

国外经典医学名著译丛

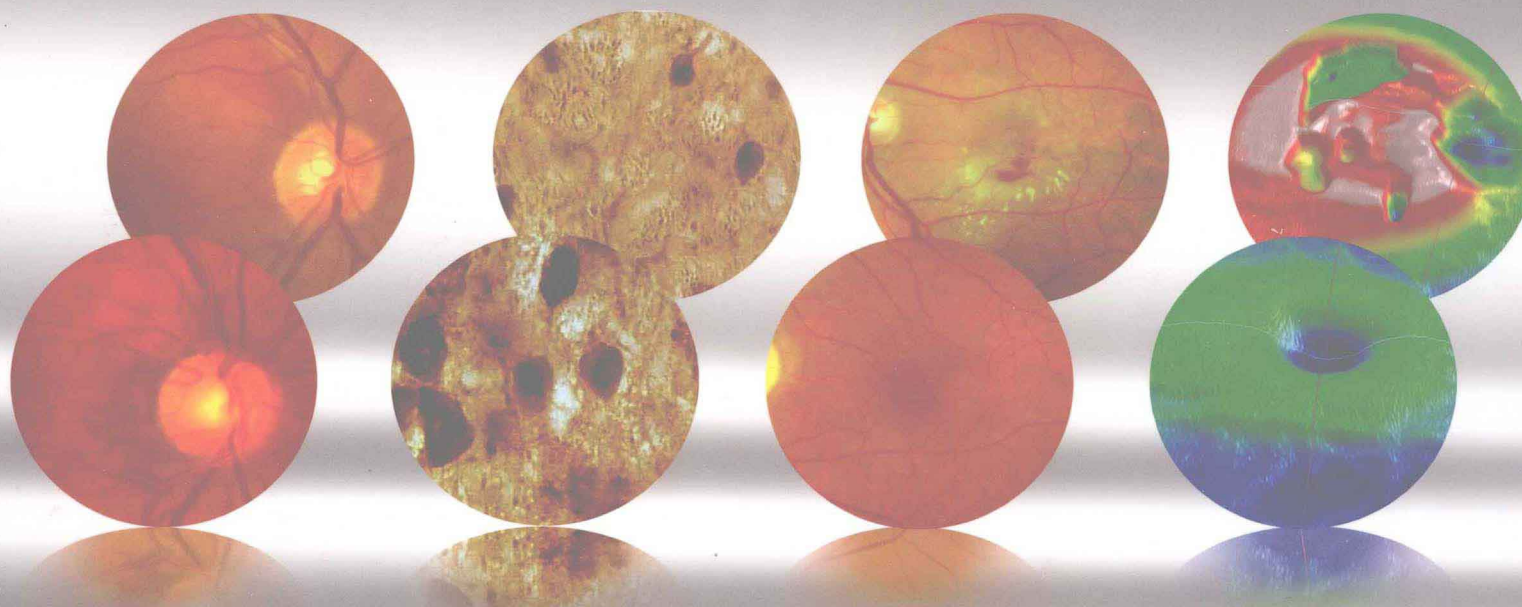
埃德勒眼科生理学

Adler's Physiology of the Eye

(第11版)

原 著 Levin Nilsson Ver Hoeve Wu
Kaufman Alm

主 译 黄振平



北京大学医学出版社



中华国际医学
交流基金会

埃德勒眼科生理学

Adler's Physiology of the Eye

(第11版)

原 著 Leonard A. Levin Siv F.E. Nilsson
 James Ver Hoeve Samuel M.Wu
 Paul L. Kaufman Albert Alm

主 译 黄振平

AIDELE YANKE SHENGLIXUE

图书在版编目 (CIP) 数据

埃德勒眼科生理学 / (美) 莱文 (Levin, L. A.) 等原著; 黄振平等译. —北京: 北京大学医学出版社, 2013.9

书名原文: Adler's physiology of the eye, 11th edition
ISBN 978-7-5659-0629-9

I. ①埃… II. ①莱… ②黄… III. ①眼 - 人体生理学
IV. ① R339.14

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 193716 号

北京市版权局著作权合同登记号: 图字: 01-2013-5480

Adler's Physiology of the Eye, 11th edition
Leonard A. Levin, Siv F. E. Nilsson, James Ver Hoeve, Samuel M. Wu, Paul L. Kaufman, Albert Alm
ISBN-13: 978-0-323-05714-1
ISBN-10: 0-323-05714-4
Copyright © 2011 by Elsevier Inc. All rights reserved.

Authorized Simplified Chinese translation from English language edition published by the Proprietor.

Elsevier (Singapore) Pte Ltd.
3 Killiney Road, #08-01 Winsland House I, Singapore 239519
Tel: (65) 6349-0200, Fax: (65) 6733-1817

First Published 2013
2013 年初版

Simplified Chinese translation Copyright © 2013 by Elsevier (Singapore) Pte Ltd and Peking University Medical Press. All rights reserved.

Published in China by Peking University Medical Press under special agreement with Elsevier (Singapore) Pte Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书简体中文版由北京大学医学出版社与 Elsevier (Singapore) Pte Ltd. 在中国境内 (不包括香港特别行政区及台湾) 协议出版。本版仅限在中国境内 (不包括香港特别行政区及台湾) 出版及标价销售。未经许可之出口, 是为违反著作权法, 将受法律之制裁。

埃德勒眼科生理学 (第 11 版)

主 译: 黄振平

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100191) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京圣彩虹制版印刷技术有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 宋 忻 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 889mm × 1194mm 1/16 印张: 51 字数: 1633 千字

版 次: 2013 年 9 月第 1 版 2013 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-5659-0629-9

定 价: 498.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)



埃德勒眼科生理学

Adler's Physiology of the Eye

(第 11 版)

注 意

医学领域的知识和临床实践在不断变化。由于新的研究与临床经验不断扩大我们的知识，在实践、治疗和用药方面做出适当的改动是必要或适合的。建议读者检查相关操作的最新信息，或对每一用药检查其生产厂家所提供的最新产品信息，以确定药物的推荐剂量、服用方法、服用时间以及相关禁忌证。根据经验和对患者的了解，确立诊断，制订每一位患者的服药剂量和最佳治疗方法，采取全面、适当的安全预防措施，是治疗医师的责任。不论是出版商还是著者，对于由本出版物引起的或与本出版物相关的任何个人或财产的损伤和 / 或损失，均不承担任何责任。

出版者

译校者名单

主 译：黄振平

译 者：（按姓氏拼音排序）

南京军区南京总医院

曹 谦	陈祥菲	陈月芹	段娴艺	葛轶睿	侯培莉
胡钦瑞	黄振平	蒋 峰	兰 文	陆成伟	陆 燕
孟 虎	潘海涛	施宇华	石 尧	田 农	吴 艳
吴 勇	夏 元	徐欢欢	薛春燕	闫 峰	叶 芬
尹 婕	余 婷	赵长霖	朱小敏		

统 筹：王云亭

策 划：黄大海

主译简介

黄振平，男，江苏海门籍。1963年9月生。1979年于南通医学院医疗系学习，1984年毕业获学士学位，因学习成绩优秀留校工作，在南通大学附属医院眼科任住院医师，1986年9月考入北京医科大学（现为北京大学医学部）研究生院攻读临床医学硕士学位，1988年攻读博士学位，师从我国著名眼科专家吴静安教授、李美玉教授、刘家琦教授。1989年12月毕业获临床医学博士学位。1989年底到南京军区南京总医院眼科工作，先后任主治医师、副主任医师、科副主任、主任医师、主任等职，于1995年起主持科室全面工作。

黄振平教授秉承北京医科大学和北大医院的传统，理论扎实，学术严谨。在眼科临床工作中以优良的技术和服务深得患者的好评。技术特长鲜明，以角膜病诊治、角膜屈光手术、白内障手术、玻璃体视网膜手术为重点，不断创新技术。将眼科手术不断向微创化发展，如微切口白内障手术、微创玻璃体视网膜手术、微切口角膜层间透镜取出治疗近视。在国内率先开展飞秒激光辅助的角膜移植术，不仅目前手术量在全国领先，而且开展的飞秒辅助成分角膜移植手术种类最齐全。

任中华医学会眼科分会委员，中国医师协会眼科分会常委，江苏省医学会眼科分会主任委员，全军眼科学会常委，全军眼科白内障专业组副组长。全军激光医学会常委，南京军区医学科学技术委员会委员，江苏省医学会理事会常务理事。南京军区眼科学会主任委员、顾问，南京市医学会眼科分会副主任委员等职。2012年荣获“中国眼科医师奖”。荣立“三等功”1次。

发表论文100余篇，其中SCI论文11篇。参编专著10部。获军队科技进步二等奖1项，三等奖3项，四等奖1项，江苏省医学科技进步三等奖1项，江苏省卫生厅新技术引进项目一等奖1项，二等奖2项。获国家自然科学基金面上项目1项，江苏省自然科学基金面上项目1项，南京军区重点科研项目等基金项目，共10余项。

现为南京大学、第二军医大学研究生导师，已培养南京大学医学院、第二军医大学硕士研究生近20名。



序 言

我很高兴应邀为黄振平教授等翻译的《埃德勒眼科生理学》一书作序。

Adler's Physiology of the Eye 是一本著名的眼科学著作。在 20 世纪 90 年代初期，我有幸拥有这样一本名作，阅读后收获颇丰，许多临床和研究中遇到的问题在这本书中找到了答案。同时，阅读本书后深感眼的结构精细、功能完美，使我对许多临床问题加深了理解。本书的内容丰富，涉及眼屈光介质各部分的生理学、视网膜成像过程、脑的成像过程、视力、对比敏感度、视野、双眼视、对比敏感度、眼的血液循环、眼的神经支配等，而且叙述得相当细致、深入，确实是一本值得反复细读的好书。黄振平教授等翻译的本书已经是第 11 版了，可见其受欢迎的程度。在这一版中，作者根据眼的细胞、组织和器官的功能以及功能与结构的关系进行了组织编排。从本书的第 10 版出版后的 8 年中，眼的基础研究、转化

医学和临床实践都有了很大的进展，新的知识和信息呈指数级大量增长。作者们搜集了这些信息，加以组织、综合和归纳，形成了本书，因此本书反映了眼科生理学的最新进展。对于我国眼科界来说，尚没有一本类似的眼科生理学专著出现，因此在某种程度上来说，本书的翻译出版填补了我国眼科学的空白。本书值得我国眼科医师，特别是准备从事眼科临床和研究工作的年轻眼科医师认真阅读。

黄振平教授是一位勤奋的眼科专家，他在繁忙的临床、教学工作之余，组织了一批眼科同道，精心地翻译了这本专著。译稿能忠实于原著，译文通畅易读。在此，我谨对本书中文版的出版表示热烈的祝贺，并向全国的眼科医师推荐。

赵家良

2013 年 8 月

译者前言

《埃德勒眼科生理学》第11版的中文译本经过全体译者近8个月的艰苦努力终于和读者见面了。作为本书的主译，首先要感谢的是 Leonard A. Levin 教授精心组织编写了第11版 *Adler's Physiology of the Eye*，以及版权方同意我们翻译当前最新的版本。我还要感谢为翻译本书而付出巨大心血和汗水的南京军区南京总医院眼科全体译校者，是他们的辛勤劳动和付出，为我们奉献了眼前的这部专著。

《埃德勒眼科生理学》是一部全面介绍眼科生理学的专著，全书从图像在视网膜的聚焦、屈光间质生理学、视觉发育、光感受及信号传递到视觉感知；从眼球运动、眼的营养到眼的保护等方面；从基础理论、基础研究、最新进展到转化医学的最新成果，展示了所有的重要眼科生理学。全书从11个部分阐明了复杂的人眼生理功能。每个章节均全面细致、深入浅出地描述了一个生理现象的发现、发生过程、对生理现象的全部“假说”及最新研究成果。

当我第一眼看到本书的原著时，就被这部巨著丰富的内容、最新的理论、新颖的编排、精美的图片所深深吸引。我国眼科领域至今尚无一本关于眼科生

理学的专著。把本书译成中文，推荐给广大年轻的中国眼科医生、研究生和在校大学生、眼科科研工作者，希望对大家系统学习眼科基本理论知识，了解基础生理研究的最新成果，增加对眼科疾病的发病机制的了解有所帮助，也是我翻译本书真诚的初衷。

在本书的翻译过程中，得到了中华医学会眼科分会原主任委员、中国医师协会眼科医师分会前会长、北京协和医院赵家良教授的关心和指导。赵教授还欣然同意为本书作序，在此我表示深深的感谢。北京大学医学出版社和中华国际医学交流基金会《海外优秀医学专著引进项目》编辑部为本书的翻译出版做了大量细致的组织工作，为本书顺利出版做出了巨大的贡献，我在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限，翻译的时间较紧，错误在所难免，欢迎读者批评指正。

最后，祝愿我国的眼科事业欣欣向荣，蓬勃发展。

黄振平

2013年8月

原著前言

第 11 版《埃德勒眼科生理学》以眼科细胞、组织和器官间功能、功能 - 结构间相互关系为基础进行了大幅度重新编排。本书之前的多个版本主要按解剖结构进行编纂，但在第 10 版出版后的 8 年时间中，相关的基础、转化医学以及临床信息已经成倍增长。在第 11 版的编纂过程中，我们启用了一种全新的组

织策略，在这一背景下，本书获取、综合、组织和传递了大量新信息，富有挑战性，且令人兴奋。我们希望广大读者，特别是代表本领域未来的年轻一代科研工作者和临床医生，通过阅读本书所呈现的方法、材料和观点，对他们学习、记忆和转化知识能有帮助。

原著者名单

Albert Alm MD

Professor
Department of Neuroscience &
Ophthalmology
University Hospital
Uppsala Sweden

David C Beebe PhD FARVO

Janet and Bernard Becker Professor of
Ophthalmology and Visual Science
Professor of Cell Biology and
Physiology
Department of Ophthalmology and
Vision Sciences
Washington University
Saint Louis MO USA

Carlos Belmonte MD PhD

Professor of Human Physiology
Medical School
Instituto de Neurociencias de Alicante
Universidad Miguel Hernandez
San Juan Alicante Spain

David M Berson PhD

Professor of Neuroscience
Department of Neuroscience
Brown University
Providence RI USA

Sai H S Boddu BPharm MS

PhD Candidate and Doctoral Fellow
School of Pharmacy
University of Missouri-Kansas City
Kansas City MO USA

Jamie D Boyd PhD

Research Assistant
Psychiatry, Faculty of Medicine
University of British Columbia
Vancouver BC Canada

Vivien Casagrande PhD

Professor, Cell & Developmental
Biology, Psychology, and
Ophthalmology & Visual Sciences
Departments of Cell & Developmental
Biology
Vanderbilt Medical School
Nashville TN USA

Yuzo M Chino PhD

Benedict-McFadden Professor
Professor of Vision Sciences
College of Optometry
University of Houston
Houston TX USA

Darlene A Dartt PhD

Senior Scientist
Harold F Johnson Research Scholar
Schepens Eye Research Institute
Associate Professor
Harvard Medical School
Boston MA USA

Chanukya R Dasari MS

MD Candidate
School of Medicine
University of Missouri-Kansas City
Kansas City MO USA

Daniel G Dawson MD

Ophthalmic Researcher
Emory University Eye Center
Atlanta GA USA

Henry F Edelhauser PhD

Professor of Ophthalmology
Department of Ophthalmology
Emory University Eye Center
Atlanta GA USA

Erika D Eggers PhD

Assistant Professor
Department of Physiology
University of Arizona
Tucson AZ USA

Ione Fine PhD

Assistant Professor of Psychology
Department of Psychology
University of Washington
Seattle WA USA

Laura J Frishman PhD

Professor of Vision Science, Optometry
and Biology
College of Optometry
University of Houston
Houston TX USA

B'Ann True Gabelt MS

Distinguished Scientist
Department of Ophthalmology and
Vision Sciences
University of Wisconsin
Madison WI USA

Juana Gallar MD PhD

Professor of Human Physiology
Instituto de Neurociencias and
Facultad de Medicina
Universidad Miguel Hernández-CSIC
San Juan de Alicante Spain

Adrian Glasser PhD

Professor of Optometry and Vision
Sciences and Biomedical Engineering
Benedict/Pitts Professor
College of Optometry
University of Houston
Houston TX USA

Jeffrey L Goldberg MD PhD

Assistant Professor of Ophthalmology,
and of Neurosciences
Bascom Palmer Eye Institute
University of Miami
Miami FL USA

Gregory J Griepentrog MD

Clinical Instructor
Department of Ophthalmology and
Visual Sciences
University of Wisconsin-Madison
Madison WI USA

Alecia K Gross PhD

Assistant Professor
Department of Vision Sciences,
Biochemistry and Molecular
Genetics, Cell Biology and
Neurobiology
The University of Alabama at
Birmingham
Birmingham AL USA

Ronald S Harwerth OD PhD

John and Rebecca Moores Professor of
Optometry
College of Optometry
University of Houston
Houston TX USA

Horst Helbig MD

Professor of Ophthalmology
Director of the University Eye Hospital
Klinik und Poliklinik für
Augenheilkunde
Klinikum der Universitäts Regensburg
Regensburg Germany

Robert F Hess PhD DSc

Professor of Ophthalmology
McGill Vision Research
McGill University
Montréal QC Canada

Jennifer Ichida PhD

Postdoctoral Fellow
Department of Ophthalmology &
Visual Science
Moran Eye Center
University of Utah
Salt Lake City UT USA

Chris A Johnson PhD DSc FARVO

Professor
Department of Ophthalmology
University of Iowa
Iowa City IA USA

Randy Kardon MD PhD

Professor and Director of
Neuro-ophthalmology
Pomerantz Family Chair of
Ophthalmology
Department of Ophthalmology and
Visual Sciences
University of Iowa and Veterans
Administration Hospitals
Iowa City IA USA

Pradeep K Karla PhD

Assistant Professor of Pharmaceutical
Sciences
Department of Pharmaceutical Sciences
School of Pharmacy
Howard University
Washington DC USA

Paul L Kaufman MD

Peter A Duehr Professor and
Chairman
Department of Ophthalmology &
Visual Science
University Wisconsin Madison
Madison WI USA

SM Koch MS

Graduate Student
Neuroscience Graduate Program
University of California, San Francisco
San Francisco CA USA

Ron Krueger MD MSE

Professor of Ophthalmology
Cleveland Clinic Lerner College of
Medicine
Medical Director
Department of Refractive Surgery
Cole Eye Institute
Cleveland Clinic Foundation
Cleveland OH USA

James A Kuchenbecker PhD

Senior Fellow
Department of Ophthalmology
University of Washington
WA USA

Trevor D Lamb BE ScD FRS FAA

Distinguished Professor, John Curtin
School of Medical Research
and Research Director, ARC Centre of
Excellence in Vision Science
The Australian National University
Canberra City ACT Australia

Dennis M Levi OD PhD

Professor of Optometry and Vision
Science
Professor, Helen Wills Neuroscience
Institute
Dean, School of Optometry
University of California, Berkeley
Berkeley CA USA

Lindsay B Lewis PhD

Postdoctoral Fellow
Department of Ophthalmology
McGill Vision Research
Montreal QC Canada

Mark J Lucarelli MD FACS

Professor
Director of Oculoplastics Service
Department of Ophthalmology and
Visual Sciences
University of Wisconsin at Madison
Madison WI USA

Peter D Lukasiewicz PhD

Professor of Ophthalmology &
Neurobiology
Department of Ophthalmology &
Visual Sciences
Washington University School of
Medicine
St Louis MO USA

Henrik Lund-Anderson MD DMSc

Professor of Ophthalmology
Department of Ophthalmology
University of Copenhagen
Glostrup Hospital
Copenhagen Denmark

Peter R MacLeish PhD

Professor of Neurobiology
Director
Neuroscience Institute
Morehouse School of Medicine
Atlanta GA USA

Clint L Makino PhD

Associate Professor of Ophthalmology
(Neuroscience)
Department of Ophthalmology
Massachusetts Eye and Ear Infirmary
& Harvard Medical School
Boston MA USA

Katherine Mancuso PhD

Postdoctoral Fellow
Department of Ophthalmology
University of Washington
Seattle WA USA

Robert E Marc PhD

Professor of Ophthalmology
John A Moran Eye Center
University of Utah
Salt Lake City UT USA

Roan Marion BS

Graduate Student
Neuroscience PhD Program
Casagrande Vision Research Lab
Vanderbilt University Medical School
Nashville TN USA

Joanne A Matsubara BA PhD

Professor and Director of Research
(Basic Sciences)
Eye Care Centre Department of
Ophthalmology and Visual Sciences
University of British Columbia
Vancouver BC Canada

Allison M McKendrick PhD

Senior Lecturer
Department of Optometry and Vision
Sciences
The University of Melbourne
Melbourne VIC Australia

Linda McLoon PhD

Professor of Ophthalmology and
Neuroscience
Departments of Ophthalmology and
Neuroscience
University of Minnesota
Minneapolis MN USA

David Miller MD

Associate Clinical Professor of
Ophthalmology
Department of Ophthalmology
Harvard Medical School
Boston MA USA

Ashim K Mitra PhD

Curators' Professor of Pharmacy
Vice-Provost for Interdisciplinary
Research
Chairman, Division of Pharmaceutical
Sciences
University of Missouri-Kansas City
Kansas City MO USA

Jay Neitz PhD

Bishop Professor
Department of Ophthalmology
University of Washington Medical
School
Seattle WA USA

Maureen Neitz PhD

Ray H Hill Professor
Department of Ophthalmology
University of Washington Medical
School
Seattle WA USA

Anthony M Norcia PhD

Professor
Department of Psychology
450 Serra Mall
Stanford University
Stanford, CA USA

Lance M Optican PhD

Chief, Section on Neural Modelling
Laboratory of Sensorimotor Research
National Eye Institute
National Institutes of Health
Bethesda MD USA

Carole Poitry-Yamate PhD

Senior physicist, Institute of Physics for
Complex Matter, Centre d'Imagerie
Biomédicale (CIBM), Laboratory for
Functional and Metabolic Imaging,
Ecole Polytechnique Fédérale de
Lausanne
Lausanne Switzerland

Constantin J Pournaras MD

Professor in Ophthalmology
Department of Ophthalmology
Vitreous-Retinal Unit
Faculty of Medicine
University Hospitals of Geneva
Geneva Switzerland

Christian Quaia MSc PhD

Staff Scientist
Laboratory of Sensorimotor Research
National Eye Institute
National Institutes of Health
Bethesda MD USA

Charles E Riva DSc

Professor Emeritus, University of
Lausanne
Professor a contratto
University of Bologna
Grimisuat Switzerland

Birgit Sander MSc PhD

Head of Laboratory
Department of Ophthalmology
Glostrup Hospital
Copenhagen Denmark

Clifton M Schor OD PhD

Professor of Optometry, Vision Science,
Bioengineering
School of Optometry
University of California at Berkeley
Berkeley, CA, USA

Paulo Schor MD

Affiliated Professor of Ophthalmology
Department of Ophthalmology and
Medical Informatics
Bioengineering Laboratory and
Refractive Surgery Clinic
Federal University of Sao Paulo
São Paulo SP Brazil

Ricardo N Sepulveda MD

Refractive Surgery Fellow
Cole Eye Institute
The Cleveland Clinic Foundation
Cleveland OH USA

Olaf Strauss Prof. PhD

Professor of Experimental
Ophthalmology
Research Director
Klinik und Poliklinik für
Augenheilkunde
Klinikum der Universität Regensburg
Regensburg Germany

Timo T Tervo MD PhD

Professor of Applied Clinical
Ophthalmology
Division of Ophthalmology
Helsinki University Eye Hospital
Helsinki Finland

John L Ubels PhD FARVO

Professor of Biology, Calvin College,
Grand Rapids MI
Adjunct Professor
Department of Ophthalmology
Wayne State University School of
Medicine
Detroit MI USA

EM Ullian PhD

Assistant Professor
Department of Ophthalmology
University of California
San Francisco CA USA

Michael Wall MD

Professor of Neurology and
Ophthalmology
Department of Ophthalmology and
Visual Sciences
University of Iowa
Iowa City IA USA

Minhua H Wang BMed MS PhD

Research Associate
Department of Vision Science
College of Optometry
University of Houston
Houston TX USA

Theodore G Wensel PhD

Welch Professor
Departments of Biochemistry and
Molecular Biology, Ophthalmology,
and Neuroscience
Baylor College of Medicine
Houston TX USA

Kwoon Y Wong PhD

Assistant Professor
Department of Ophthalmology &
Vision Sciences and
Department of Molecular, Cellular and
Developmental Biology
University of Michigan
Ann Arbor MI USA

Samuel M Wu PhD

Camille and Raymond Hankamer
Chair in Ophthalmology
Professor of Ophthalmology,
Neuroscience and Physiology
Baylor College of Medicine
Houston TX USA

目 录

第 1 部分 图像在视网膜的聚焦

第 1 章 光学	2
陆 燕 译 施宇华 黄振平 校	
第 2 章 光学像差和波前探测	30
赵长霖 译 施宇华 黄振平 校	
第 3 章 调节	42
夏 元 译 黄振平 校	

第 2 部分 屈光间质生理学

第 4 章 角膜和巩膜	74
薛春燕 陈月芹 译 施宇华 黄振平 校	
第 5 章 晶状体	133
胡钦瑞 译 叶 芬 施宇华 校	
第 6 章 玻璃体	165
余 婷 译 潘海涛 施宇华 校	

第 3 部分 注视方向

第 7 章 眼外肌	184
蒋 峰 译 叶 芬 施宇华 校	
第 8 章 眼球三维转动	210
叶 芬 译 陈月芹 校	
第 9 章 眼球运动的神经控制	223
兰 文 叶 芬 译 陈月芹 校	

第 4 部分 眼的营养

第 10 章 眼球血液循环	248
孟 虎 译 陈月芹 校	

第 11 章 房水的生成与循环	280
侯培莉 译 陈月芹 校	
第 12 章 神经元与胶质细胞间的代谢作用 ...	315
潘海涛 译 陈月芹 尹 婕 校	
第 13 章 视网膜色素上皮细胞的功能	333
曹 谦 译 薛春燕 校	

第 5 部分 眼的保护

第 14 章 眼眶和眼睑的功能	342
吴 艳 译 薛春燕 校	
第 15 章 泪膜的形成和功能	357
吴 勇 译 薛春燕 校	
第 16 章 眼的感觉神经支配	371
陆 燕 译 陈月芹 校	
第 17 章 外 转 运	393
赵长霖 徐欢欢 译 曹 谦 校	

第 6 部分 光感受器

第 18 章 光传导的生化级联反应	404
赵长霖 译 余 婷 校	
第 19 章 视锥、视杆细胞的感光反应	421
夏 元 译 黄振平 校	
第 20 章 光感受器的明适应	440
胡钦瑞 译 施宇华 校	

第 7 部分 视网膜的视觉加工

第 21 章 视网膜的突触结构	456
余 婷 译 叶 芬 校	

第 22 章	视网膜外层的信号传递	473
	闫 峰 译 吴 艳 黄振平 校	
第 23 章	内层视网膜的信号处理	485
	叶 芬 译 闫 峰 葛轶睿 校	
第 24 章	人、猴和小鼠的视网膜电流图	495
	叶 芬 译 葛轶睿 校	

第 8 部分 非感知视觉

第 25 章	瞳孔的光调节作用	520
	兰 文 译 尹 婕 校	
第 26 章	神经节细胞光感受器和非图像形成 视觉	543
	陈祥菲 译 黄振平 校	

第 9 部分 脑的视觉加工

第 27 章	中枢视觉通路概述	564
	侯培莉 译 葛轶睿 校	
第 28 章	视神经	569
	潘海涛 译 葛轶睿 朱小敏 校	
第 29 章	外侧膝状体的信息处理	594
	曹 谦 译 孟 虎 田 农 校	
第 30 章	初级视皮质的信息处理	607
	曹 谦 译 陈月芹 校	
第 31 章	纹状体外视觉皮质	620
	曹 谦 译 田 农 校	

第 10 部分 视觉感知

第 32 章	空间形态的早期加工	636
	尹 婕 译 黄振平 校	
第 33 章	视敏度	649
	吴 艳 译 尹 婕 校	
第 34 章	色觉	670
	尹 婕 译 黄振平 校	
第 35 章	视野	677
	吴 勇 译 尹 婕 校	
第 36 章	双眼视觉	699
	蒋 峰 译 尹 婕 校	
第 37 章	视觉的时间特性	720
	赵长霖 译 尹 婕 校	

第 11 部分 视觉的发育和剥夺

第 38 章	婴儿期视力的发展	736
	侯培莉 段娴艺 译 石 尧 校	
第 39 章	视网膜外侧膝状体投射的发育	749
	闫 峰 译 陈祥菲 黄振平 校	
第 40 章	发育期的视觉剥夺	756
	余 婷 译 陆成伟 校	
第 41 章	婴儿期后视觉剥夺的影响	774
	闫 峰 译 孟 虎 黄振平 校	

第 1 部分

图像在视网膜的聚焦

光 学

Paulo Schor · David Miller

陆 燕 译 施宇华 黄振平 校

年轻的眼睛

灵长类动物和人类的婴儿在生产时通常必须是头部先通过其母亲的骨盆。骨盆的开放受限于骨骼的构型，因此母亲骨盆的大小限制了婴儿头部和大脑的大小。具体而言，婴猴的大脑是其全尺寸的 55%，而当代人类婴儿的大脑只有成年人尺寸的 23%¹。因此人类婴儿的神经系统发育并不成熟²。值得注意的是，婴猴出生后可以立即紧紧抓住其母亲肚子上的皮毛，而人类婴儿的肌肉力量差，自我控制能力弱，几乎要完全依赖母亲才能生存。由于人类婴儿的不成熟性，其最初接触的主要是母亲，并且只能生活在一个相对受限制的环境中，与外界的联系很少。

这种早期的不成熟性和受限制的外界接触可能会带来益处。如婴儿将注意力集中在一些生存必需的问题上。因为不会言语，婴儿必须能够表达他或她的所有需求，才能得到母亲的充分响应。与母亲沟通时，婴儿必须能够读懂其母亲的面部表情和其他非语言的表达。如果这些推断是正确的，那么婴儿需要具备什么样的视觉器官去完成这些任务呢？

相关解剖

轴向长度

Larsen³ 指出，新生儿的眼睛的轴向长度为 17 mm，并以每年 25% 速度增长直至青春期。正常婴儿眼睛的大小约是成人的 3/4。几何光学告诉我们，正常的婴幼儿眼睛的视网膜图像约为成人成像大小的 3/4^{*}。

* 视网膜成像的大小取决于节点的长度，在正视眼的原理图上，新生儿的节点平均 11.7 mm，成年人平均 16.7 mm，成人与婴儿视网膜成像大小比值为 1.43⁴。

较小的成像也意味着被记录的细节较少。较小的视网膜图像可能是婴儿的视力较成人视力差的原因之一。事实上，已有实验表明，新生儿对细节的视觉能力在出生时是成人的 1/30，约 3%^{*}，但新生儿辨认大的物体（例如靠近的鼻子、嘴巴、眼睛）和成人相同。

图 1.1 显示视力迅速提高，到 12 个月时，婴儿的视力水平是最佳成人视力的 25% (20/80)。视力的增长似乎与眼球的生长平行，到 5 岁，孩子通常有 20/20 的视力^{1,5-8}。除了眼球的大小，还有什么其他因素导致幼儿的低视力？随着眼球的生长，晶状体和角膜的屈光力必须削弱，以便能紧密配合使光线聚焦在视网膜上。为了保持视网膜的清晰成像，近视患者主要用眼球的生长来平衡。多数情况下，近视患者有一个被拉长的眼球。拉伸和削弱巩膜取决于 2 个主要因素：首先，加压机于巩膜上的眼内压力恒定；其次，巩膜的结构成分（I 型胶原纤维和细胞外基质）被金属蛋白酶消化⁹。实验证实巩膜加固可以防止近视患者眼球扩张。在一个系列的实验中，7-甲基黄嘌呤（咖啡因的代谢物）可以增加动物后部巩膜的胶原纤维的密集度和厚度。在人类，巩膜胶原纤维通过被紫外线激活的核黄素交联。

但是，我们不知道是什么激活了近视患者的巩膜减弱和拉伸的过程。有些研究表明，儿童使用阿托品滴眼液可以部分抑制近视的发展，其原因尚不清楚。有些人认为，睫状肌对巩膜的拉力可使巩膜拉长，而阿托品降低了睫状肌的拉力。另一种理论认为，阿托品减少了玻璃体压力，从而减少了拉伸力。然而，阿托品在鸡的眼睛中具有相同的效果，而鸡的睫状肌对阿托品是无应答的。另一个学派的观点是，

* 婴儿的视力大约为 20/600，成人的视力为 20/20。