

主编 [德] 托马斯·卡恩
哈拉尔德·巴斯

主译 肖越勇

 Springer

介入性磁共振成像

Interventional Magnetic
Resonance Imaging



天津出版传媒集团

 天津科技翻译出版有限公司

Interventional Magnetic Resonance Imaging

介入性磁共振成像

主 编 [德] 托马斯·卡恩
哈拉尔德·巴斯

主 译 肖越勇

天津出版传媒集团

 天津科技翻译出版有限公司

著作权合同登记号:图字:02-2014-111

图书在版编目(CIP)数据

介人性磁共振成像/(德)卡恩(Kahn,T.), (德)巴斯(Busse,H.)主编;
肖越勇等译. —天津:天津科技翻译出版有限公司,2015.9

书名原文:Interventional Magnetic Resonance Imaging

ISBN 978-7-5433-3475-5

I. ①介… II. ①卡… ②巴… ③肖… III. ①核磁共振成像
IV. ①R445.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第029689号

Translation from English language edition:

Interventional Magnetic Resonance Imaging by Thomas Kahn and Harald
Busse.

Copyright © 2012 Springer Berlin Heidelberg.

Springer Berlin Heidelberg is a part of Springer Science + Business Media.

All Rights Reserved.

中文简体字版权属天津科技翻译出版有限公司。

授权单位:Springer-Verlag GmbH

出版:天津科技翻译出版有限公司

出版人:刘庆

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)87895650

网址:www.tsttpc.com

印刷:山东鸿君杰文化发展有限公司

发行:全国新华书店

版本记录:787×1092 16开本 30.5印张 550千字

2015年9月第1版 2015年9月第1次印刷

定价:180.00元

(如发现印装问题,可与出版社调换)

译者名单

主 译

肖越勇 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

译 者 (按姓氏汉语拼音排序)

陈志晔 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

杜 鹏 (中国人民解放军海军总医院放射科)

付岩宁 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

何晓锋 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

金 鑫 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

金花兰 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

李 彬 (山东省影像医学研究所)

李成利 (山东省影像医学研究所)

梁风范 (山东省影像医学研究所)

马旭阳 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

田锦林 (中国人民解放军第二五二医院介入血管外科)

魏颖恬 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

吴 斌 (武警北京市总队医院放射科)

许玉军 (山东省影像医学研究所)

张 肖 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

张 欣 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

张啸波 (中国人民解放军总医院放射诊断科)

编者名单

Kamran Ahrar Department of Interventional Radiology, University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX, USA

Sumera Ali Russell H. Morgan Department of Radiology and Radiological Science, Johns Hopkins School of Medicine, Baltimore, MD, USA

Vincent Auboiroux Department of Radiology, University of Geneva, Geneva, Switzerland

Lambertus W. Bartels Department of Radiology, Image Sciences Institute, University Medical Center, Utrecht, The Netherlands

Miriam H. A. Bauer Department of Neurosurgery, University of Marburg, Marburg, Germany

Walter F. Block Department of Medical Physics, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, USA

Shelby Brunke Ultrasound Division, Siemens Medical Solutions, Issaquah, WA, USA

Jürgen Bunke Philips Healthcare, Hamburg, Germany

Harald Busse Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Leipzig University Hospital, Leipzig, Germany

John A. Carrino Russell H. Morgan Department of Radiology and Radiological Science, Johns Hopkins School of Medicine, Baltimore, MD, USA

Philippe Cattin Center for Medical Images Analysis, University of Basel, Basel, Switzerland

Zarko Celicanin Radiological Physics, University of Basel Hospital, Basel, Switzerland

Stephan Clasen Department for Diagnostic and Interventional Radiology, Eberhard Karls University of Tübingen, Tübingen, Germany

Rivka R. Colen Department of Radiology, Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, 02115, USA

Clemens Cyran Department of Clinical Radiology, University of Munich, Campus Grosshadern, Munich, Germany

Paul A. DiCamillo Russell H. Morgan Department of Radiology and Radiological Science, Johns Hopkins School of Medicine, Baltimore, MD, USA

Tina Ehtiati Siemens Corporate Research, Center for Applied Medical Imaging, Baltimore, MD, USA

Frank Fischbach Department of Radiology and Nuclear Medicine, Otto von Guericke University, Magdeburg, Germany

Jan Fritz Russell H. Morgan Department of Radiology and Radiological Science, Johns Hopkins School of Medicine, Baltimore, MD, USA

Jurgen J. Fütterer Department of Radiology, Radboud University Nijmegen Medical Centre, Nijmegen, The Netherlands

Oliver Ganslandt Department of Neurosurgery, University of Erlangen-Nuremberg, Erlangen, Germany

Wladyslaw M. Gedroyc Division of Radiology, Imperial Healthcare NHS trust, St Mary's Hospital MRI Unit, London, UK

Wesley D. Gilson Siemens Corporation, Corporate Research and Technology, Baltimore, MD, USA

Krzysztof R. Gorny Department of Radiology, Mayo Clinic, Rochester, MN, USA,

Benjamin P. Grabow Department of Medical Physics, University of Wisconsin-Madison, Madison, WI, USA

Felix V. Güttler Department of Radiology, University Hospital Jena, Friedrich-Schiller-University, Jena, Germany

Walter A. Hall Department of Neurosurgery, SUNY Upstate Medical University, Syracuse, NY, USA

Hasnine A. Haque Advanced Application Center, GE Healthcare, Tokyo, Japan

Karin Hellerhoff Department of Clinical Radiology, University of Munich, Campus Grosshadern, Munich, Germany

Rüdiger Hoffmann Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Eberhard Karls University of Tübingen, Tübingen, Germany

Norbert Hosten Department of Diagnostic Radiology and Neuroradiology, Greifswald University Medicine, Greifswald, Germany

Daniel P. Hsu Division of Interventional Neuroradiology, University Hospitals Case Medical Center, Cleveland, OH, USA

Stephen G. Hushek MedTrak LLC, Milwaukee, WI, USA

Tarique Hussain Division of Imaging Sciences, School of Medicine, The Rayne Institute, St Thomas' Hospital, King's College London, London, UK

Ferenc A. Jolesz Division of MRI, Department of Radiology, National Center for Image Guided Therapy, Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School, Boston, MA, USA

Kerstin Jungnickel Department of Radiology and Nuclear Medicine, Otto von Guericke University, Magdeburg, Germany

Thomas Kahn Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Leipzig University Hospital, Leipzig, Germany

Akira Kawashima Department of Radiology, Mayo Clinic, Rochester, MN, USA

Dara L. Kraitchman Russell H. Morgan Department of Radiology and Radiological Science, Department of Molecular and Comparative Pathobiology, Johns Hopkins University, Baltimore, MD, USA

Gabriele A. Krombach Department of Radiology, Campus Giessen, University Hospitals Giessen and Marburg, Giessen, Germany

Harald Kugel Department of Clinical Radiology, University Hospital Münster, Albert-Schweitzer-Campus, Münster, Germany

Daniela Kuhnt Department of Neurosurgery, University of Marburg, Marburg, Germany

Yoshimasa Kurumi Department of Surgery, Shiga University of Medical Science, Ohtsu, Shiga, Japan

Jonathan S. Lewin Russell H. Morgan Department of Radiology and Radiological Science, Johns Hopkins School of Medicine, Baltimore, MD, USA

Valeria de Luca Computer Vision Laboratory, ETH Zurich, Zurich, Switzerland

Alastair J. Martin Department of Radiology, University of California, San Francisco, CA, USA

Ramon Martin Department of Anesthesia, Brigham and Women's Hospital, Boston, MA, USA

Michael Moche Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Leipzig University Hospital, Leipzig, Germany

Chrit T. W. Moonen Department of Radiology, Image Sciences Institute, University Medical Center, Utrecht, The Netherlands

Shigehiro Morikawa Biomedical MR Science Center, Shiga University of Medical Science, Ohtsu, Shiga, Japan

Hiroyuki Murayama Department of Surgery, Shiga University of Medical Science, Ohtsu, Shiga, Japan

Lance A. Mynderse Department of Urology, Mayo Clinic, Rochester, MN, USA

Shigeyuki Naka Department of Surgery, Shiga University of Medical Science, Ohtsu, Shiga, Japan

Christopher Nimsky Department of Neurosurgery, University of Marburg, Marburg, Germany

Sherif G. Nour Divisions of Abdominal Imaging, Department of Radiology and Imaging Sciences, Interventional Radiology, and Image-Guided Medicine, Emory University Hospitals and School of Medicine, Atlanta, GA, USA

Philippe L. Pereira Clinic for Radiology, Minimally-Invasive Therapies and Nuclear Medicine, SLK-Clinics Heilbronn GmbH, Heilbronn, Germany

Lorena Petrusca Department of Radiology, University of Geneva, Geneva, Switzerland

Harald H. Quick Institute of Medical Physics, Friedrich Alexander University Erlangen-Nürnberg, Erlangen, Germany

Reza Razavi Division of Imaging Sciences, School of Medicine, The Rayne Institute, St Thomas' Hospital, King's College London, London, UK

Hansjörg Rempp Department for Diagnostic and Interventional Radiology, Eberhard Karls University of Tübingen, Tübingen, Germany

Jens Ricke Department of Radiology and Nuclear Medicine, Otto von Guericke University, Magdeburg, Germany

Viola Rieke Department of Radiology and Biomedical Imaging, University of California San Francisco, San Francisco, CA, USA

Mario Ries Laboratory for Molecular and Functional Imaging, CNRS/University Segalen Bordeaux, Bordeaux, France

Christian Rosenberg Department of Diagnostic Radiology and Neuroradiology, Greifswald University Medicine, Greifswald, Germany

Rares Salomir Radiology Department, University Hospitals of Geneva, Geneva, Switzerland

Tobias Schaeffter Division of Imaging Sciences, School of Medicine, The Rayne Institute, St Thomas' Hospital, King's College London, London, UK

Baudouin Denis de Senneville Laboratory for Molecular and Functional Imaging, CNRS/University Segalen Bordeaux, Bordeaux, France

Roberto Blanco Sequeiros Department of Radiology, Oulu University Hospital, Oulu, Finland

R. Jason Stafford Department of Imaging Physics, University of Texas MD Anderson Cancer Center, Houston, TX, USA

Florian Streitparth Department of Radiology, Charité University Hospital, Berlin, Germany

Tohru Tani Department of Surgery, Shiga University of Medical Science, Ohtsu, Shiga, Japan

Ulf K.-M. Teichgräber Department of Radiology, University Hospital Jena, Friedrich-Schiller-University, Jena, Germany

Sylvain Terraz Radiology Department, University Hospitals of Geneva, Geneva, Switzerland

Chip Truwit Department of Radiology, Hennepin County Medical Center, Minneapolis, MN, USA, Department of Radiology, University of Minnesota School of Medicine, Minneapolis, MN, USA

Tetsuji Tsukamoto Department of Surgery, Shiga University of Medical Science, Ohtsu, Shiga, Japan

Israel Valverde Division of Imaging Sciences, School of Medicine, The Rayne Institute, St Thomas' Hospital, King's College London, London, UK

Magalie Viallon Radiology Department, University Hospitals of Geneva, Geneva, Switzerland

Frank Wacker Department of Diagnostic and Interventional Radiology, Hannover Medical School, Hannover, Germany

Clifford R. Weiss Russell H. Morgan Department of Radiology and Radiological Science, Johns Hopkins School of Medicine, Baltimore, MD, USA

Uta Wonneberger Department of Radiology and Nuclear Medicine, Otto von Guericke University, Magdeburg, Germany

David A. Woodrum Department of Radiology, Mayo Clinic, Rochester, MN, USA

Derya Yakar Department of Radiology, Radboud University Nijmegen Medical Centre, Nijmegen, The Netherlands

中文版前言

初次接触介入性磁共振成像(iMRI)是 2006 年在美国波士顿哈佛医学院 BWH 医院,在 Ferenc Jolesz 教授领导的团队学习 iMRI 技术。那时他们的 iMRI 手术室采用的是 double-donut 双磁体 0.5T 专用介入手术系统,此手术室作为一个微创介入手术平台向全院开放,每周安排各种手术,所涉及的项目包括肿瘤的消融术、近距离放射性粒子植入肿瘤治疗术,以及 MR 引导脑瘤的切除术等,特别是 MR 引导的氩氦刀冷冻消融治疗,在肝脏和肾脏肿瘤的治疗中显示出巨大的优势。

回国后我筹备并采用 GE 公司生产的 0.35T 永磁型开放式磁共振系统,结合北京新奥公司生产的红外线导航设备进行了肝脏、肾脏、骨骼和软组织肿瘤的活检及氩氦刀冷冻消融手术,初步体验了 iMRI 的优势。

每 2 年召开 1 次的国际磁共振会议云集着来自全球的从事 iMRI 的学者,我有幸参加了第 7 届、第 8 届及第 9 届国际磁共振会议,期间感受到 iMRI 技术的巨大潜力和快速的发展。2010 年 9 月我和赵磊博士受此书作者 Thomas Kahn 教授的邀请参加了在他工作的城市德国莱比锡市举行的第 8 届国际磁共振会议并做了大会发言,2 年之后在波士顿哈佛医学院召开的第 9 届国际磁共振会议上获悉此书即将出版。拿到此书后受其丰富的内容所感染,急于翻译成中文。希望此书能把 iMRI 的信息传递给大家,对国内 iMRI 技术的发展有所促进和帮助。



2015 年 1 月于北京

序 言

近年来,医学影像学经历了巨大的变化。

长久以来影像学仅仅用于形态学的分析和对视觉印象的描述。目前越来越多的功能和代谢性参数的开发应用,提供了客观的信息和正常及病理组织的生化特征。最终,影像学将为患者提供详细病变部位的信息,使其获得个体化治疗。此外,影像学将越来越多地用于临床治疗。许多影像学手段可用于影像引导的治疗,不同设备的影像学图像融合使治疗计划更为准确。

与其他影像学设备相比,MRI 集合了多种优点,具有任意层面成像和无电离辐射的特点,软组织结构的高分辨率和代谢性信息更易于引导治疗。另一方面,介入性磁共振中的主要挑战,如铁磁性器械,需要克服,如果这些技术性问题能够克服,介入性磁共振的潜在优势则非常大。

莱比锡大学的 Thomas Kahn 和 Harald Busse 在此书的综合整理等方面做出了很大贡献。此书包含的许多章节对于那些在此领域感兴趣的读者来说非常重要,如:设备和技术、介入性磁共振在各人体部位的临床应用、热疗与监测,以及分子杂交的应用等。*Medical Radiology* 丛书的编辑们对此领域的许多杰出科学家所做的大量工作和贡献给予很高的赞赏。介入性磁共振在近 20 年中逐渐成熟,尽管仍然存在许多挑战,但它已经逐步应用于全身各部位器官。临床医师及许多领域的科学家和物理学家们将在此著作中发现许多精彩的、有价值的最新知识。

Maximilian F. Reiser

于慕尼黑

前 言

介入性磁共振成像 (iMRI) 领域的进步是多学科共同努力的结果,它将各学科先进的技术 & 不同领域的科技人员,如医学工程师、计算机科学家、物理学家、医生、经理人和市场营销专业人士等推向前台,他们共同努力,为探索 iMRI 的发展道路做出了巨大贡献。

从 20 世纪 90 年代中期开始,有关此领域的课题被长期反复讨论,如磁体的设计、扫描仪的功能、脉冲序列、扫描速度、磁共振兼容工具以及用于影像学引导治疗的器械等。虽然到目前为止这些内容仍然是科技发展的中心议题,但最近几年临床应用者对 iMRI 需求的增加,已经使其成为关注的焦点并不断得到商业支持。

希望此书不仅为大家提供 iMRI 领域的综合知识,同时证明 iMRI 技术在为提高患者的治疗水平方面所展现出的许多不同医疗领域的广阔前景。而其他的创新、方法和发展,最终都会找到自己的方式进入临床实践,如果没有这些努力和研究,将不会有我们今天看到和使用的设备、技术和应用方法。

本书第一部分首先介绍 iMRI 治疗,包含了 iMRI 系统和技术,如脉冲序列、器械、导航、安全性设施和麻醉。第二部分则涵盖了一系列全身的非热消融的临床应用技术。第三部分首先对热消融技术和 MR 热图进行了概述,并重点介绍 MRI 引导热疗的最新发展,如激光、射频、聚焦超声和微波等。最后一部分讨论了 iMRI 可能应用的新概念,如在分子水平探索信息载体或 iMRI 与 X 线、超声以及超声内镜的联合应用。

在此对本书的编者——他们都是各自领域的知名专家——表示衷心的感谢,他们不仅把深刻的见解和渊博的知识与我们分享,并且还在较短的时间内写出了包含最新知识和信息的杰出篇章。感谢 Springer 出版社的编辑和出版人员,特别感谢 Daniela Brandt 和 Corinna Schäfer 自始至终的支持,以及 Gregor Thörmer 对此书的资助。

最后同样重要的是,对全球 iMRI 领域所给予热情帮助的工作者表示感谢,虽然 iMRI 被涵盖在放射学或 MRI 会议中的较广大范围

中，但是大家还是致力于创建和保持自己的学术平台。近 20 年来 iMRI 的先驱者特别是 Ferenc Jolesz 和 Jonathan Lewin 始终推动着 2 年一次的介入性磁共振会议，同时促进了研究者、临床医师和企业合作伙伴的相互合作和交流。如果没有 iMRI 领域这些热心的工作者的坚持努力，本书也将无法呈献给大家。

托马斯·卡恩
哈拉尔德·巴斯

于莱比锡

目 录

第 1 部分	成像系统和技术因素	1
第 1 章	介入性磁共振成像设备	3
第 2 章	介入性磁共振成像脉冲序列	14
第 3 章	介入性磁共振成像中的 MR 兼容器械	30
第 4 章	MRI 介入导航技术	46
第 5 章	介入性磁共振成像安全性因素	67
第 6 章	磁共振环境下麻醉要点	79
第 2 部分	各部位临床应用	85
第 7 章	MRI 引导微创介入在颅内的应用	87
第 8 章	MRI 引导颅内肿瘤切除术	102
第 9 章	MRI 引导骨骼肌介入操作	110
第 10 章	高场开放性 MRI 引导的介入操作	130
第 11 章	MRI 引导乳腺介入操作	141
第 12 章	MRI 引导血管内介入操作	154
第 13 章	MRI 引导低流量血管畸形栓塞治疗	166
第 14 章	MRI 引导心脏介入操作	183
第 15 章	MRI 引导前列腺穿刺活检	201
第 16 章	MRI 引导治疗复发性前列腺癌	209
第 3 部分	热疗及其疗效监测	223
第 17 章	MRI 引导热消融技术	225
第 18 章	MR 测温	241
第 19 章	MRI 引导肝脏激光消融术	258
第 20 章	MRI 引导肝脏射频消融	271
第 21 章	MRI 引导肾脏射频消融	285

第 22 章	MRI 引导聚焦超声治疗子宫肌瘤	303
第 23 章	MRI 引导高强度聚焦超声治疗肝脏和肾脏疾病	310
第 24 章	MRI 引导颅脑聚焦超声	325
第 25 章	MRI 引导肝脏近距离放射疗法	337
第 26 章	MRI 引导微波消融	344
第 4 部分	分子和同步磁共振系统及其应用	357
第 27 章	MRI 引导干细胞治疗	359
第 28 章	MRI 引导细胞疗法中细胞的输送和追究踪	374
第 29 章	MRI/X 线杂交成像及其应用	393
第 30 章	US/MRI 杂交成像	403
第 31 章	内镜/MRI 杂交成像	416
索引		425

第 1 部分

成像系统和技术因素

