

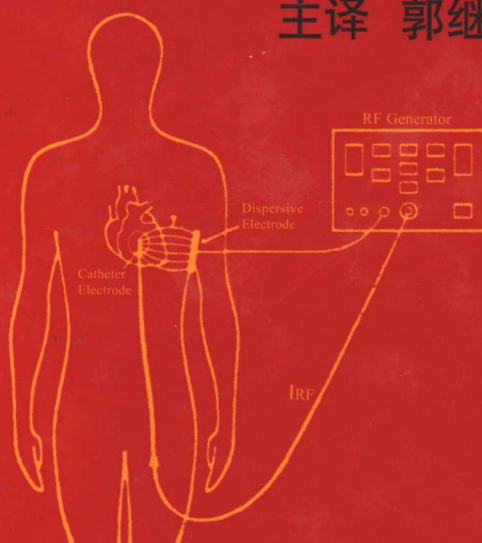
心律失常的 射频消融术治疗

基本概念及临床应用

第2版

主编 Shoeni K. Stephen Huang
David J. Wilber

主译 郭继鸿 刘峰



北京大学医学出版社

心律失常的射频消融术治疗

基本概念及临床应用

(第2版)

主 编 Shoci K. Stephen Huang David J. Wilber

主 译 郭继鸿 刘 峰

北京大学医学出版社

XINLU SHICHANG DE SHEPIN XIAORONGSHU ZHILIAO

本书由美国 Futura Publishing Company, Inc. 授权北京大学医学出版社（北京医科大学出版社）在中国出版。未经出版者预先书面许可，不得抄袭或以任何方式复制本书的任何部分。

北京市版权局著作合同登记号：01—2002—3303

图书在版编目 (CIP) 数据

心律失常的射频消融术治疗：基本概念及临床应用/郭继鸿，刘峰译. —北京：北京大学医学出版社，2003.4
ISBN 7-81071-392-2

I. 心… II. ①郭…②刘… III. 心律失常—射频
—导管治疗 IV. R541.705

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 013950 号

北京大学医学出版社出版发行

(100083 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内)

责任编辑：张枢贤 常元勋

责任校对：齐欣

责任印制：郭桂兰

莱芜市圣龙印务书刊有限责任公司印刷 新华书店经销

开本：787mm×1092mm 印张：48.5 彩页：9 页 字数：989 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月第 1 次印刷 印数：1—3000 册

定价：169.00 元

版权所有 不得翻印

谨以此书献给我的孩子 Priscilla, Melvin 和 Jessica
献给我的母亲 Shing-Tzu Lin 和我的已故父亲 Yu-Shih
Huang

Shoei K. Stephen Huang

本书首先献给芝加哥大学我的同事及合作伙伴，他们为本书
付出了技巧、奉献和热忱，并献给我的夫人 Sandy 和女儿
Jesse。

David J. Wilber

译校人员名单

主 译 郭继鸿 刘 峰

译校人员名单 (以姓氏笔画为序)

王立群	北京大学人民医院
王 斌	北京大学航天中心医院
王智勇	内蒙古自治区医院
田福利	中国人民解放军 251 医院
朱克明	浙江黄岩市第一人民医院
许 原	北京大学人民医院
刘 峰	浙江温州心血管病医院
刘维宇	天津武警总医院
李上共	浙江温州医学院第一附属医院
李学斌	北京大学人民医院
李 晟	浙江温州医学院第一附属医院
李 鼎	北京大学人民医院
李海鹰	浙江温州医学院第一附属医院
沈法荣	浙江省人民医院
吴寿岭	华北煤炭医学院附属开滦医院
吴高俊	浙江温州医学院第一附属医院
林 丛	浙江温州心血管病医院
林 荣	福建泉州市第一医院
张海澄	北京大学人民医院
金伟东	江苏省无锡市第三医院
赵 旭	浙江黄岩市第一人民医院
洪 江	北京大学人民医院
柳 茵	青海医学院附属医院
郭继鸿	北京大学人民医院
黄卫斌	福建厦门市中山医院
曾刚焕	浙江温州心血管病医院

译者序言

我们怀着十分崇敬的心情完成了本书的翻译。

本书的主编 Shoen K. Stephen Huang 教授是射频消融技术的先驱者，他于 1985 年在 *Circulation* 杂志上发表了题为《闭胸经导管射频消融房室结—导管消融的新方法》(*Close-chest catheter desiccation of atrioventricular junction using radiofrequency energy: A new method of catheter ablation*) 的文章，首次向全世界的学术界介绍了射频消融术。S. K. Huang 教授是一位华裔，他的这一举世瞩目的成就是全世界炎黄子孙的骄傲。随后，他主编了《心律失常的导管射频消融术治疗》这一专业巨著，并于 1994 年出版，这是第一部有关射频消融术的大型专著，其内容丰富，涵盖了这一技术涉及到的几乎所有内容，是一部不可多得的专业参考书、教科书。此后的几年，他又将该书进行扩增与修订，及时出版了第二版，信息含量及内容的水平比第一版有了大幅度的提高，该书的绝大部分作者是该领域重要的实践者及学科带头人，使本书具有当之无愧的权威性。

射频消融术于 1987 年开始应用于临床，成为多种快速性心律失常的根治性治疗手段。十五年来，射频消融术的技术、使用的导管等器械以及临床应用的范围出现了令人难以置信的进展，目前已是心血管疾病最重要的几乎又是惟一的根治性治疗方法。相比之下，冠状动脉的成形术，风湿性心脏瓣膜病的球囊扩张术、心肌病的多种介入性治疗只能属于部分缓解和改善疾病病理变化的方法，并未达到实质性的根治。目前，世界上已有几十万的患者受惠于射频消融术，使长期缠身的心律失常得以根除。

他山之石，可以攻玉。本书的全体翻译人员将这位永载史册的射频消融术的奠基者之一 S. K. Huang 在 21 世纪出版的最新著作 *Radiofrequency Catheter Ablation of Cardiac Arrhythmia* 翻译成中文读本，旨在使心脏电生理界的同仁分享这一领域十几年来研究成果和智慧的结晶，并借此推动和提高我国射频消融术治疗心律失常的水平。

在本书翻译出版过程中，SARS 恶魔肆虐我国，本书译著者之一刘维宇教授在抗击 SARS 的战斗中不幸以身殉职，英勇献出风华正茂的年轻的生命的生命，我们深感悲痛和永远的怀念。

本书未设主校，但张海澄教授对多数章节做了悉心修改，实际起到了主校的作用，在此对他的辛勤劳动和付出表示诚挚的感谢！

尽管本书的译者都已竭尽全力力求翻译的完美，但这并不意味着本书的翻译

2 心律失常的射频消融术治疗

已尽善尽美，肯定还存在不少错误和不妥之处，在此恳请读者及医学同道不吝赐教，予以斧正。

郭继鸿 刘 峰

2004 年 3 月

序 言

近 20 年,我们目睹了心律失常患者治疗模式的彻底变革。在射频消融术时代之前,心律失常的治疗属于症状缓解式的,需要终生的抗心律失常药物治疗。即使这种药物治疗有效,患者也会面临潜在或严重的药物不良反应的危险,而且还要承受长期药物治疗的巨额经济负担。

1982 年,我们开创了直流电导管消融术治疗心律失常的技术,最初用于药物治疗无效的室上性心动过速病人的房室结消融。这一技术存在许多难以克服的缺点。虽然可使患者避免药物治疗,但房室结消融后的病人将成为起搏器依赖者,对于心房颤动的病人仍然需要抗凝治疗。

1987 年,应用射频能量进行心律失常的导管消融治疗的临床首例得到成功,射频这种形式的能量有着很多重要的特征(见第 1~4 章),其允许将一定级别的能量释放到局部的心肌,这恰与高能量的直流电消融术的特点相反,后者释放的能量将引起较大面积的心肌损伤。

射频消融术治疗心律失常技术问世之后已取得了飞速的发展,目前对于绝大多数的室上性心动过速的患者,射频消融术已成为首选的治疗方法(见第 7~14, 20~28 章)。此外,对于有器质性心脏病患者伴发的室性心动过速的标测和射频消融术治疗也出现了显著的进步(见第 32、33 章)。

导管射频消融术治疗心房颤动,是近年来该项技术最重要的进展,这些治疗包括心房组织的线性消融(见第 18、19 章),以及对心房颤动的发生有触发作用的局灶组织的消融(见第 17 章)。

Huang 和 Wilber 合著的本书对于心脏电生理学的学者和专科医生,以及从事导管射频消融术的一般心脏科医师都是一部非凡之作。在快速发展的领域,常因出版周期较长,使某些著作出版之时其内容就已相对过时。但本书则不然,由于编辑、主编和全体作者者的共同努力,使本书为迅速发展的射频消融技术的所有方面都提供了最新、最前沿的信息。本书不仅为读者提供了所需的有深度、有广度的理论方面的论述,还介绍了丰富的临床应用的经验性资料,这将为临床医生应用射频消融术这一治疗技术提供十分丰富的知识,并能提高对这一技术的悟性。

本书是第二版,涵盖了这一领域近年来所有的进展,我们应当感谢和庆贺作者与编辑的出色工作。毫无疑问,本书将为我们拓宽这一领域的知识起到巨大作用。事实上这也是心脏电生理学科发展的必由之路,即对心律失常更深层次的理

2 心律失常的射频消融术治疗

解将会引出更新治疗方法的问世,对于心房颤动尤其如此。我们感谢本书作者为我们提供了这一领域最新信息的平台,受其启发,将会有更新的技术和方法出现。

美国加州旧金山医学中心
Melvin Scheinman 教授

前 言

1987年射频消融术治疗心律失常开始应用于临床，十二年过去了，这种治疗的新技术当时只有少数特殊的中心才能开展，但目前已发展为很多医院临床常规的治疗手段。北美起搏和电生理学学会（NASPE）在1989~1993年进行过志愿登记。在这段时间内，登记的射频消融术病例数量在美国每年从500例增长到近1万5千例。截止到1998年，根据工业及保险业的统计估计，美国已有8万~10万人接受过射频消融术治疗。而全世界范围内的射频消融病例增长的轨迹与美国相似。

本书第一版于1994年面世，此后射频消融术涵盖的范围、技术及应用器械等诸方面出现了令人瞩目的进展。这些新的资料绝大部分只能通过专业杂志或国家和国际的研讨会获得。本版的初衷就是想把射频消融术的技术及临床方面的进展，归纳和整理到一本书中，并希望这本书有助于同道的参考、教学和日常应用。本书的主要读者是正在进行培训或已经从事临床心脏电生理工作的专业人员。此外，对一般的心脏病科医生、护士和所有与心律失常病人相关的人员也将有裨益。足足三分之二的章节是本版重新撰写的，而其余的章节也进行了大幅度的修订与增补。我们要求本书的作者既是临床的理论家，又是重要的心脏电生理技术的参与者、实践者。因此本书的多数作者都在其撰写的章节的领域内有着独自的重要贡献。当然，多位作者分头撰写，共同完成一本书的方式不免会有一些的局限性，但由于各位作者都具有扎实和广博精深的学识和实践经验，因而在很大程度上已克服了这种局限性，弥补了可能存在的不足。

本书分成7部分，第1部分侧重于射频消融技术的基本原理，包括消融时形成的心肌损伤的生物物理学、病理生理学及病理学，以及各种监测技术的应用及局限性。从事导管消融技术的人员必须全面、深入地了解 and 掌握这些基础知识。第2~6部分系统介绍了各种心律失常的射频消融治疗技术，包括对特殊的心律失常如房性心动过速、心房扑动、心房颤动、房室结双径路和预激旁路引发的折返性室上速以及室性心动过速等，这些介绍中除常规内容外，还包括最近技术和策略的进展。第7部分内容主要关于病人的安全性、并发症、随访和展望。

近年来射频消融技术领域中的概念不断出现重要的更新与发展，目前的学术热点认为与很多心律失常的发生与维持有关的特殊解剖结构和位点起到的作用更为重视。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，以解剖学为基础的成像技术变得更为重要。这些内容在本书的不同章节中给予了详

尽的介绍。此外，有特别的章节对心内超声和电解剖成像技术做了更为广泛和详尽的阐述。

新的导管技术总是射频消融术领域中具有标志性的特征。近几年新的导管技术包括应用多极导管进行标测和消融，以及消融术中导管顶部的冷盐水灌注技术等，这些内容出现在相关的章节中。其他针对特殊心律失常的新技术也在相关的章节中给予介绍。然而，书籍的出版时间以及书中所阐述的最新应用前景总是滞后于新技术的发展。最近才进行初步评价或正在设计阶段的几种新的技术有可能在将来版本的相关章节中介绍。

最后，作者希望本书能体现一个正在走向成熟学科的主要发展热点、活力和面临的挑战等内容。本书的出版正值心律失常的患者可望得以根治或长期缓解的飞速发展时代，这些亟待解决的问题和挑战始终是我们最佳的老师，也是我们共同努力的目标。

Shoei K. Stephen Huang, MD

David J. Wilber, MD

原著者名单

Boaz Avitall, M.D., Ph.D., F.A.C.C.

Associate Professor of Medicine, Director, Electrophysiology Services, Section of Cardiology, Department of Medicine, University of Illinois at Chicago, Chicago, Illinois

Helen Barold, M.D.

Clinical Cardiac Electrophysiologist, JFK Medical Center, Atlantis, Florida

S. Serge Barold, M.D.

Director of Research, North Broward Hospital District Electrophysiology Institute, Broward General Hospital, Fort Lauderdale, Florida

Saroja Bharati, M.D., Ph.D.

Director, Maurice Lev Congenital Heart and Conduction System Center, The Heart Institute for Children, Christ Hospital and Medical Center, Oak Lawn, Illinois, Professor of Pathology, Rush Medical College, Rush-Presbyterian-St. Luke's Medical Center, Chicago, Illinois, Clinical Professor of Pathology, Finch University of Health Sciences/Chicago Medical School, North Chicago, Illinois

Ulrika Birgersdottir-Green, M.D.

Division of Cardiology, Department of Medicine, University of California San Diego School of Medicine, San Diego, California

Alfred E. Buxton, M.D.

Professor, Cardiology Section, Department of Medicine, Temple University School of Medicine and Temple University Hospital, Philadelphia, Pennsylvania

Hugh G. Calkins, M.D.

Director of the Arrhythmia Service and Cardiac Electrophysiology Laboratory, Johns Hopkins Hospital, Associate Professor of Medicine, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland

Riccardo Cappato, M.D.

St. Georg Hospital, Hamburg, Germany

Mau-Song Chang, M.D.

Professor of Medicine, National Yang-Ming University School of Medicine, and Director, Veterans General Hospital, Taipei, Taiwan

Shih-Ann Chen, M.D.

Professor and Director of Cardiac Electrophysiology, Division of Cardiology, Department of Medicine, National Yang-Ming University School of Medicine, and Veterans General Hospital, Taipei, Taiwan

Chern-En Chiang, M.D.

Associate Professor, Division of Cardiology, Department of Medicine, National Yang-Ming University, School of Medicine, and Veterans General Hospital, Taipei, Taiwan

Jacques Clémenty

Chef de service, Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Hôpital Cardiologie du Haut-Lévêque, Bordeaux, France

Philip A. Cooke, M.B.B.S.

Fellow in Cardiac Electrophysiology, University of Chicago, Chicago, Illinois

Robert F. Coyne, M.D.

Fellow in Cardiac Electrophysiology Allegheny University Hospitals, Philadelphia, Pennsylvania

N.A. Mark Estes III, M.D.

Director, Cardiac Arrhythmia Service, New England Medical Center, Boston, Massachusetts

Gregory K. Feld, M.D.

Director, Electrophysiology Program, Professor of Medicine, Division of Cardiology, Department of Medicine, University of California-San Diego School of Medicine, San Diego, California

Peter L. Friedman, M.D., Ph.D.

Cape Cod Cardiovascular Associates, Hyannis, Massachusetts

Gopal N. Gupta, B.S.

Section of Cardiology, Department of Medicine, University of Illinois at Chicago, Chicago, Illinois

David Haines, M.D.

Professor of Internal Medicine, Division of Cardiology, Department of Medicine, University of Virginia, Charlottesville, Virginia

Michel Haïssaguerre, M.D.

Professeur, Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Hôpital Cardiologie du Haut-Lévêque, Bordeaux, France

Ray W. Helms, B.S.E.

Section of Cardiology, Department of Medicine, University of Illinois at Chicago, Chicago, Illinois

Mélèze Hocini, M.D.

Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Hôpital Cardiologie du Haut-Lévêque, Bordeaux, France

Munther K. Homoud, M.D.

Co-director, Cardiac Electrophysiology and Pacemaker Lab, Cardiac Arrhythmia Service, New England Medical Center, Boston, Massachusetts

Henry H. Hsia, M.D.

Associate, Cardiology Section, Department of Medicine, Temple University School of Medicine and Temple University Hospital, Philadelphia, Pennsylvania

Shoei K. Stephen Huang, M.D.

Professor of Medicine, Associate Dean for International Affairs, Director, Laboratory Animal Center, National Taiwan University College of Medicine. Director, Cardiac Electrophysiology and Pacing Service, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

Pierre Jaïs

Praticien Hospitalier, Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Hôpital Cardiologie du Haut-Lévêque, Bordeaux, France

John Kall, M.D.

Assistant Professor of Medicine, University of Chicago, Chicago, Illinois

Jonathan M. Kalman, M.B.B.S., Ph.D.

Section of Cardiac Electrophysiology, Department of Medicine and Cardiovascular, The Royal Melbourne Hospital, Parkville, Australia

Martin R. Karch, M.D.

Deutsches Herzzentrum Muenchen, Abteilung Fuer Kardiologie/Elektrophysiologie, Muenchen, Germany

G. Neal Kay, M.D.

Director, Clinical Electrophysiology Section, Division of Cardiovascular Disease, University of Alabama at Birmingham, Birmingham, Alabama

Dusan Kocovic, M.D.

Director, Electrophysiology Laboratory, Hospital of the University of Pennsylvania, Assistant Professor of Medicine, University of Pennsylvania School of Medicine, Philadelphia, Pennsylvania

Karl-Heinz Kuck, M.D.

St. Georg Hospital, Hamburg, Germany

Ling-Ping Lai, M.D.

Lecturer of Medicine, National Taiwan University College of Medicine, Attending Staff, Cardiac Arrhythmias and Electrophysiology, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

Jonathan Langberg, M.D.

Professor, Emory University Hospital, Emory University School of Medicine, Division of Cardiology, Atlanta, Georgia

Thomas Lavergne, M.D.

Hôpital Broussais, Paris, France

Randall J. Lee, M.D., Ph.D.

Section of Cardiac Electrophysiology, Department of Medicine and Cardiovascular Research Institute, University of California-San Francisco, San Francisco, California

Shih-Huang Lee, M.D.

Associate Professor, Division of Cardiology, Department of Medicine, National Yang-Ming University, School of Medicine, and Director of Cardiac Electrophysiology, Shin-Kong Memorial Hospital, Taipei, Taiwan

Michael D. Lesh, S.M., M.D.

Associate Professor of Medicine, Director, UCSF Atrial Arrhythmia Center, Department of Medicine, University of California-San Francisco, San Francisco, California

Maurice Lev, M.D.

Professor of Pathology, Rush Medical College, Congenital Heart & Conduction System Center, The Heart Institute for Children, Palos Heights, Illinois

Albert Lin, M.D.

Assistant Professor of Medicine, University of Chicago, Chicago, Illinois

James C. Lin, Ph.D.

Professor, Department of Electrical Engineering and Computer Science and Department of Bioengineering, University of Illinois at Chicago, Chicago, Illinois

Jiunn-Lee Lin, M.D.

Associate Professor of Medicine, National Taiwan University College of Medicine, Director, Cardiac Electrophysiology Laboratory, National Taiwan University Hospital, Taipei, Taiwan

Mahadevappa Mahesh, M.D.

Chief Physicist, Johns Hopkins Hospital, Research Associate, Johns Hopkins University, Baltimore, Maryland

J. Michael Mangrum, M.D.

Division of Cardiology, Department of Medicine, University of Virginia, Charlottesville, Virginia

Frank Marchlinski, M.D.

Professor of Medicine, Director, Cardiac Electrophysiology, University of Pennsylvania Health System

Ali A. Mehdirad, M.D.

Cardiac Electrophysiologist, Mercy Cardiology Corporation, St. Louis, Missouri

Fernando Mera, M.D.

Fellow in Electrophysiology, Carlyle Fraser Heart Center, Emory University School of Medicine, Division of Cardiology, Atlanta, Georgia

William M. Miles, M.D.

Southwest Florida Heart Group, Fort Myers, Florida

John Miller, M.D.

Cardiology Section, Department of Medicine, Temple University School of Medicine and Temple University Hospital, Philadelphia, Pennsylvania

Michael M. Mollerus, M.D.

Division of Cardiology, Department of Medicine, University of California San Diego School of Medicine, San Diego, California

Larry Nair, M.D.

Fellow in Cardiac Electrophysiology, Duke University Medical Center

Sunil Nath, M.D.

Colorado Springs Cardiologists, Colorado Springs, Colorado

Jeffrey Olgin, M.D.

Assistant Professor of Medicine, Krannert Institute of Cardiology, Department of Medicine, Indiana University School of Medicine, Indianapolis, Indiana

Feifan Ouyang, M.D.

St. Georg Hospital, Hamburg, Germany

Franz X. Roithinger, M.D.

Universitaetsklinik Fuer Innere Medizin, Klinische Abteilung Fuer Kardiologie, Innsbruck, Austria

Lawrence Rosenthal, M.D.

Assistant Professor of Medicine, Associate Director of the Electrophysiology Laboratory, University of Massachusetts Medical Center, Worcester, Massachusetts

Steven A. Rothman, M.D.

Associate, Cardiology Section, Department of Medicine, Temple University School of Medicine and Temple University Hospital, Philadelphia, Pennsylvania

Michael Schlüter, Ph.D.

St. Georg Hospital, Hamburg, Germany

Dipen C. Shah

Centre Hospitalier Universitaire de Bordeaux, Hôpital Cardiologie du Haut-Lévêque, Bordeaux, France

Hossein Shenasa, M.D.

Department of Medicine, Division of Cardiology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina

Jerold S. Shinbane, M.D.

Heart Place, Dallas, Texas

Grant Simons, M.D.

Department of Medicine, Division of Cardiology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina

William Stevenson, M.D.

Cardiology Department, Brigham and Women's Hospital, Boston, Massachusetts

S. Adam Strickberger, M.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, University of Michigan Medical Center, Ann Arbor, Michigan

John F. Swartz, M.D.

Cardiology of Tulsa, Inc., Tulsa, Oklahoma

Ching-Tai Tai, M.D.

Associate Professor, Division of Cardiology, Department of Medicine, National Yang-Ming University, School of Medicine, and Veterans General Hospital, Taipei, Taiwan

Yasuhiro Taniguchi, M.D.

International Fellow in Electrophysiology, Gunma University School of Medicine, Gunma, Japan

Gregg W. Taylor, M.D.

University of Alabama at Birmingham, Birmingham, Alabama

Patrick Tchou, M.D.

Head, Section of Cardiac Electrophysiology and Pacing, Department of Cardiology, Cleveland Clinic Foundation, Cleveland, Ohio

George Van Hare, M.D.

Medical Director, Pediatric Arrhythmia Center, Pediatric Cardiology, Lucille Packard Children's Hospital, Stanford University, Palo Alto, California

Ismail Vergara, M.D.

Department of Medicine, Division of Cardiology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina

Alan B. Wagshal, M.D.

Department of Cardiology, Soroka Hospital, Beer-Sheva, Israel

Edward P. Walsh, M.D.

Chief, Electrophysiology Division, Department of Cardiology, Children's Hospital, Boston, Massachusetts

Paul J. Wang, M.D.

Associate Director, Cardiac Electrophysiology and Pacemaker Lab, Cardiac Arrhythmia Service, New England Medical Center, Boston, Massachusetts

Ming-Shien Wen, M.D.

Associate Professor of Medicine, Chang Gung Medical College, Attending Cardiologist, Chang Gung Memorial Hospital, Taipei, Taiwan

J. Marcus Wharton, M.D.

Department of Medicine, Division of Cardiology, Duke University Medical Center, Durham, North Carolina

David Wilber, M.D.

Professor of Medicine, Director of Clinical Electrophysiology, University of Chicago, Chicago, Illinois

Mark A. Wood, M.D.

Associate Professor of Medicine, Division of Cardiology, Medical College of Virginia, Richmond, Virginia

Delon Wu, M.D., F.A.C.C.

Professor of Medicine and Chancellor, Chang Gung Medical College, Attending Cardiologist, Chang Gung Memorial Hospital, Taipei, Taiwan

San-Jou Yeh, M.D.

Professor of Medicine, Chang Gung Medical College, Attending Cardiologist, Chang Gung Memorial Hospital, Taipei, Taiwan

Adam Zivin, M.D.

Division of Cardiology, Department of Internal Medicine, University of Michigan Medical Center, Ann Arbor, Michigan