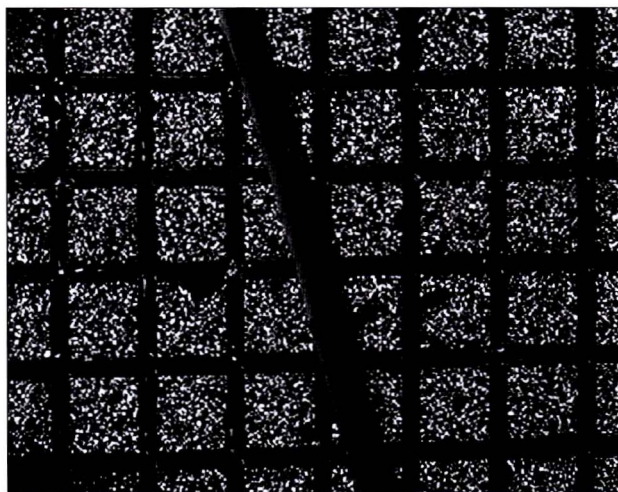


图 1-3 矩阵转换技术

三维探头使用了矩阵排列的 2500 个独立工作的压电晶片,并相互以电路相连,构成三维超声波声束发射和接收的基础。图中为人单根头发与单个晶片的大小比例(图像由 Philips 医学影像系统提供)

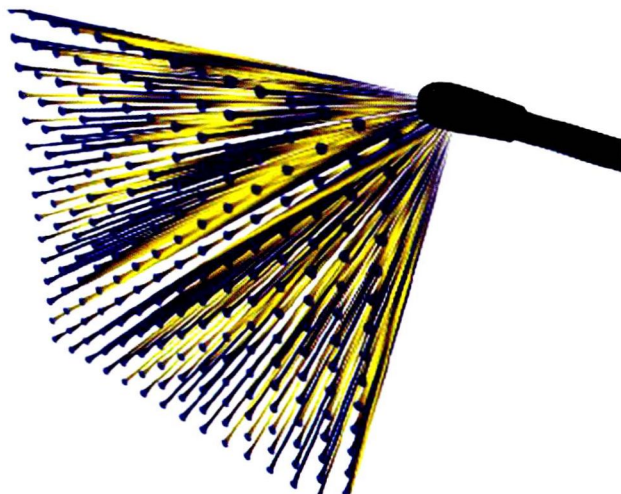


图 1-4 三维超声探头的晶片呈矩阵排列,其扫描线获取金字塔状的全容积数据

(图像由 Philips 医学影像系统提供)

这种新型探头同时减少了旁瓣效应,极大地提高了声波探查结构的敏感性和对组织的穿透性,既可用于灰阶扫描成像,也可用于彩色多普勒显像。RT3D TEE 探头连接到三维超声心动仪主机(Philips IE33)共同工作,仪器配置了相应的软件,可形成多种显示模式的经食管三维超声图像。

第三节 实时三维超声图像处理技术

1. 多向层流技术(XStream 技术) 多向层流技术可同时处理多项数据流,并以 2500 亿次/秒的运算速度合并编辑到分配的多处理器。因其具有充分灵活和可编排性的特点,多向层流技术可完全满足临床影像应用的需要以及高级的技术要求。通过实时生成的容量数据,该技术能提供同步的实时三维和任意平面的图像。联合 SonoCT 以及 XRes 图像处理技术,即可生成高质量的二维和三维图像。

2. XRes 技术 XRes 技术是磁共振成像 (MRI) 的一项技术,被引用到实时三维超声。这项技术可以对无序的信息进行有序的整理,使用专门的组织算法来减少超声图像的雾状现象,减少斑点和混响伪像,提高实时图像的质量,同时可增加组织边界的对比度,从而提高组织边界的定位,使组织图像更清晰。XRes 技术对每帧频的信息处理速度达 3.5 亿次/秒,这种处理速度可达到对每帧频的像素进行计算,使其在实时显像的同时,明显减少图像的干扰和噪声,使图像更清晰,边界更为清楚。

第四节 经食管实时三维超声图像显示

RT3D TEE 除了提供常规的 M 型、二维、脉冲波和连续波多普勒以及彩色多普勒成像以外,同时还提供了以下四种三维显像模式。

一、实时三维显示模式 (Live 3D)

Live 3D 显示的实时三维图像范围相对窄小,呈“瓜瓣状”,约 50° (宽度) \times 30° (厚度),具有较高的分辨率,帧频在 20~26Hz 之间,每帧成像时间约为 38~50ms。Live 3D 可直接实时显示心脏及大血管感兴趣区组织结构的三维图像。改变探头的位置及探测方向,超声显示屏上可同步观察到三维图像的实时变化。Live 3D 能方便地显示心脏的各个结构,常用于显示二尖瓣、主动脉瓣、室间隔和左心室壁运动 (图 1-5~ 图 1-12)。

二、三维图像放大显示模式 (3D ZOOM)

这种模式用于显示组织局部放大的三维图像,也可用于清晰显示外科视野的三维图像。但扇角越大,三维图像的即时处理速度相应减慢。当将 x 轴、 y 轴和 z 轴的扇角设置为最大时,图像帧频往往低于 10Hz。实际工作中,恰当地调节放大框的大小和位置,缩小扇角的宽度,可提高即时处理速度,增加图像的帧频,提高图像质量。在显示二尖瓣和房间隔 (图 1-13~ 图 1-15) 时,应用 3D ZOOM 效果很好。对部分患者,亦可用于显示主动脉瓣、三尖瓣、左心耳和左心室心尖部。临床应用表明,3D ZOOM 模式是显示二尖瓣装置的最好方式,根据扫描线密度要求不同,这种模式能在 $20^{\circ} \times 20^{\circ}$ ~ $90^{\circ} \times 90^{\circ}$ 的范围内局部放大二尖瓣装置的金字塔形容积数据。超声医师可根据临床需要,自行确定局部放大范围,并可从多个角度如左心房面

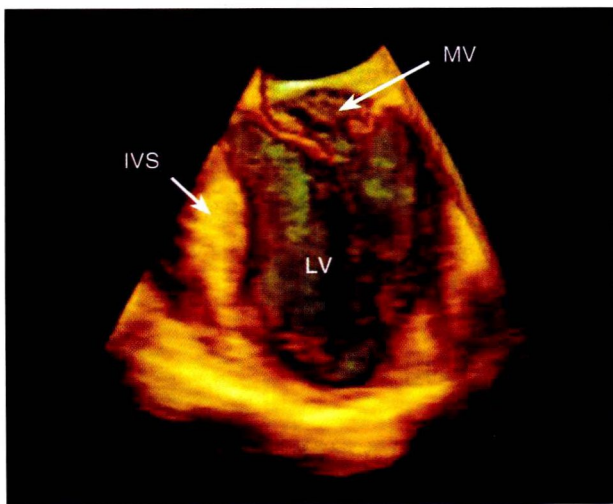


图 1-5 四腔心切面方位

显示该食管下段切面深部的左心室腔解剖结构,左心室后壁、室间隔及二尖瓣的解剖结构及运动

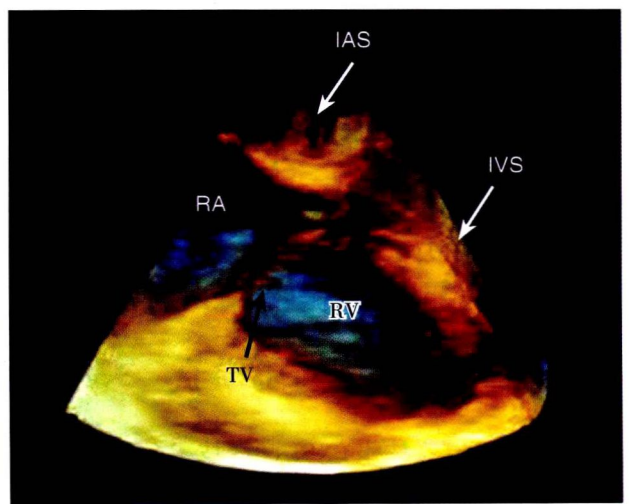


图 1-6 在前图基础上旋转管体

显示右心房室腔的解剖结构,三尖瓣、房间隔以及室间隔的解剖结构及运动

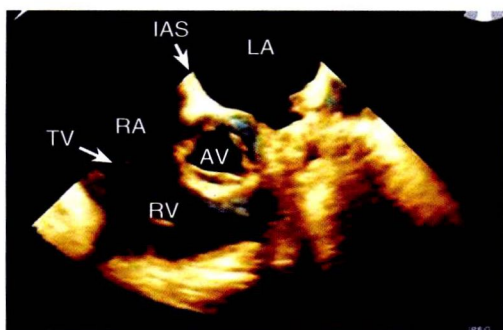


图 1-7 主动脉根部短轴切面方位

显示左心房腔、房间隔、右心房室腔以及右心室流出道的解剖结构;三尖瓣、主动脉瓣的结构及运动,清楚显示主动脉瓣三瓣叶的形态结构

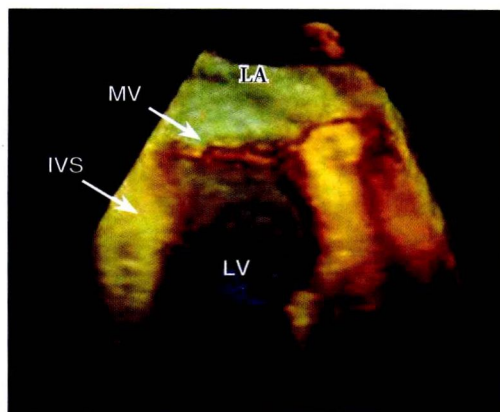


图 1-8 左心室二腔心切面方位

显示左心房室腔及二尖瓣的空间结构

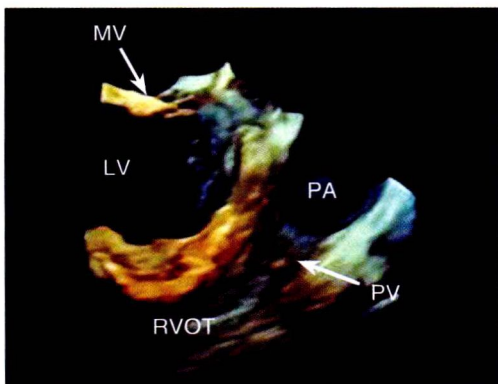


图 1-9 右心室流出道切面方位

显示左心室腔、二尖瓣、右心室流出道、肺动脉瓣及肺动脉的结构,此方位可显示右心室流出道解剖结构的整体形态

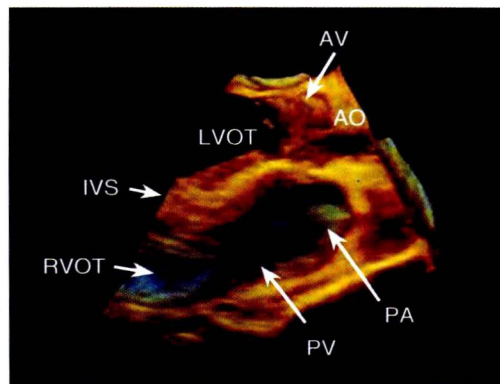


图 1-10 左心室长轴切面方位

显示左心室流出道、主动脉瓣、主动脉及室间隔的结构及运动,右心室流出道、肺动脉瓣及肺动脉的解剖结构,此方位可同时显示左、右心室流出道的立体解剖结构

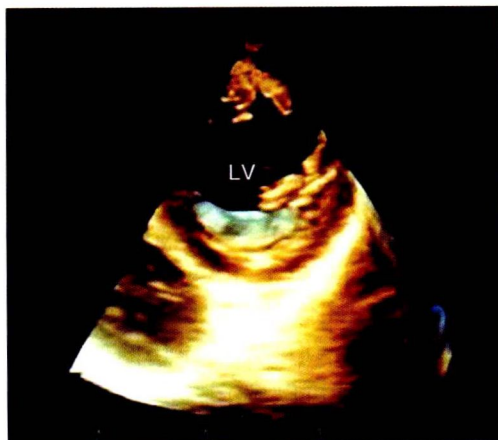


图 1-11 经胃左心室短轴实时三维图像

显示左心室壁的结构及运动,左心室腔内乳头肌的三维空间结构

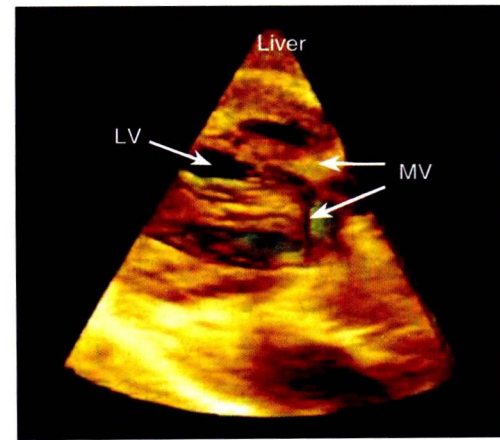


图 1-12 经胃左心室长轴实时三维图像

显示左心室壁运动情况,二尖瓣瓣叶及瓣下结构的解剖特征

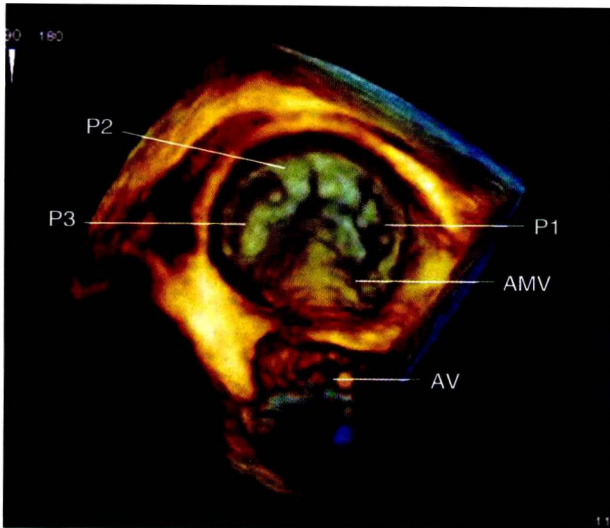


图 1-13 二尖瓣的三维放大模式显像(90°的初始图像)
可清楚显示二尖瓣前叶以及后叶的三个分区

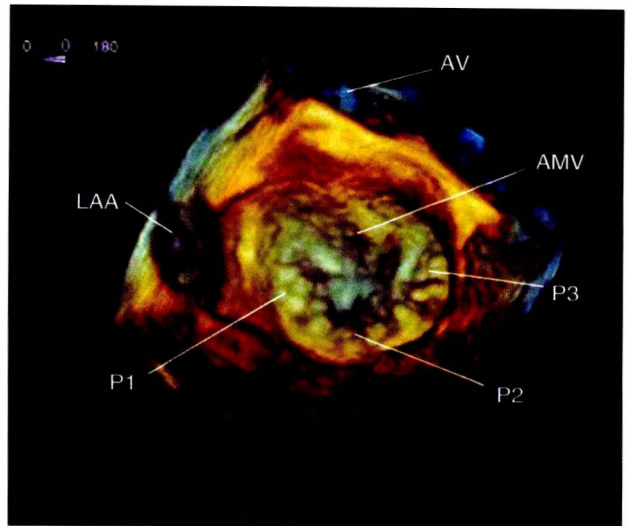


图 1-14 对图 1-13 进行旋转后可获取二尖瓣的术中视野
图像(主动脉瓣位于图像顶部,左心耳位于左侧,二尖瓣前
叶位于图像上方,后叶位于图像下方)

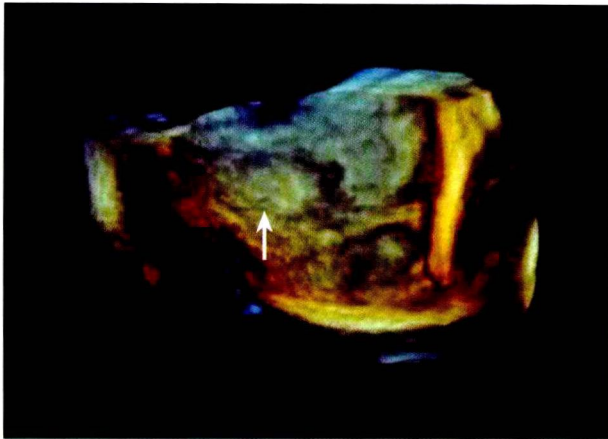


图 1-15 房间隔的局部放大图像,清楚显示卵圆窝结构
(箭头)

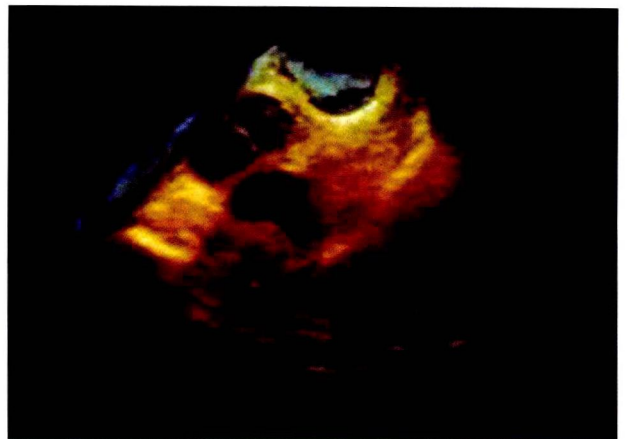


图 1-16 三维全容积金字塔形图像,显示图像的外壳

或者左心室面观察二尖瓣。无论是实时三维显像模式还是局部放大模式,均可避免心电门控的三维全容积显像模式所常见的旋转伪像。

三、心电门控三维全容积显示模式(3D Full Volume)

显示金字塔形图像,范围大约 60° (宽) $\times 60^\circ$ (厚) $\sim 105^\circ$ (宽) $\times 105^\circ$ (厚),较之 Live 3D 可以显示更大范围的心脏组织结构(图 1-16)。这种宽角度的显像模式是采用心电门控技术,由 4 个或 7 个心动周期的实时三维图像融合而成。在仪器显示屏上,最初显示出的三维全容积图像是自动切割了的三维图像,显示的是 50% 的容积数据图像。仪器的自动切割(auto clip)功能键通常是把三维金字塔图像从中分成前后两部分,显示屏显示的是全容积图像的后半部分(图 1-17)。重新设置可以显示整个的金字塔容积图像的外壳,经脱机后再处理,可对全容积图像进行旋转和切割,显示金字塔内部的心脏结构图像,便于详细观察。切割时,可从三维的切割功能键显示模式中选择 6 个切割参考平面的任何一个平面来进行(图 1-18),也可以使用自己设定的任意平面来剖切(图 1-19)。超声仪内置的定量分析软件系统(QLAB)可利用全容积图像来完成包括左心室容积、射血分数在内的多种测量和定量分析(图 1-20)。临床上,这种全容积显像

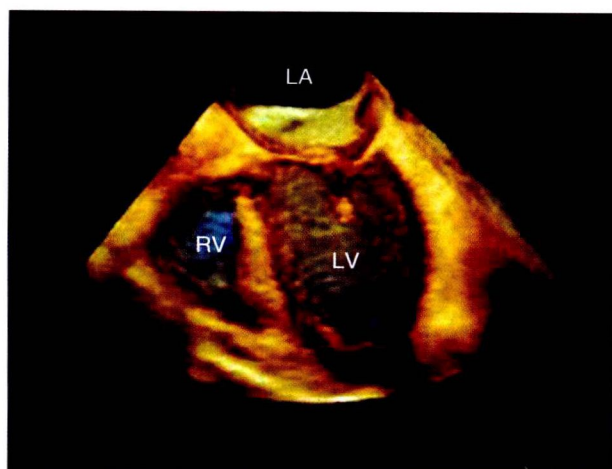


图 1-17 经仪器自动切割后的三维全容积图像
显示金字塔数据库的后半部分图像

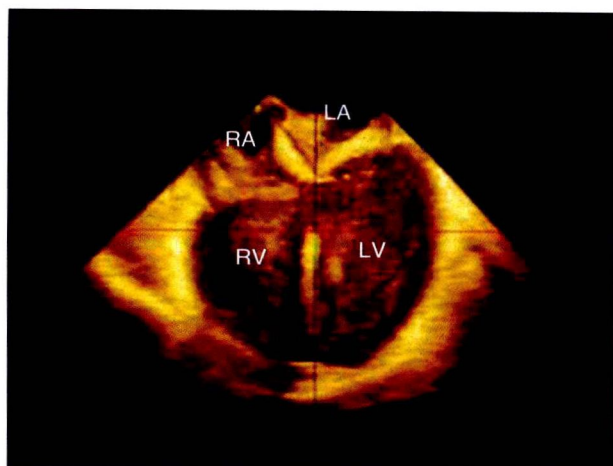


图 1-18 图像自动切割
软件设有六个自动切割平面,可从上下、前后及左右分别切割全容积图像

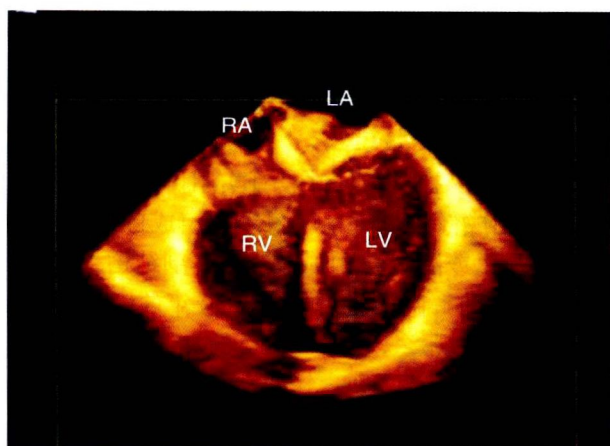


图 1-19 任意切割平面
软件可设有任意角度切割平面,允许操作者按需要进行任意角度的切割

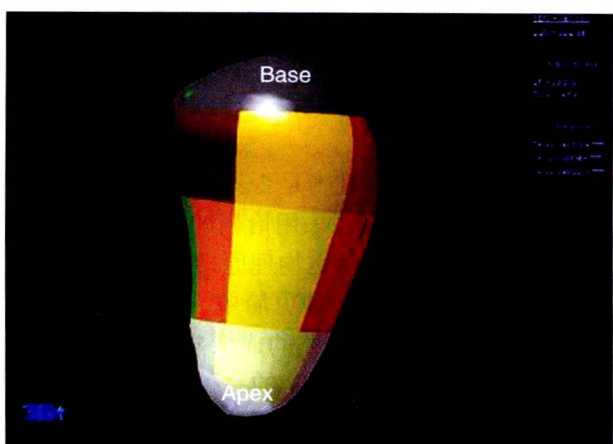


图 1-20 QLAB 软件可分析全容积图像
测量收缩末期和舒张末期的左心室容积,计算射血分数

模式对定量评价左心室容积和全面显示心脏结构的空間位置有着特殊应用价值。全容积显像模式是采用心电门控技术,通过识别心电图上的 RR 间距来获取图像,因此对于心律不齐患者易产生伪像,另外,图像获取过程中探头的移动也会造成伪像。

四、心电门控血流三维彩色多普勒显示模式(3D Color Doppler)

与全容积显像的获取方法一样,但产生的三维数据库更大。这种图像是由 7 个或 14 个窄的实时三维金字塔楔形图像融合而成,易受到心律失常、运动及手术电刀的影响而产生伪像。此种模式主要用于血流的观察,确定血流的方向、范围以及与周围组织结构的空间关系,如反流和分流,对观察二尖瓣反流口位置及房间隔缺损位置有重要价值。主要缺点是灰阶图像显示质量不理想(图 1-21)。相信随着技术的革新,三维彩色多普勒应用范围将日益宽广。

目前在机三维图像的定量分析功能仍然不够成熟。为了提供一定的定量参考数据,RT3D TEE 诊断仪设置了具有二维网格的成像模式,即在三维显示屏上标记细小的网格,每个网格之间的距离是 5mm,亦可将其设置为 2mm。根据心脏结构在网格的位置,可以初步估计心脏结构在二维平面的大小,如距离、径线

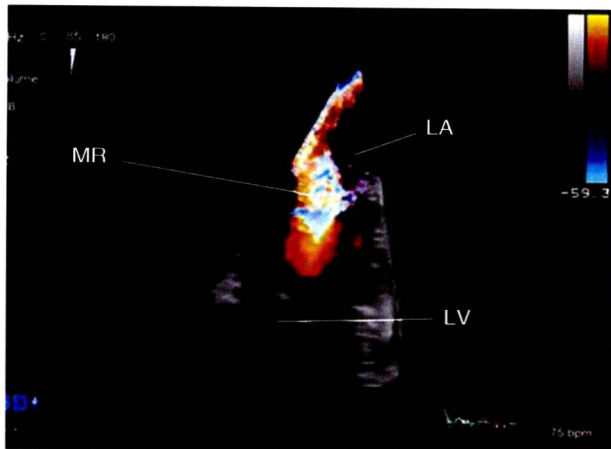


图 1-21 彩色多普勒三维显像模式,显示二尖瓣大量反流

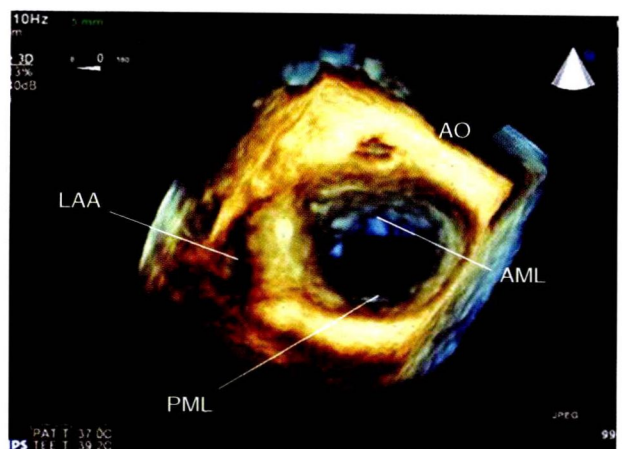


图 1-22 三维网格图像(网格距离 5mm)可大致估测二尖瓣瓣环的径线

(图 1-22),但网格不能表明三维图像的深度。如需进一步定量分析,则可使用机器内置的定量软件(QLAB),该装置含有以下几个程序:二尖瓣定量(MVQ)、三维高级定量(3DQA)和三维简单定量(3DQ)分析程序。

第五节 临床应用

判断某项超声新技术是否具有存在价值的要点在于:能否为临床提供新的并具有实用价值的信息;能否帮助临床确立诊断并采用恰当的治疗策略;是否简化了现有的成像工作流程。三维超声成像同样需要遵守二维超声成像的基本物理原理,即三维超声成像不能凭空显示或隐去心血管本身的解剖结构,但这种显像技术的确又能以一种更简单、更容易理解的方式来呈现心脏的解剖与生理信息。30年前,采用二维超声和 M 型超声融为一体的成像技术来替代单纯性 M 型成像技术,那么,三维超声显像和二维超声相结合也很有可能发展成为未来的一种主要超声显像技术。

RT3D TEE 成像的一个突出优点是能提供一种与解剖或外科视野观相同方位的图像,使检查者可以对图像显示的结构进行空间定位,从而有效地促进超声医师与其他科医师之间的交流。术中 RT3D TEE 的应用还有可能带来一种革命性的不停跳的心脏手术方式,从而减少术后疼痛评分,缩短住院时间与费用,减轻常规外科手术的创伤。RT3D TEE 在临床应用上有如下优势:①有效地促进超声专业医师与心内科、外科医师之间的信息交流;②提高诊断准确性;③在体实时观察心脏各结构的三维形态;④提供心脏活动的三维生理信息;这些都是传统二维超声显像难以达到的。目前 RT3D TEE 临床应用主要有如下几个方面。

一、评价心室腔大小、质量及功能

超声医师最常进行的工作之一是评价左心室功能,即测量射血分数(EF)。临床上常采用该指标对患者的左心室收缩功能进行分级。研究表明多数情况下,该指标能预测死亡率。

传统二维超声评估心功能有赖于测量左室内径缩短率,该方法往往导致左心室容积的低估和射血分数的高估。RT3D TEE 能更准确地定量评价心脏的结构与生理功能,形象、快速,其准确程度是一维和二维超声成像难以达到的。此外,RT3D TEE 超声显像仪中内置的 QLAB 工作站由多种不同的软件程序组成,可以对所获取的三维数据库进行分析,从而满足临床应用上的多种需要。3DQ 定量系统是一种测量左心室容积和评价左心室功能的较好方法。3DQ 可以联机使用,也可以脱机使用,这种半自动化的程序只需操作者在二尖瓣环及心尖确定参考点,程序会自动跟踪心内膜,操作者也可手动描绘心内膜的边界(图 1-23)。3DQ 计算左心室舒张末期及收缩末期容积是基于三维图像上的 Simpson 法,能够获取更为准确的

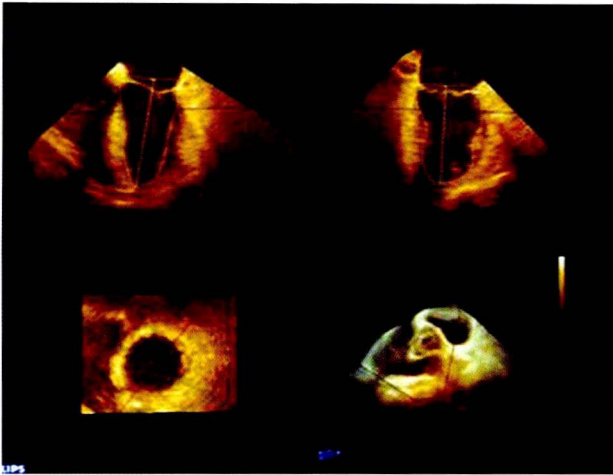


图 1-23 QLAB 的 3DQ 程序用于定量分析左心室的容积和功能,自动追踪心内膜(黄线)

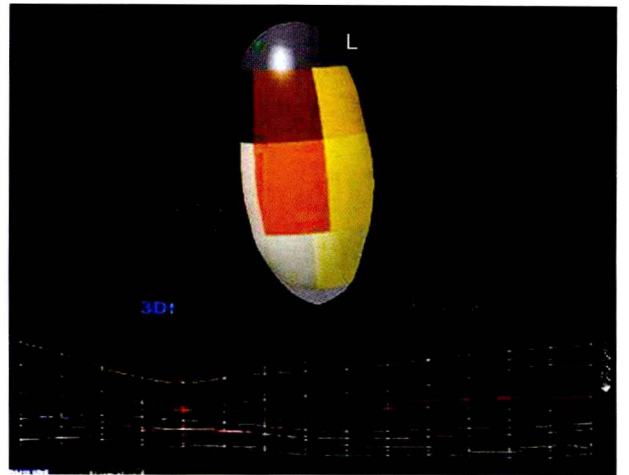


图 1-24 显示变形的左心室三维立体模型,同时显示 17 个节段的运动参量曲线

左心室容积和射血分数。

另一种可用于评价心脏功能的是三维图像高级定量分析(3DQA)系统。该系统是利用全部像素形成的心内膜边界,进行半自动的左心室容积分析,无需任何几何假设,脱机和联机两种方式均可完成。3DQA 通过计算左心室容积、射血分数和每搏量来评估左心室整体功能。此外,3DQA 能同时形成左心室壁 17 个节段的运动曲线,并可同步比较各个节段的室壁运动情况,从而为研究心力衰竭、缺血性心肌病的心脏同步化问题提供了一种有价值的方法。3DQA 还提供了一个方便实用、用彩色编码代表室壁节段运动的牛眼图显示方式,并包含了相关的定量参数(图 1-24)。但目前 3DQ 和 3DQA 在经食管超声中的应用尚缺乏足够的研究资料。

二、评价二尖瓣装置

二尖瓣疾病的手术治疗临床上已广泛采用,应用超声及时、准确评估其手术指征,对减少二尖瓣疾病的远期并发症有着重要意义。临床上现已取得共识,只要有手术指征,均需对二尖瓣病变采取修复的手术方式。在 ACC/AHA 公布的二尖瓣反流治疗指南的金标准中,该类病变是术中经食管超声心动图检查的首选适应证。术中经食管超声心动图检查亦是目前临床上该类病变治疗效果的最简便、最准确的评价方法。

二尖瓣定量分析软件可以定量分析二尖瓣的解剖结构。在获取全容积图像后,应用这种先进的三维定量分析系统,可以显示瓣叶功能与病变,如二尖瓣脱垂或局部瓣叶膨突的形态,并可计算病变瓣叶的面积、脱垂体积等(图 1-25、图 1-26)。MVQ 可以进一步建立二尖瓣装置及与主动脉瓣等邻近组织的三维模型,这种三维显示模型可以在空间上帮助临床医师进一步观察二尖瓣环的解剖结构,并可进行相应测量(图 1-27)。因此,RT3D TEE 的应用可明显提高超声医师的诊断信心,增强超声医师与外科医师的交流效果。

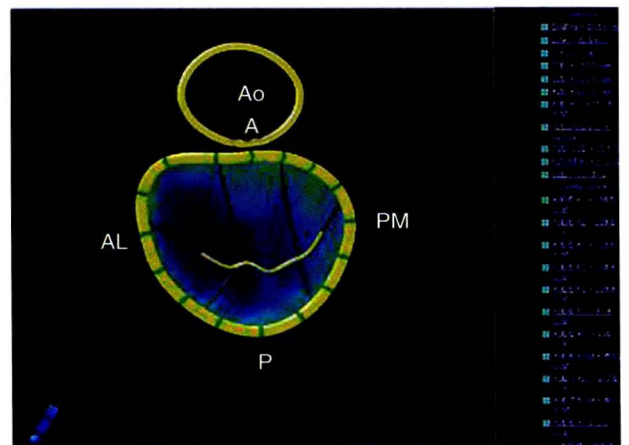


图 1-25 MVQ 软件显示二尖瓣装置的图像