

角膜地形图学

主编 刘祖国 林跃生 主审 陈家祺

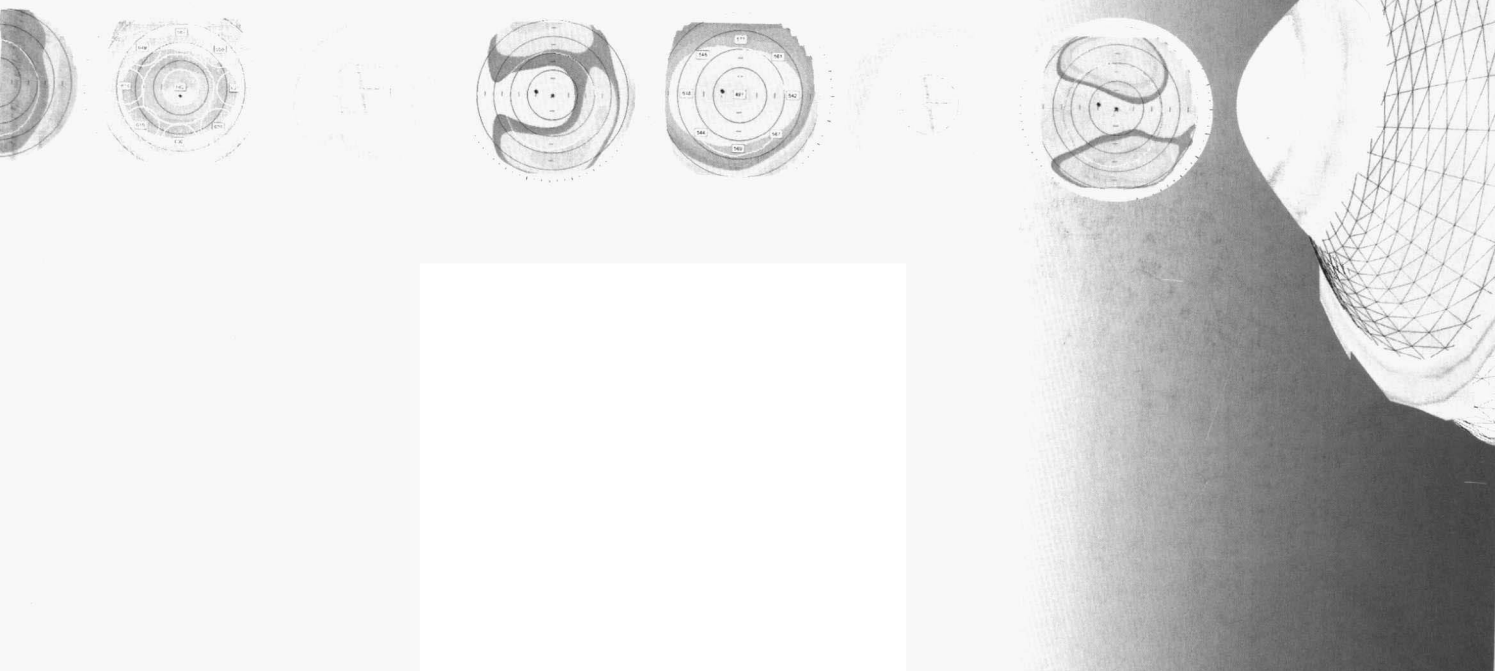
广东科技出版社

JIAOMODIXINGTUXUE



角膜地形图学

主编 刘祖国 林跃生 主审 陈家祺



广东科技出版社

· 广州 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

角膜地形图学/刘祖国等主编. — 广州: 广东科技出版社, 2001.7
ISBN 7-5359-1981-2

I. 角…

II. 刘…

III. ①角膜 - 诊断学 ②角膜 - 理论

IV. R772.2

出版发行: 广东科技出版社

(广州市环市东路水荫路 11 号 邮码: 510075)

E - mail: gdkjzbb@ 21cn. com

http: //www. gdstp. com. cn

出版人: 黄达全

经 销: 广东新华发行集团

制 版: 广州培基印刷镭射分色有限公司

印 刷: 广东东莞新丰印刷有限公司

(广东省东莞市凤岗天堂围 邮码: 511751)

规 格: 889mm×1 194mm 1/16 印张 22 字数 718 千

版 次: 2001 年 7 月第 1 版

2002 年 10 月第 2 次印刷

印 数: 1 001 ~ 2 000 册

定 价: 280.00 元

如发现因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系调换。

广东优秀科技专著出版基金会

顾问：钱伟长

(以姓氏笔画为序)

王元	卢良恕	伍杰	刘杲
许运天	许学强	许溶烈	李辰
李金培	李廷栋	肖纪美	吴良镛
汪家鼎	宋木文	宋叔和	陈元直
陈幼春	陈芳允	周谊	钟南山
钱迎倩	韩汝琦	焦树德	

名誉会长：(以姓氏笔画为序)

马万祺	任仲夷	庄世平	刘皇发
何克勤	余国春	柯正平	梁广大
曾宪梓	黎子流		

评审委员会

主任：谢先德

委员：(以姓氏笔画为序)

邓铁涛	卢永根	卢明高	伍尚忠
刘振群	刘颂豪	李任先	李岳生
李宝健	张士勋	张展霞	陈兴业
赵元浩	高惠广	容柏生	黄达全
黄衍辉	彭文伟	傅家谟	谢先德
蔡荣波	欧阳莲		

主 编 刘祖国 林跃生

主 审 陈家祺

编写人员 (以姓氏笔画排列)

冯春茂 中山医科大学中山眼科中心
龙崇德 中山医科大学中山眼科中心
刘祖国 中山医科大学中山眼科中心
刘 文 中山医科大学中山眼科中心
刘海泉 中山医科大学中山眼科中心
李 莹 中国医科大学北京协和医院
麦光焕 中山医科大学中山眼科中心
杨 晓 中山医科大学中山眼科中心
庞国祥 中国医科大学北京协和医院
林振德 中山医科大学中山眼科中心
金玉梅 中国医科大学北京协和医院
林跃生 中山医科大学中山眼科中心
张东升 国防科技大学
张 梅 中山医科大学中山眼科中心
胡建荣 深圳眼科医院
闻祥根 中山医科大学中山眼科中心
龚向明 中山医科大学中山眼科中心
程 冰 中山医科大学中山眼科中心
禩俭环 中山医科大学中山眼科中心

序 言

在眼科学发展史上有关角膜前表面形状与屈光状态的研究已有100多年的历史,曾先后出现了Placido氏盘、角膜镜、角膜曲率检测仪、手术角膜计等检测方法,但上述方法均有很大的局限性。20世纪80年代以后,计算机技术、图像处理技术和眼科学得到了很大的发展,并将地形图的概念引入角膜前表面的形状与屈光的研究,由此产生了“角膜地形图学”这一眼科学的研究新领域,国外已有关于角膜地形图的专著,但我国还没有此类专著。近年角膜地形图还发展至研究角膜后表面的形态与屈光状态(Orbscan),甚至将角膜地形图与“飞点”扫描式的准分子激光机相连(Top-link)。它可根据角膜的前表面形状及屈光状态进行实时切削,这将会使准分子激光屈光性角膜手术的手术技术及手术效果获得重大的发展。

中山医科大学中山眼科中心在国内较早地引入了角膜地形图检测仪,其他单位亦有引入此项设备。但目前国内有关角膜地形图的检测技术及相关知识远未普及,急需编著一本“角膜地形图学”的专著,供眼科医务工作者参考。刘祖国教授对角膜地形图的研究作出了显著成绩,并掌握了这门新兴科学的广泛信息,编著我国第一本“角膜地形图学”专著,并邀请了国内在角膜地形图临床方面有实践经验的数位青年专家参与编写此书。

此书详细地介绍了角膜地形图的基础理论、角膜地形图在角膜病的研究及诊断中的应用、角膜地形图在各种角膜屈光手术中的应用,以及各种眼球前段、后段手术和眼肌手术等对角膜前表面形状及屈光状态的影响。此书还介绍了角膜地形图的检查技术及阅图知识,并介绍了角膜地形图研究的新动向。这是一本很全面、很实用的角膜地形图学有关知识的参考书和工具书。我热烈祝贺此书的出版!相信此书的问世对我国角膜地形图学的普及与研究定会起推动的作用。

陈家祺

2000年5月18日

前 言

人们在100多年前就开始研究角膜地形,但限于科学的发展一直未能详细地了解角膜的地形结构。从20世纪80年代开始,由于角膜屈光手术的飞跃发展及角膜病研究的深入,迫切需要详细了解正常角膜地形,各种角膜病及角膜手术对角膜地形的影响以及角膜地形与视力之间的关系,因而极大地促进了角膜地形图学的发展。尤其是电子计算机技术的应用,使角膜地形图学的研究发生了革命性的改变。这样,以电子计算机、光学、眼科学相结合的一门新兴边缘学科——角膜地形图学诞生了并迅速发展。它对眼科学,尤其是角膜病学的影响是十分巨大的。它不仅使人们对角膜病学及角膜手术的诸多概念发生了根本性的改变,而且由于角膜地形图学的应用,使一些角膜病的早期诊断得以明确,角膜手术的效果迈向了新的台阶。可以说,角膜地形图学的出现,已使角膜手术及眼前段手术从出现显微手术以来,手术质量发生了最明显的提高。

角膜地形图学在发达国家已成为角膜病中的一个分支学科,如在美国,有多层次从事角膜地形图学研究的临床和基础以及计算机人才,出版了许多专著,在许多重要的刊物多次开辟专刊,并定期召开学术研讨会。我国目前已有许多单位购置了角膜地形图仪,并已开始应用于临床及科学研究,但有关此学科的基本理论及基本概念的文章较少。作者所在的广州中山眼科中心在国内较早从事此学科方面的临床及基础研究,积累了一些经验。许多角膜病的前辈及专家鼓励作者结合临床实践详细向国内同道介绍此学科的知识,力求填补国内此学科的空白。在这些眼科前辈的鼓励与鞭策下,作者邀请在此学科领域研究时间长、经验丰富的同道,一同撰写此书,以不负众多前辈的厚爱。

由于角膜地形图是多学科结合的边缘科学,所牵涉的知识范围较广。本书以介绍临床上角膜地形学知识的应用为主,有关仪器的设计原理因涉及光学及计算机学的知识,故未能详细介绍。此学科在我国真正开展仅几年时间,所获临床经验有限。撰写作者主要为临床第一线的工作人员,工作十分繁忙,书中错误、缺点难免,恳望同道赐教。另

外本书在写作过程中对各个作者的写作方法及写作风格均未作统一规定，原因是本书不是教材，而是一部学术方面的著作。作为学术著作不仅在学术方面应反映各个作者在此领域的观点，达到百家争鸣、促进此学科发展的目的。而且在写作风格上也应反映各个作者的特点。因而本书作为一个整体，各个章节可有机地连贯起来，但各个章节也有独立性，以适应不同读者的要求，这样在书中一些章节中有些内容可能会重复，以达到章节的独立性。

编 者

2000年7月

目 录

第一章 角膜地形图应用及研究的历史及现状	1
第二章 角膜的解剖生理	4
第一节 角膜的大体解剖和功能	4
第二节 角膜的显微解剖生理	4
一、上皮层	4
二、前弹力层	5
三、实质层	6
四、后弹力膜层	7
五、内皮层	7
第三节 角膜缘部	8
第四节 角膜神经支配	8
第五节 泪膜	8
第三章 角膜屈光测量原理	10
第一节 几何光学的基本知识	10
一、折射率	10
二、几何光学在光的传播方向的基本定律	10
三、光在单球面镜上的近轴成像	11
四、透镜成像	12
第二节 眼球的屈光系统	12
第三节 角膜屈光的测量原理	13
第四节 角膜地形图仪测试系统简介	16
第四章 角膜地形图学的有关名词、理论及角膜地形检测的操作	17
第一节 Placido 盘检查	17
第二节 角膜曲率计检查	17
第三节 与角膜地形学相关的名词及概念	19
一、角膜的曲率及形态的检测	19
二、角膜前表面的形态	20
三、角膜的方向	21
四、用于描述角膜地形学的概念和名词	21
第四节 计算机辅助的角膜镜摄影检查仪及检测操作	23
一、计算机辅助的角膜镜摄影检查仪	23
二、计算机辅助的角膜镜摄影检查操作	23
第五章 正常角膜的地形图	32
第一节 角膜的一般结构和功能	32

第二节	角膜表面的分区	37
一、	中央区	38
二、	周边区	41
三、	角膜缘区	41
第三节	正常角膜地形图	42
第四节	角膜地形的正常变化	46
第六章	各种角膜病的角膜地形图变化及表现	48
第一节	角膜上皮异常的角膜地形变化	48
第二节	角膜基质异常的角膜地形图改变	54
一、	角膜基质厚度异常引起的改变	54
二、	角膜基质炎症引起的改变	56
三、	角膜营养不良及先天性角膜曲率异常的角膜地形图	56
第三节	角膜缘病变的角膜地形变化	62
一、	Terrien's 边缘部变性	62
二、	透明样边缘变性的角膜地形图	66
三、	蚕食性角膜溃疡的角膜地形图	66
第四节	角膜外的压迫	72
第七章	圆锥角膜的角膜地形图改变	75
第一节	圆锥角膜的角膜地形图	76
一、	历史	76
二、	早期的地形图变化	76
三、	圆锥角膜的锥形态	78
四、	进展期圆锥角膜的角膜地形图	79
五、	晚期圆锥角膜的角膜地形图	84
六、	圆锥角膜在 Orbscan 角膜地形图系统的图形表现	84
第二节	圆锥角膜的发展过程	89
第三节	角膜地形图与圆锥角膜的手术设计	90
第四节	角膜后圆锥	94
第八章	泪膜对角膜地形图的影响	98
第一节	泪膜异常对角膜地形图的影响	98
第二节	干眼症的角膜地形图	101
第九章	角膜移植手术的角膜地形图检查	108
第一节	穿透性角膜移植手术的角膜地形改变	108
一、	PKP 后植片的屈光改变	108
二、	PKP 后角膜球面性改变	108
三、	PKP 后角膜表面规则指数的改变	113
第二节	角膜地形图检测对提高角膜移植术后屈光质量的指导意义	113
第十章	眼外伤的角膜地形图改变	117
第一节	眼球贯通伤的角膜地形图改变	117
一、	角膜创口大小对角膜地形图的影响	117
二、	角膜创口的位置对角膜地形图的影响	118

三、角膜创口形状对角膜地形图的影响	124
第二节 眼球挫伤的角膜地形图改变	129
第三节 角膜创口愈合过程的角膜地形图改变	131
第十一章 放射状角膜切开术的角膜地形图学	137
第一节 放射状角膜切开术原理的角膜地形图认识	138
第二节 中国人近视眼的正常角膜地形图	138
第三节 放射状角膜切开术前角膜地形图检测的内容与意义	141
第四节 放射状角膜切开术后角膜地形图的变化及临床意义	143
第五节 放射状角膜切开术式的改进以及联合散光手术的角膜地形图设计	144
第六节 放射状角膜切开术后矫正视力不良的角膜地形图特征	144
第十二章 角膜地形图在角膜散光检测及角膜散光矫正手术中的应用	146
第一节 先天性角膜散光	146
第二节 后天性角膜散光	151
第三节 角膜散光的角膜地形图表现	152
第四节 角膜地形图检查在角膜散光矫正手术中的应用	161
第十三章 表面角膜镜片术的角膜地形图	171
第一节 无晶体眼表面角膜镜片术后的角膜地形图改变	171
第二节 高度近视眼表面角膜镜片术后角膜地形变化	176
第三节 圆锥角膜表面角膜镜片术后的角膜地形图	177
第十四章 角膜地形图在白内障手术与人工晶体植入术的应用	178
第一节 术前的角膜地形图检查	178
一、术前存在各类散光的观察	178
二、角膜曲率的正确测量	180
三、术前角膜地形图检查的临床意义	180
第二节 不同手术切口的角膜地形图改变	185
一、大切口人工晶体植入术后的改变	185
二、小切口人工晶体植入术后的改变	185
第三节 白内障术后角膜散光的变化	193
第四节 白内障术后角膜地形图检测的临床意义	197
第五节 拆线前、后角膜地形图的变化	200
第十五章 抗青光眼手术的角膜地形图学	204
第一节 小梁切除术后的角膜地形图	204
第二节 周边虹膜切除术后的角膜地形图	211
第十六章 视网膜脱离手术和玻璃体手术与角膜地形图	213
第一节 视网膜脱离手术后角膜地形图的变化	214
第二节 玻璃体手术与角膜地形图	220
第三节 各种手术方式角膜地形图改变的特点及比较	223
第十七章 角膜地形图在屈光性角膜手术中的应用	227
第一节 角膜地形图在屈光性角膜手术前的应用	235
一、正常角膜地形图	235
二、术前筛选圆锥角膜	240

三、角膜散光	248
四、平坦角膜与准分子激光原位角膜磨镶术	251
五、角膜疾病的诊断	251
第二节 角膜地形图在屈光性角膜手术后的应用	251
一、屈光性角膜手术后角膜地形图图形	251
二、角膜地形图对屈光性角膜手术效果的评估	257
第十八章 角膜地形图在观察斜视手术后角膜屈光变化的应用	267
第十九章 角膜地形图在角膜接触镜方面的应用	275
第一节 角膜地形图在亲水性软性角膜接触镜验配中的应用	277
一、亲水性软性角膜接触镜的验配程序	277
二、亲水性软性角膜接触镜戴用状态的评估	277
第二节 角膜地形图在硬性透气性角膜接触镜验配中的应用	278
一、硬性透气性角膜接触镜的验配方法	278
二、硬性透气性角膜接触镜的诊断性试戴	279
三、角膜地形图硬性透气性接触镜处方举例	280
四、角膜地形图在圆锥角膜硬性透气性角膜接触镜验配中的应用	284
第三节 角膜地形图在角膜矫形镜验配中的应用	293
一、角膜矫形镜验配前筛除圆锥角膜	293
二、角膜地形图检查在角膜矫形镜验配中的应用	294
三、角膜矫形镜矫正近视效果的估计	295
四、角膜矫形镜矫正对角膜形状的影响	295
第四节 配戴接触镜后角膜地形图的改变	303
第二十章 非基于Placido 盘反射影像设计的角膜地形图系统	309
第一节 PAR 角膜地形图系统	309
第二节 Orbscan 角膜地形图系统	317
第二十一章 如何阅读角膜地形图	338

第一章 角膜地形图应用及研究的历史及现状

角膜的屈光力占整个眼屈光力的 $\frac{3}{4}$ ，因而角膜表面形态的微小变化都将影响整个眼的屈光状态，从而直接影响眼的视功能。详细了解角膜的屈光状态，不仅能帮助理解角膜的病理及生理变化，而且在一些以角膜地形变化为主的角膜病变（如圆锥角膜、边缘角膜变性等）的早期诊断、治疗及预后的评价等方面都具有十分重要的意义。20世纪80年代以来，角膜屈光性手术得到飞速的发展，各种新型的角膜屈光手术不断涌现，但归结起来，所有的角膜屈光手术都是立足改变角膜前表面的形态，从而达到改变角膜屈光力的目的。因此对角膜地形的了解程度将直接影响到角膜屈光手术的发展及手术质量。100多年以来，眼科医生在此领域进行了不懈的努力，从初期利用反光的影像大概定性地估计角膜地形到目前用计算机辅助的角膜镜摄影详细地反应全角膜各点的形态及屈光力改变，其间经历了漫长的发展过程。

人类对角膜地形的探索始于17世纪，1619年，Father Christopher Scheiner将角膜表面的反光影像与一系列大小不同、表面光滑的小石球的影像相比较，试图利用石球来推测角膜表面曲率。1820年法国眼科医生Ferdinand Cugnet首先描述了“角膜镜”（Keratometry）技术，并用此技术研究了角膜表面的形态。其方法为：将一束光线投影到位于病人眼前的一个“角膜镜”上，调整光线、角膜镜、病人及观察者的位置，使观察者能看清印在角膜表面角膜镜的影像，这样通过观察角膜表面镜的影像变化就可以粗略定性地了解角膜的形态，如影像歪斜，则表示角膜形态异常。这种检查方法很粗糙，且存在一些缺点。首先是光线、角膜、病人及观察者的位置很难调整到使角膜镜的影像刚好位于角膜中央。另外，由于仅靠检查者眼观察影像，很难发现角膜表面细小的形态变化。

1880年A. Placido发明了一种用于检查角膜表面形态的角膜计，此种角膜计又称Placido盘。此检查方法至今仍被广泛应用。Placido盘的中央有一小孔供医生观察病人角膜表面的影像变化。检查时，受检者背向窗，医生手持Placido盘，面对受检者，相距10~20cm，通过圆盘中央的小孔观察角膜表面的影像。这种设计方法使医生可以通过小孔观察而将Placido盘对准病人角膜中央，同时让病人注视Placido盘中央的小孔，这样使病人的视轴与Placido盘的小孔一致。如果角膜形态呈近似球形，则角膜呈环形的同心圆状，如角膜曲率异常，则同心圆影像呈波浪形、梨形及不规则形等弯曲影像。Placido盘虽然解决了视轴与盘的一致性问题，但由于其不能将影像放大，检查者仍不能发现角膜的细小改变，只能对角膜形态进行大概的定性描述。

E. Javal是角膜曲率计（Keratometer）及角膜地形图（Corneal Topography）研究的先驱者。1880年他对如何放大角膜影像进行了研究，并发现如果将角膜镜的影像记录或摄影下来有许多优点。他在“眼病概论”作了下述的描述：“角膜镜的影像可以完全反映角膜的散光及视轴偏中心的情况，通过不断的摄影及在显微镜下进行测量，就可以通过眼曲率计（Ophthalmometer）取得角膜表面的形态信息。但角膜镜影像仅能反映它所投射角膜部分的地形，用眼曲率计所取得资料也仅为角膜某一特殊切面相距两点的信息”。为了扩

大眼曲率计的检测范围, Jaral 在器械上连上了像 Placido 盘样的一个小盘, 这种装置的优点是使眼曲率计的目镜望远镜可以放大所观察的影像。1889 年, Jaral 在接收眼曲率计影像的弓后面放一个大的搪瓷盘, 此盘背景为黑色, 上有同心圆白色环, 这样通过计算环的半径就可以估计角膜的形态改变。在检查时, 病人注视眼曲率计的中央, 医生可以观察角膜中央部分的角膜镜影像, 然后再让病人向上、下、左、右看, 观察不同注视状态下角膜表面的影像。

A. Gullstrand 认识到 Jaral 显示角膜地形的目标在了解角膜形态上的重要意义, 最先开创了角膜镜摄影 (Keratoscopic Photographs), 角膜镜摄影采用地质工作者测量地质的方法, 即通过地质测量可以比较任何 2 个物体的形态, 例如: 要了解一座有许多悬崖和陡坡的山的全貌, 那么它的各个面都要在同一时间看见。在地质上则采用在山的顶点作一小环, 然后以一定间隔 (如 50m) 作环形线, 一直到山底下, 再用飞机在山的正上方作整个山的各个环形摄影, 摄影所得到的圆形即是山的全貌, 在圆上可以发现 2 个环相距较近者则表示山坡陡, 环相距较远则表示山坡较平, 这种测量方法在地形学上称为等高线测量法。此外还有分层设色法和晕渲法等。

角膜的形态与山的形态相似, 其前表面的影像可以很容易拍摄到, 因此, 通过角膜镜的摄影对角膜表面的同心环状影像进行分析 (其分析方法同地质学上对山的方法一样, 相距较近的密集影像表示角膜较陡, 屈光度大, 反之角膜较扁平, 屈光度小), 就可以详细地了解角膜表面形态。角膜镜摄影虽然可以详细了解角膜的表面形态, 但由于其也只能定性地反应角膜形态变化, 因而未得到广泛应用。为此, 1896 年 Gullstrand 根据 Jaral 的设想设计出一个用于测量角膜影像两点间距离的测量显微镜。用这种显微镜对角膜影像进行测量, 然后将测量的数据换算成角膜曲率半径或屈光度, 这种测量及换算虽然可以定量地了解角膜表面形态, 但计算一个患者的角膜曲率需要很长的时间, 因而在临床的实际应用中存在不少困难。

20 世纪中期, 一些学者将各种不同曲率的小球作角膜镜摄影, 然后将这些摄影剪成两半, 作为已知的标准屈率图, 用这些图与病人的角膜镜摄影图进行比较, 当某一标准的曲率图与之相吻合时, 则该病人的角膜曲率就是与之吻合的小球的曲率, 许多角膜镜摄影均可以通过此方法进行定量检查。1961 年, Charke Hendricks 设计了一种被称为比较仪 (Comparator) 的设备对角膜镜摄影进行定量分析。方法是: 将角膜镜摄影投射到比较仪的屏幕上, 逐渐改变摄影图的放大倍数, 使摄影图的环与比较仪的环重合, 这样通过已知比较仪黑环的曲率半径和放大倍数, 可以求出每个角膜镜摄影图的曲率半径。1972 年国际诊断仪器小组发明了与比较仪类似的仪器, 这种仪器主要用于角膜接触镜的配戴, 它可显示角膜表面大约 43% 范围的屈光状态, 而角膜曲率计仅能反映 6% 角膜范围的屈光状态。角膜曲率计也是 20 世纪中期设计出的用于定量检测角膜曲率的仪器, 它可定量地检测角膜中央区的角膜曲率, 在大部分正常角膜, 角膜曲率计已基本能反应角膜表面的屈光情况, 因而目前仍在临床广泛应用, 也能满足大部分患者的需要。但由于其设计时基于检测角膜中央 3mm 范围的角膜曲率变化, 而且将最大角膜曲率与最小角膜曲率设计为相互垂直, 因而在一些角膜呈非正常变化的患者, 其不能详细反应全角膜的变化情况, 在临床应用中受到限制。

角膜接触镜的广泛应用及角膜屈光手术的发展对角膜地形学的发展提出了更高的要求, 同时也正是它的发展极大地促进了角膜地形学的研究。角膜接触镜及屈光手术的设计和评价不仅要了解角膜中央的形态及屈光情况, 而且要详细地了解整个角膜, 甚至角膜缘的屈光变化。如非球形角膜接触镜, 它的设计不是基于角膜中央的形态, 而是基于角膜中周边的形态。角膜屈光手术也同样如此, 如放射状角膜切开术, 手术区的范围在角膜的中周部及周边部。角膜散光手术也同样位于角膜的中周部。此外一些角膜病 (如圆锥角膜、边缘角膜变性等) 的诊断, 角膜手术预后的估计等均需要了解角膜周边部的屈光状态。因此, 详细了解整个角膜的形态及屈光变化十分重要。

计算机技术的兴起与发展为角膜地形的研究提供了广泛的前景, 20 世纪 80 年代以后计算机技术被引入了角膜地形图的研究, 使人们可详细地定量地了解整个角膜的形态^[1]。Doss 等 1981 年将 Placido 盘投射至角膜表面的同心环影像的有关参数输入电子计算机, 用计算机自动打印出每个环的序数、环至角膜中心的距离、环投射部位的屈光力、相应角膜屈光力正常参考值及相邻环间的曲率半径。Rowsey 等也采用相同技术

将每个环在主要子午线上的屈光力用数字或屈光力图表示。1984年 Klyce 为计算机辅助的角膜镜摄影设计了软件,使角膜表面形态以网络三维图像显示于计算机的荧光屏上。1987年 Maguire 等采用计算机彩色编码技术将角膜不同曲率和屈光力部分用不同的颜色表示,暖色(如红色)代表屈光力强,冷色表示屈光力弱^[2,3]。彩色编码技术的应用,使临床医生观看彩色编码图后,非常容易地了解角膜的形态变化。1988年 Gormley 等介绍了一种新型的角膜模型系统(Corneal Modeling System. CMS),该系统用圆筒形角膜照相机向角膜表面投射32个同心圆环,覆盖整个角膜,用实时数字视频技术在1/30s内显示影像,这样可避免因瞬目和心跳造成的假象,然后利用双束扫描激光裂隙灯扫描及用人工智能技术进行处理,建立角膜的地形学模型(Topographic Model)和网络模型(Wire-mesh Model)。1992年 Belin 等首先在角膜地形图仪中采用程序鉴定检查技术,使用这种技术的角膜地形图仪不会因为角膜瘢痕、上皮缺损、溃疡等而降低精确度。以前的各种角膜地形图仪均是基于Placido盘反射影像而设计的^[4,5],目前一些新的角膜地形图仪采用非基于Placido反射影像而设计,如PAR角膜地形图仪(应用立体三角技术)及Orbscan角膜地形图仪(应用光学扫描技术),这些角膜地形图仪不仅可获取角膜真正的地形数据,而且还避免了基于Placido盘反射影像设计的角膜地形仪的不足。

随着电子计算机技术的发展,新的软件会不断出现,现今人们对整个角膜可以测量的面积已达95%以上,计算机辅助的角膜摄影可以正确地反映角膜表面的整个形态变化,使以前不能明确的疾病得以诊断,尤其对于角膜接触镜的设计、角膜屈光手术方案选择、手术量的控制、术后的屈光变化及预后的评价等具有巨大的意义,甚至成为一种必需的手段。由于人们对视力质量要求的提高,目前已根据每个患者的角膜形态进行角膜接触镜的设计,这样使患者的视力及舒适程度均得到明显提高。因而在发达国家,计算机辅助的角膜镜摄影已成为视光学必要的检查设备。现在关于角膜地形的研究已形成一门边缘学科,在一些发达国家,不仅有专门从事角膜地形检测仪器的设计及有关理论研究的人员,而且在临床应用及研究中也已专门化。角膜地形图学研究的进展是近10年来角膜病领域最为迅速的领域之一,近年来又有新的角膜地形检查仪器出现。新出现的仪器不仅能更加详细地检测全角膜前表面的地形,它还能同时显示全角膜后表面地形及全角膜厚度,使角膜地形的发展进入一个新的里程。近年来我国也已引进了角膜地形图技术,并且开始设计及制作计算机辅助的角膜摄影仪,在临床应用方面,已积累了较丰富的经验,使我国在此领域逐渐赶上国际先进水平。

(刘祖国)

参 考 文 献

1. Wilson SE, Klyce SD. Advances in the analysis of corneal topography. *Surv Ophthalmol*, 1991, 35:269
2. Morrow GL, Stein RM. Evaluation of corneal topography: past, present and future trends. *Can J Ophthalmol*, 1992, 27:213
3. Fowler CW, Dave TN. Review of past and present techniques of measuring corneal topography. *Ophthalmic Physiol Opt*, 1994, 14:49
4. Brody J, Waller S, et al. Corneal topography: history, technique, and clinical uses. *Int Ophthalmol Clin*, 1994, 34:197
5. Zadnik K, Friedman NE, et al. Repeatability of corneal topography: the "corneal field". *J Refract Surg*, 1995, 11:

第二章 角膜的解剖生理

第一节 角膜的大体解剖和功能

角膜(Cornea)位于眼球的前1/6面积,和巩膜共同构成眼球坚韧的外壳。在正常状态下,角膜为无色透明,有泪膜覆盖时显得高度平滑而有光泽。其外观如表盖玻璃,但呈轻度椭圆形,中央4 mm直径区域几乎呈球形弧度,称为光学区。周边部逐渐变平,边缘与巩膜相接处为角膜缘。角膜的直径,据欧美的记载,新生儿为9~10mm,1岁时的角膜直径已接近成人。成人男性的角膜横径约为12mm,垂直径为11mm,女性比男性平均约小0.1mm。中国成人角膜的水平径平均约11mm,垂直径平均约10mm。成人角膜的厚度,中央部较薄,平均约为0.52~0.58mm,周边部较厚,约为1mm。到达6岁之后,角膜厚度及屈光指数已很少变化。角膜的曲率半径,前表面略大于后表面,前表面为7.7~8.4mm(平均7.84mm),中央光学区平均为7.7~7.8mm,后表面为6.22~6.80mm,中央光学区平均为6.6mm^[1,2]。

角膜为无血管组织,具有坚韧性和透明性。角膜的功能,除保护眼球内容物外,最主要的是其光学性能。角膜凸度为晶状体的1.5倍,故其屈光力最强,角膜前表面的屈光力为+48.8D,后表面的屈光力为-5.8D,其绝对屈光力为+43D,约占眼球总屈光力的70%。泪-气界面是最重要的屈光表面,约占眼总屈光力的80%。维持角膜的透明性对其功能至为重要。上皮覆盖于角膜组织表面,是维持角膜光学透明性的特殊结构。要保持角膜表面光滑,还必须有健康的泪膜,通过瞬目运动,眼睑把泪膜均匀一致地铺盖于上皮表面,并不断更新泪膜。

第二节 角膜的显微解剖生理

角膜由5层组织构成,从前到后依次为上皮层、前弹力层、实质层、后弹力层和内皮层^[3]。

一、上皮层

上皮层(Epithelial layer)来源于外胚叶,约占角膜全厚的10%,位于角膜表面。完整的上皮层有生物膜的作用,是阻止水分、药物和细菌通过的屏障。角膜上皮厚度一致,约50 μ m,由5~6层有核细胞构成,分为浅层鳞状细胞、中层翼状细胞和底部单层柱状细胞3种形态。上皮细胞从基底细胞繁殖,逐渐向表层推移,细胞形态逐渐变扁平,浅层细胞逐渐退化,最终从表层脱落,上皮细胞的寿命一般为7~10天。角膜的上皮与球结膜上皮相移行。由于角膜上皮比身体其他部位的鳞状上皮排列更为规则而整齐,厚薄均匀一致而无折光现象,故在裂隙灯下呈现一条黑线。

表层鳞状细胞为泪膜覆盖,一般不易看见。该层由2~3层多边形的扁平细胞构成,细胞排列致密而不规则。在电子显微镜下,可见到表面有微绒毛和微皱褶,这些结构有助于液体交换和稳定泪膜。中层翼状细胞有前凸面和后凹面,两侧呈尖形,形似翼状,伸入邻近的细胞间,细胞质及细胞器丰富,线粒体呈丝状,有内浆网、发育完善的高尔基复合体及核糖体。底部柱状细胞为排列整齐的栅栏状单层细胞,细胞内器更

为丰富,胞浆内含有高浓度的线粒体、高尔基复合体及细丝状结构,细胞核深染,常可见核分裂。柱状细胞是细胞分裂的中心,靠近角膜缘的细胞,其有丝分裂活动较中央区活跃,如果需要,上皮细胞可迁移到角膜中央以覆盖任何上皮缺损区。上皮基底膜厚约60~65nm,由不规则排列的胶原纤维构成,由基底柱状细胞产生,由粘多糖复合蛋白组成,是角膜上皮层基底细胞和前弹力层之间的一层衬垫。

角膜上皮细胞之间的连接,上皮细胞与基底膜之间的连接,主要依靠桥粒(Desmosome)和半桥粒结构来实现。相邻的上皮细胞约有10~20nm的间隙,间隙中由酸性粘多糖、蛋白质等形成的低电子密度物质起粘合作用,这类物质统称为桥粒结构。桥粒以闭锁小带的方式使2个上皮细胞相互粘连,构成十分弯曲面紧密的交界型接界,此种连接方式构成上皮的屏障作用,它可阻止水、电解质及葡萄糖的通过,对维持角膜透明性起重要作用。在角膜基底细胞与其他各层上皮细胞内还存在一种张力原纤维,对上皮细胞也有一定的支撑固定作用,使其能耐受眼睑运动的经常摩擦而不致变位和脱落。正常上皮的细胞间间隙很窄,但在发生上皮水肿时,其间隙扩张,虽然细胞仍然通过桥粒互相粘着,但扩张了的细胞间隙变成几微米宽的水池,使光线从这些小水滴的表面衍射,导致上皮混浊,这就是上皮混浊或水肿的解剖学基础。基底柱状细胞通过半桥粒牢固地附着于基底膜上,基底膜由粘多糖与蛋白质合成物构成,对其上面上皮的功能极为重要,很可能在液体流动及营养物质的输送中起作用。当手术去除上皮或擦伤上皮时,通常是基底细胞被撕去,基底膜尚能保存下来,再生的上皮可在原先的基底膜上移行并附着于基底膜上,但如基底膜已遭破坏(如浅层角膜切除术后),则再生的上皮虽可很快覆盖创面,但因无基底膜可附着而易脱落,基底膜的结构性损害可引起复发性上皮糜烂。兔基底膜的重建仅需数周,但人基底膜的重建需数月时间。在炎症和水肿的情况下,基底膜可与前弹力层分离而形成水泡。

上皮细胞从泪液、房水及角膜缘毛细血管得到营养,有很高的代谢率^[4]。大气氧弥散穿过泪膜而到达上皮,是上皮获氧的主要来源。当大气氧的通路受到阻隔时,如在戴接触镜或闭合眼睑时,从结膜及眼睑的血管弥散的氧可维持适当的供给,但如长期戴大而紧的角膜接触镜,则可造成由上皮缺氧而引起角膜水肿甚至新生血管形成。上皮细胞内有多量的糖原,是代谢和伤口修复的能量来源。妨碍氧的供给会引起能量贮备的迅速消耗。在缺氧的情况下,角膜上皮产生乳酸,积累的乳酸可使基质混浊肿胀。上皮是液体的重要屏障,还可把基质的水分主动输送出来。临床上去除上皮可引起基质水肿及上皮缺损区的肿胀,但这些变化可随上皮的再生覆盖而消失。在上皮缺损的情况下,基质伤口的愈合极为受阻。角膜上皮的再生能力很强,修复的方式有2种,一是上皮滑动,即由缺损区周围的上皮细胞以阿米巴样活动向缺损区水平迁移,并形成新的单层细胞层以覆盖缺损;二是上皮细胞通过有丝分裂繁殖细胞,随后形成5~6层细胞层,使上皮层恢复正常厚度。在正常情况下,上皮的生长速度约为每12h 1mm,故小的缺损区可在24h内愈合。即使角膜上皮完全脱落,亦可由角膜缘的结膜细胞,通过有丝分裂和阿米巴样运动形成新的上皮层,在4~7天内覆盖创面。但如有泪膜缺陷或角膜表面不规则(如损伤或手术后),则上皮的修复受到影响而延缓愈合。在这种情况下,为保护新生上皮不致被瞬目时眼睑擦落而用绷带包扎或用含水率高的超薄型软接触镜,可以促进上皮的修复。有些因素如低温、毒性物质或改变泪液的pH值,都可延缓上皮的再生。

二、前弹力层

前弹力层(Bowman's membrane)又称Bowman氏膜,仅见于灵长类、鸟类及爬行类等较高等的动物中。是角膜实质浅层分化的一部分而非真正的弹力膜,厚度约10~16 μm 。在光学显微镜下,此层可独立分开,但在电子显微镜下不能看到膜结构,而是由极薄的、排列不规则的胶原纤维构成,前面与角膜表面平行,与上皮细胞层分界清楚,后面与基质层境界并不明显。该层由于组织致密,对外伤及感染具有较强的抵抗力。在正常情况下,该层无细胞结构,如发现细胞或细胞核时,即为病变的依据。该层无再生能力,其破损区由上皮增厚或疤痕组织取代。