

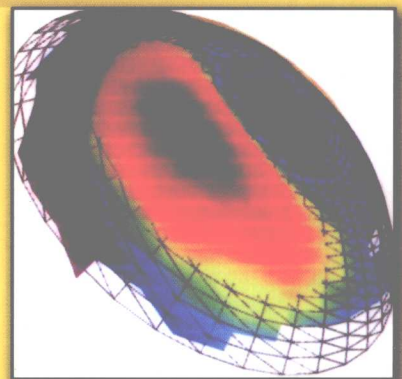
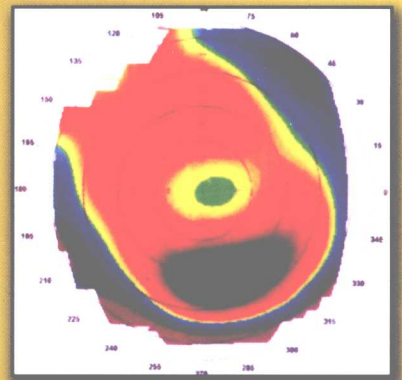
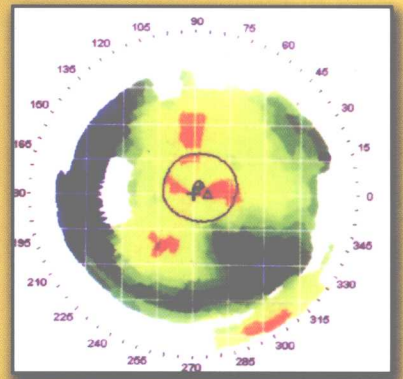
中文翻译版

波前时代角膜地形图的 临床应用

Corneal Topography in the Wavefront Era

A Guide for Clinical Application

主编 Ming Wang



科学出版社
www.sciencep.com

中文翻译版

波前时代角膜地形图的 临床应用

Corneal Topography in the Wavefront Era
A Guide for Clinical Application

■主编 Ming Wang

■主译 余克明

科学出版社

北京

图字:01-2008-4041号

内 容 简 介

本书信息量大、综合性强,侧重于眼科临床,综合回顾了角膜地形图的科学原理及现有各种主要角膜地形图成像系统的临床应用情况,强调对技术原理的理解,以及如何将其应用于临床以解决重要的实际问题;还包括角膜地形图的发展史、角膜的解剖和生理、角膜地形图技术的分类、屈光手术前的评估、屈光手术后的处理、屈光手术的角膜后表面改变等内容。

本书是眼前段手术医生及其他眼科医生和验光师的必备参考读物。

图书在版编目(CIP)数据

波前时代角膜地形图的临床应用 / (美)王明旭(Ming Wang)主编;余克明主译. —北京:科学出版社,2009

ISBN 978-7-03-024072-9

I. 波… II. ①王…②余… III. 角膜-眼外科手术-图集 IV. R779.65-64

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第023611号

策划编辑:王霞 / 责任编辑:王红 / 责任校对:宋玲玲

责任印制:刘士平 / 封面设计:黄超

版权所有,违者必究。未经本社许可,数字图书馆不得使用

The original English language work has been published by SLACK, INC.

Thorofare, New Jersey, U. S. A.

Copyright © 2008 by SLACK, INC. All rights reserved.

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

北京佳信达艺术印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009年3月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2009年3月第 一 次印刷 印张:19 1/4

印数:1—2 000 字数:447 000

定价:298.00元

如有印装质量问题,我社负责调换

《波前时代角膜地形图的临床应用》

翻译人员

主 译 余克明
译 者 (按姓氏汉语拼音排序)
李 凡 林浩添

献 辞

谨以此书献给我敬爱的导师和朋友、已故 Guy Chan 教授——一位献身事业的谦虚的眼科医师，也献给他来自世界各地的学生。

Chan 教授，感谢您的鼓励和耐心指导，我们想念您。本书献给您，Guy！



致谢

衷心地感谢 Dr. Tracy Schroeder Swartz! 感谢她在本书编写过程中所做出的贡献。没有 Dr. Swartz, 本书是不可能完成的。

感谢所有指导过我的教授, 从他们那里我学到很多有关角膜的知识。在哈佛和 MIT, 我完成了医学院学习, 感谢那里的 Claes Dohlman、Elliott Finkelstein、Jonathan Talamo 和 Reza Dana 教授; 在宾夕法尼亚州费城的威尔士眼科医院, 我完成了眼科住院医师医生培训, 感谢那里的 Peter Laibson、Elizabeth Cohen、Christopher Rapuano 和 Larry Donoso 教授; 在佛罗里达迈阿密巴斯康帕默眼科医院, 我完成了角膜专科训练, 感谢那里的 Richard Forster、William Culberson、Scheffer Tseng、Khalil Hanna、Carol Karp、Stephen Pflugfelder、Andrew Huang、Eduardo Alfonso 和 Lori Ventura 教授; 在田纳西州首府纳什维尔市的范德比尔特大学眼科, 我从事眼科临床和科研工作, 感谢那里的 James Elliott、Spencer Thornton 和 Dennis O'Day 教授。

我要感谢所有在我的眼科中心工作的人员, 尤其是 Dr. Helen Boerman 和 Dr. Shawna Hill 在编写上的协助。我也想感谢 Rong Yang、Lisa Flores 和 Suzanne Gordon 的支持; 感谢我的朋友 Carlos Gonzalez、Simin Soroush、Peng Liang、JR Davis、Charles Grummon、Alanna Napier、Polly Nichols 和 Gene Angle 为我提供角膜病患者。

非常感谢世界各地我的同事, 包括 Jian Ge、Ren-yuan Chu、Jia-liang Zhao、Shi-yuan Zhang、David Liu、David Pao、Bao-song Liu、Michael Zhou、Wei-li Li、Zhu-guo Liu、Zhen-ping Zhang、Jun-wen Zhen、Ray-Ann Lin、Ying-min Zheng、Jay Hsu、Ray Tsai、Fung-rong Hu、Arun Gulani、Ralph Chu、Terry Kim、Dimitri Azar、Jay Peppose、Noel Alpins、Trevor Gray、Gates Wayburn、Gary Jerkins、Peter Netland、Thomas Gettelfinger、James Freeman、Deborah Distefano、Natalie Kerr、Francis Munier 和 Aleksandar Stojanovic, 还要感谢 Bang Chen 安排我在中国做了第一例飞秒激光 LASIK 手术。

感谢目前和以前在我的眼科中心进修角膜专科的医生: Drs. Shin Kang、Ilan Cohen、Uyen Tran、Walid Haddard、Mouhab Aljajeh、Keming Yu、Yangzi Jiang 和 Lav Panchal, 从他们那里我学到很多关于眼角膜的知识。

我想特别感谢的是 Guy Chan 教授——我的导师, 感谢他对这本书所做出的贡献。

此外, 我还要感谢我的家人: 我的父亲 Zhensheng Wang 教授、我的母亲 Alian Xu 教授、我的弟弟 Mingyu Wang 教授, 感谢他们对我无私的关爱与支持。

主编介绍

Ming Wang 中文名王明旭,医学、物理学双博士,是美国田纳西州大学的眼科教授,他同时也是田纳西州首府纳什维尔市圣托马斯医院(Saint Thomas Hospital)的眼外科主治医师及王氏眼科中心(Wang Vision Institute)的创办人和中心主任。他目前还是中国爱尔眼科医院——中国最大的私立眼科医院集团的屈光手术中心主任和中国深圳阳光医院首席科学顾问。

王明旭 1982 年从中国科技大学毕业(激光化学物理专业)并由中国科学院派往美国留学。1986 年在美国马里兰大学获得激光光谱学博士学位后,到波士顿的麻省理工学院做博士后。1991 年,王明旭获得哈佛大学医学博士学位并得到特级优等生的荣誉(magna cum laude)。他以全校毕业论文第一名的成绩从哈佛和麻省理工学院毕业。就读期间,他还获得了该校的 Harold Lamport 生物医学杰出研究奖。王明旭后来在世界著名的宾夕法



尼亚州费城的威尔士眼科医院(Wills Eye Hospital)做住院医师(residency)和眼基因研究员,接着在佛罗里达迈阿密巴斯康帕默眼科医院(Bascom Palmer Eye Institute)接受角膜、眼外疾病及屈光手术专科训练(cornea fellowship),由此成为世界上仅有的几位具有激光物理博士学位的 LASIK 医生之一。1997 年,他受田纳西州首府纳什维尔市的范德比尔特(Vanderbilt)大学聘请建立激光中心并成为该中心主任。2002 年,他创建了王氏眼科中心。

王明旭的科研生涯可分为三个不同的阶段。1982~1986 年,他以第一作者的身份在著名物理杂志《物理学评论 A》(*Physical Review A*)上发表了十几篇论文,描述了他和 John Weiner 教授一起创建的一种新颖的原子物理实验手段,钠原子间的多普勒速度选择联合电离过程。1987 年,王明旭的研究兴趣转移到分子生物学,在哈佛大学和麻省理工学院就读期间,在《自然》杂志上以第一作者发表了有关他和 George Church 教授共同研究出的一种新的分子生物技术的文章,以探测体内 DNA 和蛋白间的相互作用和

基因表达的调节。1992年,已在实验原子物理和分子生物学方面有所建树的王明旭又开始了新的研究生涯——眼科,着重探讨有关眼基因学、新的眼前段重建手术和角膜地形图。他和 Larry Donoso 教授一起克隆了第一个黑色素瘤相关的抗体基因;和 Schef-fer Tseng 教授合作,在实验上第一次证明了羊膜移植可减少角膜瘢痕和细胞凋亡。王明旭的科研成果获得了“羊膜角膜接触镜”的美国专利,并且成功地制作出世界上第一个模型。他是前美国食品药品监督管理局(FDA)眼科委员会委员,并在1999年美国FDA全国LASIK手术临床结果验证总结中任首席专家。他在世界上第一个大规模地开展了对新型角膜地形图技术——三维角膜地形图AstraMax的临床研究。他是美国第一个将新一代高频激光运用于LASIK术后并发症治疗的医师。王医师做了世界上第一例飞秒激光辅助的人工角膜移植术。他完成了25 000例LASIK手术(其中包括3 000名医生),并成为全美ABC电视台电视节目“彻底改变”(Extreme Makeover)中指定的LASIK手术医师。

王明旭是《今日白内障和屈光手术》编委会的成员,同时是《美国眼科杂志》、《角膜》、《白内障和屈光手术杂志》、《屈光手术杂志》、《基因组》和《眼科和视觉科学研究》的评委,编写了由美国眼科科学院出版的《角膜遗传病分子生物学研究》及世界最大的眼科出版社SLACK出版的《波前时代角膜地形图的临床应用》两部专著。王氏眼科中心是田纳西州唯一的角膜、眼外疾病和屈光手术的专科培训基地(cornea fellowship)。他应邀去许多国家做演讲,并被厦门大学和原中山医学院及爱尔眼科医院聘请为客座教授。2005年8月,他做了中国首例全激光无刀片飞秒LASIK手术。他创建了“王氏视力重建慈善基金会”,这个非赢利组织旨在通过筹集基金帮助盲人,为来自美国40个州及世界55个国家的严重角膜失明的患者做了疑难眼球前段重建手术,并且免收所有手术费用。每年秋天这个基金会都有一次筹款活动,叫做“眼睛舞会”(Eye Ball)。王明旭获得了许多荣誉和奖励,他连续数年被美国Castle Connelly组织评为“全美国最好的医生”(此荣誉只授予不到1%的美国医生)。他被冠以美国“在防盲研究领域做出突出贡献的医务人员”,范德比尔特大学授予他“杰出研究员”的荣誉。王明旭的科研获得了美国国立卫生研究院(NIH)的RO1科研基金资助。

王明旭有广泛的兴趣和爱好。他和他的好朋友、古典吉他手Carlos Gonzalez先生组成了一个叫“为了视觉的音乐”小乐队,他拉二胡;在美国著名乡村音乐歌手Dolly Parton的新专辑“那些天”里,他用二胡为Dolly Parton伴奏了描述美国内战的“残酷的战争”这首歌。王明旭精通国标交谊舞,他曾是哈佛大学校队队员,为哈佛赢得了全美大学冠军;他目前是美国业余交谊舞音乐城俱乐部的主席,并在美国国家锦标赛的国际标准舞专业-业余组比赛中获得第四名。

Contributing Authors

Amar Agarwal, MS, FRCS, FRCOphth
Dr. Agarwal's Eye Hospital
Chennai, Madras, India

Athiya Agarwal, MD, DO
Dr. Agarwal's Eye Hospital
Chennai, Madras, India

Sunita Agarwal, MS, DO
Dr. Agarwal's Eye Hospital
Chennai, Madras, India

Noel Alpins, FRACO, FRCOphth, FACS
New Vision Clinics
Cheltenham, Victoria, Australia

Guillermo Avalos-Urzuva, MD
University of Guadalajara Mexico
Guadalajara, Jalisco, Mexico

Giuseppe Bellezza, MD
Rome, Italy

Michael W. Belin, MD
Albany Medical College Lions Eye Institute
Albany, New York

Helen Boerman, OD
Wang Vision Institute
Nashville, Tennessee

Megan Buliano, OD
Chu Laser Eye Institute
Edina, Minnesota

Ralph Chu, MD
Chu Laser Eye Institute
Edina, Minnesota

Ilan Cohen, MD
Fifth Avenue Eye Center
New York, New York

David Coward, OD
Wang Vision Institute
Nashville, Tennessee

Giuseppe D'Ippolito, DrIng
Taranto, Italy

Michael Endl, MD
Fichte-Endl Eye Associates
Amherst, New York

Claus Fichte, MD
Fichte-Endl Eye Associates
Amherst, New York

Arun C. Gulani, MD
Department of Ophthalmology
University of Florida
Jacksonville, Florida

Shawna Hill, OD
Wang Vision Institute
Nashville, Tennessee

Doug Horner, OD, PhD
Indiana University School of Optometry
Bloomington, Indiana

Bruce Jackson, MD
University of Ottawa Eye Institute
Ottawa, Ontario, Canada

Soosan Jacob, MS, FRCS, DipNB, FERC
Dr. Agarwal's Eye Hospital
Chennai, Madras, India

Nilesh Kanjiani, DipNB, DO, FERC
Dr. Agarwal's Eye Hospital
Chennai, Madras, India

Paul M. Karpecki, OD
Moyes Eye Clinic
Kansas City, Missouri

Stephen D. Klyce, PhD
New Orleans, Louisiana

Stephan Kröber
Augenzentrum Maus+Heiser, Köln, Germany

Ray-Ann Lin, MD
Taipei, Taiwan, ROC

Zuguo Liu, MD, PhD
Eye Institute of Xiamen
Xiamen University
Xiamen, China

(Continued)

Naoyuki Maeda, MD
Osaka University Medical School
Department of Ophthalmology
Osaka, Japan

Vincenzo Marchi, MD
Roma, Italy

Renzo Mattioli, PhD
Optikon 2000 S.p.A
Rome, Italy

Mathas Maus, MD
Augenzentrum Maus+Heiser
Cologne, Germany

Marc Michaelson, M.D.
University of Alabama
Birmingham, Alabama

Sergey Molebny, MS
Houston, Texas

Rejean Munger, PhD
University of Ottawa Eye Institute
Ottawa, Ontario, Canada

Tom D. Padrick, PhD
Houston, Texas

Roberto Pinelli, MD
Istituto Laser Microchirurgia
Brescia, Italy

Dan Z. Reinstein, MD
London Vision Clinic
London, England

Mario G. Serrano, MD
Centro de Cirugia Refractiva y Catarata
Bogotá, Colombia

Ariadna Silva-Lepe, MD
University of Guadalajara Mexico
Guadalajara, Jalisco, Mexico

Ronald H. Silverman, PhD
London Vision Clinic
London, England

George Stamatelatos, BscOptom
New Vision Clinics
Cheltenham, Victoria, Australia

Charles Wm. Stewart, OD
Lake Mary, Florida

Aleksandar Stojanovic, MD
Synslaser Clinic, Eye Department
University Hospital North
Tromsø, Norway

John Sutphin, MD
Dept of Ophthalmology
University of Iowa
Iowa City, Iowa

Tracy Swartz, OD, MS
Wang Vision Institute
Nashville, Tennessee

Gustavo E. Tamayo, MD
Centro de Cirugia Refractiva y Catarata
Bogotá, Colombia

Nancy K. Tripoli, MA
Department of Ophthalmology
University of North Carolina at Chapel Hill
Chapel Hill, North Carolina

Joe S. Wakil, MD
Houston, Texas

Xiao Yang, MD
Zhongshan Ophthalmic Center
Guangzhou, China

Keming Yu, MD, PhD
Wang Vision Institute
Nashville, Tennessee

Mei Zhang, MD, PhD
Zhongshan Ophthalmic Center
Guangzhou, China

Zhenpin Zhang, MD, PhD
Zhongshan Ophthalmic Center
Guangzhou, China

Jason Zornek
Fichte-Endl Eye Associates
Amherst, New York

前言

角膜地形图在当今波前技术时代所起的作用有多大？一本全面易懂的角膜地形图参考书是否需要？现代角膜地形图这一新的诊断手段是什么？以及如何结合角膜地形图和波前数据来提高眼科临床效果？在过去几年的美国眼科学会(AAO)和美国白内障与屈光手术(ASCRS)协会的年会上,本人为“现代角膜地形图”课程的主要教员。鉴于越来越多的眼科医师参加此课程学习,他们希望能与现代角膜地形图技术的发展保持同步,我意识到有责任编写一本全新的角膜地形图参考书。

虽然波前测量技术为我们提供了有关眼睛的全方位知识,然而对角膜地形图的了解仍然是不可或缺的,其理由如下:

1. 角膜是眼球最大的屈光结构。
2. 当今手术矫正屈光不正的主要方法都是针对角膜的。
3. 现代角膜地形图技术能提供传统的 Placido 盘技术平台不能达到的强大功能,如测量角膜后表面、测量角膜厚度和检查角膜高度的改变。在临床上,如诊断圆锥角膜时,这些信息是不可缺少的。
4. 波前测量技术有其内在的技术限制,比如不能提供角膜像差来源的信息(是源于角膜还是晶状体),缺少瞳孔以外区域的数据及基于眼调节引起的像差信息。
5. 21 世纪将是角膜地形图和波前像差技术共同指导眼前段手术的时代,它将带给人们前所未有的完美视觉。

我诚约一批来自世界各地的专家教授参与撰写这本角膜地形图参考书,主要指导方针是阐明各种角膜地形图技术的科学原理,从而为眼科医师提供全面而有用的临床指导。我们尽量避免使用厂家的具体商品名称,而采用通用术语(如基于 Placido 盘对应基于裂隙扫描原理)以加深对科学原理的理解。

《波前时代角膜地形图的临床应用》一书是我们团队众多医师和科学研究人员辛勤工作的结晶,是一本综合性的全新而精美的角膜地形图教科书。

本书包括四部分。

第一部分:角膜地形图的基本原理。这部分主要讨论角膜的解剖结构、生理和光学原理,回顾角膜地形图的发展历史,介绍各种角膜地形图的技术原理及展示方式、角膜曲率计刻度标码和角膜地形图通用的约定规则,主要是为读者提供对现代角膜地形图仪基本科学原理的理解,介绍各种地形图的类型,并展示相应的地形图。

第二部分:角膜地形图的应用。介绍正常和有病变的角膜地形图,以进行屈光手术前评估和指导屈光手术后并发症的处理。这部分重点用于解决临床上最重要的诸如亚临床圆锥角膜(FFKC)的鉴别及角膜地形图一些新的检查功能,如测量角膜后表面、高

度的改变及厚度,主要为读者提供在屈光手术中遇到的重大问题,如对有关圆锥角膜的发现和预防进行深入探讨和临床指导。

第三部分:以角膜地形图为基础的个性化治疗展示了一种新的技术潮流,这种技术将角膜地形图和波前像差技术相结合,用于指导屈光手术和角膜手术。这部分阐述的是角膜地形图和波前测量数据之间的关系和临床相关性,论述以角膜地形图和波前像差技术结合为平台有代表性的治疗方法。目的是使读者对这两种技术的结合和应用有全新的理解,不仅理解其科学原理,还要理解如何使用角膜地形图和波前像差技术结合的个性化治疗方法来指导临床应用。

第四部分:具体介绍各种角膜地形图仪的工作原理和当今在市场上具有代表性的每一类角膜地形图仪的临床应用情况。每一章描述一种类型的商业用角膜地形图仪及其独特功能和对临床应用的指导。这部分提供了丰富的临床实例对每种角膜地形图加以说明,给读者一个完整的临床实例目录,从而容易地找到作为参考的病例。

这本书不仅是传统的角膜地形图仪,如 Placido 盘系统(Humphrey Atlas, Magni-lan Mapper, Tracey-EyEsys, Optikon, Tomey, Topcon)、角膜高度地形图和光学裂隙扫描型角膜地形图系统的临床指导参考书,也是新一代角膜地形图技术,如超声角膜地形图(Artemis)、三维棋盘格角膜地形图(AstraMax)和最新的 360°旋转裂隙扫描系统(Pentacam, Precisio)的临床指导参考书。

最后,我们提出了对将来角膜地形图技术的展望:通过与各种成像技术的结合,希望将来的视觉手术真正能够达到完美的境界,让病人术后有最佳的视觉质量,而不会引起手术源性的像差。

我编写这本《波前时代角膜地形图的临床应用》,是希望让全世界的眼科医师和眼视光医师在对他们的病人进行治疗时,能以这本书作为重要的、有价值的参考读物。

目 录

第一部分 角膜地形图的基本原理

第 1 章	角膜地形图的发展史	(3)
第 2 章	角膜的解剖与生理	(13)
第 3 章	角膜的光学	(18)
第 4 章	角膜地形图技术	(28)
第 5 章	轴向图、高度图和角膜厚度图	(38)
第 6 章	角膜地形图的计量	(52)

第二部分 角膜地形图的应用

第 7 章	正常角膜地形图	(63)
第 8 章	常见角膜病的角膜地形图表现	(78)
第 9 章	屈光手术前评估	(90)
第 10 章	屈光术后角膜地形图	(105)
第 11 章	屈光手术相关的角膜后部改变	(112)

第三部分 以角膜地形图为基础的个性化治疗

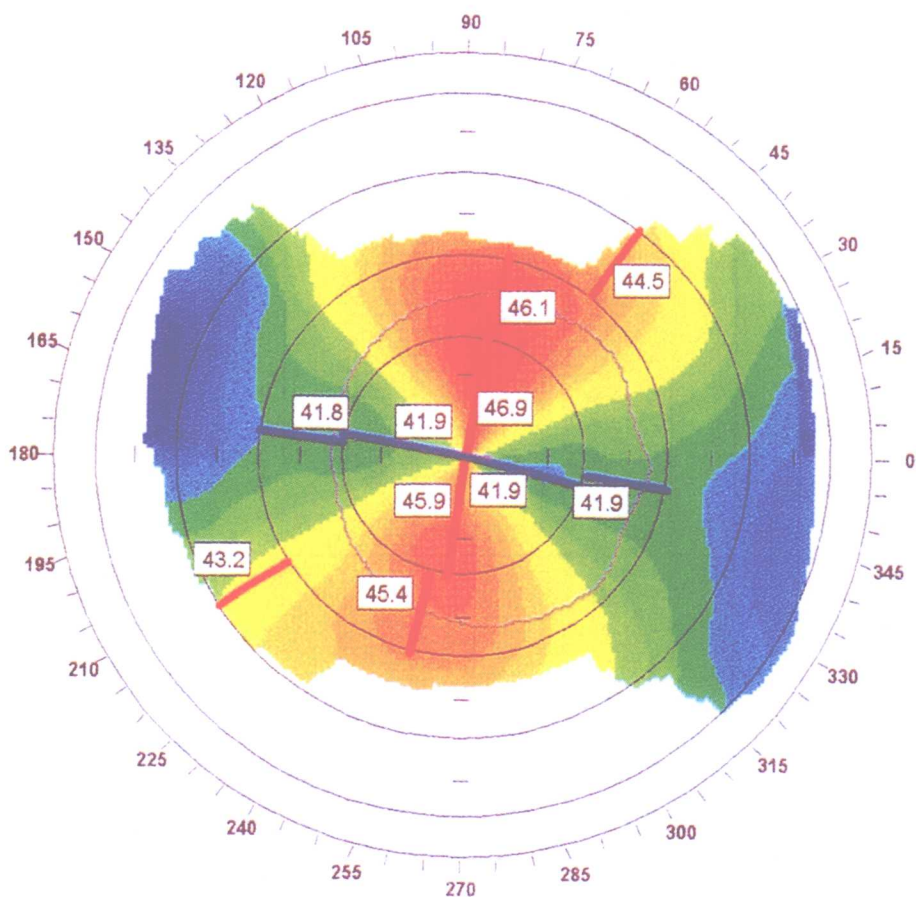
第 12 章	角膜地形图仪和波前测量仪——互补的工具	(121)
第 13 章	波前与地形图相结合在屈光手术中的应用	(128)
第 14 章	雷赛激光器在以地形图为基础的个性化切削中的应用	(134)
第 15 章	地形图引导的角膜屈光性手术治疗——VISX 模型	(146)

第四部分 各种具体的地形图系统

第 16 章	Magellan 角膜地形图仪	(159)
第 17 章	基于 Tracey 技术的波前像差系统与角膜地形图相结合的 iTrace 检查仪	(164)
第 18 章	Bausch & Lomb Orbscan II / II z 前段分析系统	(177)
第 19 章	Artemis VHF 数字超声技术	(194)
第 20 章	Keratron 和 Keratron Scout 角膜地形图仪	(216)
第 21 章	Tomey TMS 角膜地形图仪	(241)
第 22 章	Topcon KR-9000PW 地形图	(250)
第 23 章	三维立体角膜地形图系统——AstraMax 地形图仪	(259)
第 24 章	Pentacam 角膜地形图仪	(270)
第 25 章	Precisio 角膜地形图仪	(285)
第 26 章	角膜地形图的未来	(293)

第一部分

角膜地形图的基本原理



第 1 章 角膜地形图的发展史

Tracy Swartz, OD, MS; Renzo Mattioli, PhD; Nancy K, Tripoli, Doug Horner, OD, PhD; and Ming Wang, MD, PhD

在人眼总的屈光力中,角膜表面的泪膜与空气的接触界面就占 2/3,人眼总的屈光力为 60D,而角膜为 43D。角膜平均曲率半径为 7.8mm,构成了角膜屈光力的绝大部分(约+48D),而角膜后表面呈凹面形状,角膜基质的折射指数与房水接近,结果产生-5D的屈光力。另外,散光大多源于角膜形状的不规则。所以,一直以来我们对角膜表面的测量倾尽心血也就不足为奇了。

正常的角膜并非标准球面形状,而是呈一非球面形状,类似一个侧面被垂直方向轻轻挤压成扁平的钟形结构。角膜 0.5~1.0D 的顺规散光(垂直轴向上屈光力更陡而水平轴上更平缓)可由晶状体的自然倾斜补偿。角膜中央直径 6~7mm 的顶冠区为一椭圆形,只有在顶端角膜曲率才较一致。角膜周边区域较中央区明显平坦。有些角膜也可以发现其与角膜缘连接处变陡(如钟的边缘)。

自从 1619 年《Father Christoph Scheiner》出现有关人眼的介绍后,人们一直致力于角膜曲率的测量。其后 150 年,眼科医师努力寻找测量角膜地形特征的方法,直到 A. Placido 设计出至今仍在使用的角膜镜。

20 世纪使用的两种方法——角膜曲率计和角膜镜,渐渐演变成现今使用的计算机辅助视频角膜地形图仪,即更为人们所熟悉的角膜地形图仪。下面有关角膜曲率测量的概述可以帮助我们更好地理解角膜曲率计读数及角膜地形彩色图的真正含义。

角膜曲率计发展史

1796 年,Ramsden 发明了通过放大反射到角膜表面上的影像来测量角膜曲率的光学仪器。然而,由于放大反射光影像的同时也将正常的眼球运动不稳定性放大,从而导致测量结果不准确。一种双重影像仪器的发明解决了该问题,这要归功于 Ramsden。

直到 1839 年,Kohlrausch 又发明了另一种类似仪器——具有可调节视标的望远镜。1881 年,Javal 和 Schiotz 改进了该设备,使用大小可调节的视标。这种模型在现今的 Haag-Streit 眼曲率计(USA Inc, Mason, OH)中依然在临床使用。图 1-1 为 Haag-Streit 现代版眼曲率仪。因为该仪器和其他类似仪器用于测量角膜曲率及散光,所以我们将其重新命名为角膜曲率计。1932 年,Bausch&Lomb 又对该仪器进行改进:通过添加一 Scheiner 盘以提高聚焦性能、使用环形视标、能同时对两个子午线进行测量。目前,Bausch&Lomb 和 Reichert 模型中实际上依然保留了该模型。这类仪器通过发光视标、放大显微镜和产生双影的棱镜来测量凸面反光影像的大小。

角膜曲率计测量通常用屈光度数(D)表示。但是,角膜曲率计并不是真正测量屈光力,它测量的是角膜中央直径 3mm 内的角膜曲率半径。计算角膜曲率半径时将角膜按一球面反



图 1-1 Haag-Streit 眼曲率仪

难,所以应用一倍加系统来补偿。用一可移动棱镜使光标形成双重影像,两像相隔,手动调节使像重合。调节所需距离等于光标的像距 h' ,这样就可计算 r 值,使眼球运动对测量的影响降至最低,因为它对两光标都有影响。

半径 r 到屈光度 F 的转换可通过下面的公式:

$$F=(n'-n)/r$$

其中, F 是角膜表面屈光力(单位是D), n' 是角膜的屈光指数, n 为周围介质的屈光指数, r 是角膜的曲率半径(单位是米)。

所用的标准角膜屈光指数为 Javal 指数 1.3375,而泪膜表面的屈光指数接近 1.376。因为不管是 Javal 眼曲率计还是 Bausch&Lomb 角膜曲率计都是按测量总的角膜屈光力来设计的,这个减少的指数可用角膜后表面负的屈光力来解释。

角膜曲率计测量数据来自一角膜环形区,其大小取决于角膜曲率以及仪器的不同。Reichert 曲率计的环形区宽约 0.1mm,直径的变化范围为 2.8mm(曲率为 48D 的角膜)~3.5mm(曲率为 37D 的角膜)。下面几点是与角膜曲率计有关的假定前提,很重要,须给予注意^[1]。

1. 上述公式建立在球面几何上,而角膜并非球面而是扁长(平坦)椭圆形,所以中央半径应比实际测量值稍陡。

2. 角膜曲率测量值是角膜中央直径 3mm 范围内采集的四个数据点所得,不能反映直径 3mm 环以内或以外的情况。

3. 角膜曲率测量时,理论上假定的是近轴光学。虽然这种接近值在角膜接触镜配试以及散光评估中可被临床所接受,但在测量周边部曲率时则不适用。

4. 角膜曲率计是假设角膜顶点、视轴线、仪器轴线都在同一直线上,这在实际操作中极难达到。

5. 用上述公式计算的半径(r)近似到凸透镜焦点的距离,在使用 Reichert 角膜曲率计时,可能产生高达 0.12D 的误差。在仪器未能正确聚焦或者测量时由于操作者的原因,均

射面考虑,其公式如下:

$$h'/h=-f/x$$

h' 表示的是像的大小, h 则是物的大小, f 代表焦距,而 x 表示视标与凸透镜焦点平面间的距离。在折射球面中,焦距 f 等于 $r/2$,所以公式可变换为

$$h'/h=-r/-2x$$

r 是凸透镜曲率半径,视标与像的间距约等于视标与球面凸镜焦点平面间的距离(x),所以公式又可转换为

$$h'/h=-r/-2d$$

在多数仪器中 d 值是固定的,如在 Reichert 角膜曲率计(Reichert 眼科仪器,Depew,纽约)中, d 为 75mm。在 Reichert 和其他类似角膜曲率计中,视标间距 h 是常数,可测出像距 h' 。眼在显微镜下的运动使测量较为困