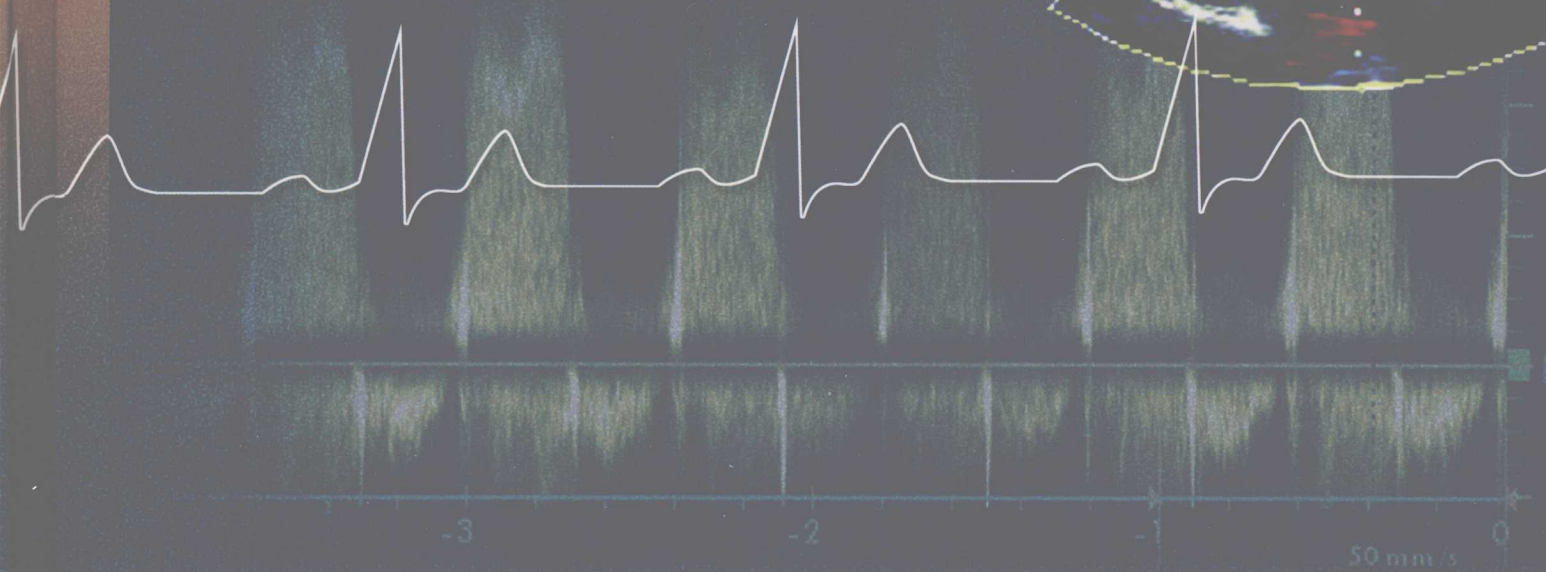
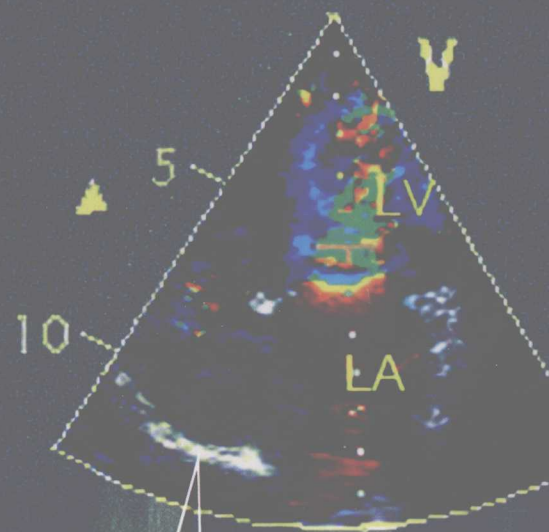


心脏瓣膜病

超声诊断

Ultrasonic Diagnosis
for Valvular Diseases

主 编 / 田家玮



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE

心脏瓣膜病 超声诊断

Ultrasonic Diagnosis for Valvular Diseases

主 编 田家玮

副主编 苏雁欣 陈 昕

编 者 (按姓氏笔画排序)

| | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 丁 萍 | 王晓然 | 孔凡树 | 田家玮 | 吕 焱 |
| 孙世红 | 孙立涛 | 杜国庆 | 苏 波 | 苏雁欣 |
| 杨志伟 | 李世斌 | 冷晓萍 | 张春颖 | 陈 宇 |
| 陈 昕 | 陈 萍 | 金 红 | 费洪文 | 徐宏伟 |
| 雷通光 | 廉 波 | 薛宪影 | 戴海鹏 | 鞠国华 |



人民卫生出版社

图书在版编目(CIP)数据

心脏瓣膜病超声诊断/田家玮主编. —北京:人民卫生出版社, 2007. 9

ISBN 978-7-117-08896-1

I. 心… II. 田… III. 心脏瓣膜疾病—超声波诊断
IV. R542. 504

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 097554 号

心脏瓣膜病超声诊断

主 编: 田家玮

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

网 址: <http://www.pmph.com>

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: 20.5

字 数: 590 千字

版 次: 2007 年 9 月第 1 版 2007 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-08896-1/R·8897

定 价: 129.00 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)



简介

田家玮,1980年毕业于哈尔滨医科大学临床医学系,1993年获中国医科大学硕士学位。现任哈尔滨医科大学附属第二医院超声科主任、教授、博士生导师、博士后流动站指导教师。并兼任中华医学会超声医学委员会常务委员;中国超声医学工程学会副会长;黑龙江省医学会超声专业委员会主任委员;黑龙江省超声医学工程学会理事长;中国超声医学工程学会超声心动图委员会副主任委员;中国医学影像技术研究会超声分会常务委员;中国医师协会超声分会常务委员;黑龙江省科学技术协会委员;《中华超声影像学杂志》常务编委;《中国医学影像技术》、《中国超声医学杂志》、《中国临床医学影像杂志》、《中华医学超声杂志》(电子版)等多种杂志编委。

20世纪90年代以来共出版专著14部,其中主编4部,副主编2部。分别由人民卫生出版社、中国协和医科大学出版社等国家级出版社出版。代表作是《心机疾病超声诊断》,人民卫生出版社2002年8月出版。另有“十五”重点攻关规划音像出版物卫生部医学视听教材一部,2006年由人民卫生出版社音像部出版发行。

荣获各级科研成果奖16项,其中国家卫生部、教育部、计划生育委员会科技进步二、三等奖3项,代表项目《胎儿心脏病的诊疗系列研究》2002年获国家教育部科技进步二等奖(第1作者);其他黑龙江省政府科技进步一、二、三等奖10项(前三名)。

现主持国家自然科学基金课题面上项目1项《模糊逻辑与超声技术匹配对乳腺癌早期诊断方法学研究》;合作国家自然科学基金课题1项;主持黑龙江省科技厅攻关项目、黑龙江省教育厅海外学人课题各一项。

共发表学术论文80篇:第一作者62篇(国家级47篇,均为核心期刊)。第二作者18篇(国家级15篇)。代表作 Transcranial color Doppler flow imaging in detecting severe stenosis of the intracranial vertebral artery: a prospective study 于2006年发表在美国 Journal of Clinical Imaging (SCI 收录),另一代表作 The Detection of Breast Cancer by a Novel Enhancement Algorithm Based on Fuzzy Logic and texture Analysis 为 ISTP 检索文章。

序

心脏瓣膜病(valvular heart disease)是指心脏瓣膜及其附属结构(如瓣环、腱索、乳头肌等)的解剖和(或)功能异常而引起的心脏损害。心脏瓣膜病的病因分为先天性和获得性两类。近年来,获得性心脏瓣膜病的常见病因发生了明显变化。在发达国家,二尖瓣脱垂和老年性退行性改变已成为心脏瓣膜病的主要病因,而风湿性心脏病的发病率逐年下降,但在发展中国家风湿性心脏瓣膜病仍是最常见的病因。在受累瓣膜中,二尖瓣病变约占60%~70%,二尖瓣合并主动脉瓣病变占20%~30%,单纯主动脉瓣病变占2%~5%,三尖瓣和肺动脉瓣病变极为少见。

对于心脏瓣膜病的诊断,病史采集和体格检查尤其是心脏听诊仍具有重要的价值。心电图、胸部X线检查、超声心动图和心导管检查是目前诊断心脏瓣膜病最常用的技术,其中超声心动图检查具有安全、无创、准确、价廉、方便等优点,因此受到临床医师和广大患者的青睐。在超声心动图检查中,用于诊断心脏瓣膜病的新技术日益增多,包括M型超声、二维超声、频谱多普勒、彩色多普勒、经食管超声、实时三维超声等。临床研究表明,超声心动图的各种定性和定量指标,对于心脏瓣膜病的诊断、治疗和预后具有极为重要的价值。随着临床经验的积累和验证,超声心动图已成为心脏瓣膜病诊断的金标准。

为了总结近年来国内外学者在心脏瓣膜病超声诊断领域中的临床经验和科研成果,使超声心动图技术更好地造福于广大患者,哈尔滨医科大学附属第二医院田家玮教授组织我国一批中青年超声诊断学专家,共同编写了《心脏瓣膜病超声诊断》一书。该书系统总结和介绍了该技术领域的基本技术、操作方法、测量指标和最新进展,资料翔实,内容丰富,叙述清晰,图文并茂。本书的一个突出特点是:作者积多年经验,总结出许多颇具实用价值的操作方法和技巧,这对于我国超声诊断专业的年轻和基层医生具有很强的指导作用。该书的另一特点是:全书配有800余幅图片,这些图片介绍了大量临床病例,是以往出版的同类专著中少见的。我相信,本书的出版对于我国超声心动图技术的进一步普及和心脏瓣膜病诊断准确率的提高,将起到积极的推动作用。因此,我愿意向超声医学界的同道和相关学科的医师郑重推荐此书,同时希望广大读者对于此书可能存在的缺点不吝指正,以利作者再版时修订。

中国工程院院士

张运

2007年3月5日

前言

瓣膜病(valvular diseases)是心脏疾病中发病率极高的一类疾病,也是临床超声心动图检查中检出率最高的疾病类别之一。早在 20 世纪 50 年代中期,瑞典医生艾德勒(Edler)等人通过实验对超声心动图鉴别心脏瓣膜异常的研究就作出了最初的贡献。中国医学科学工作者自 20 世纪 60 年代初开展了这一领域的研究和临床实践。经过半个世纪的努力,特别是近 20 多年来,伴随着现代超声诊断技术的迅猛发展和检测方法的日益丰富,使其成为临床诊断心脏瓣膜病不可或缺的手段,其检测方法越来越多样化,检测指标也越发精细。目前,除传统的 M 型和二维超声心动图外,常用的检测方法还包括频谱及彩色 Doppler 超声心动图、经食管超声以及三维超声心动图等。这些新技术的发展以及日益广泛的临床应用,已经积累了大量的经验和应用研究成果。因此,有必要对其进行一次全面地梳理和总结。

伴随着近年来超声检测技术在我国普及,各类超声仪和新检测方法的广泛应用,广大基层专业技术人员的诊断水平急需提高,特别是对最近 10 余年来不断涌现的新技术的掌握,在实践中也需要理论指导。《心脏瓣膜病超声诊断》的成书和出版,无疑可以在普及和提高新技术的应用方面提供重要的参考和借鉴。

心脏瓣膜病是心血管疾病中最常见的一类疾病,农村地区和从事体力劳动的人群发病率更高。提高这类疾病的诊断率,使之获得正确及时的治疗,是我国防治常见病、多发病需要解决的重要课题之一。提供一部较全面系统地论述心脏瓣膜病超声诊断技术的专著,对于满足心脏瓣膜病诊断领域的需求和促进该领域的进步都十分必要。本书的策划写作和出版正是基于以上理由。

2006 年 1 月,在人民卫生出版社的大力支持下,我们组织了哈尔滨医科大学附属第二医院和中国医科大学附属第一医院、广东省人民医院等多个单位的 25 位专家、教授及医学影像专业的博士进行了具体的策划和编写分工。此后,大家不分寒暑,不分节假,笔耕不辍,数易其稿,充分体现了严谨求实的工作精神。这里特别应该提到的是,在初稿撰写的过程中,为了使书稿内容和编排形式更加适合临床超声诊断医生的使用,曾多次与出版社的相关领导和出版专家进行讨论,得到了他们真诚且具体的指导。经过 1 年多的共同努力,在送走丙戌迎来丁亥的新春之际,终于完成了九章近 60 万字,800 余幅图片(其中黑白图片 500 余幅,示意图 37 幅,彩色图片 300 余幅)的写作和编辑工作。全书由田家玮进行统一编审、校订,具体分工(田家玮编写第一章;苏雁欣、杨志伟、孔凡树、孙世红、丁萍编写第二章;陈昕、金红、王晓然、徐宏伟、苏波、张春颖、薛宪影编写第三章;苏雁欣、陈昕、李世斌、鞠国华、陈宇、苏波编写第四章;孙立涛、陈萍编写第五章;冷晓萍、廉波编写第六章;苏雁欣、陈昕、费洪文编写第七章;杜国庆、吕

焱、雷通光、戴海鹏编写第八章；费洪文编写第九章)。本书是国内外第一部有关超声诊断心脏瓣膜病的专著，汇集了近些年来国内外众多学者的研究成果和实践经验，特别是哈尔滨医科大学附属第二医院 27 年来在该领域的工作积累。本书秉承了前一部专著《心肌疾病超声诊断》的特点，从解剖、病理、临床表现到超声诊断对心脏瓣膜病进行了较全面地阐述。同时本书更加强调超声诊断医生在实际工作中对诊断标准和具体操作技巧把握的内容，对临床一线工作的医生针对性更强，实用性更好。

在本书写作和编辑过程中，得到了国内许多著名专家的鼓励、支持、帮助，其中一些院校还提供了珍贵的图片。如：中国人民解放军总医院的李越教授、华中科技大学同济医学院附属协和医院的谢明星教授、广东省人民医院的何亚乐主任医师、黄新胜主任医师、上海复旦大学附属中山医院的舒先红教授、中国医科大学附属中山医院的任卫东教授及中国医科大学附属盛京医院的杨军副教授等，在此对他们无私的帮助表示由衷地感谢！另外在本书的图片整理和校对过程中，我科室的主治医师和我的博士、硕士研究生们作了大量的工作（任敏、刘宇杰、王寒梅、田永梅、姜双全、王影、王珍珍和刘娜娜），在此一并致谢！

我国心血管及超声诊断领域的中国工程院院士张运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，并欣然命笔为本书作序。至此书稿即将付梓出版之时，深表谢忱。

本书的编撰者以中青年为主，他们努力工作，事业心强，同时又有许多老一辈专家学者的真诚鼓励和支持。尽管有如此多的有利条件，但对这么一个重要领域的发展进行具有总结性的著述，实非易事。我们虽尽了最大的努力，然而缺憾和谬误难以避免，诚祈超声界前辈及专家同道赐教，以容再版时完善之。

主 编 田家玮

2007 年 3 月 5 日

目 录

第一章 心脏瓣膜病定义及其超声诊断技术回溯

| | |
|-----------------------------|---|
| 一、定义 | 2 |
| 二、超声波的发现及 M 型超声心动图的发展 | 2 |
| 三、二维超声心动图的发展 | 2 |
| 四、二维超声技术的进一步发展 | 3 |
| 五、多普勒超声技术的发展 | 4 |
| 六、三维超声技术的发展 | 5 |

第二章 心脏瓣膜病的超声诊断基础

| | |
|---------------------------|----|
| 第一节 心脏应用解剖学 | 8 |
| 一、心脏的位置及外形 | 8 |
| 二、心脏的结构 | 9 |
| 三、心脏大血管 | 12 |
| 四、心脏纤维性支架与心壁结构 | 12 |
| 五、心包与心包腔 | 13 |
| 六、冠状循环 | 13 |
| 第二节 心脏血流动力学 | 13 |
| 一、心动周期 | 13 |
| 二、心脏泵功能评价 | 13 |
| 三、血流动力学特点 | 14 |
| 第三节 心脏超声检查法及正常声像图 | 16 |
| 一、概述 | 16 |
| 二、二维超声心动图 | 17 |
| 三、M 型超声心动图 | 25 |
| 四、频谱多普勒超声心动图 | 30 |
| 五、彩色多普勒超声心动图 | 34 |
| 六、正常心脏瓣膜的超声心动图表现 | 38 |
| 第四节 心脏功能测定 | 44 |
| 一、左心功能测定 | 44 |
| 二、右心功能测定 | 50 |
| 第五节 超声新技术在心脏瓣膜病中的应用 | 52 |
| 一、经食管超声心动图 | 52 |

| | |
|-----------------|----|
| 二、三维超声心动图 | 56 |
| 三、组织多普勒成像 | 63 |

第三章 二尖瓣疾病

| | |
|----------------------|-----|
| 第一节 二尖瓣狭窄 | 70 |
| 一、风湿性二尖瓣狭窄 | 70 |
| 二、先天性二尖瓣狭窄 | 83 |
| 第二节 二尖瓣关闭不全 | 89 |
| 一、风湿性二尖瓣关闭不全 | 89 |
| 二、先天性二尖瓣关闭不全 | 95 |
| 第三节 二尖瓣脱垂 | 97 |
| 第四节 二尖瓣感染性心内膜炎 | 112 |
| 第五节 老年退行性二尖瓣疾病 | 121 |
| 一、二尖瓣钙化 | 121 |
| 二、二尖瓣黏液样变性 | 125 |

第四章 主动脉瓣疾病

| | |
|-----------------------|-----|
| 第一节 主动脉瓣狭窄 | 132 |
| 一、风湿性主动脉瓣狭窄 | 132 |
| 二、先天性主动脉瓣狭窄 | 138 |
| 第二节 主动脉瓣关闭不全 | 151 |
| 第三节 主动脉瓣脱垂 | 156 |
| 第四节 主动脉瓣感染性心内膜炎 | 164 |
| 第五节 老年退行性主动脉瓣疾病 | 175 |
| 一、主动脉瓣狭窄 | 175 |
| 二、慢性主动脉瓣反流 | 178 |

第五章 三尖瓣疾病

| | |
|----------------------|-----|
| 第一节 风湿性三尖瓣狭窄 | 186 |
| 第二节 三尖瓣关闭不全 | 188 |
| 第三节 三尖瓣下移畸形 | 196 |
| 第四节 三尖瓣感染性心内膜炎 | 204 |

第六章 肺动脉瓣疾病

| | |
|-------------------|-----|
| 第一节 肺动脉瓣狭窄 | 212 |
| 一、先天性肺动脉瓣狭窄 | 212 |
| 二、风湿性肺动脉瓣狭窄 | 223 |

| | | |
|-----|-----------------------|-----|
| | 三、其他原因所致的肺动脉瓣狭窄 | 223 |
| 第二节 | 肺动脉瓣关闭不全 | 223 |
| | 一、相对性肺动脉瓣关闭不全 | 224 |
| | 二、先天性肺动脉瓣关闭不全 | 226 |
| | 三、原发性肺动脉高压 | 228 |
| | 四、特发性肺动脉扩张 | 231 |
| 第三节 | 肺动脉瓣感染性心内膜炎 | 232 |
| 第四节 | 肺动脉瓣脱垂 | 236 |

第七章 多瓣膜病

| | | |
|-----|---|-----|
| 第一节 | 二尖瓣狭窄伴主动脉瓣关闭不全 | 240 |
| 第二节 | 主动脉瓣狭窄伴二尖瓣关闭不全 | 241 |
| 第三节 | 二尖瓣狭窄伴主动脉瓣狭窄、关闭不全 | 242 |
| 第四节 | 二尖瓣狭窄、关闭不全伴主动脉瓣关闭不全 | 244 |
| 第五节 | 二尖瓣狭窄、关闭不全伴主动脉瓣狭窄、关闭不全 | 244 |
| 第六节 | 主动脉瓣关闭不全伴二尖瓣关闭不全 | 246 |
| 第七节 | 二尖瓣狭窄伴三尖瓣狭窄、关闭不全 | 246 |
| 第八节 | 二尖瓣狭窄、关闭不全伴主动脉瓣狭窄、关闭不全 伴三尖瓣狭窄、关闭不全 | 247 |
| 第九节 | 超声心动图诊断价值 | 248 |

第八章 人工瓣膜

| | | |
|-----|----------------------------|-----|
| 第一节 | 人工瓣膜的结构种类和发展历史 | 250 |
| | 一、人工瓣膜的基本结构 | 250 |
| | 二、人工机械瓣 | 250 |
| | 三、人工生物瓣 | 252 |
| | 四、介入瓣膜支架 | 253 |
| 第二节 | 人工瓣膜的血流动力学 | 255 |
| | 一、周边血流式人工瓣膜 | 255 |
| | 二、中心血流式人工瓣膜 | 255 |
| 第三节 | 正常人工瓣膜的超声心动图特点 | 257 |
| | 一、超声心动图评价人工瓣膜的适应证 | 257 |
| | 二、人工机械瓣的超声心动图特点 | 257 |
| | 三、人工生物瓣的超声心动图特点 | 267 |
| | 四、经食管超声心动图对人工瓣膜的应用价值 | 275 |
| | 五、三维超声心动图对人工瓣膜的应用价值 | 277 |
| | 六、介入瓣膜支架的应用价值 | 277 |
| 第四节 | 人工瓣膜并发症的超声心动图特点 | 277 |
| | 一、人工瓣膜瓣周漏 | 277 |

| | |
|---------------------|-----|
| 二、人工瓣膜感染性心内膜炎 | 279 |
| 三、人工瓣膜血栓形成 | 281 |
| 四、人工瓣膜狭窄 | 284 |
| 五、其他并发症 | 286 |

第九章 其他系统疾病引起的瓣膜损害

| | |
|---|-----|
| 第一节 梅毒 | 292 |
| 第二节 系统性红斑狼疮 | 295 |
| 第三节 白塞病 | 300 |
| 第四节 其他风湿性疾病引起的瓣膜损害 | 302 |
| 一、类风湿关节炎 | 302 |
| 二、强直性脊柱炎 | 302 |
| | |
| 附录 1 2006 年 ACC/AHA 心脏瓣膜病指南—— 超声部分概要 | 305 |
| 附录 2 英中文名词对照表 | 313 |

第一章

心脏瓣膜病定义及其超声诊断 技术回溯

一、定 义

心脏瓣膜病是指病变累及心脏瓣膜,引起瓣叶、腱索、乳头肌和瓣环等形态结构异常、血流动力学改变及功能障碍,统称为心脏瓣膜病(valvular heart disease)。根据病因不同又可分为风湿性心脏瓣膜病和非风湿性心脏瓣膜病两类,非风湿性心脏瓣膜病包括先天性、感染性、老年退行性、瓣膜脱垂、瓣环特发性钙化性、肿瘤性、结缔组织病性、创伤性等。

心脏瓣膜病的诊断技术自 20 世纪 50 年代以来出现了多种手段,其中超声心动图在诊断心脏瓣膜病方面发展迅速,已取得若干个里程碑式的成果,以下对其作一简要回顾。

二、超声波的发现及 M 型超声心动图的发展

1880 年,法国著名物理学家皮埃尔·居里(Curie P, 1859-1906)和他的哥哥雅克·居里(Curie J, 1855-1941)共同发现石英一类非对称性晶体物质具有压电效应,两年之后,又发现它的逆效应。所谓压电效应即指非对称性晶体在电的作用下通过自身变化充当声波的发射和接收器,这些声波由于频率很高(20 000Hz 以上),远远超过人的听觉频率,故称超声波。

20 世纪 50 年代,瑞典学者艾德勒(Edler I)、赫兹(Hertz C.H)在心脏诊断的超声应用方面做出了奠基性贡献。他们最初的实验数据来自动物实验,使用的仪器是反射式一维超声检测仪。实验开始于 1953 年,使用了离体的垂直悬吊的牛心,通过诱导阶段的左室压力改变,产生人工导致的瓣膜运动。同时,应用超声对这种人工操纵的解剖标本的运动进行记录,并作了一种体外的实验工作,他们对腔室大小、壁厚度以及血管和血栓大小的活动图像的可靠性进行了证明。可以说,应用这些手段,艾德勒和他的同事们已能够显示和鉴别后来在 M 型超声心动图上识别的大多数心脏结构。1954 年,他们将在动物实验上获得的结果用于对人类活体心脏的检测,其结果是超声对人体心脏各个部分的检测信号均可以在活体上获得,心脏各部分结构的运动均可以连续被记录下来。艾德勒等人的上述实验中最有意义的进展是证明了用超声方法在人类活体受检者身上能够识别心脏各结构的实时反射(real-time reflections)。他们研制的装置所记录的“心脏活动曲线”被命名为“超声心动图”(ultrasound cardiogram)。此后的数年,随着超声仪的改进,艾德勒等人的工作集中在对二尖瓣异常运动的波形研究上,不久二尖瓣狭窄的运动特点在超声心动图上得以鉴别。超声诊断心脏病的能力的提高,激发了许多研究者的兴趣。50 年代后期艾德勒等人的另一项工作是对三尖瓣超声图像识别的研究。1960 年,艾德勒等人在第三届欧洲心脏病学术会议上放映了一段介绍他们工作的影片,影片对二尖瓣和主动脉瓣狭窄、多瓣膜病、左心房肿块以及渗出性心包炎等的超声心动图表现进行了演示。1961 年,他们又发表了题目为《超声心动图学》(Ultrasound cardiography)综述,直到 1972 年仍然是最全面的。1972 年,美国印第安纳大学医学院(Indiana University School of Medicine)的杜哈奇(Duchak J.M)和费根鲍姆(Feigenbaum H)等描述了 M 型超声心动图对二尖瓣后叶进行观测的技术,对检测二尖瓣狭窄的能力有了显著提高。

三、二维超声心动图的发展

二维超声心动图记录的是来自心脏的“圆饼形切面”(pieshaped slice)的反射声波,因此提供的是全平面的结构信息(断层扫描图)。这种技术的发展开始于 20 世纪 50 年代初,早期的二维图像是从获取静态图像开始发展起来的。1952 年,美国人怀尔德(Wild J.J)和里德(Reid J.M)试验了第一台二维扇型超声扫描仪。这是一种使用单一晶体的机械超声检测仪(mechanical echoscope),其探头仅能获取一个静态切面超声图像,因此,最初的试验并没有用在运动的肝脏上,而是对相对固定的人类乳房肿瘤组织进行了探测。同年,另外两位科学家豪雷(Howrey D.H)和布利斯(Bliss W.R)及其他研究者也研制了类似的仪器,被称作“声纳仪”(sonoscope)。1957 年,怀尔德等对仪器进行了改进,并对被切除的离体人类心脏

(excised human heart)进行了切面超声检测,所获得的切面图像(cross-sectional images)显现了心肌疤痕、左冠状动脉和主动脉等结构,并于当年将这一结果在《美国心脏学杂志》(Am.Heart. J)上公布。

在美国人对二维超声技术进行不断地研究和改进的同时,日本的研究人员也开始在这一领域扮演重要的角色,他们在20世纪60年代取得了一系列的成果。首先,在1962年,日本鹿儿岛大学(Kagoshira University)的永山(Nagayama T)等人首先在世界上用活体显示了人类二维超声心动图。此后的10余年间,日本的研究者对该技术进行了不断改进和优化。他们提出对这一技术的各种命名如“Ultrasonic Cardiokymography”、“Ultrasonotography”等都显示出提供“断层图像”的独特能力。1965年,另一些日本学者虾名(Ebina T)等展示了一台机械旋转式单晶体超声仪,并开始用这台仪器进行了最初的临床实验研究。1967年,他们发表了系列研究报告。在此期间,虾名等人的一个重要进展是创建了一种在进行超声扫描时同时显示心电图的技术,这一技术在二维超声还只能获取静态图像的情况下,提供了一种能在心脏循环运动周期的时间选择的参考,使获取的图像能够较精确地知道是在心脏运动的哪一个区间。

20世纪60年代末至70年代初,二维超声技术又有了突破性进展。美国从50年代末开始将一些军事上应用的技术转移到对超声仪的改进上,例如:平面位置显示器(plan position indicator, PPI)技术。1969年,芝加哥的Magnaflux公司推出一种实时机械扇形超声扫描仪,虽图像质量较差,噪音较大,但实现了心脏活动的同步显示。1971年,一位荷兰的工程师博姆(Bom N)与兰斯(Lancee C.T.)等研制了第一台实用的实时超声扫描仪,这台仪器提供了一个阵列晶体的快速电子激发技术,首次使用了20个宽度为0.4mm的平行排列晶体片,因此,真正在实用意义上显示出实时扫描的超声切面图。尽管当时的图像清晰度还不够理想,但这是二维超声心动图仪在技术上具有里程碑式的进步。1973年,博姆、兰斯与克洛斯特(Kloster F.E)等人发表了他们用这台仪器进行实验性检测的一个样本为150位患者的经验总结报告。一时间该样机成为许多同行仿制的样板,美国的国立卫生研究院(NIH)、印第安纳大学(Indiana University)、杜克大学(Duke University)以及苏格兰的麦克迪肯(McDiken W.M)等均成功地制成这种超声仪,为二维超声心动图在临床的广泛应用起到巨大的推动作用。

四、二维超声技术的进一步发展

在二维超声的扫描技术上,20世纪60至70年代取得的成果是极为关键的。首先是系列压电晶片与抛物状凹面镜组合系统的发明,使换能器发射的声束能够改变角度平行地进入人体,并能以同样的方式返回,这使切面图像的产生成为可能。1962年,阿斯伯格(Asberg A)首次报道了上述技术的应用。此后出现的二维超声心动图扫描技术均是在此基础上的发展。另一个重要的扫描技术进展是与机械扫描技术几乎同时出现的电子扫描技术。1968年,萨默(Sommer J.C)以《电子扇形扫描—用于超声诊断的扫描技术》(Electronic Sector-Scanning for ultrasonic diagnosis)为题,发表了对电子扇形扫描(electronic sector scanning)原理的阐述。1974年,基斯洛(Kisslo)、冯·拉姆(Von Ramm O.T)和瑟斯通(Thurstone F.L.)根据萨默提出的原理,研制成功相控阵超声系统(phased array ultrasound system),并应用于对心脏的探查。探头由32个晶片组成,由微型电子计算机控制,实现了声束的自动转向和进行扇形扫描。电子探头经过20余年的发展出现了几种类型,这些类型的探头主要是根据晶体在探头内的排列方式和声束的运动方式的不同进行组合,如:线阵探头、凸阵探头、环阵探头等。随着临床应用中出现的各种需要,又出现了各种专用探头,如:穿刺探头、直肠探头、经尿道探头、经阴道探头和食道探头等。

20世纪80年代后,由于电子计算机技术的高速发展以及在各个领域的广泛应用,超声心动图仪也开始了其数字化进程。1981年,美国ATL(Advanced Technology Laboratories)公司开始进行全数字超声研究和开发计划。1984年,推出了第一台数字声束超声设备,实现了部分关键技术的数字化。1987年,完成了全数字化技术,并推出第一台商品化设备(超8)。1991年,全数字高清晰度超声系统(超9)完成商

品化开发。1993年,推出第一台全数字化彩色多普勒超声设备(超9 HDI)。此后,每两年左右推出一代数字化程度更高的超声诊断仪。与此同时,美国的惠普公司(Hewlett Packard, HP)也于1981年开始将强大的计算机技术与医用超声诊断系统相结合,到1997年推出新一代全数字化彩色超声仪,其间已发展了30多种升级和换代产品。20世纪90年代以来,由于医学超声诊断技术的高速发展,数字化水平不断提高,超声诊断设备在医院应用的日益普及,使其市场份额越来越大。因此,世界上的一些大的跨国公司开始介入这一领域,如美国的通用电器公司(General Electric Company, GE)于2000年8月在其GEMS的基础上又先后收购了6家IT公司,重新组建了GEMSIT (GE Medical Systems Information Technologies)。与此同时,西门子(Siemens)公司、飞利浦(Philips)公司都通过重组加强了在这一领域的竞争力。跨国公司在这一领域不断增强的投入,预示21世纪这一领域的技术发展会进一步加快。

五、多普勒超声技术的发展

奥地利数学家和物理学家多普勒(Doppler C.J.1803-1853)1841年获得数学教授职位,并在布拉格的技术学院教授应用几何学。1842年,他在那里首先提出了他的著名理论。他观测到发光体的色彩与发声体的发声强度一样,随着物体和观测仪的来回运动发生变化,这就是光线的多普勒效应。多普勒最初将其理论应用于天文学,他推论宇宙中的星球在远离地球或朝向地球运动时,色彩会发生变化。事实上发生色彩变化的推论是错误的,但是他在解释这种变化所使用的原理是正确的,因为波的频率会随着观察者与波源(星体)的相对运动而产生明显的变化,而且这一原理适用于包括光波、声波在内的一切波现象。应用这一原理的一个最重要的实验也来自于天文学。1929年,美国天文学家哈勃(Hubble E.P. 1889-1953)使用当时最大的天文望远镜观测来自远距离星系的光频率变化时,发现在连续观测的运动星系时,一些星系发出的光会逐渐变红(频率下降)。他由此论证,这些星系根据其相对速率正在远离我们地球,这一现象后来被概括为星系红移与距离之间的线性关系,即哈勃定律。哈勃的发现导致现代宇宙起源论——宇宙大爆炸理论的产生。

多普勒的理论在声学方面也得到了证实,1845年,荷兰攻读博士学位的学生巴洛特(Ballot B)进行了著名的声学实验,声波的多普勒效应被实验进一步验证。1850年,多普勒成为维也纳皇家帝国大学(Royal Imperial University of Vienna)的实验物理学教授,他担任这一职位直到逝世。1901年,维也纳大学为这位卓越的科学家在大学校园建立起永久性半身塑像,以纪念这位学者的贡献。早期对多普勒效应的实验和研究为20世纪50年代开始的在生物医学领域的应用奠定了基础。

1954年,美国的卡尔马斯(Kalmus H.P)首先认识到多普勒原理在心血管诊断方面的潜在用途,他设计了一个血管内的声学流量计,测量了血液流动时声音频率的差别。

1956年,日本学者里村茂夫(Shigeo Satomuta,1920-1960)等人使用了连续的超声束经胸壁发射到心脏,并接收从心脏各结构的反射声波,这一过程由于经历了声波频率的转变,产生了多普勒效应。他们应用这一方法首先对心脏的运动和各瓣膜开闭时间进行了探测。里村茂夫等人发现:声波发射的音量大小和方向随着心脏运动的速度和方向发生频率变化,反射声波的频率与靶标物的各组成部分的速度成比例。多普勒效应的这种应用能力后来被证明在测量等容舒张期时有价值。因此,对与舒张功能有关的各种疾病状况有诊断价值。

1961年,美国学者拉什默(Rushmer R.F)、富兰克林(Franklin D)和贝克(baker D.W)成功地设计了通导时间血流计,研制出最早的连续多普勒超声仪,并报告了用超声后散射的多普勒频移检测血流的新技术。对主动脉血流速度的多普勒测量的潜在价值,最早是在动物实验中取得的。实验使用了一对插入的晶体,以记录声音呈45°发射穿透血流的速度变化。后来证明对主动脉血流的测量也适用于人体。在60年代,人们已经能够记录到某些疾病状况下升主动脉血流图形的特殊变化。

1970年,心脏多普勒分析技术取得了一项重要的进展,这就是由美国华盛顿大学的贝克教授等人

报告的有效范围内的选通脉冲,即脉冲多普勒检查技术。在此之前的连续多普勒技术虽能够测定血流速度,但无法确定血流的部位和深度,也不能对各结构和腔室中的血流进行有效的鉴别,因此临床应用有限。而脉冲多普勒则可选择性探测某一特定深度和部位的血流方向、状态和速度。基于这一原理,贝克等人正确地记录了心脏各部位的杂音定域、孔口的喷射直径以及肺血流的测量,从而取得了对心脏杂音的准确鉴别。由于脉冲多普勒技术良好的应用前景,使工业制造界对开发这一技术使之商品化产生兴趣。贝克研究小组与美国的高技术实验室(Advanced Technology Laboratories,ATL)进行了密切合作。1975年,第一台拥有零检测器的商品化脉冲多普勒超声诊断仪由ATL公司正式推出。此后,在70年代中后期一个最重要的进展就是数字分析技术的引入。在Honeywell的两位学者格赛特(Gessert)和泰勒(Taylor)将傅立叶级数分析应用于对多普勒信号的处理,建立了脉冲多普勒信号的快速傅立叶分析,这是一项数字频谱分析技术,利用这项技术可以加工处理线性信号和来自血流速度的区域二维显像。

在脉冲多普勒技术出现后不久的1974年,霍莱恩(Holen J)等人论证了测量多普勒血流速度和压力梯度变化曲线的相互关系,形成了对瓣膜和血管狭窄、修复后的瓣膜评估,以及反流或分流喷射速度造成的房室压力变化评估的依据。1976年,霍莱恩等和哈特尔(Hatle L)等又同时发表了评估二尖瓣口区域的方法,即通过压力半时值法对二尖瓣区的计算方法,以及肺动脉压和主动脉狭窄变化率的测量方法。到20世纪80年代初,用连续波方法对狭窄进行量化的能力,用脉冲方法对反流或分流导致的湍流的探测能力组合的多普勒超声技术,成为临床超声心动图领域广泛采用的技术。

20世纪80年代,多普勒诊断技术走向了全数字化的进程。70年代末80年代初,美国华盛顿大学的另一个研究小组的布兰德斯蒂尼(Brandestini M.A)等发明了一种多通道多普勒系统。该系统可以同时为数个区域的血流速度进行测量,其技术特点主要是通过数字处理系统的常规M型超声心动图上附加的彩色编码来显示血流速度。

1982年,美国加利福尼亚大学(University of California)的博默尔(Bommer J)和米勒(Miller L)对这种“实时二维彩色多普勒血流图”的临床应用进行了报告。与此同时,日本的研究者北畑(Kitabatake K)和生川(Namekawa K)等人也发展了自己的基于彩色编码二维超声血流图的“血流显像系统”,其中包括能满足进行快速资料分析要求的自相关方法的建立。1983年,由日本阿洛卡公司(Aloka)推出了世界上首台商用二维实时彩色多普勒系统。1984年,第一本有关彩色多普勒的著作也由日本学者尾本良三(Omoto R)正式出版,书名为:《实时二维多普勒超声心动图彩色频谱》(Color Atlas of Real-time Two-Dimensional Doppler Echocardiography)。20世纪90年代后,由于数字化水平的不断提高,使这一技术日益完善。近些年来,一种被称为多普勒组织成像(Doppler tissue imaging)的多普勒新技术已被多家制造商开发成产品。这种技术可以对收缩期和舒张期小范围心肌运动的速度进行直接检测,因此已从最初仅仅作为一种科研工具发展到目前广泛应用的临床诊断工具。

进入90年代,由于彩色多普勒超声心动技术的进一步数字化,其功能更加强大,特别是第五代数字化彩色多普勒超声仪的推出,为各种类型心脏病的诊断提供了强大的技术支持,如:二次谐波造影成像技术(CSI)、心肌能量显示技术(PMI)、脉冲反相谐波成像技术(PIHI)、扩展组织谐波频移技术(THI)、多普勒组织成像(DTI)、心肌超声组织定征(MUMC)、心肌背向散射(MBP)、实时组织追踪图(TT)、定量组织速度成像(QTVI)技术等,尤其是实时三维超声心动图的临床应用,使心脏瓣膜病的诊断进入了新的历史阶段。

六、三维超声技术的发展

20世纪70年代,Deker和Matsumoto就开始进行三维图像重建的研究,由于计算机运算速度较慢,而且图像采集、数据处理等过程过于繁杂,故未能进行临床应用。到20世纪90年代,随着计算机技术的进步,美国Pandian、Randa、Roelandt和Ghosh等学者通过不懈努力,使这项融图像处理、图形生成和人

机交互于一体的新技术得以长足进步,由薄壳样图像发展到准动态灰阶三维超声心动图,主要用于准确检测心脏功能。

1990年,美国杜克大学的 Von Ramm 等成功研制了实时容积超声成像系统, Kossoff 等使用新的、特制的矩阵式排列相控阵探头,以期在屏幕上显示心脏的三维图像。2000年,已有多家公司(如飞利浦、通用电气公司等)致力于此方面的研究,终于研制并成功推出可以进行临床应用的实时三维超声心动图。它可以在屏幕上实时显示心脏的立体结构,从不同角度进行切割,显示纵向和横向的若干不同深度的切面,甚至可以将三个纵切面或两个相互垂直的实时动态图像同屏显示。该技术对心脏瓣膜病的诊断是一重要补充,可显示各瓣膜的平面图,尤其对于二维超声根本无法显示的三尖瓣和肺动脉瓣短轴平面图亦可清晰显示,有利地弥补了二维超声的不足。三维超声心动图是超声心动图领域的重大技术突破,为临床提供了一个无创观测心脏解剖立体形态的新视窗。

展望未来,伴随着方兴未艾的信息技术革命,21世纪将会有更加强大的计算机支持的彩色多普勒超声仪出现,对包括心脏瓣膜病在内的心血管疾病的诊断将会提供更加精确、更加可靠的依据,超声技术在疾病诊断等方面的应用会有更加广阔的前景。

参 考 文 献

- 1 周永昌,郭万学. 超声医学. 第五版. 北京:科学技术文献出版社,2006
- 2 Joseph G. Murphy (美). Mayo Clinic 心脏病学. 王海昌,贾国良 主译. 西安:第四军医大学出版社,2003
- 3 李治安. 临床超声影像学. 北京:人民卫生出版社,2003
- 4 李志平,张福利,刘武顺. 中西医学史. 北京:人民卫生出版社,1999
- 5 焦明德,田家玮,任卫东. 临床多普勒超声学. 北京:中国协和医科大学出版社,1999
- 6 王新房. 超声心动图学. 第三版. 北京:人民卫生出版社,1999
- 7 李佩珊,许良英. 20世纪科学技术简史. 第二版. 北京:科学出版社,1999
- 8 李源德. 临床超音波心电图学. 台湾:联经出版事业公司,1992
- 9 上海市超声医学研究组. 超声诊断学. 第二版. 上海:上海科学技术出版社,1978
- 10 Feigenboun H. Echocardiography. 6th.Edition. U.S.A:Lea and Febiger,2005
- 11 Lee HSJ. Dates in Cardiology.UK:The Parthenon Publishing Group,2000
- 12 Bing RJ. Cardiology: The Evolution of the Science and the Art. 2nd.Edition. U.S.A:Rutgers University Press,1999
- 13 Sebastian AA. Dictionary of the History of Medicine. UK: The Parthenon Publishing Group,1999
- 14 Feigenboun H. Echocardiography. 5th.Edition. U.S.A:Lea and Febiger,1994
- 15 Nanda N. Doppler Echocardiography. 2nd.Edition. U.S.A and UK:Lea and Febiger,1993
- 16 Edler I,Hertz CH. The early work on ultrasound in medicine at the University of Lund. J Clin Ultrasound,1977,5:352-356
- 17 Feigenboun H. Echocardiography. 2nd Edition. U.S.A:Lea and Febiger,1976