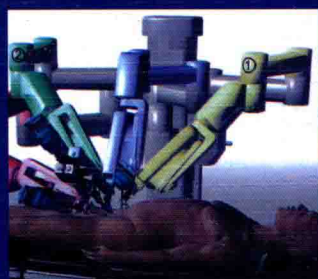


机器人泌尿外科手术学

Robotic Urologic Surgery

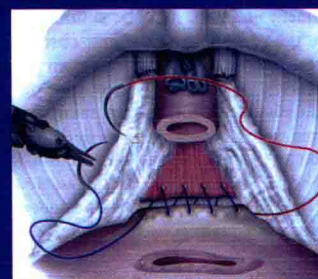
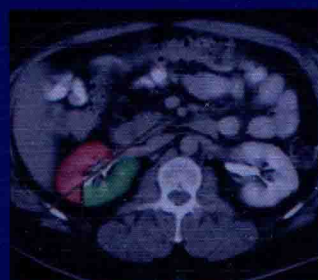
原著第2版



■ 原 著 [美] Vipul R. Patel

■ 主 审 王共先

■ 主 译 傅 斌 刘伟鹏 余 月



中国出版集团

世界图书出版公司

机器人泌尿外科手术学

Robotic Urologic Surgery

原著第2版

主 编 [美] Vipul R. Patel

主 审 王共先

主 译 傅 斌 刘伟鹏 余 月

副主译 周晓晨 郭 炬 陈庆科

译 者 (按姓氏笔画排序)

习海波 朱凌燕 刘 伟 刘伟鹏

余 月 张 成 陈庆科 周晓晨

郝 超 胡 添 胡红林 郭 炬

傅 斌 傅龙龙 曾 涛

学术秘书 周晓晨

中 国 出 版 集 团

世界图书出版公司

西安 北京 广州 上海

图书在版编目(CIP)数据

机器人泌尿外科手术学/(美)帕特尔(Patel, V. R.)主编;
傅斌,刘伟鹏,余月主译. —西安:世界图书出版西安有限公司,
2015.8

书名原文:Robotic Urologic Surgery

ISBN 978-7-5100-8809-4

I. ①机… II. ①帕… ②傅… ③刘… ④余… III. ①机器人
技术—应用—泌尿系统外科手术 IV. ①R699-39

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第161196号

版权贸易登记号25-2015-198

Translation from English language edition:

Robotic Urologic Surgery

by Vipul R. Patel

Copyright © 2012 Springer London

Springer London is a part of Springer Science + Business Media

All Rights Reserved

Jiqiren Miniao Waike Shoushuxue

机器人泌尿外科手术学

主 编 [美] Vipul R. Patel

主 审 王共先

主 译 傅 斌 刘伟鹏 余 月

责任编辑 马元怡 王梦华

出版发行 世界图书出版西安有限公司

地 址 西安市北大街85号

邮 编 710003

电 话 029-87233647(市场营销部)

029-87234767(总编室)

传 真 029-87279675

经 销 全国各地新华书店

印 刷 中闻集团西安印务有限公司

成品尺寸 889mm×1194mm 1/16

印 张 26.5

字 数 620千字

版 次 2015年8月第1版

印 次 2015年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5100-8809-4

定 价 350.00元

☆如有印装错误,请寄回本公司更换☆

谨以此书献给我的妻子 Sejal 和我的两个孩子，6 岁的 Ela 和 4 岁的 Evan，他们是我灵感的源泉。

同时献给我的父母——Ranchhodbhai 和 Savitaben Patel，以及我的岳父、岳母——Prabodh 和 Chhaya Dharia，他们的支持对我们生活和学术上的成长都必不可少。

郑重声明

由于医学是不断更新拓展的领域，因此相关实践操作、治疗方法及药物都有可能会改变，希望读者可审查书中提及的器械制造商所提供的信息资料及相关手术的适应证和禁忌证。作者、编辑、出版者或经销商不对书中的错误或疏漏以及应用其中信息产生的任何后果负责，关于出版物的内容不作任何明确或暗示的保证。作者、编辑、出版者和经销商不就由本出版物所造成的人身或财产损失承担任何责任。鉴于我国机器人手术处于起步阶段，为了便于读者查阅相关资料，书中个别术语未做翻译。

F 译者序 Foreward



Vipul R. Patel 教授与王共先教授

外科手术经历了开放手术、腹腔镜手术和机器人手术三个历史发展阶段。毫无疑问，机器人手术是微创外科技术的划时代革新及重要的发展方向。所谓机器人手术或机器人辅助外科手术，是指使用机器人手术系统施行手术的微创外科技术。Da Vinci（达·芬奇）手术系统是机器人手术中最为成熟、应用最为广泛的手术机器人系统。目前，机器人手术在全球已广泛应用于普通外科、心胸外科、泌尿外科及妇产科等多个外科系统。截至 2015 年 3 月 31 日，全球已有 3317 台达·芬奇系统正在使用，美国最多，有 2254 台；中国 71 台，其中大陆 37 台，香港 9 台，台湾 25 台。

医学与人工智能相结合的机器人手术有别于传统的开放手术及腹腔镜手术，它的顺利实施需要组建包括工程师在内的一个手术团队，同时也有其独特的操作规程。因此，规范机器人手术的施行极其重要。美国佛罗里达医院 Vipul R. Patel 教授主编的 *Robotic Urologic Surgery*（《机器人泌尿外科手术学》）正是机器人手术学著作中的经典之作。

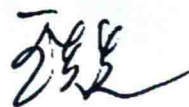
Vipul R. Patel 教授目前担任佛罗里达医院的全球机器人研究所（Global Robotics Institute）主任，是世界上实施机器人手术最多的外科医生之一，迄今施行了超过 8000 例机器人前列腺切除术。Vipul R. Patel 教授同时还是美国机器人学会的创立者，*The Journal of Robotic Surgery* 杂志的创办者及主编，美国泌尿外科学会机器人手术高级课程主讲者，他还帮助包括美国和中国在内的 15 个国家多个中心的建立及培训机器人系统。

《机器人泌尿外科手术学》一书主要由 8 篇共 47 个章节组成。第一篇对机器人手术进行了广泛而深入的讲解，详细介绍了机器人手术的去、进展及未来的发展，机器人手术的培训、认证、学习曲线及如何由传统手术方式转变为机器人手术等内容。第二篇为机器人前列腺手术。第三篇为机器人肾脏及肾上腺手术。第四篇为机器人膀胱肿瘤手术。第五篇为机器人小儿外科手术。第六篇为机器人显

微外科手术。第七篇为机器人手术的相关内容，如前列腺癌根治术后勃起功能障碍的处理、手术室及手术团队准备等。第八篇则介绍了机器人外科手术的市场。

《机器人泌尿外科手术学》一书汇集了全球多家中心机器人手术顶级专家的智慧与经验，因而 2007 年推出首版以来，备受全球读者的好评。2012 年，Vipul R. Patel 教授再次组织全球学者对本书进行了精心的修订，以期能反映该领域的最新进展、动态与经验，第 2 版推出后再次获得了广泛的赞誉。基于此，我们将本书引进国内，并组织了一批年轻的学者进行翻译，同时热情向国内同行推荐。希望本书能为我国起步不久的机器人手术事业提供帮助，各个中心能从本书中学习如何建立优秀的机器人手术团队及规范手术规程。同时，也希望各位术者能从本书中吸取全球顶级专家的经验，从而迅速成长起来。

由于时间较紧，本书中翻译不当甚至谬误之处在所难免，恳请各位同道不吝赐教以期改正。



国家二级教授，主任医师，博士生导师

2015 年 7 月于南昌大学第一附属医院

P 前言

reface



灵巧的机械臂代替了人手操作，使本就精细的操作更加精准，同时损伤更少。

机器人手术是许多外科疾病微创治疗方法的一种突破。机器人技术使我们看到了前途，它的应用有望呈指数级增长，并持续发展下去。

自 2007 年本书第 1 版问世以来，机器人泌尿外科手术方法历经了显著的变革。一些基于理论的方法，现在已有了具体的答案。早期术者现在已积累了丰富的经验，可让新学者的学习曲线显著变短。现在的问题已不再是机器人手术是否可行、有前景或者是方向正确，而是如何进一步提高手术疗效和患者的生活质量。

本书的第 1 版主要集中在机器人前列腺切除术——机器人手术的最佳应用指征。本次的新版展示了其在泌尿外科更广泛的应用，正如机器人手术已经扩展到其他器官系统和操作规程。

《机器人泌尿外科手术学》第 2 版与 4 年前最初努力的目标是一致的，不仅汇集了世界各地最好的机器人外科医生的知识和经验，还纳入了本领域最新的进展及更新。我们非常感谢分享了他们专业知识的作者，以及第 1 版出版后接受本书并给出有价值建议的所有泌尿外科医生。

正如爱因斯坦所说：“提出新的问题、新的可能性，从新的角度考虑一个老问题，这些都需要具有创造性的想象力，并标志着科学的真正进步。”我们希望《机器人泌尿外科手术学》第 2 版回答了在机器人手术中出现的问题，同时也提出新的问题，希望在这由人类和机器两大要素共同实现的机器人外科技术上，能够更上一层楼！

Vipul R. Patel, M.D.

Florida Hospital Global Robotics Institute
Florida Hospital Celebration Health
Celebration, FL, USA

University of Central Florida College of Medicine
Florida Hospital Celebration Health
Celebration, FL, USA

Florida Hospital Celebration Health
Florida Hospital Cancer Institute
Urologic Oncology Program
Celebration, FL, USA

原著作者名单

- Thomas E. Ahlering, M.D.
David M. Albala, M.D.
Magnus Annerstedt, M.D.
Bobby J. Ardila, M.P.A.S., P.A-C.
Hany Atalah, M.D.
Ketan K. Badani, M.D.
Brian M. Benway, M.D.
Sam B. Bhayani, M.D.
Fernando J. Bianco, M.D.
Ugur Boylu, M.D.
Aron M. Bruhn, M.D.
Nicholas C. Buchan, M.B.Ch.B.
Robert I. Carey, M.D., Ph.D., F.A.C.S.
Pasquale Casale, M.D.
Erik P. Castle, M.D.
Benjamin J. Challacombe, F.R.C.S. Urol.
Sanket Chauhan, M.D.
Jun Cheon, M.D., Ph.D.
Rafael Ferreira Coelho, M.D.
Marc S. Cohen, M.D.
Jose R. Colombo Jr., M.D., Ph.D.
Cathy Jenson Corder, B.S.
Roberto Garza Cortés, M.D.
Anthony J. Costello, M.D., F.R.A.C.S.
Gabriele Cozzi, M.D.
Angel M. Cronin, M.S.
Prokar Dasgupta, M.Sc., M.D., D.L.S., F.R.C.S.
(Urol)., F.E.B.U.
John W. Davis, M.D.
G. Joel DeCastro, M.D., M.P.H.
Geert De Naeyer, M.D.
Michael Ferrandino, M.D.
Gagan Gautam, M.D.
Ahmed Ghazi, M.D.
S. Larry Goldenberg, C.M., O.B.C., M.D., F.R.C.S.C.,
F.A.C.S., D.A.B.U., F.C.A.H.S.
Mohan S. Gundeti, M.B.M.S., M.Ch. (Urol)., D.N.B.
E., F.E.B.U., F.R.C.S. (Urol)., F.E.A.P.U.
Khurshid A. Guru, M.D.
Lawrence S. Hakim, M.D., F.A.C.S.
Justin Han, B.A., M.D.
Peter Herrera
Elias S. Hyams, M.D.
Micah Jacobs, M.D.
Jean V. Joseph, M.D., M.B.A.
Satyam Kalan, B.S.
Darian Scott Kameh, M.D., F.C.A.P., F.A.S.C.P.
Mohammad Shamim Khan, O.B.E., F.R.C.S. (Urol).,
F.E.B.U.
Keith C. Kim, M.D.
Sarah M. Lambert, M.D.
Benjamin R. Lee, M.D., F.A.C.S.
Thomas Sean Lendvay, M.D., F.A.C.S.
Raymond J. Leveillee, M.D., F.R.C.S-G.
Alvin Lopez-Pujals, M.D.
George L. Martin, M.D.
Alexandra Maschino, B.S.
Mary Mathe, P.A-C.
Surena F. Matin, M.D., F.A.C.S.
Sara Melegari, M.D.
Anuar Ibrahim Mitre, M.D.
Ravi Munver, M.D., F.A.C.S.
Declan G. Murphy, F.R.C.S. Urol.
René Javier Sotelo Noguera, M.D.
Marcelo A. Orvieto, M.D.
Kenneth J. Palmer, M.D.
Sijo J. Parekattil, M.D.
Eduardo Parra-Davilla, M.D., F.A.C.S., F.A.S.C.R.S.
Trushar Patel, M.D.
Manoj B. Patel, M.D.
Vipul R. Patel, M.D.
Firas G. Petros, M.D., F.I.B.M.S.

Peter A. Pinto, M.D.
James R. Porter, M.D.
Rajan Ramanathan, M.D.
Monica P. Reed, M.D.
Lee Richstone, M.D.
Bernardo M. Rocco, M.D.
Francesco Rocco, M.D.
Craig G. Rogers, M.D.
Sy Saliba, Ph.D.
Richard M. Satava, M.D., F.A.C.S.
Caroline J. Savage, M.P.H.
Douglas W. Skarecky, B.S.
Joseph A. Smith Jr., M.D.
Miguel Srougi, M.D.
Michael D. Stifelman, M.D.

Li-Ming Su, M.D.
Mario Gyung Tak Sung, M.D., Ph.D.
Raju Thomas, M.D., F.A.C.S., M.H.A.
Andrew J. Vickers, D.Phil.
Vickie White, B.S.
Peter Wiklund, M.D., Ph.D.
Daniel L. Willis, M.D.
Michael E. Woods, M.D.
Jennifer K. Yates, M.D.
Kevin Zorn, M.D., F.R.C.S.C., F.A.C.S.
Quoc-Dien Trinh
Muhammad Shamim Khan, M.B.B.S., M.C.P.S., F.R.C.S.
(Urol)., F.E.B.U.
Alexandre Mottrie
Alex Mottrie

目录

contents

第一篇 机器人手术概述

- 第 1 章 机器人手术的发展历程：过去，现在与未来 /2
- 第 2 章 如何成功开展机器人项目 /8
- 第 3 章 机器人泌尿外科手术医生的培训与资格认证 /14
- 第 4 章 机器人手术技术培训：多学科培训项目 /27

第二篇 前列腺机器人手术

- 第 5 章 让泌尿外科医生了解前列腺病理学：何时向病理科要结果 /34
- 第 6 章 评估前列腺癌手术的学习曲线 /39
- 第 7 章 机器人前列腺切除手术效果分析：循证医学 /49
- 第 8 章 学习机器人辅助根治性前列腺切除术：刚开始的技术掌握和进一步提高水平 /57
- 第 9 章 检验机器人手术学习曲线 /65
- 第 10 章 回顾前列腺癌开放性手术到机器人手术的转变历程 /72
- 第 11 章 机器人泌尿外科手术中患者体位和套管摆位 /87
- 第 12 章 难以构建腹腔通道的情况分析 /97
- 第 13 章 复杂机器人泌尿外科手术的注意要点 /99
- 第 14 章 机器人前列腺切除术的手术步骤和技巧 /110

- 第 15 章 机器人辅助根治性前列腺切除术：腹膜外入路 /119
- 第 16 章 机器人辅助腹腔镜根治性前列腺切除术手术效果的影响因素：如何实现“三连胜” /128
- 第 17 章 如何促进尿控的早期恢复 /140
- 第 18 章 如何促进勃起功能的早期恢复 /152
- 第 19 章 如何提高机器人根治性前列腺切除术的肿瘤控制效果 /162
- 第 20 章 根治性前列腺癌术后手术切缘阳性的处理 /167
- 第 21 章 机器人辅助腹腔镜根治性前列腺切除术并发症的预防和处理 /179
- 第 22 章 机器人单纯前列腺切除术：操作注意事项及手术效果 /187
- 第 23 章 挽救性机器人辅助根治性前列腺切除术 (SRARP) /191

第三篇 肾脏和肾上腺

- 第 24 章 机器人辅助根治性肾输尿管切除术 /200
- 第 25 章 肾脏解剖、生理及其与肾切除术相关的临床意义 /208
- 第 26 章 肾脏解剖、生理及其与肾部分切除术相关的临床意义 /215
- 第 27 章 肾蒂的暴露和阻断：技术和技巧 /223
- 第 28 章 机器人辅助肾部分切除术 /229
- 第 29 章 机器人根治性肾切除和肾部分切除术的疗效 /236

- 第 30 章 机器人辅助肾部分切除术：如何改善临床和肿瘤控制效果 /253
- 第 31 章 成人机器人辅助肾盂成形术的开展现状 /259
- 第 32 章 机器人辅助输尿管再植术 /269
- 第 33 章 机器人系统在肾上腺手术中的作用 /277

第四篇 膀胱肿瘤

- 第 34 章 机器人膀胱切除术和尿流改道的手术步骤 /290
- 第 35 章 机器人膀胱切除术加体外尿流改道术的手术步骤 /300
- 第 36 章 机器人盆腔淋巴结清扫术的手术步骤 /308
- 第 37 章 机器人辅助根治性膀胱切除术 /313
- 第 38 章 机器人辅助根治性膀胱切除术加尿流改道后的并发症：老问题、新方法 /322
- 第 39 章 机器人手术处理尿瘘 /330

第五篇 小儿泌尿外科

- 第 40 章 小儿泌尿外科机器人手术 (PURS) /340
- 第 41 章 小儿肾脏和输尿管的机器人手术 /345
- 第 42 章 机器人辅助腹腔镜回肠膀胱成形术和以阑尾为输出道的可控性尿流改道术：手术方法和初步经验 /355

第六篇 机器人显微外科

- 第 43 章 机器人显微外科 /362

第七篇 相关知识

- 第 44 章 机器人前列腺切除术后勃起功能障碍的治疗：阴茎勃起功能的恢复 /372
- 第 45 章 手术室，器械台和手术团队 /385
- 第 46 章 机器人手术助手的作用 /390

第八篇 行政管理

- 第 47 章 机器人外科手术的营销 /400

第一篇

机器人手术概述

Introduction to Robotic Surgery

1

机器人手术的发展历程： 过去,现在与未来

Sanket Chauhan, Rafael Ferreira Coelho, Satyam Kalan,
Richard M. Satava, Vipul R. Patel

关键词

- 机器人手术的演变
- 医学史
- 历史
- 自动化史
- 机器人手术

引言

过去的 50 年见证了信息技术 (information technology, IT) 的指数形式增长, 我们称之为“信息时代”或“IT 革命”。信息时代中一个最显著的特点是信息替代物体, 可形象地比喻成 1995 年 Nicholas Negroponte 阐述的由“物体和原子”到“比特和字节”^[1]。因此, 现实的世界可以被表示成虚拟世界的信息。在手术中, 外科医生工作的真实手术环境被控制台的数字图像 (信息) 所取代。开放手术是工业时代: 外科医生直接接触、感受组织, 使用工具进行手术。腹腔镜手术是过渡时期: 一只脚在工业时代, 即外科医生仍然通过掌控腹腔镜器械进行手术; 另一只脚在信息时代, 即视觉反馈为显示器上的电子图像 (信息)。机器人手术则完全过渡到信息时代: 外科医生完全沉浸在计算机生成的环境中 (称为“虚拟现实”。由 Jaron Lanier 于 1986 年提出), 医生从控制台的操纵杆发送电子信号, 控制末端效应器模仿外科医生的手部动作。因此, 机器人系统是一套配有机械臂的信息系统, 该系统允许外科医生从距离患者几码到几千英里远的任何地方来安全有效地执行“远程呈现” (Scott Fisher 发明的术语)。这种“信息观点”奠定了当前机器人手术的基础, 并指引了其未来。

简史

就像最初的外科医生起源于古代的理发师一样, 工程师是从古代和中世纪时代的制表师演变而来的。自动化的理念最早由亚里士多德在公元前 4 世纪阐述。有史以来第一个自动化的机器可能是在公元前 1300 年由 Amenhotep 建造的 Memnon 国王的雕像。当黎明阳光照在雕像身上时, 它会发出声音。公元前 500 年, 中国的鲁班设计并制作了用竹子和木头建造的飞鹊, 以及能跳跃的木马)。公元前 400 年, 希腊 Tarentum (塔伦特姆) 的 Archytas (也被认为是机械工程学科的奠基人), 设计了一个木制的鸟, 可以利用喷射的蒸气飞行约 200 英尺 (1 英尺=0.3048 米)。一个世纪之后, 希腊 Alexandria (亚力山大) 港的 Ctesibius (特西比乌斯) 修改了漏壶 (水钟)。漏壶以前只被用作定时器, 修改过后变成了连续工作的时钟, 直到 17 世纪钟摆发明前, 它都是世界上最精确的时钟。值得特别一提的是: 拜占庭 (Byzantium) 的 Philo, Alexandria 的 Heron, Hsieh Fec, Huang Kun, Yang Wu-Roll, Prince Kaya, King Bhoj, Al-Jazari 等人在古代都创造出了各种令人吃惊的小工具。

在文艺复兴时期, 达·芬奇 (da Vinci, 1495 年) 设计了第一个人形的“机械骑士”, 可以在下

巴、手臂和颈部(图 1.1)模仿人类的动作。这个年代的其他一些有奇妙作品的设计师们有: Torriano (1540 年, 制表师) 设计了一个演奏曼陀林的淑女; Jacques Vaucanson (1738 年, 织布机的发明人), 制作的机械鸭子达 400 余个, 每一个都可以吃东西、喝水、拍动翅膀、消化谷物和排便; Pierre Jaquet-Droz 和他的儿子 Henry Louis (制表大师), 他们制作了若干机械娃娃, 可以写字 (1770 年)、画画 (1772 年)、演奏长笛等管乐器 (1773 年)。1801 年, Joseph Jacquard 修改了 Vaucanson 在半个世纪前发明的织机, 使其自动通过一组命令而工作。这些命令是打在纸板上的若干小孔。这一方法被 Charles Babbage (1837 年, 计算机科学之父) 为他的“分析引擎”的设计数据记录系统时再次应用。20 世纪下半叶, 这一方法还被 IBM 公司在数据录入时采用过。

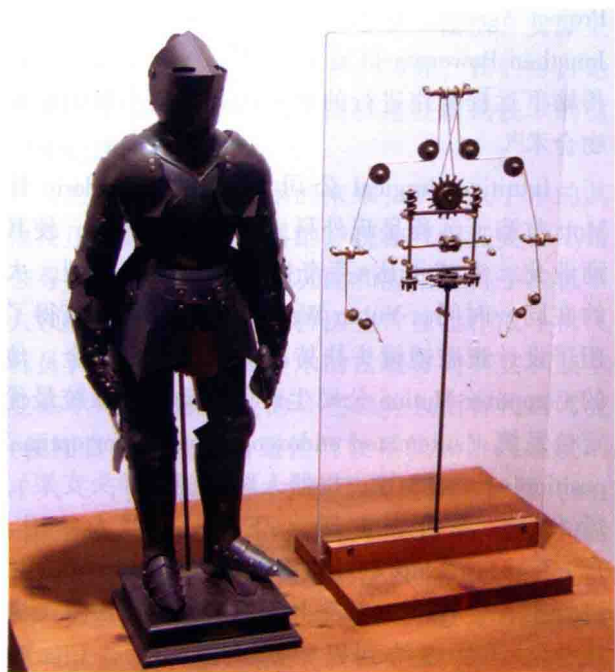


图 1.1 基于达·芬奇的素描制作的机械骑士与其内部装置在柏林展出 (Wikimedia commons image by Erik Möller, 2005)

现代手术机器人

虽然自动化的概念有数百年的历史, 然而术语“robot”(机器人)是 1920 年由 Joseph Capek 在其兄弟 Karel Capek 创作的名剧“罗苏姆的通用机器人”(Rossum's Universal Robot)中创造

的(robota 来自捷克语, 意为“强迫劳动”)(图 1.2)。1942 年 Isaac Asimov 在他的短篇小说 *Runaround* 中进一步推广了“机器人”的概念。1951 年, Raymond Goertz 在原子能委员会阿贡国家实验室工作时设计了第一台遥控轮式主从式机械手, 以处理危险的放射性物质。几年后, George Devol 与 Joseph Engelberger 合作, 拿到了第一台工业机器人的专利并将它命名为 Unimate, 由一家名为 Unimation 的公司 (Universal Automation, 通用自动化) 制造。第一个商用 Unimate 机器人在通用汽车公司 (General Motors, GM) 的装配生产线用于压铸处理和点焊。从此, 劳动密集型或危险的任务, 尤其是那些需要高精度的工作, 都可以由工业机器人来完成。1977 年, Victor Scheinman——现代机器人技术的另一个先驱, 将他设计的全电动六轴关节机器人卖给了 Unimation。在通用汽车公司的支持下, Unimation 公司在 1978 年推出了可编程的通用机器人总成 (Programmable Universal Machine for Assembly, PUMA) 560。7 年后, 也就是 1985 年, Kwoh 首次以辅助程序控制 PUMA 560 机器人实施了立体框架定位下的脑活检术。1988 年, John Wickham 爵士和 Brain Davis 在伦敦帝国理工学院, 演示了使用 PUMA 560 进行经尿道前列腺电切术 (trans urethral resection of prostate, TURP) 的可行性。进而发展成外科医生辅助下的机器人前列腺电切术 (surgeon assistant robot for prostatectomy, SARP), PROBOT, URobot, 外科医生编程的泌尿外科装置等 (surgeon programmable urological device, SPUD)。讽刺的是, 虽然 PUMA 在手术领域的初次尝试结果令人鼓舞, 但 Westinghouse——接手 Unimation 的老板, 决定停止制造机器人, 声称利用它来进行手术并不安全。

与此同时, Stanford 大学的整形外科医生 Joseph Rose, 与 Stanford 研究院 (后来被称为 SRI 国际公司) 的首席科学家 Philips Green 一起研究手外科手术机器人遥控系统。来自美国国家航空和航天局 (National Aeronautics and Space Administration, NASA) 艾姆斯研究中心的 Michael McGreevy 和 Stephen Ellis 也参与了项目。他们制作了头戴式显示器 (Head Mounted Display, HMD)——一种连接在头盔上的小电视显示器, 可以提供一个三维 (3D) 环境的视觉。后来, 美国航天局的



图 1.2 罗苏姆的通用机器人 (Rossum's Universal Robots) 剧中的原班机器人演员, 1921 年在 Prague 首映 (Reproduced with permission: Mary Ann Liebert Inc. Publishers)

计算机科学家 Scott Fisher 提供的三维 (3D) 音响系统给它了一个完全身临其境的感官体验。Joe Rosen 和 Scott Fisher 合作产生了远程外科手术的最初理念。这一愿景是设计一个外科手术系统, 可用于在太空中实施远程外科手术。这个系统可以由 SRI 的机器人遥控系统结合美国宇航局的头盔显示器 (HMD) 系统来实现。同时, 正在开发用于上、下胃肠道 (gastrointestinal, GI) 可弯内镜系统的军医 Richard Satava, 也加入了该团队。他们的研究成果就是 “Satava and Green Telepresence system” (远程呈现系统)。Phil Green 利用该系统操作手术刀将 Richard Satava 手指拿着的葡萄切成两半, 这一创举令全世界瞩目 (图 1.3)。随后他们还演示了在离体组织上手术的功能,

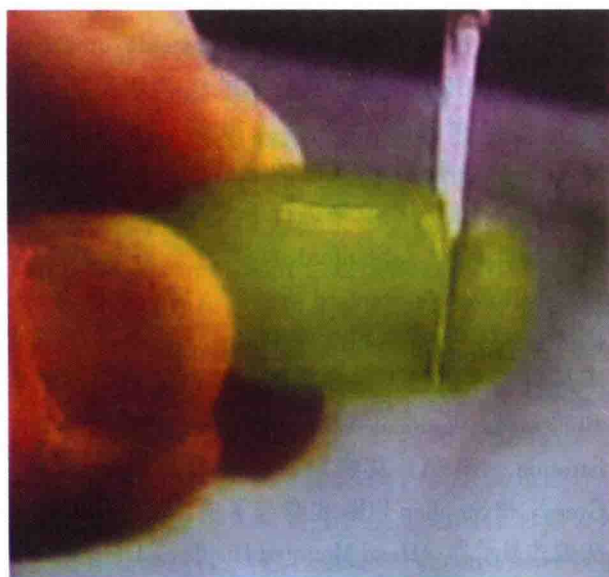


图 1.3 远程外科手术的第一个范例。Phil Green 远程操控的手术刀片切割 Rick Satava 手中拿的一粒葡萄

能, 包括肝、肾切除术和肠吻合术。1992 年, Satava 为了寻求资助完成研究项目, 签约美国国防部高级研究计划局 (Defense Advance Research Project Agency, DARPA)。该项目取得了成功, Jonathan Bowersox 报道了利用该系统在无线微波传输下远程操作进行的第一例离体猪小肠的血管吻合术^[2]。

Intuitive Surgical 公司的创始人 Frederic H. Moll 收购了远程呈现外科手术系统的产权, 使其商业化, 变成了达·芬奇机器人系统的原型。大约在同一时间, Yulun Wang 也从 DARPA 获得了用于设计腹腔镜镜头扶持机械臂的项目资金。他的 Computer Motion 公司生产了自动内镜系统最优定位系统 (automated endoscopic system for optimal positioning, AESOP; 机器人腹腔镜摄像头支架), 后来这一系统在宙斯 (ZEUS) 机器人使用。Jacques Marescaux 利用这套机器人于 2001 年 9 月进行了著名的 “Lindbergh 手术” (以首次单飞横跨大西洋从纽约到巴黎的美国飞行员 Charles Lindbergh 的名字命名), 他在纽约为一位身在法国 Strasbourg 的患者完成了第一例跨大西洋的远程腹腔镜胆囊切除术^[3]。这是手术史上的一个重要里程碑, 但不幸的是并没有得到足够的媒体关注, 因为它恰巧与 “9·11” 恐怖袭击的时间重合。不久以后, 来自加拿大安大略省微创外科中心 (Center of Minimal Access Surgery, CMAS) 的 Mehran Anavari 开始在他的医院 (St. Joseph's hospital) 为 400 公里以外的北湾综合医院实施常规远程手术^[4]。随着 Intuitive Surgical 公司和 Computer Motion 公司的合并, 远程手术的暂时不再被

关注了。近日, Sterbis 等用达·芬奇机器人分别在 1300 英里 (1 英里=1.61 公里) 和 2400 英里远的地点对犬模型执行远程肾切除术^[5]。2004 年, SRI——一个现在由 Thomas Low 和 Pablo Garcia 领导的国际团队, 从 DARPA 处获得了被称为“创伤救治舱”(trauma-pod, TP) 的项目资金。这是第一次针对“没有人的手术室”进行的联合项目尝试。第一次成功的演示是在 2007 年^[6]。TP 系统由 13 个子系统组成, 示范表演了在仅有患者一人的救治舱中施行急诊修复手术的可行性。

展望: 先进技术及其在手术机器人的应用

物理定律在虚拟世界中是没有用的。相反, 它只受代码支配。因此, 任何在现实世界中的动作, 不仅可以准确地虚拟世界中模仿, 实际上还可以被增强。在本章的下一部分, 我们将讨论机器人手术的未来, 以及围绕这些新兴技术的道德和伦理问题。

为了构想外科手术的将来, 机器人手术的其他使用原则必须仔细斟酌。现在我们需要的是去寻找新的技术, 而是巩固和应用外科手术机器人领域的现有技术。外科医生常被比作战斗机飞行员, 所以我们推测手术的发展方向其实和航空业基本一致。航空业的一些趋势包括替代副驾驶(使用自动驾驶仪、遥控驾驶系统和协同系统的单人飞行), 小型化 [小型无人驾驶飞行器 (unmanned air vehicle, UAV)], 智能仪器设备 (包括传感器和效应器, 可以自动调整和补偿), 任务专业化 (如监控、搜索) 和完全自主的无人机, 如全球鹰和捕食者。同时实现了从以机械为基础的武器 (子弹) 向定向能量系统 (激光) 的模式转变。

另一个推测来源于那些常规使用机器人的生产和包装等领域。机器人通常在这些行业中用于更换工具 (器械) 或处理零部件 (用品)。在外科手术中, 这些是通过洗手护士和巡回护士实现的。集成的机器人系统可通过自动库存管理和供应链管理系统来改善效率和成本-效益。在手术机器人领域中这些论据的应用, 为手术机器人的未来铺平了道路, 正如上文中创伤救治舱所演示的那样。

取消洗手护士和巡回护士

目前大多数手术室除了外科医生和麻醉师外, 都成群成对地配备洗手护士、巡回护士, 另加上救援护士和监督护士。因此, 每个手术间至少要有 6 名人员才能进行工作。通过将器械置换装置 (代替洗手护士) 和器械供给分配器 (代替巡回护士), 连同由电子控制麻醉机一起, 集成到现代机器人系统, 使手术室中只需留有患者一人成为可能。因此, 通过代替两个洗手护士, 两名巡回护士和一个监督护士 (机器人不需要休息), 将有可能永久性的减少 5/6 (87%) 的人员和 61% 的手术室成本费用。这也将有助于解决护士短缺问题, 有助于护士实现更高水平的精神满意度。

患者的护理质量也将通过这个方法得到改善。由于人员频繁进出手术间, 会有灰尘、污垢、细菌和其他微粒进入。使用机器人将实现手术室管理的无人化。另一个优点将是高效率。每次换刀时间或供应物资时, 有三件事情同时发生: 患者的安排, 手术间物品补给订单发送, 购买请求发出。上述事情均在 50ms 内完成, 准确率达到 99.99%。所有的数据项都被跟踪, 并自动记录, 同时借助射频识别标签可随时获悉其在手术间的位置。因此, 文书工作实时连续地执行, 周转时间大大减少, 及时的库存和软件管理供应链确保快速、高效和准确地控制所有仪器和用品。

设备小型化

以电影导演 Steven Spielberg 的话来总结, “其实没有科幻一说, 只有科学的不确定性。”当代科幻小说讲的各种主题, 通常围绕着自动化的机器人系统。这些系统的几个共同特点是智能化, 自动化, 柔性 (提供足够的自由度), 小型化 (提供空间), 并模仿生命形式 (人形, 或更常见的节肢动物形态)。

目前可用的手术机器人是大而笨重的, 并且需要大量的手术室空间。未来的一步将是机械手的小型化, 其中最具有前途的技术是微机电系统 (Micro-Electro-Mechanical Systems, MEMS)。这一系统是 1~100mm 大小的组件, 并具有极高的可靠性并节能。用 MEMS 元件组装的下一代机器人将允许大幅度降低其尺寸, 并相应增加精度 (10~100 μ m 精度) 和速度 (性能以毫秒为单位, 而不是秒)。这些也可以通过使用液压原件 (微