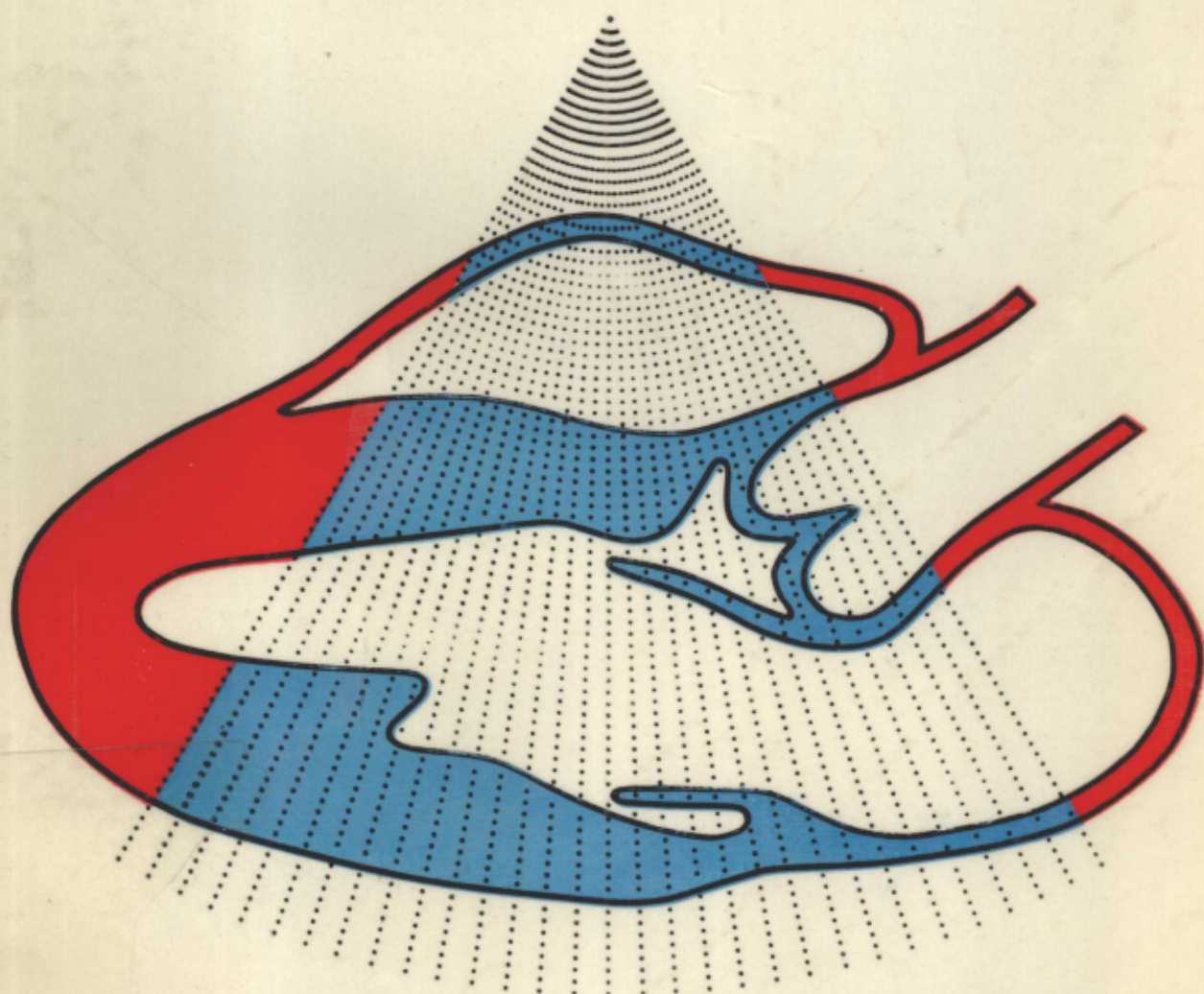


切面超声心动图学

(美) ARTHUR E WEYMAN 著



重庆市卫生局医学科学技术委员会
中华医学会重庆分会

切面超声心动图学

ARTHUR E. WEYMAN著

杨宗瑞 张鸿铭 唐永忠 译
陆履珮 梁国宾 翟娜

重庆市卫生局医学科学技术委员会
中华医学会重庆分会

一九八三年十月

切面超声心动图学

杨宗瑞等 编译

*

重庆市卫生局科学技术委员会

中华医学会重庆分会

重庆嘉陵印制厂印刷

*

787×1092毫米 16开本 27.25印张 584,000字

1984年2月第1版 1984年2月第1次印刷

印数 3,000册

定价 5.60元

译者前言

切面超声心动图学是近年来心脏无创性检查技术中发展很快的一门学科。鉴于目前国内尚无这方面的专著，我们组织重庆市第一工人医院、第三人民医院、外科医院和卫生学校有关医师合译了去年出版的美国Arthur E. Weyman医师所著切面超声心动图学一书。

在翻译过程中曾获得美国印第安纳大学医院超声心动图研究室的Harvey Feigenbaum和John Windle医师以及Debbie Green, Janie Stewart和Jenni Mattson技术员的协助，市卫校彭运煌医师、市三院王祖谔医师和市一工李宋医师校对了部分章节的译文初稿，谨此表示衷心的感谢。此外，还得感谢作者专为中译本写了序言。

如果没有重庆市卫生局字闻医师、重庆市医学科技情报所汪葆棠同志的鼓励和支持，本书是不可能在数月内译完并出版的。为此特向他们表示诚恳的谢意。

原书中明显有误之处已在翻译时予以更正，不再一一注明。尽管作了最大的主观努力，但因我们的水平有限，译文中存在这样或那样的缺点甚至错误是在所难免的，希望同志们批评指正。

杨宗瑞

1983年6月

中 译 本 序 言

过去十年来,切面超声心动图技术已从仅在少数研究室里才有的稀有诊断手段,发展成为临床心脏病学中最重要的诊断方法之一。之所以能出现这种飞速的进步是因为本技术的无创性质、能广泛用于各类心脏病以及可从动态心脏解剖成像中获得高质量的信息。不过在中应用中要求超声心动图学家对心脏的正常解剖学、生理学以及各种先天性、瓣膜性、缺血性、心肌性和炎症性心脏病的病理解剖学和病理生理学具有广泛而深入的知识;同时检查者必须技术娴熟才能提供有助于正确诊断的高质量图像及获得定量上有用的、可重复的资料。一旦精通了这些,收到的效益将远远超过确定诊断和回答临床提问的范围。

超声心动图在高级诊断技术行列中已独自占有了一席,它将来的更大应用无疑是在较难获得十分昂贵、高度复杂设备的医疗部门里。在这些单位中很易建立超声心动图实验室以提供大量的诊断信息,从而对临床产生巨大的影响。当应看到,与其它学科相比,超声心动图赖以作出正确诊断的原始资料的质量更加决定于检查者的操作技术。培养一位真正熟练的技师不能仅只依靠阅读象这样的一本书,而需要花上好几年的实践才行。如果是在可获得心导管检查、外科手术或病理解剖等独立“金标准”的条件下检查病人,从而可以反复核对诊断,识别并排除错误的原因,那么技术的提高将是非常迅速的。学习过程是没有尽头的,只有通过不懈的努力才能使自己的技术日臻完善。

写作本书的最初目的是希望读者能避免我们在切面超声心动图技术早期发展中所犯过的错误并吸取我们的成功经验。全书是从概念性的观点进行写作的。虽然个别发现的意义会随时间的推移而发生变化,但愿这些概念本身是经得起考验的。我荣幸地获悉杨医师及其同事认为本书值得一读并花了巨大的劳动将其译成中文。衷心希望此书会有益于我的中国同道。

A. E. Weyman

序 言

本书是七年来几乎全部时间用于开展切面超声心动图的最终成果。它集中了个人的和集体的研究成果、教授这种成像方式的技术和解释中取得的经验、广泛的讨论和独立的思考以及所经过的不正确的道路和从错误中获得的痛苦教训。正文本身开始于大约三年前。最初目的是想将其作为一本切面超声心动图初学者的指南,以使他们起步和帮助他们避免我们在这一工作的早些年代里所遇到的技术上和解释上的错误。本书只限于讨论切面超声心动图,因为M型方法已有很多佳作问世。在那个时候编写这样的一本书并不是多么大的任务,因为当时切面心动图的临床应用还有限,全书涉及的范围不会很广。由于一系列个人的和工作上的变迁几乎使这个计划一开始就被打断,致使其完成拖延了数年之久。正是在这段时间里,切面超声心动图在技术上和临床应用上有了大踏步的发展,结果使这本书比原来设想的篇幅要大得多。

正是在这些年代里,切面和M型超声心动图的相对意义也发生了变化。开始写这本书时,仅占心动图检查中一小部分的切面技术目前已成为主要的成像技术了。由于切面技术的扩大,心动图检查中M型的应用日益受到限制;同时切面心动图要包括M型检查也已很容易。本书虽未采用M型图例,但都间接提到了。省略M型检查决无认为它已不再重要的用意,仅仅是因为不可能中途改变著书宗旨,否则写作计划将会推迟更久。本书仍保留原有设想,几乎完全限于切面超声心动图的范围。因此在正文中使用的超声心动图一词任何时候都是指切面方式。

唯一的例外是论述室间隔运动的第十二章。在这部分中不可能只用切面方式描述室间隔运动,必须引用M型记录。

本书正文从概念上分为三篇。第一篇包括头两章,讨论超声的物理原理及其在切面成像中的应用。在多数心动图教科书的开头都有这些相同的资料。之所以把它们仍然包括在本书之中,是因为在决定对临床评价很有用的资料的本质和特性里它们非常重要。这两章的内容都是比较基本的概念,这既关系到本人的理解水平又考虑到一般临床工作者的需要。

第二篇包括第三和第四章,讨论切面检查的总原则和叙述标准成像平面。我认为这是本书最重要的一篇。几乎任何人都可学习解释高质量的切面心动图,但是很少有如此训练有素的检查者,他能对常规实验室里遇到的各式各样的病人都获得高质量的切面成像。很明显,不可能在一本书中去传授或讲解技术技能。本篇只是从概念性观点去探讨检查方法,希望它能使读者至少在理论上能懂得产生理想高质量图像所必须步骤。

在阅读第三章时,某些接受心脏病学专门训练的医师认为它太长而重复。因此在一段时间里,我曾考虑压缩这一章。但是后来观察到他们所犯的记录错误,如果事先密切注意了本章所提出的各原则,本来都是可以克服的。所以我认为即使更多的重复,可能更为有用。我深深地觉得如果牢固地掌握了本章所述概念,并用之于常规检查之中,则将远比遵循死记图形的自然倾向更容易获得高质量的切面图像。

描述标准成像平面的第四章是相当冗长乏味的，很难写，我相信也不容易阅读。在记录这些标准平面时，检查者实际只着眼于图像中的几个结构，以求得到它们的理想记录。这犹如在地平线上给船摄影一样，如果船的位置已摆置妥当，那么天空与大海会自然地处于适当比例之中。所希望的是，只要集中注意力于这些主要结构，就不难想象到个别平面的方位，稍微改变角度或旋转造成的影响也更容易理解了。本章用了很多的时间来描述记录这些平面的理想方法。之所以仍要这样作是由于确信只有严格的标准化才可能实现有用的定量检查。

第三篇讨论切面心动图的临床应用，根据切面超声心动图是显示“功能解剖”的观点进行组织和编写。各章一般都按血流通过左、右心的途径来安排。每章中讨论的各结构的顺序又依其超声心动图的相对重要性来决定。在这些章里，我试图详细地描述各结构和病损的功能性和病理性解剖，以使检查者能预料可能碰到的主要的解剖变异。这样作仍然是希望理解得愈深，死记图形的依赖性就会愈少。

讨论心室结构和功能的几章是在评价左、右心室的方法正处于快速进展的时代里写的。由于还缺乏公认的解决这些问题的方法，所以必须对一系列不同的方法进行讨论，并根据个人的观点提出哪些可能是最有用的。在某些方面提出的方法虽并不太理想，可是也没有公认的更好方法。例如，左室壁节段性运动的评价，在正文中提出的方法大概不会成为能被接受的标准。但是这种方法已被用于很多临床研究之中，并成为这一章后部分大多数相互关系的基础。所以还是当作例子写入书中，介绍如何使用该系统。同时，利用九段法获得的资料是具有代表性的，应是临床上有用的方法。在左心室这一章中还有另一个例子，就是用切头圆锥体法确定心内膜面面积。同样，我并不认为它是为获取这种资料的最恰当的或唯一的方法。所提出的模型和公式也只是一种方法的例子而已。同时还要认识到，其它图形或模型最后还可能被证明更为恰当些。

同样，右心室的讨论也是很理论性的。有关测量右室容量或功能的切面心动图方法的资料很少。在缺乏这类信息的情况下，复习用于其他成像方式的图形和方法似乎是有用的。由于它们曾构成了左心室的超声心动图评价基础，可以设想它们同样也有助于研究右心室的容量和功能。

关于先天性心脏病的论述方式显然不同于其它书籍。单纯性先天性损害，例如二叶主动脉瓣或Ebstein畸形已分别包括在主动脉瓣或三尖瓣的讨论之中。第十三章提出了先天性心脏病人的诊断步骤，仅只讨论具有复合先天性异常的病例。本章采用的方法是不给读者提供诸如右室双出口或Fallot三联症等已明确诊断的病例，而是提供怀疑有复杂先天性心脏病的、诊断未明的病例。只有在检查过程当中，才能弄清楚得出正确而全面的诊断的各组成部分。为此，本章只提出组合疑诊病例的各不同组成部分的有组织、有步骤的方法；而不是描述诊断已经明确的疾病的心动图表现。这里假设了读者具有从零星材料的总和去认识整体的能力。虽然这不是正统的方法，但我发现它对于教授住院医师和接受心脏病学专科训练的医师很有用。希望在面对复杂先天性疾病的未知病人时，会对读者有所帮助。

正如一切事情那样，只有在做某件事的当中才能学会如何去做它。作为第一版的这本书，在很多方面都是学习的过程。当学会如何组织材料和整理构思时，就会产生很大的欲望，回过头来又重写先前的章节。这在那些快速发展和几乎每天都在出现重要新信息的领域里，尤其如此。然而总应有个尽头来结束本书的写作过程。

本书虽然主要由一位作者执笔，但很明显没有大量其他提供信息者的支持和协助是不可能完成的。有那样多的人帮助收集过作为本书基础的资料，进行过校对，提出过评论以及提供过广泛性的支持，不可能在书中对他们的贡献一一予以感谢。可是有不少人在完成这一努力中起了特别重要的作用，必须对他们的贡献作一介绍。首先要感谢我的家庭，Jean、Jenny、Shannon和Robert在写作这本书时的耐心和持续不断的鼓励。为准备这本书占去了不少家庭活动的时间。尽管如此，他们仍然全力支持了这一努力。同样，要是没有Willie Mae Tate夫人的帮助，不论家庭事务还是这本书都是无法完成的。

还应该感谢：Charles Fisch医师，他提供了环境、支持，而特别重要的是时间以从事本书的写作工作；Harvey Feigenbaum医师，本书的绝大部分工作都是在他的研究室内进行的，没有他在M型超声心动图里的渊博知识和历史的观点，这次尝试也实现不了；Sonya Chang夫人，她最初教了我的超声心动图，给我贯输了重视超声心动图技术的思想，并帮助我理解了技术员在获得高质量的超声心动图检查里占有举足轻重的中心地位。

在这七年过程里，我有幸与完成了本书中大量检查的很多训练有素的技术专家一道工作。他们是Janie Stewart, Jane Marshall, Debbie Green, Kevin McInerney, M.C. Clark和Licia Mueller。正是因为这些人的个人品德和职业素养，能成为这一集体的一员是多么令人愉快啊。

我的很多同事，经年来在很大部分上负责了这本书中的临床和研究工作。他们的名字可反复见于各章的文献目录之中。有些人对准备原稿作出了特别的努力。其中有Reg Engleton, Frank Fry, Tom Franklin, Ken Johnston和Paul Goldberger，他们给前几章提供了大量科学资料，并协助这些章节的严格审阅；Tom Gibson, Bob Godley, Larry Rink, Dan Doty, John Butterly, Pres. Wiske和Mary Etta King医师，他们协助校对了很多章节，并提供了宝贵的编辑评论；Phil Wilson负责了见于前四章中的大量艺术工作，没有他的巨大才能和创造性不可能准备好这本书。还有Nancy Kriebel, Cheryl Childress和Brent Bauer，他们对临床篇中的大多数插图、表格提供了帮助。原稿的数字工作也是很艰巨的，为此我当感谢Linda Williams和Kathleen Cavanaugh。最后但并不是最不重要的是，我必须感谢我的好朋友Dennis Greenbaum的早期努力，他“总是最先理解我使用的英语”。

麻萨诸塞州 波士顿市

Arthur E. Weyman

目 录

第一篇 超声的物理原理及其在切面成像中的应用

第一章 超声的物理原理(1)	扫描方式.....(26)
声波的特性.....(2)	仪器.....(27)
超声的特性.....(4)	动态切面成像系统.....(28)
超声束.....(4)	机械扇形扫描.....(28)
反射、折射和传播.....(6)	传感器阵列.....(30)
分辨力.....(7)	线阵.....(30)
传感器.....(9)	相阵.....(31)
衰减和吸收.....(11)	各种系统共有的动态心脏成像
探头频率的选择.....(12)	原则.....(35)
心动图机.....(12)	脉冲或线重复频率.....(35)
放大的方法.....(13)	帧速度.....(36)
显示方式.....(14)	扫描角度.....(36)
仪器的调节.....(18)	场和帧.....(37)
整机增益或总增益.....(18)	副辩.....(37)
时间增益补偿.....(18)	动态范围——灰阶.....(39)
近场增益.....(18)	余辉时间.....(41)
阻尼线路.....(18)	复杂的信号处理.....(43)
抑制线路.....(19)	图象记录技术.....(43)
超声的生物学效应.....(19)	影响点状靶标切面显示特征的
第二章 切面扫描的技术原理和仪器(23)	因素.....(44)
切面成像的历史.....(23)	

第二篇 切面检查的总原则和标准成像平面

第三章 切面超声心动图的检查(47)	检查的开始.....(61)
切面检查.....(48)	结构的识别.....(62)
预备步骤.....(48)	精确平面的定位.....(64)
对病人的最初接触.....(48)	第四章 标准平面位置——标准成像
困难的或不合作的病人.....(49)	平面.....(71)
探头的选择.....(51)	胸骨旁长轴平面.....(73)
仪器的初始调节.....(53)	左心胸骨旁长轴.....(73)
检查顺序.....(54)	右室流入道的胸骨旁长轴.....(77)
心脏的定位.....(54)	右室流出道的胸骨旁长轴.....(77)
三维心脏解剖.....(57)	肺动脉干的胸骨旁长轴.....(78)
基本平面的定位.....(59)	左室心尖的胸骨旁长轴.....(79)

胸骨旁短轴平面.....(80)	心尖二腔观.....(89)
主动脉瓣和左心房的 胸 骨 旁	左心室的心尖长轴观.....(91)
短轴.....(81)	肋下检查.....(92)
左心室 (二尖瓣水平) 的胸骨	心脏的肋下长轴.....(93)
旁短轴.....(83)	右室流出道的肋下长轴.....(94)
左心室 (乳头肌水平) 的胸骨	可从肋下位置检查到的非心脏
旁短轴.....(84)	结构.....(94)
左心室 (心尖水平) 的胸骨旁	胸骨上观.....(95)
短轴.....(85)	主动脉弓的胸骨上长轴.....(95)
心尖切面观.....(86)	主动脉弓的胸骨上短轴.....(97)
心尖四腔观.....(87)	切面检查中的M型显示.....(98)
心尖五腔观.....(89)	

第三篇 切面超声心动图的临床应用

第五章 左室流入道——二尖瓣(101)	二尖瓣脱垂.....(124)
二尖瓣.....(101)	二尖瓣脱垂的严重程度.....(128)
解剖.....(101)	腱索断裂.....(129)
切面检查方法.....(102)	襻枷样二尖瓣.....(130)
正常的二尖瓣叶运动——长	乳头肌功能不全.....(130)
轴观.....(104)	二尖瓣裂.....(133)
正常的二尖瓣叶运动——短	瓣叶或其支持组织的结构异常.....(133)
轴观.....(105)	二尖瓣环钙化.....(133)
正常的二尖瓣叶运动——心尖	二尖瓣赘生物.....(134)
四腔观.....(106)	人造二尖瓣.....(136)
影响二尖瓣叶运动的时间、幅	第六章 左室流入道——左心房、肺
度和速度的因素.....(106)	静脉和冠状静脉窦.....(147)
异常的压力和血流量对二尖瓣运	左心房.....(147)
动的影响.....(108)	解剖.....(147)
异常的二尖瓣回声.....(109)	检查平面和线径.....(147)
合并左室流入受限的异度.....(109)	左房各径的正常周期性变化.....(150)
风湿性二尖瓣狭窄.....(109)	左心房肿瘤.....(151)
二尖瓣分离术.....(118)	左心房血栓.....(154)
二尖瓣狭窄和脱垂.....(119)	左心房的先天性房壁瘤.....(155)
二尖瓣狭窄合并关闭不全.....(120)	三房心.....(155)
先天性二尖瓣狭窄.....(121)	肺静脉.....(156)
伞型二尖瓣.....(121)	正常外观.....(156)
二尖瓣瓣上环.....(121)	完全性异常肺静脉回流.....(156)
主动脉瓣关闭不全中的二尖瓣.....(122)	冠状静脉窦.....(157)
伴有二尖瓣关闭不全的异常	第七章 左室流出道(162)
病变.....(123)	主动脉瓣.....(162)
风湿性二尖瓣返流.....(124)	正常解剖.....(162)

检查平面.....	(163)
主动脉瓣叶运动与心输出量和 流经瓣膜的血流特点之间的 关系.....	(164)
异常主动脉瓣的超声图.....	(165)
主动脉瓣狭窄.....	(165)
成人钙化性主动脉瓣狭窄.....	(166)
先天性主动脉瓣狭窄.....	(171)
二叶主动脉瓣.....	(173)
不伴狭窄的主动脉瓣增厚.....	(176)
主动脉瓣关闭不全.....	(176)
风湿性主动脉瓣关闭不全.....	(176)
主动脉瓣赘生物.....	(177)
穿孔的及椅枷状的主动脉瓣叶.....	(178)
室间隔脓肿.....	(178)
主动脉瓣心内膜炎的血动力学 后果.....	(179)
主动脉瓣关闭不全伴先天性狭 窄及/或二叶主动 脉 瓣.....	(179)
主动脉瓣脱垂.....	(179)
主动脉.....	(180)
升主动脉.....	(180)
主动脉瓣上狭窄.....	(180)
升主动脉瘤.....	(183)
先天性动脉瘤.....	(183)
获得性动脉瘤.....	(185)
主动脉弓.....	(186)
主动脉缩窄.....	(187)
主动脉弓动脉瘤.....	(188)
降主动脉.....	(189)
胸降主动脉.....	(189)
腹主动脉.....	(190)
瓣下左室流出道.....	(191)
孤立性主动脉瓣下狭窄.....	(191)
孤立性膜性主动脉瓣下狭窄.....	(191)
广泛性纤维肌性瓣下梗阻.....	(191)
术后检查.....	(193)
功能性主动脉瓣下狭窄.....	(193)
原发性肥厚性主动脉瓣下狭窄.....	(194)
功能性流出道梗阻的其它原因.....	(196)
第八章 左心室.....	(208)

左心室超声成像的一般原则.....	(209)
成像平面与线径.....	(211)
胸骨旁长轴观.....	(211)
胸骨旁短轴观.....	(213)
心尖切面观.....	(216)
肋下观.....	(218)
左心室容量.....	(219)
用扁长椭圆体模型计算心室容 量.....	(219)
Simpson 法 则 法.....	(228)
复合几何图形法.....	(230)
摘要.....	(232)
左心室质量.....	(234)
Simpson法则法.....	(235)
复合几何图形法.....	(235)
单个图形法.....	(236)
质量与容量的关系.....	(236)
左室功能的动力学指标.....	(237)
左心室对运动的反应.....	(238)
节段性室壁运动异常.....	(239)
急性心肌梗塞.....	(239)
慢性缺血性心脏病.....	(248)
左室瘢痕.....	(249)
左室室壁瘤.....	(249)
左心室憩室.....	(251)
室间隔破裂.....	(252)
左心室血栓.....	(253)
左心室肿瘤.....	(253)
心肌病.....	(254)
充血性心肌病.....	(254)
限制性心脏病.....	(255)
浸润性心脏病.....	(256)
第九章 右室流入道.....	(273)
三尖瓣.....	(273)
解剖.....	(273)
切面检查法.....	(274)
正常的三尖瓣运动——长轴.....	(275)
正常的三尖瓣运动——短轴.....	(276)
正常的三尖瓣运动——心尖四 腔观.....	(277)
影响三尖瓣运动的时间、振幅	

和速度的因素.....(278)	第十二章 房间隔和室间隔.....(320)
异常的三尖瓣超声心动图.....(279)	房间隔.....(320)
右室流入道梗阻.....(279)	解剖.....(320)
风湿性三尖瓣狭窄.....(279)	发生.....(320)
心内膜肌纤维化(Löffler心 内膜炎)中的三尖瓣狭窄.....(280)	检查平面.....(321)
伴有三尖瓣关闭不全的病损.....(281)	房间隔的空间方位.....(322)
检测三尖瓣返流的超声心动图	房间隔的运动.....(322)
间接方法.....(281)	房间隔缺损.....(324)
伴有三尖瓣返流的特异性损害	卵圆孔未闭.....(326)
的超声心动图特征.....(282)	房间隔的气囊切开术和外科切 开术对房间隔的影响.....(326)
右心房.....(286)	房间隔瘤.....(327)
解剖.....(286)	房间隔增厚.....(328)
检查平面和线径.....(287)	室间隔.....(329)
下腔静脉瓣.....(288)	解剖.....(329)
右房肿瘤.....(289)	发生.....(329)
静脉导管.....(290)	检查平面.....(329)
腔静脉.....(290)	室间隔的厚度、增厚率和瘢痕.....(330)
下腔静脉.....(290)	室间隔的运动.....(332)
上腔静脉.....(292)	左束支阻滞.....(339)
第十章 右室流出道.....(296)	室间隔缺损.....(340)
检查平面.....(296)	室间隔瘤.....(342)
肺动脉瓣——正常的方位和运动.....(297)	心内膜垫缺损.....(343)
肺动脉瓣狭窄.....(299)	第十三章 复合性先天性心脏病——
肺动脉瓣心内膜炎.....(302)	诊断方法.....(351)
瓣下右室流出道——动脉圆锥或 漏斗部.....(302)	心室的数目、大小、方位及特征.....(351)
漏斗部肺动脉狭窄.....(302)	大血管的方位和特征.....(356)
Fallot四联症中的漏斗部梗阻.....(303)	心室和大血管的关系.....(360)
肺动脉.....(303)	心内分流的存在及定位.....(361)
肺动脉扩张.....(303)	流出道梗阻的存在及定位.....(364)
肺动脉环.....(304)	第十四章 冠状动脉.....(368)
右室流出道普遍异常.....(305)	冠状动脉的解剖.....(368)
第十一章 右心室.....(308)	成像平面.....(369)
右心室的检查平面和线径.....(309)	正常超声心动图解剖.....(370)
右心室容量的测定.....(311)	冠状动脉狭窄.....(372)
右室容量负荷过重.....(315)	有助于显示冠状动脉的新近技术
右室肥厚.....(316)	进展.....(374)
缺血性心脏病的右室损害.....(316)	冠状动脉瘤.....(377)
右室心肌梗塞.....(316)	冠状动脉异常起源于肺动脉.....(378)
右室肿瘤.....(317)	冠状动脉异常起源于主动脉.....(383)
	第十五章 心包疾患.....(385)

心包的切面超声心动图的评价.....	(386)	心包填塞.....	(392)
正常心包.....	(386)	心包炎与心包积液间的相互关系.....	(393)
心包积液.....	(387)	切面和M型超声心动图在探测心	
体位改变对心包液体分布的影响.....	(389)	包积液中的关系.....	(394)
心包内纤维束带.....	(389)	附录A 描述左室功能的修正节段	
包裹性心包积液.....	(389)	系统.....	(396)
心包增厚及粘连.....	(391)	附录B 正常人的切面超声心动图	
心包钙化.....	(391)	测量数据.....	(400)
心包肿瘤.....	(392)		

第一章

超声的物理原理

声波的特性	心动图机
超声的特性	放大的方法
传感器	显示方式
衰减和吸收	仪器的调节
探头频率的选择	超声的生物学效应

声波是物理界质如空气或水的机械振动，当其刺激听觉装置后就会产生听觉^[1]。超声是指频率超过人类听觉范围即大于20000 Hz的声波。决定低频声波（可听声音）特征的声学定律同样适用于超声。但超声则具有在低频时不那么明显可利用的特性（因为低频对于物体来说波长太长了）。这些特征使超声在临床医学中特别有用。其中最有意义的就是声波能在特定方向成束和由较小物体（在毫米和次毫米范围）反射^[2]。利用脉冲反射超声，无创性地显示心内结构的技术学科称为超声心动图学^[3]。

从历史来看，超声心动图可追溯至1880年Curie兄弟所作的实验：石英的适当切片承受机械应力时，可在其表面产生电荷（图1—1）^[4]。此种给晶体施加机械应力

而产生电能或电压的现象叫压电效应。

次年（1881），他们又注意到这种原理的逆效应，特别是当压电晶体被恰当地置于交流电场时，它迅速地发生形态变化，以一种特征性的方式进行振动（图1—1）。压电的这一基本原理——电能转变为机械能和进而又把机械能转为电能——构成了全部超声心脏显象的基础。

图1—2以简单方式描绘了临床超声心动图中这些原理的应用。首先，压电晶体即传感器短暂地承受了快速变化的交流电压。此交流脉冲激发晶体，使其迅速改变形态，发生振动（图1—2、A）。

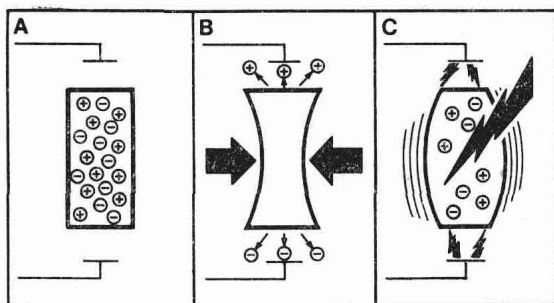


图1—1 压电原理示意图。A，一个静止的长方形晶体置于两电极之间。B，施加外应力后，晶体变形。此机械应力使系于晶体内部的电荷移至表面，在该处可测其电压大小。C，给晶体以电流。此外部电场与晶体离子晶格中的电荷发生相互作用，使晶体变形。当电场呈快速变化时，晶体就被置入相应的快速振动之中并产生相应频率的声波。

晶体振动时，周围介质分子产生交替变化的稀疏区和压缩区，即声波^[3]。一旦产生了这种振动（即声波），它就以相当于声波在该界质里的速度传入周围界质，直至碰到反射界面时为止（图1—2，C）。此时，部分声能返回传感器^[5]。当回来的声

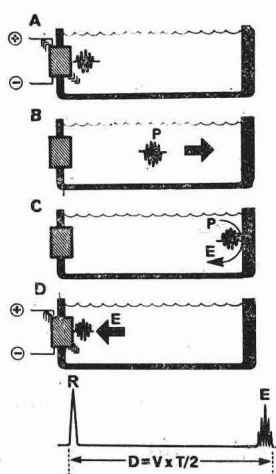


图1—2 超声心动图成像基本原理示意图。R=指示传感器位置的参考波峰；P=发射脉冲；E=回声；D=传感器至反射体的距离；V=该界质里的声速；T=从脉冲发出至回声回来的时间。由于靶标至传感器的距离仅为声波经过的距离的一半，所以公式中用2除。（详见正文）

能，即回声击中此时已处于静止状况的传感器元件时，在晶体内形成应力使其表面产生电荷（图1—2，D）。测量电荷的电压就可确定加于晶体的应力的，从而得知回声的强度。同时，如果已知声波在特定界质里的传播速度，通过测量声脉冲由传感器传至靶标并再返回来所需的时间，就可用简单的关系式 $d = v \times t$ （距离=速度×时间）计算出传播的总距离。由于传感器至反射界面的距离仅为声波的总传播距离的一半（声波应由传感器传至反射体，然后又再次返回来），因此可将此距离除以2或在公式里只取速度的一半（大多数商品心动图机已这样作了），从而可直接决定并恰当显示出反射体与传感器之间的距离^[3]。

很多因素参与了发射脉冲和返回脉冲的特性，从而对超声心动图像也产生影响。这些因素包括：（1）决定声波的产生和传播的声波本身的特性，（2）使其不同于低频声波并使之能用于心脏诊断的超声特征，（3）超声束的空间形状，它决定了超声通过的心脏区域，从而使之得以显示，（4）压电元件即传感器，它决定所发生的超声脉冲的特性和超声束的形态，（5）声波通过的界质的特性，以及所遇到的能影响声能强度和回声振幅的界面或靶标和（6）放大和显示回声的方式，它们决定了最终记录的特性。以上每一个因素都影响了最终的超声图像，值得予以一一讨论^[6]。

声波的特性

声能以波的形式通过界质传播。在声波的传播过程中，界质粒子或是平行于传播方向（纵波）或是垂直于传播方向（横波）进行振动。在固体中这两种波都发生，但在液体和空气里则只有纵波。典型的声波是由界质粒子的被紧紧压缩的致密区和相对远隔的稀疏区相间排列组成。虽然声波传播途径中的界质粒子发生了振动，但粒子本身并无净位移^[7]。图1—3，A是简单声波的一个例子。声波的特性可生动地用正弦波来表述（图1—3，B）。此时，正弦波基线上和基线下的高度分别代表粒子压缩和稀疏的程度。粒子位移的程度是声能或波强的反映。沿传播途径两相同区间的距离（例如两个最大压缩区）称作波长（ λ ）。单位时间里的波长数称作声波的频率。因此波长与频率呈反比关系。频率可用每秒有多少周

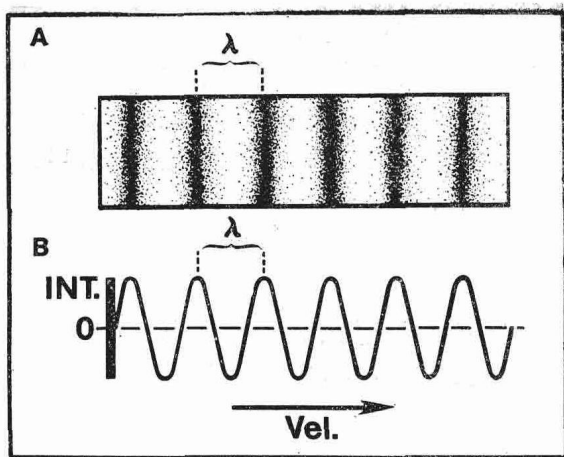


图1—3 声波特性示意图。A，声波传送时产生的任何界质粒子交替变化的压缩区和稀疏区。B，粒子位移的幅度和频率以正弦波表示之。INT=与粒子位移程度相关的强度；Vel=特定界质里的声速； λ =波长。

(cps) 或 赫 (Hz, 来自德国物理学家 Heinrich Hertz) 表示。

$1\text{cps} = 1\text{Hz}$; $1,000\text{cps} = 1\text{KHz}$

(千赫); $1,000,000\text{cps} = 1\text{MHz}$

(兆赫)。单位时间内通过一定空间的波长数乘以波长就等于声波在该界质里的传播速度。

分析一下我们的听觉环境就会进一步理解对超声心动图很重要的声波的主要特性(如强度、频率和速度)。一切声波都有强度或响度。轻击铃子或钢琴键会产生柔和的或低强度的声音，而重击就会产生高强度的声音。同样，在超声心动图里，施加于压电元件的力或电压决定了晶体的振动幅度和声压，因此也就决定了发射脉

冲的强度。

发射脉冲强度的重要性有二。首先，任何界面产生的返回能量或回声强度只是击中该界面的超声强度的一部分。因此，如果仪器的其它要素不变，则发射脉冲的强度决定了回声的强度。其次，高强度声波可能会损伤或破坏生物系统^[7]。虽然用于临床超声心动图的能量水平至今尚未发现有任何副作用，但声波对生物组织的影响是一个重要的、需要考虑的因素，并且也是限制临床应用强度的因素之一^[7]。超声的生物效应将在本章后面予以详述。

再者，分析我们的听觉环境还能提供声波频率的几种重要特性。首先，不同频率的声波在同一界质内以相同的速度传播。例如听管弦乐，由高频乐器发出的声音与由低频乐器发出的声音同时进入耳朵。如果不同频率的声音传播速度不同，就会失去协调。其次，高频声波较低频声波的穿透力为弱。例如站在喷气发动机旁边，可听到高频刺耳的声音。但离该发动机一段距离时，只能听到较弱的低频的轰鸣音。在这个例子中，靠近声源时，高频成分更强而突出；而在较远距离时，则只有低频成分传播得较远。同时，正如在后面讨论分辨力时要考虑的那样，声波频率愈高，不产生明显散射的反射结构可以愈小。由于超声心动图需要检查体积小而靠得较近的结构，所以频率的这一特性极为重要。

最后，超声心动图对界面位置的确定需要对声速有所了解。声波在任何界质里传播的速度决定于该界质的密度和弹性^[5]。界质弹性常数与温度相关，所以速度也会随温度而变化^[5]。但体温维持在一个严格的限度内，故临床心动图中常略去了温度对速度的影响。在某些界质里，速度部分依赖于声波的频率，称之为速度弥散(dispersion)。

但如确实发生了速度弥散，通常也很小，同样可以忽略不计。

总的来讲，当界质密度增大时，声波在该界质内的传播速度也增加。所以声波在诸如骨头的固体内较在液体或空气里传播得更快。声波在液体中的传播速度通常为1,000—1,600m/sec。在人体组织里，平均声速为1,540m/sec即1.54mm/ μ sec^[6]。为了简便起见，本书各例中的声速均采用1.5mm/ μ sec。

超声的特性

低频声波的特性全适用于超声。但超声有其特别适用于心脏诊断的专有特性。超声可在特定方向里成束，遵守有关反射，传播和折射的几何光学定律以及能够被较小而靠近的物体反射。

超声束

由超声发生器（传感器）产生的声能是以声束的方式传入邻近界质的。靠近标准盘形传感器的声束呈直径与该盘大小相似的圆柱形。离探头较远时，声束的边缘发散（divergence）、加宽变为圆锥形^[8]。靠近传感器的圆柱形声束部分叫近场或Fresnel区；而发散的圆锥体部分则称为远场或Fraunhofer区；近场与远场交接处称移行区（图1—4）。

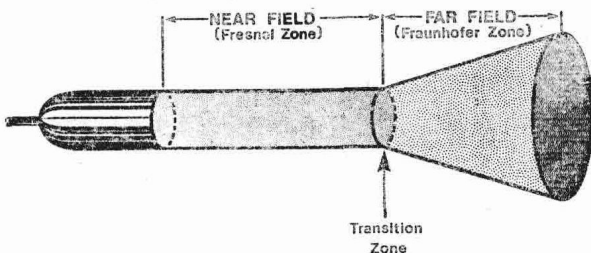


图1—4 从传感器发出的声束形状的简化示意图。最接近传感器面的区域是近场（NEAR FIELD）。在这个区域里声束呈较佳的圆柱形。在移行区处（Transition Zone）声束开始发散。远场（FAR FIELD）是声束的锥形发散部分。与本示意图相比，实际声束的声能分布并不如此均匀，而声束边缘也不是那样界限分明。

近场长度可由公式 $L = r^2/\lambda$ 计算而得，式中 r 为传感器面的直径， λ 是发射脉冲的波长。由公式可知传感器面积加大或波长缩短时，近场区的长度均增加。由于波长与频率呈反比关系，波长的减短就等于是频率的升高。

在远场区，声束的发散角（ α ）可由公式 $\alpha = 0.61\lambda/r$ 求得。可知频率升高或传感器增大时，声能发散减小，从而获得更窄、更强的声束。所以大的高频率传感器产生的声束，

其近场较长，远场发散较小；而小的低频率传感器，其近场较短，远场发散较大。图1—5示不同大小和频率的传感器所产生的声束形状。

超声束形状很重要，因为它：决定了由之而获得回声的心脏范围，影响了沿声束途径任何一点的超声能量强度以及左右了系统的侧向分辨力。总之，窄声束比宽声束佳，因为它们：（1）从心脏更局限的区域产生回声，从而减少了回声来源的多种可能解释；（2）具有的能量更大，能产生更强的回声；（3）具有优良的侧向分辨力。