

Practical Intracardiac
Echocardiography in Electrophysiology

实用心内超声心动图及其 在心律失常中的应用

Jian-Fang Ren, Francis E. Marchlinski
David J. Callans, David Schwartzman

编著



齐欣 郭继鸿 主译



天津科技翻译出版公司

Practical Intracardiac
Echocardiography in Electrophysiology

实用心内超声心动图及其 在心律失常中的应用

作者: 陈永强, 陈永强, 陈永强
主编: 陈永强, 陈永强, 陈永强

第1版



第1版 第1次印刷



人民卫生出版社

实用心内超声心动图及其 在心律失常中的应用

Practical Intracardiac Echocardiography
in Electrophysiology



天津科技翻译出版公司

著作权合同登记号:图字 02-2006-91

图书在版编目 (CIP) 数据

实用心内超声心动图及其在心律失常中的应用/(美)任建方(Ren,J.)
等编著;齐欣等译.—天津:天津科技翻译出版公司,2010.3

书名原文:Practical Intracardiac Echocardiography in Electrophysiology
ISBN 978-7-5433-2432-9

I. 实… II. ①任… ②齐… III. 心律失常-超声心动图-诊断
IV. R541.704

中国版本图书馆CIP数据核字 (2010) 第032417号

This edition is published by arrangement with Blackwell Publishing Ltd, Oxford. Translated by Tianjin Science & Technology Translation & Publishing Co. from the original English language version. Responsibility of the accuracy of the translation rests solely with Tianjin Science & Technology Translation & Publishing Co. and is not the responsibility of Blackwell Publishing Ltd.

中文简体字版权属天津科技翻译出版公司

授权单位: Blackwell Publishing Ltd.

出版: 天津科技翻译出版公司

出版人: 蔡颢

地址: 天津市南开区白堤路 244 号

邮政编码: 300192

电话: 022-87894896

传真: 022-87893482

网址: www.tsttpc.com

印刷: 山东临沂新华印刷集团有限公司

发行: 全国新华书店

版本记录: 787×1092 16 开本 15.5 印张 150 千字 配图 101 幅

2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷

定价: 158.00 元

(如发现印装问题,可与出版社调换)

译者名单

主 译 齐 欣 北京医院
郭继鸿 北京大学人民医院

译 者 (按姓氏笔画排序)

王 龙 北京大学人民医院
王 欣 中国医师报
李 康 北京医院
李 晶 北京医院
钟 优 北京医院

中译本序一

心血管疾病诊断治疗技术日新月异。超声心动图学作为心脏内科最基本的无创性检查方法,是近年来发展最快的影像学技术之一。它不仅应用于日常的心脏结构和功能的检查,而且逐渐深入到临床的各个领域,特别是随着心内电生理技术的进展,采用导管射频消融技术治疗心律失常成为越来越重要的治疗方法,而射频消融技术日益要求精确显示心脏的解剖结构。心内超声心动图学就是适应介入医学的发展而出现的新技术。心内超声心动图可以精确显示心脏和邻近脏器的结构,进行介入性治疗的监测和心腔内结构的显示,观察心脏血流动力学的变化。这本《实用心内超声心动图及其在心律失常中的应用》,详细介绍了目前应用不多的心内超声心动图在射频治疗心律失常中的应用,包括心内超声心动图的基本概念、超声显像设备、超声导管、仪器调节、右心房置管技术、心内超声心动图的显像技术,以及心内超声心动图在心律失常治疗中的应用和手术过程中可能出现的并发症及其识别方法。

该书图文并茂,深入浅出,即使是非超声心动图专业的医师,亦能在心律失常的消融治疗中通过心内超声心动图显像获益。相信这部书的出版发行定能为临床电生理学家和超声心动图领域的专业人员提供有较大实用性的参考。

钟晓简

2009年10月1日

中译本序二

心内超声心动图(ICE)是适应介入医学的发展出现的新技术,随着心脏射频消融技术领域中新概念不断地出现和发展,目前的学术观点对和很多心律失常的发生与维持有关的特殊解剖结构和位点的作用更为重视。这一新的认识已转变为有效的、以解剖学为基础的消融策略。因此,以解剖学为基础的显像技术变得更为重要,介入性心脏电生理学迫切需要在手术治疗过程中能直接显示心脏的解剖结构。心内超声心动图正是恰逢其时,满足了这一需要。心内超声心动图通过血管途径入路,可以精确地显示心脏、大血管和邻近的非心脏结构,评价心脏功能,密切监测并发症。本书阐述了如何在心脏电生理手术中优化心内超声心动图图像,描述了这一新兴技术在心律失常诊断治疗中的应用。本书包括有500多幅图片,可以作为临床工作的实用图谱。通过阅读本书,即使不是超声心动图领域的专业人员,也可以较容易和有乐趣地获得心内超声心动图在心律失常手术中应用的相关知识。

本书分为12章。第一章描述心内超声心动图的基本概念。第二章主要介绍超声显像设备、超声导管、仪器调节及右心导管技术,同时介绍了有关图像优化的方法、多普勒技术,以及如何识别出ICE图像的超声伪影。第三章主要介绍ICE显像技术,重点介绍探头的放置和如何显示特殊的心脏结构,特别是与心律失常相关的心脏结构。第四章介绍常见的心脏解剖和功能异常。接下来的6章涵盖了目前ICE在临床中的应用,包括:引导和监测经间隔穿刺术(第五章),标测/消融不适当窦性/房性心动过速、心房颤动、室性心动过速及预激综合征(第六至第十章)。ICE显像最重要的应用之一在于能及时有效地识别手术过程中出现的并发症,避免危及生命。第十一章在各章介绍并发症的基础上详细描述了这些并发症。第十二章介绍了ICE在动物中的试验应用。

本书的译者均为临床一线的心脏科医生,他们中有经验丰富、学富五车的著名专家,也有朝气蓬勃、积极向上的年轻医生,正是他们的辛勤工作,使我们能够尽早阅读到本书。本书是反映这一领域最新进展的专著,相信本书的出版发行定能为广大心脏电生理医师、心脏超声医师提供有益的参考。

何青

2009年10月1日

前言

介入性心脏电生理学的发展大大刺激和促进了心内超声心动图(ICE)的巨大进步。介入性心脏电生理学迫切需要在导管操纵及消融手术治疗过程中能直接显示心脏的解剖结构。低频(12.5~9MHz)机械超声导管及近来出现的带有彩色多普勒显像的电子相控阵超声诊断导管满足了这些需要:通过血管途径精确显示心脏和邻近的非心脏结构,评价心脏功能及密切监测并发症。《实用心内超声心动图及其在心律失常中的应用》一书试图为电生理学家和超声心动图学家提供这样一个信息:ICE在电生理检查和治疗过程中具有非常重要的作用和意义。书中提供了有关心脏电生理检查ICE最佳显像技术的指南。此外,本书还描述了在电生理诊疗术中新的和目前应用还不多的ICE显像技术及临床应用。本书还可作为实用图谱使用,书中包括有500多幅图片,其中大部分为彩色图片。读者不必是超声心动图领域的专业人员,也能从电生理检查中应用心内显像而获益。

本书共分为12章。第一章描述心内超声心动图的基本概念。第二章介绍超声显像设备、超声导管、仪器调节和右心置管技术,同时介绍了有关显像优化的方法、多普勒技术,以及如何识别ICE图像的超声伪像。第三章介绍ICE显像技术,重点介绍探头的优化放置和如何显示特殊的心脏结构,特别是与心律失常相关的心脏结构。第四章介绍常见心脏解剖和功能异常。接下

来的6章涵盖了目前ICE在临床中的应用,包括:引导和监测经间隔穿刺(第五章),标测和消融不适当窦性/房性心动过速、心房颤动、室性心动过速及预激综合征(第六至十章)。ICE显像最重要的应用之一在于能及时有效地识别手术过程中出现的并发症,避免危及生命。第十一章在各章介绍并发症的基础上详述了这些并发症的监测和早期诊断。第十二章介绍了ICE在动物猪的实验应用。

本书是各位作者共同努力而完成的,全体作者的辛勤工作才使本书能够出版发行,我向他们表示最诚挚的谢意。我非常荣幸能够和Francis E. Marchlinski, David J. Callans及David Schwartzman一同工作,正是和他们合作迎来了事业的成功。非常感谢Acuson Siemens Medical Solutions USA, Inc.公司的技术,特别是他们给我提供了参与AcuNav教学培训课程的机会。在教学过程中,我有幸结识了这么多热情的超声界和电生理界的同仁,他们迫切希望学习这种新技术和显像应用,进一步了解他们的需求,促使我致力于这种令人兴奋的新领域。同时,本书的出版发行也离不开Blackwell出版公司全体人员的大量辛勤工作。最后,借此机会再一次向这几年与我一起不知疲倦工作的Pennsylvania大学卫生中心的同事表示最诚挚的谢意。

Jian-Fang Ren
(任建方)

目 录

第一章 心内超声心动图:基本概念	1
第二章 超声显像设备和右心导管技术	5
第三章 超声显像技术和心脏结构	18
第四章 心脏电生理诊疗术中常见的心脏解剖及功能异常	41
第五章 心内超声显像在经间隔穿刺术中的应用	56
第六章 心内超声显像在不适当窦性和房性心动过速射频导管消融术中的应用	74
第七章 心内超声显像在心房纤颤射频导管消融术中的应用	88
第八章 超声探头位左心腔内显像	117
第九章 心内超声显像在室性心动过速射频导管消融术中的应用	150
第十章 心内超声显像在Ebstein畸形患者射频导管消融术中的应用	168
第十一章 射频消融术并发症的监测和早期诊断	180
第十二章 在动物实验性电生理检查中的应用	208

心内超声心动图:基本概念

概 述

心内超声心动图(ICE),亦称为心内超声导管显像,可以从心腔或大血管内显示心脏的结构。基于导管技术的ICE随着设备的进步有了很大的发展:从单晶体探头和M型探头^[1,2]的简单设备,发展至目前的伴有脉冲波/连续波多普勒以及彩色血流的、具有更高分辨力的二维显像技术,能更好地评价血管和心腔内结构。

发展简史

在过去的15年中,随着探头逐渐变小以及微电子技术和压电晶体技术的发展,ICE成为评价心脏结构和功能的有价值的工具。ICE在不透光的血液中有优秀的空间和时间分辨率,因而优于其他任何技术^[3-7]。在20世纪70年代末和80年代初期,实时M型超声心动图用于心腔内显像的实验^[8,9]。20世纪90年代,在动物模型中使用改良的低频(5或7MHz)经食道探头作为超声导管进行心腔内显像的研究,但是因为探头体积较大(24~30Fr),并没有在临床中应用^[5,6,10,11]。1990年,一种高频(20MHz)血管内超声导管用于心腔内显像^[12],但是由于其较弱的组织穿透性,不适宜作为心脏结构的显像。这种很有发

展前景的技术的主要障碍之一就是ICE低频导管的体积较大。直到20世纪90年代初期,12.5 MHz (6Fr,mechanical system,Boston Scientific Co,Watertown,MA)和10MHz (10Fr,mechanical system, Cardiovascular Imaging System,Sunnyvale,CA)超声导管的出现,这种技术才应用于临床。由于其容易显示心脏的精细解剖结构和功能,低频超声导管探头便迅速在临床应用起来^[13-15]。对ICE在诊断心脏结构和功能、指导射频消融治疗以及指导房间隔穿刺术上的临床有效性和安全性都有详尽的描述^[13-20]。随着超声频率的进一步降低,采用9MHz超声导管(9Fr,Boston Scientific,Co.,Watertown,MA)与采用12.5MHz和10MHz导管相比,ICE能获得更深部的结构显像,加强了其显像能力^[21,22],但是对于成年人或扩大的心脏,ICE仍不能从右心房或右心室满意地获得左心结构的显像。最近,一种新型的5.5~10MHz、10Fr且具有脉冲波/连续波多普勒以及彩色血流的电子相控阵超声导管已经开发出来(AcuNav,Siemens Medical Solutions USA, Inc., Mountain View, CA)。这种超声导管可以显示左心的结构,可以定位标测/消融导管,还可以评价肺静脉血流^[23-25]。这种超声导管有柔软、易弯曲的头部,在介入性心脏电生理检查中,具有更高分辨力和更深穿透性,可以从右心房观察左心的情况^[24,26-27]。

ICE在电生理中的应用

在过去的20年中,介入心脏电生理手术几乎都是在X线透视的指导下完成的。虽然这种二维的剪影式显像提供了心脏解剖的大体情况,但是如果要将心腔内导管定位于某一特定部位,还需要丰富的经验。尽管如此,随着介入电生理手术越来越复杂,要求精确显示出心内解剖结构和介入导管的情况,所以经食道超声心动图已作为X线透视的主要补充,用于显示心内结构,以指导射频消融和房间隔穿刺术等介入手术^[28-32],并用于评价/监测穿刺导管装置的放置^[33,34]。尽管如此,还是有一些不利因素限制了经食道超声心动图在介入诊治手术中的常规应用,包括:经食道超声心动图探头的长时间放置,需要对患者进行深度镇静和(或)全身麻醉^[30,35];迷走神经刺激的危险可能成为一种严重的并发症;以及为了显示心脏的某一特殊结构经食道显像平面定位受限问题^[10]。新型基于导管的机械环形显像的ICE(9MHz,9Fr),已经证实其在指导房间隔穿刺时具有较好的安全性和有效性^[22]。在对右心进行依赖解剖结构的消融术中,如在窦房结消融术中^[36],这种新型的ICE可以实时引导和监测导管的位置,监测电极与组织的结合程度和稳定性,以及评估靶点损伤的情况。电子相控阵ICE与经食道超声心动图相比,可以提供相似的、较精细的心脏解剖和功能显像,特别是左心的显像,但其不受到在有限食道腔里操作的限制。机械环形显像导管具有固定的超声频率和刚性探头头部,而电子相控阵ICE导管具有可变的超声频率(5.5~10MHz)和可弯曲的探头头部,可提供更精细和更深部

的显像,甚至可用于心脏扩大患者^[24]。它可以应用多普勒和彩色血流显像,评价心房、心室及大血管的血流动力学状态。这种新技术的另一个好处是,显像导管在整个手术过程中可以安全地始终放置于患者的右心中,且患者耐受良好^[24]。ICE在电生理诊疗手术中的作用在临床中已得到了进一步的验证,它不仅可以引导房间隔穿刺和辅助导管在右心的放置,而且可以指导左心标测/消融导管的放置,例如指引导管放置在肺静脉口或主动脉瓣尖^[37-39]。在肺静脉消融术中,它可以快速测量肺静脉血流速度并识别出有血流动力学意义的狭窄^[25]。它有助于及时发现术中出现的并发症,如左心房血栓形成^[40]和心包积液,以便及时做出处理,避免出现严重的后果^[24]。最近,ICE在左心房后壁邻近食道位置行射频导管消融术中,曾通过实时评价消融病灶进展情况,防止了食道的损伤^[41,42]。此外,正确应用这些强有力的影像工具还可以减少医务人员和患者的射线暴露时间,这也是ICE引导手术的另一个优点^[16,20,22]。

展 望

ICE预示着一个以导管为基础的心内超声显像技术新时代的来临。可以预计在不久的将来,随着多平面计算机重建三维成像技术的出现将会有进一步发展^[43,44],可以提供更快速而有效的诊断、引导和监测。目前还没有与使用超声导管直接相关的并发症的报道,随着ICE的进一步改进完善和小型化,将会扩大其临床应用,在诊断和治疗性介入电生理手术特别是在针对心室内膜和(或)心外膜的室性心律失常的射频消融术中,将更加方便有用。

参考文献

- Cieszynski T. Intracardiac method for the investigation of structure of the heart with the aid of ultrasonics. *Arch Immun Ter Dosw* 1960; **8**: 551-553.
- Kossov G. Diagnostic applications of ultrasound in cardiology. *Australas Radiol* 1996; **10**: 101-106.
- Seward JB, Khandheria BK, Oh JK, et al. Transesophageal echocardiography: technique, anatomic correlations, implementation, and clinical applications. *Mayo Clin Proc* 1988; **63**: 649-680.
- Bom N, ten Hoff H, Lancee CT, Gussenhoven WJ, Bosch JG. Early and recent intraluminal ultrasound devices. *Int J Card Imaging* 1989; **4**: 79-88.
- Schwartz SL, Pandian NG, Kusay BS, et al. Real-time intracardiac two-dimensional echocardiography: an experimental study of in vivo feasibility, imaging planes, and echocardiographic anatomy. *Echocardiography* 1990; **7**: 443-456.
- Seward JB, Khandheria BK, McGregor CGA, Locke TJ, Tajik AJ. Transvascular and intracardiac two-dimensional echocardiography. *Echocardiography* 1990; **7**: 457-464.
- Seward JB, Packer DL, Chan RC, Curley M, Tajik AJ. Ultrasound cardioscopy: embarking on a new journey. *Mayo Clin Proc* 1996; **71**: 629-635.
- Conetta DA, Christie LG, Pepine CJ, Nichols WW, Conti CR. Intracardiac M-mode echocardiography for continuous left ventricular monitoring: methods and potential application. *Cathet Cardiovasc Diagn* 1979; **5**: 135-143.
- Glassman E, Kronzon I. Transvenous intracardiac echocardiography. *Am J Cardiol* 1981; **47**: 1255-1259.
- Valdes-Cruz LM, Sideris E, Sahn DJ, et al. Transvascular intracardiac applications of a miniaturized phase-array ultrasonic endoscope: initial experience with intracardiac imaging in piglets. *Circulation* 1991; **83**: 1023-1027.
- Ren JF, Schwartzman D, Michele JJ, et al. Lower frequency (5 MHz) intracardiac echocardiography in a large swine model: imaging views and research applications. *Ultrasound in Med & Biol* 1997; **23**: 871-877.
- Weintraub AR, Schwartz SL, Smith J, Hsu TL, Pandian NG. Intracardiac two-dimensional echocardiography in patients with pericardial effusion and cardiac tamponade. *J Am Soc Echocardiogr* 1991; **4**: 571-576.
- Pandian NG, Kumar R, Katz SE, et al. Real-time intracardiac two-dimensional echocardiography: enhanced depth-of-field with a low frequency (12.5 MHz) ultrasound catheter. *Echocardiography* 1991; **8**: 407-422.
- Schwartz SL, Gillam LD, Weintraub AR, et al. Intracardiac echocardiography in humans using a small sized (6 French), low frequency (12.5 MHz) ultrasound catheter: methods, imaging planes, and clinical experience. *J Am Coll Cardiol* 1993; **21**: 189-198.
- Schwartz SL, Pandian NG, Hsu T-L, Weintraub A, Cao Q-L. Intracardiac echocardiographic imaging of cardiac abnormalities, ischemic myocardial dysfunction, and myocardial perfusion: studies with a 10 MHz ultrasound catheter. *J Am Soc Echocardiogr* 1993; **6**: 345-355.
- Chu E, Kalman JM, Kwasman MA, et al. Intracardiac echocardiography during radiofrequency catheter ablation of cardiac arrhythmias in humans. *J Am Coll Cardiol* 1994; **24**: 1351-1357.
- Mitchel JF, Gillam LD, Sanzobrino BW, Hirst JA, McKay RG. Intracardiac ultrasound imaging during transseptal catheterization. *Chest* 1995; **108**: 104-108.
- Hung J-S, Fu M, Yeh K-H, Wu C-J, Wong P. Usefulness of intracardiac echocardiography in complex transseptal catheterization during percutaneous transvenous mitral commissurotomy. *Mayo Clin Proc* 1996; **71**: 134-140.
- Ren JF, Schwartzman D, Lighty GW, et al. Multiplane transesophageal and intracardiac echocardiography in large swine: imaging technique, normal values and research applications. *Echocardiography* 1997; **14**: 135-147.
- Kalman JM, Olgin JE, Karch MR, Lesh MD. Use of intracardiac echocardiography in interventional electrophysiology. *PACE* 1997; **20**[Pt.1]: 2248-2262.
- Ren JF, Schwartzman D, Callans D, Marchlinski FE, Gottlieb CD, Chaudhry FA. Imaging technique and clinical utility for electrophysiologic procedures of lower frequency (9 MHz) intracardiac echocardiography. *Am J Cardiol* 1998; **82**: 1557-1560.
- Ren JF, Schwartzman D, Callans DJ, Brode SE, Gottlieb CD, Marchlinski FE. Intracardiac echocardiography (9 MHz) in humans: methods, imaging views and clinical utility. *Ultrasound in Med & Biol* 1999; **25**: 1077-1086.
- Packer DL, Stevens CL, Curley MG, et al. Intracardiac phased-array imaging: methods and initial clinical experience with high resolution, under blood visualization - initial experience with intracardiac phased-array ultrasound. *J Am Coll Cardiol* 2002; **39**: 509-516.
- Ren JF, Marchlinski FE, Callans DJ, Herrmann HC. Clinical use of AcuNav diagnostic Ultrasound catheter imaging during left heart radiofrequency ablation and transcatheter closure procedures. *J Am Soc Echocardiogr* 2002; **15**: 1301-1308.
- Ren JF, Marchlinski FE, Callans DJ, Zado ES. Intracardiac Doppler echocardiographic quantification of pulmonary

- vein flow velocity: an effective technique for monitoring pulmonary vein ostia narrowing during focal atrial fibrillation ablation. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2002; **13**: 1076–1081.
- 26 Cooper JM, Epstein LM. Use of intracardiac echocardiography to guide ablation of atrial fibrillation. *Circulation* 2001; **104**: 3010–3013.
- 27 Marrouche NF, Martin DO, Wazni O, *et al*. Phased-array intracardiac echocardiography monitoring during pulmonary vein isolation in patients with atrial fibrillation: impact on outcome and complications. *Circulation* 2003; **107**: 2710–2716.
- 28 Goldman AP, Irwin JM, Glover MU, Mick W. Transesophageal echocardiography to improve positioning of radiofrequency ablation catheters in left-sided Wolff-Parkinson-White syndrome. *Pacing Clin Electrophysiol* 1991; **14**: 1245–1250.
- 29 Lai WW, al-Khatib Y, Klitzner TS, *et al*. Biplanar transesophageal echocardiographic direction of radiofrequency catheter ablation in children and adolescents with the Wolff-Parkinson-White syndrome. *Am J Cardiol* 1993; **71**: 872–874.
- 30 Saxon LA, Stevenson WG, Fonarow GC, *et al*. Transesophageal echocardiography during radiofrequency catheter ablation of ventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 1993; **72**: 658–661.
- 31 Drant SE, Klitzner TS, Shannon KM, Wetzel GT, Williams RG. Guidance of radiofrequency catheter ablation by transesophageal echocardiography in children with palliated single ventricle. *Am J Cardiol* 1995; **76**: 1311–1312.
- 32 Tucker KJ, Curtis AB, Murphy J, *et al*. Transesophageal echocardiographic guidance of transseptal left heart catheterization during radiofrequency ablation of left-sided accessory pathways in humans. *Pacing Clin Electrophysiol* 1996; **19**: 1702–1703.
- 33 Ge S, Shiota T, Rice MJ, Hellenbrand WM, Sahn DJ. Images in cardiovascular medicine: transesophageal ultrasound imaging during stent implantation to relieve superior vena cava to intra-atrial baffle obstruction after mustard repair of transposition of the great arteries. *Circulation* 1995; **91**: 2679–2680.
- 34 Fenske W, Pfeiffer D, Babic U, Luderitz B. Images in cardiovascular medicine: multiplane transesophageal imaging during transcatheter closure of an atrial septal defect. *Circulation* 1997; **96**: 1702–1703.
- 35 Jaarsma W, Visseer CA, Suttorp MJ, Haagen FDH, Ernst SMPG. Transesophageal echocardiography during percutaneous balloon mitral valvuloplasty. *J Am Soc Echocardiogr* 1990; **3**: 384–391.
- 36 Ren JF, Marchlinski FE, Callans DJ, Zado ES. Echocardiographic lesion characteristics associated with successful ablation of inappropriate sinus tachycardia. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; **12**: 814–818.
- 37 Lamberti F, Calo L, Pandozi C, *et al*. Radiofrequency catheter ablation of idiopathic left ventricular outflow tract tachycardia: utility of intracardiac echocardiography. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2001; **12**: 529–535.
- 38 Marchlinski FE, Lin D, Dixit S, *et al*. Ventricular tachycardia from the aortic cusps: localization and ablation. In: Raviele A, ed. *Cardiac Arrhythmias*. Springer-Verlag Italia, Milan, 2003: 357–370.
- 39 Callans DJ, Ren J-F. Ablation of ventricular tachycardia: can the current results be improved using intracardiac echocardiography? In: Raviele A, ed. *Cardiac Arrhythmias*. Springer-Verlag Italia, Milan, 2003: 451–462.
- 40 Ren JF, Marchlinski FE, Callans DJ. Left atrial thrombus associated with ablation for atrial fibrillation: identification with intracardiac echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2004; **43**: 1861–1867.
- 41 Ren JF, Marchlinski FE, Callans DJ. Esophageal imaging characteristics and structural measurement during left atrial ablation for atrial fibrillation: an intracardiac echocardiographic study (abstr). *J Am Coll Cardiol* 2005; **45**: 114A.
- 42 Ren JF, Callans DJ, Marchlinski FE, Nayak H, Lin D, Gerstenfeld EP. Avoiding esophageal injury with power titrating during left atrial ablation for atrial fibrillation: an intracardiac echocardiographic study (abstr). *J Am Coll Cardiol* 2005; **45**: 114A.
- 43 Okumura Y, Watanabe I, Yamada T, *et al*. Comparison of coronary sinus morphology in patients with and without atrioventricular nodal reentrant tachycardia by intracardiac echocardiography. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004; **15**: 269–273.
- 44 Ren JF, Marchlinski FE. Intracardiac ultrasound catheter imaging for electrophysiologic substrate of AV nodal reentrant tachycardia: anatomic versus electrophysiologic evidence (editorial comment). *J Cardiovasc Electrophysiol* 2004; **15**: 274–275.

Jian-Fang Ren, MD, & Francis E. Marchlinski, MD

(齐欣 译)

超声显像设备和右心导管技术

显像设备和超声导管技术

目前有两种类型的实时超声导管显像系统。

电子相控阵超声导管 (AcuNav) 扇形显像系统

ICE 显像可以使用 Sequoia 超声系统 (Acuson Corporation, Siemens Medical Solutions USA, Inc.) (图 2.1) 并通过应用 AcuNav 诊断超声导管 (图 2.2) 来实现。此导管为 10Fr, 头部带有 64 晶体前向界面矢量的相控阵探头, 沿着长轴方向扫描。提供二维 90° 扇形切面 (图 2.3) 和 M 型 (图 2.4) 显像技术, 组织穿透深度达 16cm。这种导管可用各种不同的超声频率 (5.5, 7.5, 8.5 和 10MHz) 显像, 并具有四方向灵活转动的头部 (160 度前后或左右偏转), 以及彩色血流 (图 2.5) 和脉冲/连续波多普勒显像功能 (图 2.6)。根据我们使用这套系统的经验, 本章将对这套系统进行详细描述。

机械超声导管环形显像系统

ICE 显像也可以应用 Hewlett-Packard Sonas 血管内显像系统完成, MHz 导管超声探头来实现。(EP Technologies™, Boston Scientific Co., San Jose, California, USA)。此



图2.1 Acuson(Sequoia)超声心动图仪, 主要控制键盘在显示屏下方。此系统通过Swiftlink导管连接插口 (箭头) 与AcuNav诊断超声导管相连。

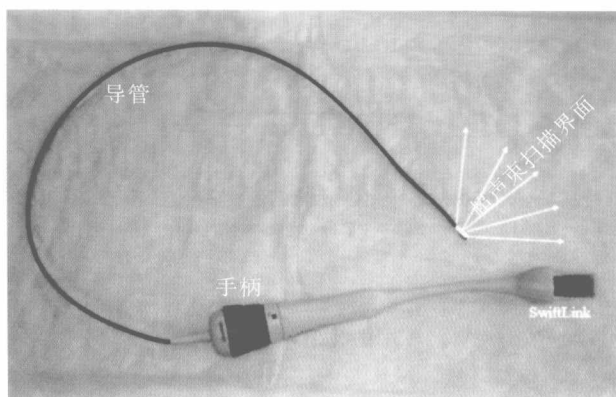


图2.2 AcuNav诊断超声导管：可控弯曲的头部（超声束扫描界面），SwiftLink基座，手控制钮，包括探头前后和左右偏转方向控制及转向定位的阻力控制。

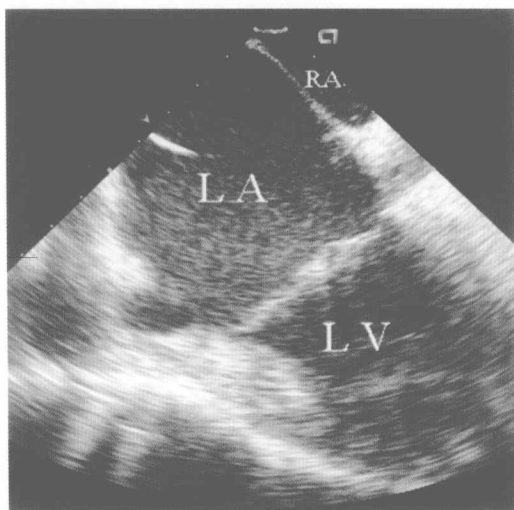


图2.3 ICE图像。探头置于高位右心房(RA)的房间隔一侧显示成90°扇形二维切面，显示左心房(LA)和左心室(LV)。

探头装在一根 9Fr(110cm 长)的聚乙烯导管壳内，并有一个小的超声晶体镶嵌在导管顶部，可由 600 转/分的外置马达驱动。超声束由单晶体聚焦元件以 10°前倾角顶端界面发射(图 2.7)。以导管探头为中心旋转产生环形实时显像图(图 2.8)。帧频达到 30 帧/秒时，图像的径向深度可以达到大约 6~8cm。最佳轴向分辨力为 0.2~0.3mm。这种导管超声技术已应用于引导房间隔穿刺

术，而且在某些电生理手术(如室上性心动过速的射频消融术)中特别有价值。这种技术的主要局限性在于没有多普勒功能和导管头不能偏转弯曲(详见第三章)。

与基础诊断超声物理原理相关的技术控制

显像控制

有几种钮可调节 ICE 显像的质量，特别是 AcuNav 超声导管的显像质量。这些控制钮可以改变探头的频率、显像的深度以及时间-增益补偿(深度补偿)^[1]，这对于特定靶目标心脏结构的二维显像非常重要。然而，这些控制钮的错误使用会明显降低显像的质量。因此，透彻了解它们的功能非常重要。首先，必须根据显像目标深度选择一个合适的超声频率。超声束的频率是轴向分辨力的重要决定因素之一，轴向分辨力代表沿着轴向超声束传播方向区分不同结构的能力。增加超声频率可以提高轴向显像质量。但是组织穿透性会降低，因此减少显像深度。AcuNav 导管应用 7.5MHz 可以满足大多数心脏结构的显像。图2.9 显示超声频率是如何影响显像质量和深度

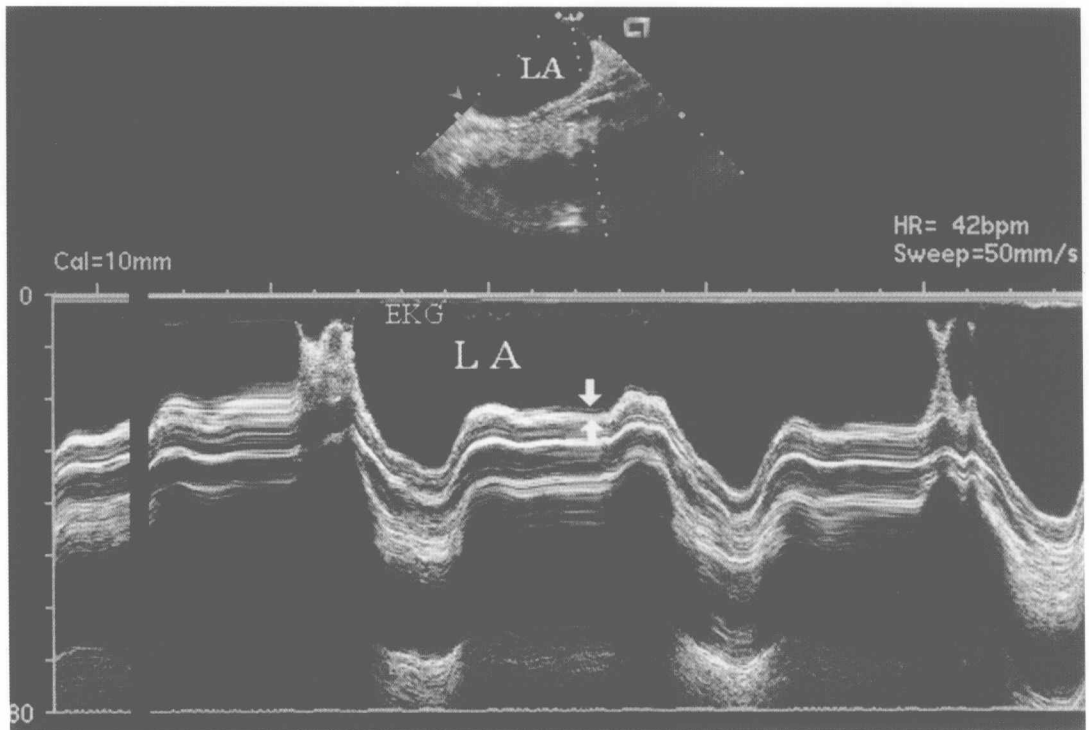


图2.4 M型ICE图像。探头置于右心房,显示左心房(LA)壁的厚度(箭头之间,舒张期为2.5mm)和心动周期中的运动。

的。基于此原理,对于近场(深度浅)结构的显像可以选择较高频率(例如 8.5 或 10MHz),而远场结构(深度大)的显像则选择较低频率(5.5MHz)。超声束的宽度或探测用超声脉冲宽度是侧向分辨力的重要决定因素之一,侧向分辨力代表沿着垂直于超声束轴向传播方向区分不同结构的能力。使用最小的增益或使超声束聚焦可以增强侧向分辨力^[2]。

Acuson 显像系统有一系列控制杆,可以进行不同深度的补偿控制,用以改变贯穿整个深度的相对增益(图 2.10,箭头)。深度补偿控制有时使人困惑,对于临床电生理学家来说常难于掌控。如果明白了使用这种控制可以补偿超声声束通过心脏结构

时的衰减,就比较容易理解如何来使用这种控制了。例如,当 ICE 探头放置在主动脉根部或增厚的右心房间隔时,应该增加增益以便优化近场结构(如主动脉瓣或右肺静脉口)的显像。但是在行经胸超声心动图检查时,常调节增益来抑制近场的回声而增强远场的回声。此外,当使用深度-增益补偿或其他调节装置进行机械环形 ICE 显像时,则必须露出导管顶部的超声探头,特别是在使用长鞘时。否则,紧密包裹的鞘管将会严重衰减显像。最后,可以通过调节图像旋转按钮来控制环形显像的方位。

多普勒显像的调节

AcuNav 超声导管显像系统中,脉冲或

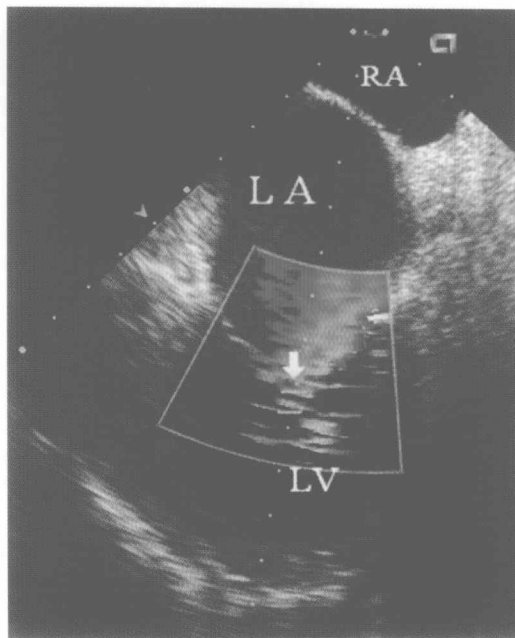


图2.5 ICE多普勒彩色血流显像。探头位于右心房(RA),显示左心室(LV)流入道,血流(蓝色,箭头)从左心房(LA)进入左心室。

连续波多普勒及彩色血流多普勒显像有几种专用的调节钮。多普勒频谱和彩色血流显像可用于评价血流情况和血流动力学。从多普勒超声心动图上获得的信息包括血流是否存在以及其方向、速度和流动特性(层流或湍流)。在识别血流紊乱和流速变化方面,多普勒有不可超越的优势,特别是在静脉结构和跨瓣膜行射频导管消融术时。

从移动目标反射的超声频率与超声探头发射的超声频率是不同的。这种效应称为多普勒频移。例如,当目标朝向探头运动时从移动目标反射的超声频率(f_r)高于发射频率(f_t),而当目标背离探头运动时移动目标反射的超声频率(f_r)低于发射频率(f_t)。多普勒频移(f_d)为(从探头)发射频率和(从移动目标,如血液细胞)反射频率的差值。多普勒方程是表示移动目标的速

度(v)和多普勒频移(f_d)之间关系的数学表达式,如下所示^[2]:

$$f_d = f_r - f_t$$

$$f_d = 2f_t \cdot v \cdot \cos\theta / c$$

$$v = f_d \cdot c / 2 f_t (\cos\theta)$$

式中, c 是声音的速度, θ 是超声束路径与目标移动方向之间的夹角。

正如多普勒方程式所示,由于声音在被测介质(血液或心脏组织)中的传播速度理应是恒定的,而且发射频率是已知的,所以速度是多普勒频移和角度的函数。上述方程表明,多普勒频移和速度的关系是该角余弦值的函数。如果根据多普勒频移计算速度,角度就变得非常重要。例如,如果角度 $\leq 20^\circ$,血流速度的低估百分数为 $\leq 6\%$ ^[3],可以忽略不计。但是,随着角度增大时,低估血流速度的最大低估值会增大(图2.11)。当角度达到 90° 时, $\cos\theta$ 为0,检测不到多普勒速度。因此,当超声束平行于(假设角度为 0° ,则 $\cos\theta$ 为1)移动目标(血流)时,可以获得最精确的多普勒速度(图2.11)。应用脉冲多普勒时,需要用跟踪球钮将取样容积定位于目标位置,尽量保持超声束与目标血流平行,以便精确地测量特定深度和部位的血流速度。应用脉冲多普勒测定的最大血流速度受脉冲重复频率(PRF)和探头频率的限制(最大速度 $= \text{PRF} \cdot c / 4 f_t \cos\theta$)^[4],后者取决于最大测量深度。当血流速度超过最大测量速度(多普勒频移的Nyquist极限 $= \text{PRF}/2$)时,产生混叠,高于此极限的速度重叠在对侧坐标的最大值上,从而不能测出实际的最大值。但是,通过降低发射频率(f_t)或增加角度 θ 可以减小混叠。还可以通过减小取样深度来增加测得的最大速度,或通过调整频谱基线的位置,消除混叠,增加某方向上速度的偏移。高脉冲重复频率(HPRF)超声可以在更