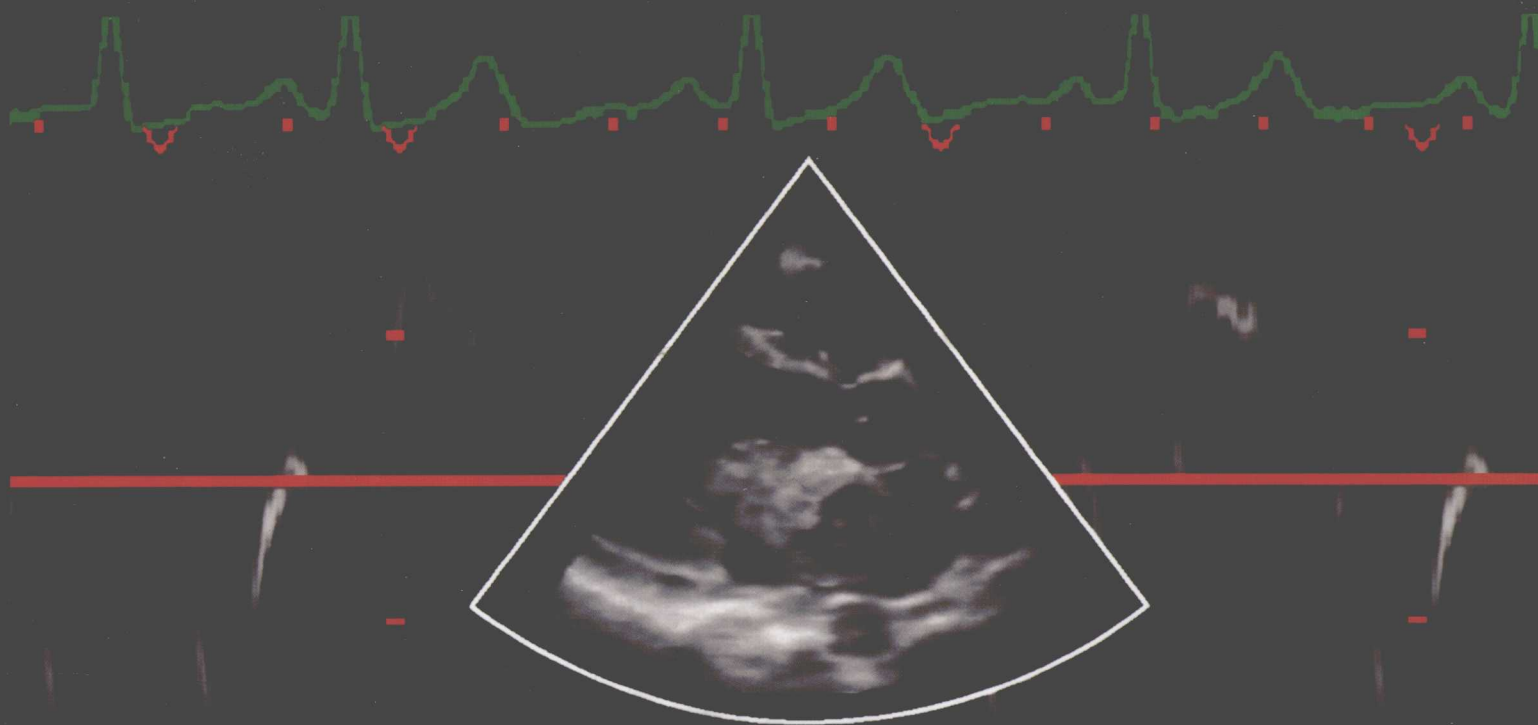


第6版

内附
CD-ROM

菲根鲍姆超声心动图学

Feigenbaum's Echocardiography



原 著 Harvey Feigenbaum
William F. Armstrong
Thomas Ryan

译 者 王志强
审 校 顾 斌

第 1 版

2015 年 1 月

2015 年 1 月

中国地质大学(北京)学报

Journal of China University of Geosciences (Beijing)



中国地质大学(北京)学报

菲根鲍姆超声心动图学

Feigenbaum's Echocardiography

第 6 版

原 著 Harvey Feigenbaum
William F. Armstrong
Thomas Ryan

主 译 王志斌
副主译 李建设
主 审 张 运

译 者(以姓氏笔画为序)

王志斌	青岛大学医学院附属医院心脏超声科	陈 瑛	济南军区青岛第一疗养院超声科
仇晓红	山东省胸科医院超声科	郑慕白	山东省德州市人民医院超声科
冉海涛	重庆医科大学附属第二医院超声科	郝恩奎	山东省济南市中心医院超声科
乐嘉芳	青岛市立医院超声科	袁建军	河南省人民医院超声科
刘荣桂	泰山医学院附属医院超声科	聂 晶	青岛大学医学院附属医院心脏超声科
杜 波	山东省泰安市中心医院心内科	夏 青	青岛市中心医院超声科
李 波	青岛大学医疗集团海阳医院心内科	殷跃辉	重庆医科大学附属第二医院心内科
李 艳	青岛大学医学院附属医院心脏超声科	郭文彬	山东省立医院心脏超声科
李建设	青岛大学医学院附属医院心脏超声科	童家明	青岛大学物理学院
张 梅	山东大学齐鲁医院心内科		

人 民 卫 生 出 版 社

Feigenbaum's Echocardiography, sixth edition

©2005 by Lippincott Williams & Wilkins

All rights reserved. This book is protected by copyright. No part of this book may be reproduced in any form or by any means, including photocopying, or utilized by any information storage and retrieval system without written permission from the copyright owner, except for brief quotations embodied in critical articles and reviews.

菲根鲍姆超声心动图学, 第6版

中文版版权归人民卫生出版社所有。本书受版权保护。除可在评论性文章或综述中简短引用外, 未经版权所有人书面同意, 不得以任何形式或方法, 包括电子制作、机械制作、影印、录音及其他方式对本书的任何部分内容进行复制、转载或传送。

图书在版编目(CIP)数据

菲根鲍姆超声心动图学/王志斌主译. —北京: 人民卫生出版社, 2009. 9

ISBN 978-7-117-11971-9

I. 菲… II. 王… III. 超声心动图 IV. R540.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第081118号

门户网: www.pmph.com	出版物查询、网上书店
卫人网: www.hrhexam.com	执业护士、执业医师、 卫生资格考试培训

图字: 01-2005-5504

菲根鲍姆超声心动图学

主 译: 王志斌

出版发行: 人民卫生出版社(中继线 010-67616688)

地 址: 北京市丰台区方庄芳群园3区3号楼

邮 编: 100078

E-mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-67605754 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂(宏达)

经 销: 新华书店

开 本: 889×1194 1/16 印张: 43.5

字 数: 1347千字

版 次: 2009年9月第1版 2009年9月第1版第1次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-11971-9/R·11972

定价(含光盘): 298.00元

版权所有, 侵权必究, 打击盗版举报电话: 010-87613394

(凡属印装质量问题请与本社销售部联系退换)

《菲根鲍姆超声心动图学》(Feigenbaum's Echocardiography)一书由美国 Lippincott Williams & Wilkins 公司于 2005 年出版发行。此后,人民卫生出版社获得授权,对本书进行中文翻译和出版中文版。本书的中文翻译组受人民卫生出版社的委托,对本书进行了大量艰苦细致的翻译与审校工作。在整个翻译过程中,翻译组按照人民卫生出版社的要求,严格忠实于原著,始终将中文表达的准确性放在首位,确保了本书科学信息的完整转达。

本书的英文原著由美国印第安纳大学医学院暨克拉纳特心脏病研究所特级教授 Harvey Feigenbaum、密执根大学超声心动图室主任 William Armstrong 教授和杜克大学心脏病中心主任 Thomas Ryan 教授主编,系 Feigenbaum 教授的原作《菲根鲍姆超声心动图学》第 6 版。《菲根鲍姆超声心动图学》是世界上第一部专门论述超声心动图学的专著,前 5 版先后发行于 1972 年、1976 年、1981 年、1986 年和 1994 年,是一部国际心脏病学和超声医学专家们公认的巨著,此书为超声心动图学在全球的普及和提高起到了巨大的作用。

《菲根鲍姆超声心动图学》第 6 版共计 22 章,包括超声心动图发展史、物理学基础与技术原理、超声心动图技术类型、造影超声心动图、超声心动图检查

方法、左心室功能评价、左右心房和右心室、血流动力学、心包疾病、主动脉瓣疾病、二尖瓣疾病、三尖瓣和肺动脉瓣、感染性心内膜炎、人工心脏瓣膜、冠心病、负荷超声心动图、心肌病、先天性心脏病、超声心动图在 ICU 和术中的应用、主动脉疾病、肿瘤和血栓、超声心动图与全身性疾病等。

在第 6 版的写作中,Feigenbaum、Armstrong 和 Ryan 三位教授对每一个章节都亲自阅读、编辑和修改,保证了相同的写作风格,有利于读者的阅读与理解。与以前版本一样,第 6 版包含了超声心动图学的许多最新进展。鉴于超声心动图在临床工作中的日益重要性,第 6 版更加注重于临床应用,更加强调超声技术与临床实践相结合。本版的全部插图均采用数字化处理,配有 DVD 光盘,提供了大量动态图像,有助于读者对疾病的一目了然和深入理解。

《菲根鲍姆超声心动图学》第 6 版是一部享誉全球的超声心动图学大型专著,她既适用于从事超声心动图学临床应用和研究的专业医师,也适用于期望了解超声心动图学的医学本科生和研究生。为争取本书译著的早日出版,翻译过程较为仓促,错漏之处在所难免,衷心期望广大读者不吝赐教,以便本书再版时更正。

张运 中国工程院院士

最新版《菲根鲍姆超声心动图学》的主要变化不仅反映在关于超声心动图的具体内容方面,而且还体现在这部著作的历史变迁。与以前发行的版本一样,本版同样包含了许多反映当代超声心动图学领域最新变化的重要进展。目前一个更为重要的变化是超声心动图学已经成为了心脏影像医学的支柱,并且是临床心脏病学不可分割的重要组成部分。随着图像获取和显示的数字化,超声心动图报告及图像已经无所不在,医生在整个临床医疗场所到处都能够获得并使用它们。现在几乎在每一个地方,包括急诊室、办公室、门诊部,甚至旅馆和家里,都可以得到超声心动图报告和图像。

超声心动图在临床心脏病学工作中具有重要的应用价值,凡是心脏疾病的描述和分析几乎总是涉及超声心动图检查结果,所以心内科医生必须要熟悉超声心动图。鉴于超声心动图在临床工作中日益重要的地位与作用,第6版《菲根鲍姆超声心动图学》在内容上更加注重于临床,较以前版本更加强调了如何将超声心动图技术与临床实践相结合,每一章节对于超声心动图具有应用价值的临床问题都做了一个简要性回顾。

在以前版本中,大部分插图是从以往出版的文献中复制而来,而第6版所有的插图都是数字化图像,从而使插图质量得到了提高。更有价值的是,本版配有DVD光盘,提供了大量的二维和彩色多普勒超声的动态图像。超声心动图是一种影像技术,所以大量的插图对于正确地认识和理解这一诊断技术是非常必要的。

第6版与以前版本最重要的区别在于它不再是由一位作者完成的著作。本书前三版全部章节均由我自己撰写,而第4版的一个章节由 William Armstrong 撰写,第5版的一个章节由 Tom Ryan 完成。第

6版由我们三人共同撰写,除极少数情况外,大部分工作是 Bill 和 Tom 完成的。本书作者的变化是基于多方面的原因。首先,现在由一位作者单独完成一部涵盖超声心动图学全部内容的优秀著作几乎是不可能的。超声心动图技术近年来进展迅速,关于它在临床心脏病学中的应用几乎能写成一部小型心脏病学专著。其次,我认为 Bill 和 Tom 是超声心动图学界下一代资深权威的代表,这部著作理应在他们的关心与爱护下继续发展。

尽管本书由多位作者撰写,但是我们竭力使它读起来好像出自一人之手。这一点对我来说一直都是非常重要的,因为我体会到如果所有的章节都是以同一种风格写作并有机地结合在一起,将会使读者更好地进行阅读与理解。Bill 和 Tom 都是在印第安纳大学开始其超声心动图学术生涯,我们对超声心动图的认识有着共同的基础,并且两人都参与了以前版本的撰写,所以他们自然也就成为了最新版的主要作者。我们三人对全书的每一个章节都进行了阅读,提出了修改意见。我们尽最大努力保证每一个章节的写作风格相同,使读者难以分辨到底出自谁之手。本版本几乎所有插图都是原始资料,而任何一家研究机构单独拥有这些涉及超声心动图所有问题的图谱都是非常困难的,这也是本书为多家研究机构共同创作的另一个重要原因。本书所有插图来自于我们三家研究机构,内容覆盖面极为广泛。

在以前版本中,我非常详尽地罗列了大量参考文献,目的在于可以作为一个参考文献图书馆来使用。在当今的信息网络时代,参考文献的获取变得十分容易,因此,本版本不再罗列大量参考文献,不过我们仍然为读者提供了一些相关文献阅读指导,以便读者能够了解到在何处可以发现更多的参考资料。

Harvey Feigenbaum
(王志斌 译)

目 录

第一章 超声心动图学发展史	1	彩色多普勒血流成像	45
各种超声心动图技术的发展	3	彩色 M 型多普勒成像	47
超声心动图的记录	5	组织多普勒成像	47
心脏超声技术员	7	组织定征	52
超声心动图的教育与组织	7	心脏超声波信息的获取	53
参考文献	9	经胸超声心动图	53
		手提式超声仪	53
		专用单声束扫描探头	54
		经食管超声心动图	54
		三维超声心动图	56
		心外膜成像	61
		心腔内超声心动图	62
		血管内超声	63
		数字化超声心动图室	65
		建议阅读文献	69
第二章 心脏超声诊断物理基础与技术		第四章 造影超声心动图	70
原理	11	超声造影原理	70
物理基础	11	超声造影剂	70
超声波与组织之间的相互作用	13	临床应用	72
探头	14	超声与造影剂的相互作用	72
超声束的调控	17	检查方法	73
分辨力	18	间歇成像	73
超声图像的产生	20	低机械指数成像	74
超声波能量的发射	21	影响造影效果的其他机械因素	74
图像显示方式	23	多普勒成像	75
成像过程中的限制性	24	造影伪像	76
信号处理	24	心腔造影及其临床应用	79
组织谐波成像	26	多普勒频谱信号的增强	82
伪像	27	检测分流	83
多普勒超声心动图	29	其他疾病的检测	86
多普勒超声基本原理	30	心肌灌注声学造影	87
多普勒技术类型	31	建议阅读文献	93
彩色多普勒血流成像	34		
彩色多普勒血流成像的限制性	35	第五章 超声心动图检查方法	95
多普勒伪像	37	探头的选择	96
组织多普勒成像	38	患者的体位	97
超声波的生物效应	38		
建议阅读文献	40		
第三章 超声心动图技术类型	42		
成像装置与方法	42		
M 型超声心动图	42		
二维超声心动图	43		
彩色 B 型扫描	43		
多普勒成像	44		

探头的放置	98	组织多普勒成像	155
经胸超声心动图检查的步骤	99	彩色 M 型多普勒成像	156
胸骨旁长轴切面	100	二尖瓣血流弥散	157
胸骨旁短轴切面	102	左心房容量及大小	157
心尖切面	104	舒张功能的评价小结	157
剑突下检查	109	建议阅读文献	157
胸骨上窝切面	111		
二维图像的方向	112	第七章 左右心房和右心室	159
二维超声心动图的测量	113	左心房	159
左心室室壁节段	113	左心房的大小和容量	159
M 型超声心动图检查	114	左心房的功能	162
经食管超声心动图	116	肺静脉	168
经食管超声心动图的切面	117	右心房	172
超声心动图用于筛查	121	右心房血栓	174
超声心动图培训	121	右心房的血流	176
建议阅读文献	121	右心室	179
		右心室的大小和容量	179
第六章 左心室功能评价	123	右心室负荷过重	182
一般原理	123	右心室发育不良	186
线性测量	123	建议阅读文献	187
M 型超声评价左心室功能的间接指标	125		
二维超声的测量	126	第八章 血流动力学	189
左心室质量的测定	130	M 型和二维超声心动图的应用	189
生理性肥厚与病理性肥厚	131	血流定量	190
左心室的局部功能	132	血流测量的临床应用	193
非缺血性室壁运动异常	137	压力阶差的测量	197
人工起搏心律	138	Bernoulli 方程的应用	200
心室预激	138	压差半降时间的测定	206
术后心脏的运动	139	连续性方程	208
心包缩窄	140	近端等速表面积	209
室性期前收缩	140	心肌做功指数	211
左心室整体功能的多普勒评价	141	左心室充盈压的估测	211
测定左心室收缩功能的其他技术	142	建议阅读文献	215
左心室 dP/dt 的测定	142		
多普勒组织速度	144	第九章 心包疾病	217
应变率成像及其他多普勒组织参数	146	超声心动图评价心包	218
舒张功能的评价	149	心包积液的检测和定量	218
舒张功能的评价方法	150	心包的直接观察	220
M 型超声心动图	150	心包积液与胸腔积液的鉴别	223
二维超声心动图	151	心包填塞	223
多普勒评价舒张功能	151	心包填塞的超声心动图表现	224
二尖瓣前向血流的评价	151	心包填塞的多普勒表现	226
等容舒张时间的测定	153	心包缩窄	228
肺静脉血流的评价	154	超声心动图诊断	228

心包缩窄的多普勒表现	230	二尖瓣反流程度的测定	289
渗出-缩窄性心包炎	232	评价二尖瓣反流的其他影响因素	294
缩窄性心包炎与限制型心肌病的鉴别	232	二尖瓣脱垂	296
其他心包疾病及其监测	233	连枷瓣叶	300
术后心包积液	233	其他二尖瓣异常	303
超声心动图引导下的心包穿刺	234	二尖瓣环钙化	303
心包囊肿	235	二尖瓣肿瘤	305
建议阅读文献	235	二尖瓣动脉瘤	305
第十章 主动脉瓣疾病	237	二尖瓣穿孔	306
主动脉瓣狭窄	237	瓣环脓肿	306
主动脉瓣狭窄的多普勒评价	242	瓣环断裂	306
主动脉瓣狭窄的其他定量方法	248	放射损伤	307
多巴酚丁胺负荷超声心动图评价主动脉瓣 狭窄	249	类癌与减肥药所致的瓣膜病	307
主动脉瓣狭窄的病程	249	建议阅读文献	307
临床决策的制定	252	第十二章 三尖瓣和肺动脉瓣	309
主动脉瓣反流	253	临床概述	309
M型和二维超声心动图检查	254	肺动脉瓣	309
主动脉瓣反流的确诊	257	肺动脉瓣狭窄	312
主动脉瓣反流程度的评估	259	肺动脉瓣反流	313
急性与慢性主动脉瓣反流	263	右室流出道的评估	315
左心室的评价	264	肺动脉瓣的其他病变	316
其他主动脉瓣异常	265	三尖瓣	316
建议阅读文献	265	三尖瓣的多普勒评价	318
第十一章 二尖瓣疾病	268	三尖瓣狭窄	319
二尖瓣的解剖	268	三尖瓣反流	319
二尖瓣疾病的生理学	273	估测右心室收缩压	323
二尖瓣狭窄	273	其他疾病	324
风湿性二尖瓣狭窄的二维表现	273	类癌性心脏病	324
先天性二尖瓣狭窄	274	心内膜弹力纤维增生症	325
M型超声心动图表现	274	Ebstein 畸形	325
经食管超声心动图	276	起搏器和导管	325
三维超声心动图	276	三尖瓣切除术	326
二尖瓣狭窄程度的解剖学测定	276	心肌活检	326
多普勒测定二尖瓣狭窄程度	277	三尖瓣肿瘤	327
运动压差	280	缺血性心脏病	327
二尖瓣狭窄的继发表现	280	建议阅读文献	327
心房颤动	281	第十三章 感染性心内膜炎	328
继发性肺动脉高压	283	临床概述	328
手术治疗时机的选择	283	赘生物的超声特点	329
二尖瓣反流	283	超声诊断的准确性	333
多普勒评价二尖瓣反流	284	诊断标准的评价	334
		心内膜炎的并发症	335

预后与风险预测	339	左心室室壁瘤	413
人工瓣膜心内膜炎	340	假性室壁瘤	415
心脏装置的感染	342	慢性重构	415
右心心内膜炎	343	附壁血栓	417
心内膜炎的检查步骤	344	二尖瓣反流	420
建议阅读文献	347	缺血性心肌病	420
第十四章 人工心脏瓣膜	349	冠状动脉直接显像	421
人工瓣膜的种类	349	川崎病	424
正常人工瓣膜的功能	350	冠状动脉粥样硬化直接显像	425
一般成像方法	357	建议阅读文献	426
人工主动脉瓣	360	第十六章 负荷超声心动图	429
人工二尖瓣	363	生理基础	429
人工瓣功能障碍的明确病因	367	检查方法	431
梗阻	367	平板运动试验	431
感染性心内膜炎	374	踏车运动试验	432
机械衰竭	378	多巴酚丁胺负荷超声心动图	433
右心人工瓣	378	双嘧达莫和腺苷	434
带瓣人工血管	380	负荷试验类型的选择	435
二尖瓣修复术	380	负荷超声心动图的解读	436
建议阅读文献	383	室壁运动分级	438
第十五章 冠心病	385	负荷状态的室壁运动反应	439
临床概述	385	冠状动脉病变的定位	439
冠状动脉综合症的病理生理学	385	与症状及心电图变化的相关性	440
室壁运动异常的检测和定量	389	冠心病的检测	441
心肌应变和应变率成像	395	与核素显像技术的比较	443
评价心肌缺血的其他方法	396	负荷超声心动图的应用	444
超声心动图评价临床综合征	396	负荷超声心动图评价预后的价值	444
心绞痛	396	负荷超声心动图在心肌梗死后的应用	448
急性心肌梗死	396	负荷超声心动图在血管再通后的应用	449
室壁运动异常的演变	402	术前风险评估	450
预后评价	404	负荷超声心动图在女性中的应用	451
急性心肌梗死时收缩和舒张功能的多普勒		负荷超声心动图评价心肌存活性	451
评价	405	心肌造影负荷超声心动图的应用	453
急性心肌梗死的并发症	406	负荷超声心动图在瓣膜性心脏病中的	
心包积液	406	应用	455
梗死膨胀	407	建议阅读文献	457
游离壁破裂	408	第十七章 心肌病	460
左心室血栓形成	408	概述	460
右心室心肌梗死	408	扩张型心肌病	460
急性二尖瓣反流	409	左心室收缩和舒张功能的多普勒	
室间隔破裂	411	评价	463
慢性冠心病	413	舒张功能的评价	464

心肌做功指数	466	主动脉瓣狭窄	507
扩张型心肌病的继发表现	466	主动脉瓣上狭窄	508
扩张型心肌病的病因学	470	主动脉缩窄	509
扩张型心肌病的预后判断	471	心脏间隔异常	511
扩张型心肌病的治疗决策	472	房间隔缺损	511
双室起搏治疗充血性心力衰竭	472	室间隔缺损	520
心脏移植	474	心内膜垫缺损	530
心室辅助装置	474	血管连接与结构异常	532
浸润性限制型心肌病	475	动脉导管未闭	532
限制型心肌病的超声心动图评价	475	体静脉异常连接	534
缩窄性心包炎与限制型心肌病的鉴别		肺静脉异常连接	536
诊断	477	冠状动脉异常	537
肥厚型心肌病	478	圆锥动脉干异常	538
肥厚型心肌病的超声心动图评价	478	法洛四联症	538
肥厚型梗阻性心肌病左室流出道的评价	480	大动脉转位	540
肥厚型心肌病合并二尖瓣反流	483	右室双出口	545
肥厚型心肌病的其他类型	484	永存动脉干与主-肺动脉窗	545
左室腔中部梗阻	484	心室发育异常	548
肥厚型心肌病的相似情况	485	左心发育不良综合征	548
晚期肥厚型心肌病	486	单心室	548
肥厚型心肌病的治疗及监护	486	三尖瓣闭锁	550
心肌炎	487	术中及术后评价	551
产后心肌病	487	体-肺动脉分流术	551
Chagas 心肌炎	488	肺动脉束扎术	551
心内膜弹力纤维增生症与嗜酸性粒细胞		Fontan 术	553
增多症	488	右心室-肺动脉分流术	553
建议阅读文献	488	胎儿超声心动图	554
		建议阅读文献	555
第十八章 先天性心脏病	490	第十九章 超声心动图在 ICU 和术中的	
超声心动图检查:节段分析法	491	应用	558
心脏位置	491	ICU 患者的评估	558
心室形态	492	低血压和休克	558
大动脉连接	493	低氧血症的评价	561
右室流入道异常	494	超声心动图在急症科的应用	562
左室流入道异常	496	超声心动图在术前、术中及围手术期的	
肺静脉	496	应用	563
左心房	496	超声心动图在二尖瓣手术中应用	563
二尖瓣	501	超声心动图在主动脉瓣手术中应用	570
右室流出道异常	501	超声心动图的其他应用	574
右心室	501	心脏外科的术中并发症	575
肺动脉瓣	502	非心脏手术的术中监护	578
肺动脉	505	心脏手术的晚期并发症	579
左室流出道异常	505	非手术性和其他介入性操作的监护	580
主动脉瓣下梗阻	506		

心脏介入手术	581	高血压	648
超声心动图在导管室的其他应用	585	糖尿病	649
心脏移植患者的术后评价	585	甲状腺疾病	650
建议阅读文献	587	慢性肾功能不全	650
第二十章 主动脉疾病	589	结缔组织/自身免疫性疾病	651
正常主动脉解剖	589	系统性红斑狼疮	651
超声心动图评价	590	硬皮病/雷诺现象	652
主动脉扩张与主动脉瘤	593	马方综合征	652
马方综合征	596	慢性肝病与肝硬化	654
VALSALVA 窦瘤	597	慢性阻塞性肺病	657
主动脉夹层	599	肺动脉高压	657
超声心动图诊断	600	其他疾病	661
主动脉粥样硬化	608	结节病	661
其他主动脉疾病	609	血色病	661
假性主动脉瘤	609	肌营养不良	661
主动脉创伤	609	嗜酸性粒细胞增多症	661
主动脉感染性疾病	610	类癌综合征	661
主动脉血栓	611	镰状细胞性贫血	662
Takayasu 动脉炎	611	人类免疫缺陷病毒	663
建议阅读文献	613	减肥药性瓣膜病	663
第二十一章 肿瘤与血栓	615	肥胖症	663
正常变异与伪像:假阳性表现的来源	615	临床表现及相关问题	663
心脏肿瘤	616	外周血管疾病	663
原发性肿瘤	616	充血性心力衰竭	663
心脏转移瘤	622	呼吸困难的评价	665
心内血栓	627	急性肺栓塞	665
左心室血栓	627	超声心动图表现	666
左心房血栓	632	心房颤动与心脏复律	667
右心房血栓	634	神经事件与心源性栓子	669
自发性显影	638	神经性心肌顿抑	673
超声心动图在房颤和心脏复律中的		晕厥	673
应用	639	心律失常的评价	673
超声心动图在体循环栓塞中的应用	640	化疗期的评价	674
假性肿瘤和其他心脏肿块	643	放射性心脏病	674
建议阅读文献	646	运动员筛查及运动员心脏	674
第二十二章 超声心动图与全身性疾病	648	妊娠期心脏	675
超声心动图与全身性疾病	648	高龄对心脏的影响	677
		建议阅读文献	678
		索引	680

超声心动图学发展史

关于诊断性超声,尤其是心脏超声的发展历史有着许多著述^[1-6],它们都是从不同的视角来阐述这个问题,超声可以被认为是始于20世纪、古罗马时代或其间任何一个世纪。据说古罗马建筑师 Vitruvius 首创了“回声(echo)”一词^[7]。天主教圣芳济各会修士 Marin Mersenne(1588~1648年)首次测定了声速,因而经常被称为“声学之父”^[7]。另一位早期的物理学家 Robert Boyle(1627~1691年)认识到声音必须经过介质才能传播^[7]。Abbe Lazzaro Spallanzani(1727~1799年)证实了蝙蝠没有视力,而是利用听不见的声音的回声反射来飞翔^[8],因此他被称为“超声之父”。1842年,Christian Johann Doppler(1803~1853年)发现了声音的音调随着声源的移动而改变的现象,进而计算出了声音的音调、声源的相对运动和观测者三者之间的数学关系^[9]。1880年,Curie 兄弟发现的压电现象使超声的产生成为现实^[10,11]。他们发现,某些晶体如果被压缩,在其相对两侧的表面就会产生电荷。反之亦然,如果将交变电场施加于晶体,随着电场极性的变化晶体就会出现压缩或扩张,这样就产生了频率极高的声波。1912年,英国工程师 L. F. Richardson 提出了可以用来探测水下物体的回声技术。第一次世界大战后期,Paul Langevin 承担了应用声波探测敌方潜艇的研究任务,使声纳技术的发展达到了顶点^[3]。Sokolov 在1929年描述了一种利用声波反射探测金属裂隙的方法^[12],美国工程师 Floyd Firestone 在1942年开始应用该技术并且获得了一项专利^[13],最终应用于医学领域的正是这种裂隙探测技术。

奥地利学者 Karl Dussik 可能是第一个将超声用于医学诊断的人,他最初在1941年利用超声透射而不是反射原理试图来显示脑室的轮廓^[14]。二战以后,许多战时发展起来的技术,包括声纳技术,被应用

于人类的和平与医学领域。1950年,德国学者 W. D. Keidel 运用超声来探查心脏,其研究技术是发射能够穿透心脏的超声,记录超声透过心脏后在胸壁另一侧的变化,目的在于测定心脏容积^[15]。瑞典医生 Helmut Hertz 首次将 Firestone 所描述的脉冲反射超声技术应用于心脏检查,他熟悉 Firestone 的研究观察,并且在1953年获得了一台用于非损伤性检测的超声仪。他然后与瑞典 Lund 的心脏内科医生 Inge Edler 合作,开始利用这台超声检测仪进行心脏检查。他们的合作通常被认为是今天的临床超声心动图学的开始^[16]。

最初的装置(图1.1)灵敏度非常低,Hertz 和 Edle 开始仅仅能够记录到来自于心脏后壁的结构回声。现在回想起来,这些回声大概来自于左心室后壁。通过对装置的某些改进,他们能够记录到二尖瓣前叶的回声。然而,他们起初认为这是左心房前壁的回声信号,直到几年后经过尸体解剖研究,他们才终于搞清楚回声的真正来源。Edler 继续进行了多项心脏超声研究^[17],我们今天所采用的许多心脏结构的回声是他首先描述的。Edler 将超声心动图在临床上主要用于检测二尖瓣狭窄^[18],他发现二尖瓣前叶运动形式在二尖瓣狭窄与非狭窄患者之间是不同的。因此,20世纪50年代中期和20世纪60年代初期发表的研究论文主要是关于二尖瓣狭窄病变的检测。

德国 Sven Effert 医生领导的小组重复了瑞典人的研究工作^[19,20],他们的论文发表在20世纪50年代后期,其主要内容还是 Edler 所描述的二尖瓣狭窄。Effert 小组引人注目的研究成果是对左心房肿瘤的检测^[20]。Schmitt 和 Braun 也在德国开始了超声心动图研究,他们再一次重复了 Edler 和 Effert 的工作,并在1958年发

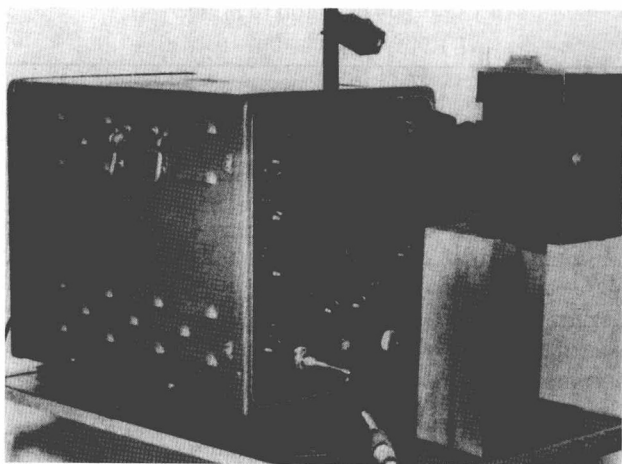


图 1.1 Edler 和 Hertz 最初用来记录早期超声心动图的超声检测仪(经作者同意引自 Edler I. *Ultrasoundcardiography*. Acta Med Scand, Suppl 370, 1961, 170;39)

表了其研究成果^[21]。1960 年,Edler 和他的合作者在罗马举行的第三届欧洲心脏病会议上放映了他们制作的科学影片^[22]。1961 年,Edler 等人撰写了关于心脏超声的长篇文献综述,发表在斯堪的纳维亚医学学报增刊上^[23],在之后 10 多年里,该文一直是心脏超声领域最全面的综述性文献。在电影和综述中,Edler 和他的合作者描述了应用超声技术对二尖瓣狭窄、左心房肿瘤、主动脉瓣狭窄和心包积液的检测。

尽管 Edler 和 Hertz 对应用超声检查心脏做出了最先的努力,但是他们都没有真正意识到这一技术在以后会兴旺发达。Helmut Hertz 的主要兴趣在于如何记录超声信号,在随后的研究中,他发明了喷墨技术。他在心脏超声研究领域仅仅工作了短短几年,而将其职业生涯的绝大部分时间用于喷墨技术的研究,并获得了许多重要的发明专利。他还劝告曾为他们提供第一台超声检测仪的西门子公司不要进入心脏超声领域,因为他认为这一领域不会有很大发展前景(Effert 私人通信,1996 年)。Edler 也没有进一步发展任何其他心脏超声技术。直到 1976 年退休时,他主要关注的还是超声心动图在二尖瓣狭窄中的应用,另外也做了一些有关二尖瓣反流的研究,但是从未涉及应用更新的超声技术检测心包积液或心室功能的领域。

中国是另一个在早期应用心脏超声技术的国家。20 世纪 60 年代初期,上海和武汉的研究人员开始应用超声检查心脏。最初他们运用 A 型超声仪,后来生产了 M 型超声仪^[24,25],并且他们同样重复了 Edler 和 Effert 关于二尖瓣狭窄的研究^[26]。中国学者对于超声技术发展的独特贡献包括胎儿超声心动图^[27]以及应用过氧化氢和二氧化碳的心脏声学造影^[28]。

John J. Wild、H. D. Crawford 和 John Reid 将超声心动图引进了美国^[29],他们应用超声检查了离体心脏,并且能够对心肌梗死进行判定,其研究结果在 1957 年发表于美国心脏杂志。Wild 和 Reid 都不是医生,Reid 是一名工程师,他后来到宾夕法尼亚大学攻读博士学位,想在那里继续进行应用超声检查心脏的研究。Reid 研制了一台超声检测仪,与费城的心脏内科医生 Claude Joyner 合作,开始重复 Edler 和 Effert 关于二尖瓣狭窄的研究。这项研究工作在 1963 年发表于循环杂志,代表了美国人首次利用脉冲反射超声检查心脏的临床工作^[30]。

我开始对超声心动图产生兴趣是在 1963 年后。当时我主持一个血流动力学实验室,正当我对心导管和血管造影技术的局限性倍感失望的时候,我看到了一家现已倒闭公司的广告,广告声称该公司有一台利用超声测定心脏容量的装置,这种说法最终被证明没有任何依据。然而,在 1963 年洛杉矶举行的美国心脏协会年会上我第一次看到了展示的超声仪。我把探头放在自己胸壁上,看到了一定是来自心脏后壁的运动回声。毫无疑问,这些回声信号与 Hertz 和 Edler 在大约 10 年前描述的是相同的,于是我请公司的工程人员解释回声信号产生的原理。我向他们询问了心脏后面液体是否产生不同类型回声信号,他们回答说液体是无回声的。回到印第安纳后,我发现神经内科医生有一台用来探测脑中线的超声检测仪。这台仪器很少被使用,所以我非常幸运地把它借了过来。我接下来检查了更多的人,并且再次记录到了来自左心室后壁的回声。我对一个心包积液患者进行了检查,结果发现,与预期的一样,可以看到无回声区分开的两条回声,后面的回声不动,而前面的回声随着心脏一起运动。动物实验进一步证实了我的发现,我也由此开始了自己的心脏超声职业生涯。1965 年我在美国医学会杂志上发表了第一篇应用超声技术诊断心包积液的学术论文^[31]。

尽管这段历史被大家普遍认为是超声心动图早期临床实践的开端,但是还应该提到日本学者同时也在进行心脏超声的研究工作。在 20 世纪 50 年代中期,日本学者,如大阪大学的 Satomura、Yoshida 和 Nimura 等人运用多普勒超声技术检查心脏,其研究成果在 20 世纪 50 年代中期开始发表^[32,33],他们的工作在很多方面为我们今天的多普勒超声奠定了基础。

在过去的 50 年中,无数人为心脏超声事业的发展付出了辛勤的劳动,这是物理学家、工程师和临床医生协作攻关的杰出范例。每一种心脏超声检查技

术都有自己的发展历史,甚至超声心动图(echocardiography)这个名字本身也有一段故事。Hertz 和 Edler 最早把这一技术称为 ultrasound cardiography,缩写为 UCG,这个名字叫起来多少有些不方便。在 20 世纪 50 年代后期和 20 世纪 60 年代初期,应用最广泛的医学超声诊断是用来探测脑中线的 A 型超声技术,如果颅内存在肿物,脑中线回声就会移位,这种技术称为 echoencephalography。如果颅脑超声检查称为 echoencephalography,那么心脏超声检查应该称为 echocardiography,缩写为 ECG,但是 ECG 早已经被心电图(electrocardiography)占用。我们起初没有采用 echo 这个缩写词,因为它与 echoencephalography 容易混淆,而之所以最终采用了 echocardiography 是因为 echoencephalography 作为一项检查技术在临床上消失了。现在除了心脏超声检查,其他超声技术均未采用 echo 这个术语。因此,echo 只是代表了 echocardiography,而不会与任何其他的超声技术相混淆。

各种超声心动图技术的发展

超声心动图的历史包括了 A 型、M 型、声学造影、二维、多普勒、经食管和心血管内超声等多种技术形式的演变和发展。关于多普勒超声的话题说起来比较长,也比较国际化。20 世纪 50 年代中期日本学者开始了多普勒超声研究工作^[32,33],美国学者,如西雅图的 Robert Rushmer 等是早期应用多普勒技术的研究人员^[34]。Rushmer 医生是著名的心脏生理学家,John Reid 后来到西雅图参与了 Rushmer 主持的多普勒技术研发小组。该小组的工程师 Donald Baker 研制了最早的一台脉冲多普勒检测仪^[35]。西雅图的血管外科医生 Eugene Strandness 运用多普勒进行了外周血管疾病诊断^[36]。欧洲研究人员在应用多普勒技术方面也非常积极,法国的 Peronneau^[37] 和 Kalmanson^[38] 撰写了许多关于多普勒技术在心血管系统中应用的文章。多普勒超声的一个重大发展是 Holen^[39] 和 Hatle^[40] 证实了应用多普勒超声能够获得血流动力学信息,他们发现应用简化的伯努利方程能够计算狭窄瓣口的压力阶差。运用多普勒超声测定主动脉瓣狭窄压差标志着多普勒超声心动图成为了一项重要的临床检查技术。

心脏声学造影始于罗彻斯特大学 Gramiak 等人的一次偶然发现^[41]。他们在为一名接受靛青蓝染料稀释试验患者进行心脏超声检查的时候,令人非常惊奇的事情发生了,注射染料后患者心腔内出现了一团云雾状回声。Joyner 在注射生理盐水时也曾观察到同样的现象,但是没有进行报道。在一次学术会议

上,我听取了 Gramiak 的工作报告,随后我将这项技术用于帮助判定左心室结构回声特征^[42]。在梅奥医学中心,以 Jamil Tajik 和 Jim Seward 为首的研究人员运用声学造影技术对心内右向左血液分流的诊断做了非常有意义的工作^[43]。目前造影剂已经发展成为了批量生产的市场化产品,新型造影剂产生回声的微气泡小得足以能够通过肺毛细血管,因此,在外周血管注射的造影剂可以在左侧心腔内显影^[44]。

二维超声心动图的发展有着一段漫长而有趣的历史,其中也充满了国际化色彩。二维超声扫描技术可以追溯到 Douglass Howry 早年运用复合扫描技术检查身体不同部位的时代,那时候的超声探头曾经安装在 B29 炮塔的环上^[45]。日本人应用精心制作的水槽和超声扫描技术,研制了多种的能够进行二维心脏成像的超声装置(图 1.2)^[46]。罗彻斯特大学的 Gramiak 及其合作者利用重建的二维 M 型技术创作了超声“电影术”(图 1.3)^[47]。纽约的 Donald King 研发了用于获取重建的心脏二维图像的停止-运动技术(图 1.4)^[48]。

荷兰鹿特丹的工程师 Nicholas Bom 研发的线阵扫描仪是超声技术的重大突破(图 1.5)^[49],这种扫描仪的换能器使用了多个压电晶片,能够产生矩形的心脏实时图像。尽管由于肋骨遮挡等原因,这项技术最终没能用于心脏检查,但是它确实具有实时成像的优点,并且最终成为除心脏之外的其他部位二维成像的主要方式。扇形扫描技术的应用使实时二维超声心动图成为了现实。最初是美国国家卫生研究院的 Griffith 和 Henry 研发了一种探头可以前后摆动的手

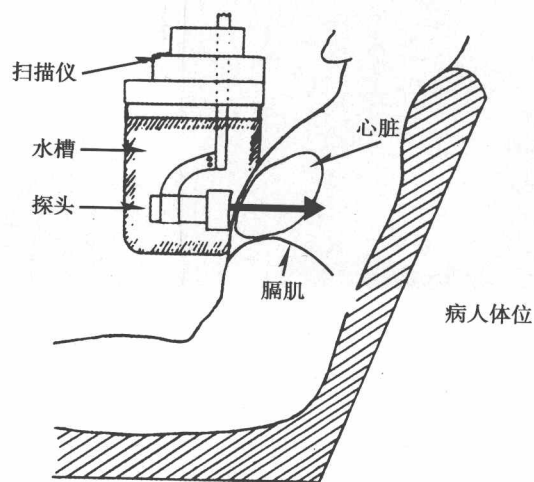


图 1.2 早期利用机械扇形扫描和水槽获得心脏切面回声的超声成像仪(经作者同意引自 Ebina T, Oka S, Tanaka N, et al. The ultrasono-tomography of heart and the great vessels in living human subjects by means of the ultrasonic reflection technique. Jpn Heart J, 1967, 8:331)

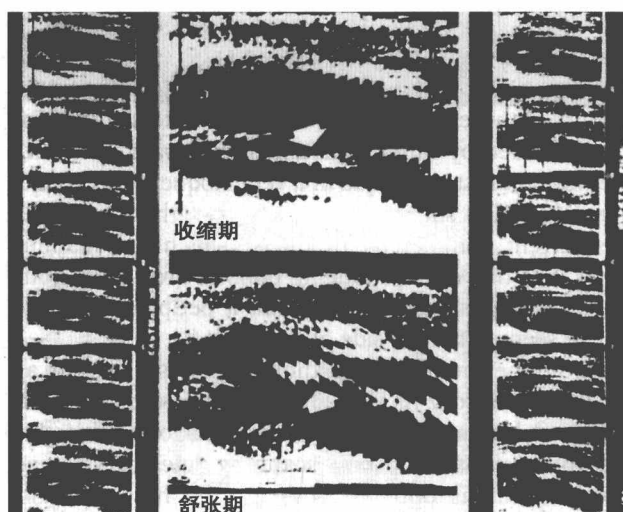


图 1.3 通过对 M 型超声心动图进行空间定位重建得到的二尖瓣伪实时运动的电影胶片,两张放大的帧面显示二尖瓣(箭头所示)在收缩期和舒张期的位置。(经作者同意引自 Gramiak R, Waag R, Simon W. Cine ultrasound cardiography. Radiology, 1973, 107: 175)

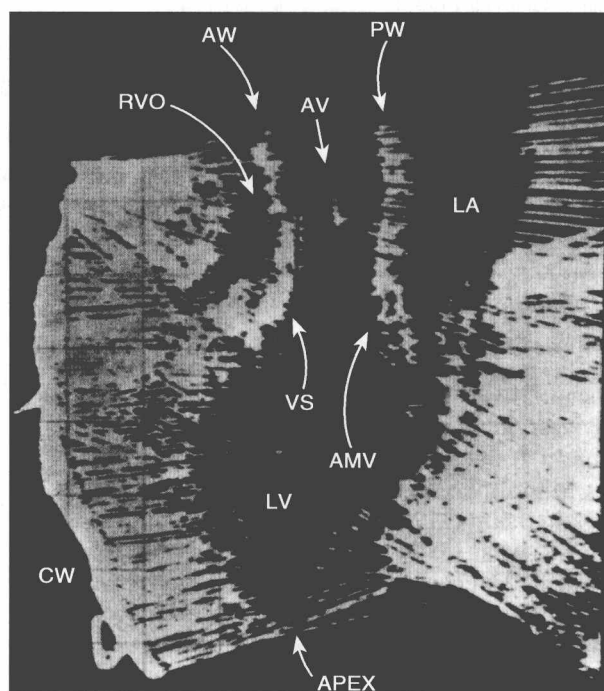


图 1.4 复合心电图门控心脏切面超声检查。RVO = 右心室流出道, AW = 主动脉前壁, AV = 主动脉瓣, PW = 主动脉后壁, LA = 左心房, VS = 室间隔, AMV = 二尖瓣前叶, LV = 左心室, CW = 胸壁。(经作者同意引自 King DL, Steeg CN, Ellis K. Visualization of ventricular septal defect by cardiac ultrasonography. Circulation, 1973, 48: 1215)

持机械扫描装置,但其可操控性有很大限制^[50]。Reggie Eggleton 原先在伊利诺斯大学与 Robert、Frank 和 Elizabeth Frye 一起工作,后来到了印第安纳,在这里他研发了一台机械二维超声扫描仪(图 1.6)。非常

有趣的是,他第一台仪器的原型实际上是一个经过改造的 Sunbeam 牌电动牙刷。这种早期的机械扫描仪是第一种成功进入市场的实时二维超声仪^[51]。杜克大学 Fritz Thurstone 和 Olaf vonRamm 最先研发的相控阵扫描技术最终代替了机械性扇形扫描技术^[52]。

彩色多普勒和二维多普勒超声可以追溯到 20 世纪 70 年代后期。西雅图华盛顿大学 Brandestini 领导的研究小组演示了如何应用多点选通式 M 型多普勒

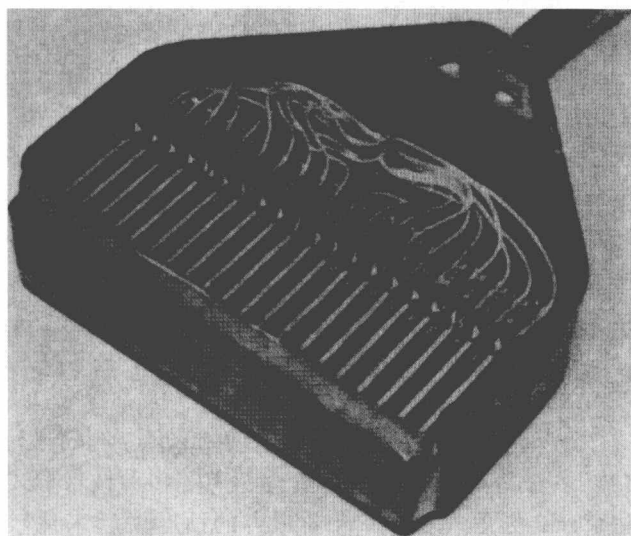


图 1.5 用于心脏扫描的电子线阵多晶片超声换能器,它由 20 个压电晶片组成。(经作者同意引自 Bom N, Lancee CT, Van Zwieten G, et al. Ultrasound echocardiography. I. Technical description. Circulation, 1973, 48: 1066)

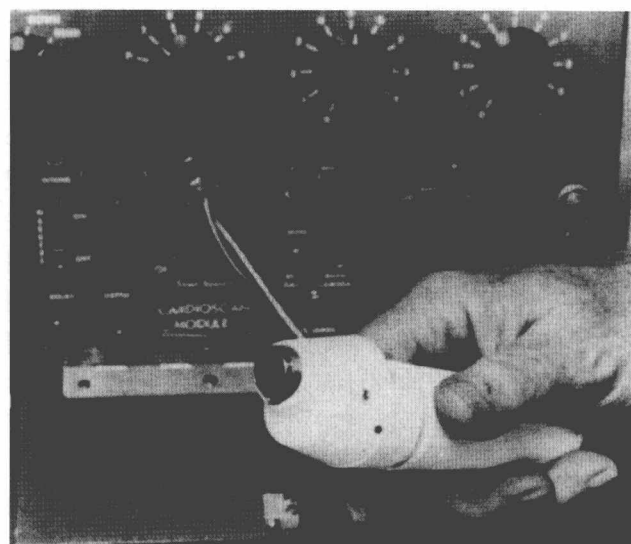


图 1.6 手持式机械性扇形扫描仪。(经作者同意引自 Eggleton RC, Feigenbaum H, Johnston KW, et al. Visualization of cardiac dynamics with real-time B-mode ultrasonic scanner. In: White D, ed. Ultrasound in Medicine. New York, Plenum Publishing, 1975: 1385)

技术(图 1.7)^[53],他们将多普勒信号进行彩色编码以代表血流方向,这一原理后来被包括 Kasai 等人在内的日本研究人员全面发展和完善^[54]。多普勒速度的自相关检测技术是实现二维彩色血流显示的关键,他们利用这项技术提供了相当完美的实时二维彩色血流成像。日本心血管外科医生 Omoto 及其合作者对二维彩色多普勒成像的临床普及做出了贡献。

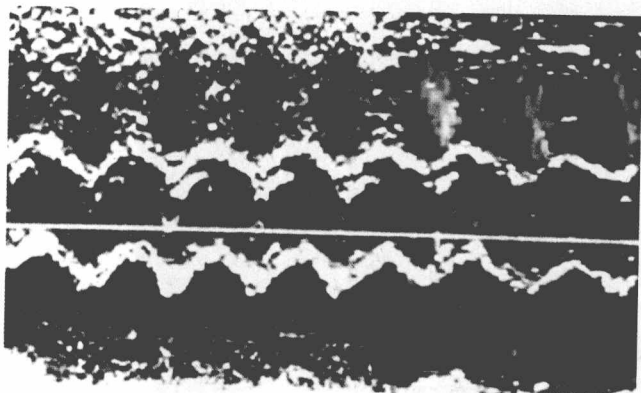


图 1.7 多普勒信号叠加在 M 型曲线上构成的复合图像,多普勒信号方向与速度以不同颜色显示。此图显示了右心室流出道和主动脉。(经作者同意引自 Brandestini MA, Eyer MK and Stevenson JG. M/Q: M/Q-mode echocardiography. The synthesis of conventional echo with digital multigate Doppler. In: Lancee CT, ed. Echocardiography. The Hague, Netherlands, Martinus-Nijhoff, 1979)

经食管超声心动图的起源也要追溯到 20 世纪 70 年代,芝加哥心脏内科医生 Lee Frazin 把一个 M 型超声换能器安装在食管内镜的头端,并且演示了如何经过食管获得 M 型超声图像^[56],但是这项技术从未在临床上得到普及应用。日本和欧洲的研究人员开始对这项技术进行研究^[57,58],他们试图利用经食管超声探头获得心脏二维图像。超声探头也从最初的机械扇扫发展为后来的电子相控阵。日本工程师 Hisanaga 与其合作者以及欧洲工程师 Jacques Souquet 在 1982 年为经食管电子相控阵探头的研发做出了重要贡献^[57]。早期应用经食管超声心动图的临床医生大部分来自于欧洲^[59]。

应用很大或很小的超声换能器研制超声成像是超声多功能性的一个例证。澳大利亚工程师 George Kossoff 别具匠心研发了一台用于全身检查的超声成像仪,称为 Octoson,它由 8 个非常大的围绕人体旋转的超声换能器组成,其产生的图像具有极高的分辨力和清晰度。与此相反,人们还可以微小的超声换能器安置在心导管头端从而插入心血管系统。20 世纪 60 年代 Reggie Eggleton 发明设计了以心导管为基础的超声成像系统,欧洲学者 Ciezynski 和日本学

者 Omoto 也有同样的发明。20 世纪 70 年代初, Nicholas Bom 等人报道了应用安置在心导管头端的由 32 个晶片组成的环阵探头进行的实时心内扫描^[60]。随着技术的进一步发展,可以将安置在心导管头端的超声换能器置入冠状动脉内进行检查,现在这种检查技术已经在临床与研究工作中应用了多年。克利夫兰医学中心的 Steven Nissen 可能是应用冠状动脉内超声技术最多的医生,他由此获得的研究成果使我们对冠状动脉粥样硬化的理解产生了革命性变化^[61]。

许多年来,人们一直对三维超声心动图的研发怀有浓厚的兴趣。经过不断的努力,利用复合二维扫描技术重建三维图像已经成为了现实^[62,63],一些复合三维超声仪已经进入临床应用。人们正在对实时三维超声的应用进行积极的研究,其中 Olaf vonRamm 和他的研究小组无疑是这一领域的领军人物^[64]。

便携式超声心动图仪的历史可以追溯到 1978 年^[65],然而,早期产品因为图像质量很不理想,所以难以进入临床应用。目前市场上已经有若干种便携式超声仪,其临床应用也日益普及。

超声心动图的记录

在超声心动图仪扫描技术研发与改进的同时,超声心动图的图像记录技术也一直在不断地发展。其实在刚开始的时候, Helmut Hertz 的主要研究兴趣就在于超声图像的记录技术而不是成像技术。他研发了喷墨技术,这项技术后来被证明具有极其重要的价值。在 20 世纪 60 年代初我首次使用超声仪的时候, Polaroid 照相机是记录 A 型和 M 型超声心动图的主要设备(图 1.8 和图 1.9)。但是这一技术方法存在许

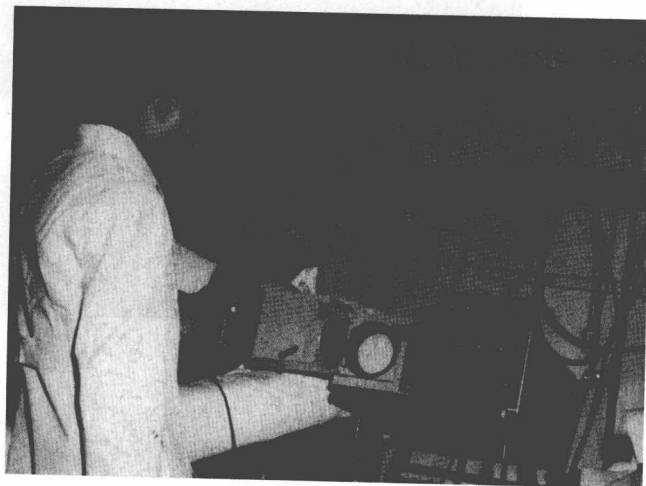


图 1.8 早期应用 Polaroid 照相机记录超声心动图的 M 型超声心动图仪