

Refractive Surgery with Femtosecond Laser

飞秒激光屈光手术学

Refractive Surgery with Femtosecond Laser

主编 王雁 赵堪兴



人民卫生出版社
PEOPLE'S MEDICAL PUBLISHING HOUSE



飞秒激光屈光手术学

主 编 王 雁 天津市眼科医院 天津医科大学眼科临床学院 南开大学眼科医院
赵堪兴 天津市眼科医院 天津医科大学眼科临床学院 南开大学眼科医院

副主编 张丰菊 首都医科大学附属北京同仁医院
周行涛 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院

人民卫生出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

飞秒激光屈光手术学/王雁, 赵堪兴主编. —北京:
人民卫生出版社, 2014

ISBN 978-7-117-18382-6

I. ①飞… II. ①王… ②赵… III. ①屈光不正-角
膜-眼外科手术-激光疗法 IV. ①R779.63

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 320150 号

人卫社官网	www.pmph.com	出版物查询, 在线购书
人卫医学网	www.ipmph.com	医学考试辅导, 医学数 据库服务, 医学教育资 源, 大众健康资讯

版权所有, 侵权必究!

飞秒激光屈光手术学

主 编: 王雁 赵堪兴

出版发行: 人民卫生出版社 (中继线 010-59780011)

地 址: 北京市朝阳区潘家园南里 19 号

邮 编: 100021

E - mail: pmph@pmph.com

购书热线: 010-59787592 010-59787584 010-65264830

印 刷: 北京人卫印刷厂

经 销: 新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 20

字 数: 487 千字

版 次: 2014 年 4 月第 1 版 2014 年 4 月第 1 版第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978-7-117-18382-6/R·18383

定 价: 148.00 元

打击盗版举报电话: 010-59787491 E-mail: WQ@pmph.com

(凡属印装质量问题请与本社市场营销中心联系退换)



编 委

(以姓氏笔画为序)

- 王 铮 中山大学中山眼科中心
- 王 雁 天津市眼科医院 天津医科大学眼科临床学院 南开大学眼科医院
- 王康孙 上海交通大学医学院附属瑞金医院
- 王清月 天津大学
- 王勤美 温州医科大学
- 龙 琴 中国协和医科大学
- 史伟云 青岛医学院
- 白 继 第三军医大学
- 朱晓农 南开大学
- 杜之渝 重庆医科大学附属第二医院
- 李 莹 中国协和医科大学
- 张丰菊 首都医科大学附属北京同仁医院
- 陈跃国 北京大学第三医院
- 周行涛 复旦大学附属眼耳鼻喉科医院
- 周跃华 首都医科大学附属北京同仁医院
- 赵堪兴 天津市眼科医院 天津医科大学眼科临床学院 南开大学眼科医院
- 钟兴武 中山大学中山眼科中心
- 贺 号 天津大学
- 高 华 青岛医学院
- 黄振平 南京军区南京总医院
- 廉井财 上海交通大学医学院附属瑞金医院
- Zoltan Z. Nagy** 匈牙利泽梅尔魏斯大学(Semmelweis University)
- 秘 书 张琳 天津市眼科医院 天津医科大学眼科临床学院 南开大学眼科医院



FOREWORD

序

Recent advancements in technology have led to rapid growth and fast development in the field of ophthalmology, particularly in the area of corneal and refractive surgery. In recent years, the advent of clinical Femtosecond lasers in eye surgery, particularly in laser vision correction procedures such as LASIK, and now in cataract surgery, represents the latest technologies which are changing the paradigm in corneal, refractive and cataract surgery. However, few books have focused on the use of femtosecond lasers to report on these advancements and to guide others in this rapidly advancing field.

当今科学技术的发展促进了眼科、特别是角膜和屈光手术领域的迅速成长和发展。近年来，飞秒激光在激光视觉矫正术（如 LASIK）和白内障手术等临床眼科中的逐步应用，体现出前沿科技正在更新着角膜、屈光和白内障手术中的传统模式。然而，目前尚鲜有介绍飞秒激光应用的进展，或在此快速发展的领域中指引迷津的专业书籍。

I am honored to introduce this invaluable new publication to my fellow medical professionals. The extensive focus that is put upon the characteristics and clinical use of femtosecond lasers in the area of corneal surgery, sets a precedent for others to follow. Not only does it give the reader a sound general knowledge of the femtosecond laser but it also explains, in great detail, various corneal surgeries with femtosecond lasers and many new specialized techniques adopted for a novel keratocorneal procedure known as refractive lenticule extraction (ReLEx), such as small incision lenticule extraction (SMILE) surgery, a form of flapless corneal refractive surgery which may well supersede LASIK surgery in the near future.

本人在此荣幸地向医学同道们介绍这本极具价值的新书。此书重点聚焦于飞秒激光的特点和临床应用，开创先河，供后来者借鉴。书中不仅为读者大体介绍了飞秒激光的基本知识，与此同时，还详尽叙述飞秒激光辅助的各种角膜手术，以及 ReLEx 这一新型角膜屈光术中涵盖的许多新的专业技术。例如 SMILE，是一种无瓣的角膜屈光手术，或许会在不久的将来取代 LASIK。

Evidence is clearly presented by the author, from the expertise gained through many years of clinical observation and surgical interventions. The author's significant experience in the field will provide ophthalmologist, and in particular refractive surgeons with a greater insight into advanced corneal surgery, which should result in a significant reduction in surgical complications as well as provide details on the management of complications encountered by surgeons in a variety of these procedures.



前言

如果说科学技术进步的生命内涵在于创新，屈光手术领域则始终享受着创新带来的成果，同时，也在诠释着创新在专业发展中的推动作用。激光应用于眼科屈光手术领域整整30年，纵观近代角膜屈光手术发展史，不难发现其始终处于变迁、革新之中。手术方式从准分子激光最早成功应用于角膜屈光手术的PRK手术，到后来广为流传的LASIK手术；手术部位历经了从角膜表面切削（PRK，tPRK）、表层手术（LASEK、Epi-LASIK）到板层手术（LASIK），而后，浅表板层的（SBK）手术，乃至又回归表层以及集表层与板层手术优势共存的各种手术方式。重要的是，新技术与经典术式的融合亦催生了新的手术方式，FS-LASIK、FLEX等技术是飞秒激光技术与LASIK相结合的产物。而更加令人欣喜的是，飞秒激光的应用成就了手术设计理念的重大突破，SMILE等手术则是集各手术优势较具代表性的创新成果之一。在手术形式上，从角膜切削术到植入物，再到组织的成型及透镜的取出，更是千差万别、种类繁多。科学技术的不断发展为我们提供了各式各样的方法和手段，新的技术、新的理念层出不穷，面对众多的手术方式，它们的特点如何？我们将如何选择？本书尽可能予以展现。

全书共分为五篇20章，第一篇为概述，正所谓“温故知新”，此篇首先系统回顾了角膜屈光手术的发展历史，之后试图为略显纷乱复杂的各类手术方式梳理出较为清晰的脉络，对目前的各种手术方式进行了归纳分类。同时，从临床实用角度概述了飞秒激光的工作原理、作用机制以及飞秒激光的可能影响。之后予以展开，针对本书主题，对飞秒激光的物理学基础理论知识予以详尽论述，并论述了激光对生物组织的基本作用，另有一个全新的章节论述了角膜生物力学特点及其对各种手术方式的影响。第二篇对最新出现的全飞秒手术，特别是SMILE手术这一全新术式，作为国内首位完成人，予以详细论述，包括手术原理、手术适应证、并发症等，此为新的尝试。第三篇，将目前国内外最常用的飞秒激光发生器的工作原理结合临床，邀请国内在此方面应用较多的专家较全面阐述了飞秒激光辅助的LASIK手术（FS-LASIK）的相关内容。同样，在第四篇特邀专家对目前应用飞秒激光治疗的所有角膜屈光手术一一予以讲述，几乎涵盖了飞秒激光辅助下的各种传统角膜屈光手术的改良及在其他眼科手术中的最新应用。包括飞秒激光角膜基质内切割（IntraCOR），飞秒激光介导的角膜基质环植入术（FS-ICRSs），飞秒激光角膜基质内老视矫正手术，飞秒激光角膜基质内镶嵌术（Corneal inlays），飞秒激光介导的散光角膜切开术（FS-AK）以及飞秒激光介导的胶原交联术（FS-CXL）等等。第五篇内容主要涵盖飞秒激光在角膜其他方向的应用，如角膜移植等，邀请该领域的专家做了较为详尽的介绍。为展现飞秒激光的最新进展，我们还荣幸地邀请到世界上第一位完成飞秒激光白内障手术的Zoltan Z. Nagy教授对目前飞秒激光在白内障手术中的应用进行介绍。诸专家

学者们的积极参与，不仅拓展和丰富了本书的内容，同时也较权威地反映了本领域前沿的技术和水平。

本书以精练的文字对各类手术的基本原则、步骤、关键技术和特殊技巧作了详尽论述，并应用大量的自绘图片、照片和表格清晰展现了相关原理、手术并发症及其处理原则等，较为全面、系统地呈现了飞秒激光角膜屈光手术的成就。

有人说，在激光没有出现之前，人类历史上从未有过这样安全有效的屈光矫正手术。无论其准确与否，至少说明激光矫正方式（laser vision correction, LVC）为屈光不正的矫正开辟了全新的领域，做出了全新的尝试。我们这些屈光手术医师（被命名为第一代），与更年轻的医师们（第二代、第三代）一起，在不断尝试新的技术的过程中，不仅体验到这些新技术的精准、快捷与有效，同时也经历了许多前人未曾涉及的困惑，面临着这些新技术对我们所提出的新的挑战。

飞秒激光目前应用较普及，也是未来发展的方向，但是迄今为止，国内尚无一部飞秒激光专著，值此出版之际，恰逢全飞秒 SMILE 手术全国培训中心已接待来自全国各地医院的近 100 名医生来中心交流学习。他们最多的反映是无较系统的书籍可参考。也是本书的编写动机之一。因此，本书以飞秒激光为主线。但事实上，飞秒激光仅作为一种工具和手段，是一媒介，本书真正的内容仍是围绕角膜屈光手术展开。如各类手术的治疗原理、适应证、并发症及其处理等。

与这一领域的患者常有较高的期望值一样，我们也不满足于简单的视力提高，更希望在术后不仅获得更好的视功能，而且能够尽量避免副作用和损害；希望在矫正目的达到的同时，尽可能保持组织结构的完整。新目标对我们提出了更高的要求。视觉光学的进步彻底改变了我们对视光的认识，而医学的发展、新型检查技术和手段的出现也需要我们对人眼超微结构及各类损害的表现有重新的认识，需要我们以科学、严谨的态度，对各类新的治疗技术（如激光）对人眼组织的影响及其规律有更深入的理解与掌握。

本书的编委均为本领域的拓荒者和实践者，他们多为目前活跃在屈光手术一线的资深专家和国内本领域的顶尖学者，非常感谢所有参与本书编写工作的专家将他们弥足珍贵的多年经验与大家分享，并以此种方式记录下来，供大家借鉴与交流。

感谢各位前辈的支持和鼓励以及国内外同行的积极参与和指导；感谢所有参与并帮助完成此书的人。感谢为本书的稿件整理和校对付出了大量工作的编写秘书张琳医师，图片绘制者魏升升医师，特邀绘制刘薇老师以及辅助做了大量工作、默默奉献的吴迪、张慧同学；感谢参与资料收集与文稿校对工作的我的学生祖培培、苏小连、吴文静、武志清、吴雅楠、李晓晶、徐路路、张佳媚、窦瑞、于长江等同学，感谢 Ali Khan 的参与。本书编写过程中参考了大量国内外资料，得到了天津市眼科医院图书馆刘清馆长、方旭老师的无私帮助，以及我的同事耿维莉、金颖、王璐、左彤等医师的支持与理解，在此一并致以真诚的谢意，谢谢你们！

感谢天津市眼科医院领导、前辈和同仁对本书的关注和大力支持。

感谢人民卫生出版社刘红霞主任、李海凌等及各位编辑自始如一、坚定不移的秉承出版“一流的图书”的宗旨，正因他们的坚持和付出，保证了本书的质量并得以顺利出版。

此外，还要深深地感谢我的家人在本书编写期间给予的不断的鼓励和支持。

人们对于新事物的认知往往需历经认识—思考—再认识的过程，并在时间的检验下不

前 言

断更新和完善。当今屈光手术发展日新月异，新技术仍存在巨大的未知领域和探索空间，甚至可能需要众多学科的横纵结合，共同开发。我们有幸成为新技术的首批体验者，也乐于将现阶段所知所获与大家共享，抛砖引玉，奠就基石。然而，就当前理论资源的储备和研究深度而言，我们的认识仍然相对局限，加之新技术在不断更新，探索的道路上错误和不当之处在所难免，敬请广大读者批评指正，不吝赐教。

激光，飞秒激光，飞秒激光屈光手术，为人类的视光矫正开辟了崭新的疆土，无刀、微创使我们向着屈光手术矫正的理想日益迈进，使我们不断接近于屈光手术医师的最高境界：

——（在提高视力和矫正视觉质量的同时）创造并赋予人们一双相对健康、趋于自然的眼睛。



2013年10月6日

第一篇 飞秒激光基础

第一章 概论	2
第一节 角膜屈光手术历史及发展	2
一、引言	2
二、角膜屈光手术发展史	2
三、激光技术的发展及应用	4
第二节 角膜屈光手术分类	6
一、根据基本矫正原理	7
二、根据手术部位	12
三、根据是否应用激光及应用激光的种类	14
第三节 飞秒激光与角膜屈光手术	14
一、基本概念及相关特性	14
二、飞秒激光对角膜组织的作用机制	16
三、飞秒激光技术与角膜屈光手术成功的基本原则	17
第二章 超短脉冲激光与飞秒激光器	31
第一节 激光脉冲与超短脉冲激光简介	31
一、脉冲与激光脉冲	31
二、何为“超短”激光脉冲	33
三、产生超短激光脉冲的主要方法	33
四、飞秒激光脉冲的特性和主要应用	34
第二节 超短脉冲激光的表征	37
一、描述超短激光脉冲的基本参量	37
二、飞秒激光脉冲强度和脉冲宽度的定义	39
三、表征激光脉冲的其他一些重要参量	40
四、超短脉冲激光的光谱分布与谱宽	41
五、超短激光脉冲的空间特性	42
六、真实情况下的激光超短脉冲特性	43
第三节 飞秒激光器的工作原理	45

一、光与微观粒子相互作用的三种基本过程	45
二、激光器的阈值和输出功率	46
三、锁模激光器的基本原理	47
第三章 激光与飞秒激光对生物组织的基本作用——生物效应	50
第一节 激光与生物组织的作用基础和作用特性	50
一、光学特性	50
二、热学特性	52
三、声学特性	52
四、其他特性	52
第二节 激光对生物组织的基本作用类型	52
一、光化学相互作用	53
二、热相互作用	54
三、光蚀除作用	56
四、等离子体诱导蚀除作用	58
五、光致破裂作用	60
第三节 飞秒激光对生物组织的作用	61
一、飞秒激光与生物组织相互作用的特性	61
二、飞秒激光与透明生物组织相互作用的理论模型	62
三、飞秒激光切削在眼科手术中的应用	65
第四节 飞秒激光与角膜组织的相互作用	66
第五节 激光角膜屈光手术与生物力学	73
一、角膜生物力学特点	73
二、角膜屈光手术对角膜生物力学的影响	79
第四章 激光对眼睛可能的影响和损伤、激光安全	85
第一节 激光的危害性	85
第二节 激光对眼睛的危害	85
第三节 激光安全的标准及危害的分类	86
第四节 眼睛的防护	86
第五节 激光安全指南(中国)	87

第二篇 飞秒激光角膜微透镜取出术(“全飞秒”手术)

第五章 飞秒激光小切口角膜微透镜取出术	90
第一节 概述	90
第二节 手术适应证及禁忌证	92

一、手术适应证	92
二、手术禁忌证	93
第三节 手术前检查及评估	94
一、病史	94
二、角膜屈光手术的常规检查项目	94
三、其他检查	94
第四节 手术设计	95
一、激光参数的选择	95
二、手术治疗包选择原则	97
三、治疗参数选择原则	99
第五节 手术步骤及相关手术要点	102
第六节 手术并发症原因、临床表现、治疗及预防	108
一、手术中并发症	108
二、手术后并发症	124
第七节 临床结果及评估	127
一、SMILE 手术初步临床疗效	127
二、角膜生物力学反应	130
三、术后早期角膜敏感性神经修复变化	130
第六章 角膜基质内微透镜取出术	133
第一节 概述	133
一、背景	133
二、治疗原理	133
第二节 手术适应证及禁忌证	135
一、适应证	135
二、禁忌证	135
第三节 术前检查及评估	136
一、一般检查项目	136
二、特殊检查项目	136
第四节 手术设备及其准备	136
一、设备准备	136
二、编制激光治疗程序	137
第五节 手术步骤及相关手术技巧	138
第六节 并发症原因、临床表现、治疗及预防	143
一、手术中并发症	144
二、手术后并发症	147
第七节 临床结果及评估	148

第三篇 飞秒激光辅助的 LASIK 手术

第七章 LASIK 与 LDV 飞秒激光	152
第一节 Ziemer LDV 飞秒激光的治疗原理	152
第二节 手术设备及其准备	152
一、Ziemer LDV 飞秒激光的特点	152
二、主要功能构成	153
第三节 手术步骤及相关手术技巧	154
第四节 并发症原因、临床表现、治疗及预防	156
一、手术中并发症	156
二、手术后并发症	158
第八章 飞秒激光制瓣角膜屈光手术临床应用问题及其处理	162
第一节 Femto LDV 飞秒激光技术	163
第二节 不同飞秒激光对比	165
第三节 LDV 临床应用	166
第四节 临床常见问题及其处理	166
第九章 IntraLase 飞秒激光辅助的 LASIK	168
第一节 治疗原理	168
一、IntraLase 发展历史	168
二、IntraLase 飞秒激光仪的基本构成	168
三、IntraLase 飞秒激光仪的性能和治疗原理	168
四、以 IntraLase 60kHz 为例显示其相关的技术参数	169
第二节 手术设备及其准备	170
第三节 手术步骤及相关手术技巧	171
一、手术步骤	171
二、手术技巧	172
第四节 并发症原因、临床表现、治疗及预防	172
一、手术中并发症	172
二、手术后并发症	174
三、IntraLase 飞秒激光在加强手术中的应用及注意要点	175
第十章 WaveLight FS200 飞秒激光辅助的 LASIK 手术	180
第一节 治疗原理	180
第二节 手术设备及其准备	180

一、设备及环境要求	180
二、一次性耗材	180
三、治疗参数	180
四、开机及检测	182
第三节 手术步骤及相关手术技巧	183
第四节 并发症的预防与处理	185
一、手术中并发症	185
二、手术后并发症	188
第十一章 飞秒激光辅助的 LASIK 手术与 VisuMax 飞秒激光	189
第一节 概述	189
第二节 VisuMax 飞秒激光手术系统与手术设备	189
一、VisuMax 飞秒激光手术系统工作原理	189
二、VisuMax 飞秒激光手术系统的控制及系统参数	190
三、VisuMax 飞秒激光手术系统的特点	191
第三节 手术前准备及手术设计	192
一、治疗包的选择	192
二、手术器械	193
第四节 手术步骤及相关注意事项	194
一、手术基本步骤	194
二、相关注意事项	196
第五节 并发症原因、临床表现、治疗及预防	198
一、手术中并发症	198
二、手术后并发症	210
第六节 手术经验	221

第四篇 飞秒激光角膜屈光手术最新进展

第十二章 飞秒激光角膜基质内切割矫正老视眼	226
第一节 手术适应证	227
第二节 手术禁忌证	227
第三节 手术基本步骤	228
第四节 手术疗效及并发症	228
第十三章 其他飞秒激光屈光手术——飞秒激光介导的角膜基质环植入术	232
第一节 概述	232
第二节 手术机制	233

第三节 有效性和安全性	233
第四节 手术步骤	234
第五节 适应证和禁忌证	235
一、适应证	235
二、禁忌证	236
第六节 术前检查	236
第七节 术后处理	237
第八节 手术并发症及预防和处理	237
一、手术中并发症	237
二、手术后并发症	237
第十四章 飞秒激光辅助的 LASIK 老视矫正手术	240
第一节 概述	240
第二节 老视的矫正方法	241
第三节 飞秒激光老视矫正手术的原理	241
一、飞秒激光制作角膜瓣,准分子激光完成角膜切削的老视矫正手术	241
二、飞秒激光直接完成的老视矫正手术	243
第四节 飞秒激光老视矫正术前准备、手术操作及术后处理	244
一、病史采集	244
二、一般检查项目	244
三、特殊检查项目	244
四、手术适应证	245
五、手术禁忌证	246
六、术前患者谈话	246
七、设备准备	246
八、手术设计原则	246
九、手术操作与术后处理	247
第五节 手术疗效、并发症及其处理	247
一、手术疗效	247
二、手术并发症	247
三、飞秒激光老视矫正手术“不良病例”的分析与处理	247
第十五章 飞秒激光角膜基质内镶嵌术	250
第一节 角膜基质内镶嵌物	250
一、角膜内镶嵌物的历史	250
二、角膜内镶嵌物的种类	251
第二节 角膜内镶嵌物植入术	252

一、手术适应证	252
二、术前准备	252
三、手术步骤	252
四、术后处理	252
第三节 角膜基质内镶嵌术的安全性	253
第四节 角膜基质内镶嵌术的并发症	253
第十六章 飞秒激光辅助的散光角膜切开术	256
第一节 概述	256
第二节 适应证和禁忌证	259
一、适应证	259
二、禁忌证	259
第三节 术前检查及手术方案的设计	260
第四节 手术方法	260
第五节 手术效果	261
第六节 并发症	262
第十七章 其他飞秒激光角膜屈光手术——飞秒激光介导的胶原交联术	264
一、胶原交联术的基本原理	264
二、FS-CXL 的方法和临床疗效	266
三、FS-CXL 的优势和不足	268

第五篇 飞秒激光的最新发展及其应用

第十八章 飞秒激光在角膜手术中的应用	272
第一节 角膜移植手术的简要历史	272
一、角膜移植的受体和供体取材方法改进	272
二、准分子激光行移植片和植床制作	275
三、飞秒激光行移植片和植床制作	276
第二节 飞秒激光角膜移植基本原理	277
第三节 飞秒激光辅助的穿透性角膜移植手术	277
一、飞秒激光辅助的 PK 术适应证	278
二、术前准备	278
三、手术步骤和技巧	278
四、术中并发症及其处理	285
第四节 飞秒激光辅助的板层角膜移植	285
一、板层角膜移植术的适应证	286

二、常规 LK 手术技巧	286
三、制备植床	286
第五节 改良的飞秒激光辅助的板层角膜移植手术	287
第六节 飞秒激光辅助的角膜基质环植入术	291
第七节 存在的问题和展望	292
第十九章 VisuMax 飞秒激光辅助的角膜移植术	295
一、VisuMax 飞秒激光的特点	295
二、在穿透性角膜移植中的应用	295
三、在板层角膜移植术手术中的应用	295
四、VisuMax 飞秒激光辅助的角膜内皮移植术	296
五、飞秒辅助的角膜移植的优点	296
第二十章 飞秒激光白内障手术	299