



# 临床视光学

主编 杨智宽



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)



# 临床视光学

第二版

人民卫生出版社

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

# 临床视光学

主编 杨智宽

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书共二十一章,涵盖了眼科屈光学和传统视光学的基本内容,从眼球的胚胎发育、正视化过程入手,对视觉感知过程及其影响因素进行阐述,然后对各种屈光不正、调节与老视、双眼视觉异常、低视力等常见问题进行详细深入的介绍。最值得一提的是,本书紧密结合临床,对影响视觉成像的眼科疾病、眼科疾病手术后的屈光问题、各种屈光不正的配镜原则和常见错误、影响屈光的药物,以及验光配镜的质量控制进行了专题讨论,对角膜接触镜重点介绍其在眼科疾病中的临床应用。

本书适合眼科医师、视光医师、验光师,以及视觉科学研究人员阅读,还可供在校负责卫生工作的相关人员及关注青少年视觉问题的人士参考,部分内容对眼镜店进行医学验光配镜的工作人员具有一定的指导意义。

### 图书在版编目(CIP)数据

临床视光学 / 杨智宽主编. —北京:科学出版社,2008  
ISBN 978-7-03-022512-2

I. 临… II. 杨… III. 眼屈光学 IV. R778

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 103498 号

策划编辑:农 芳 / 责任编辑:王 霞 / 责任校对:钟 洋  
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

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>

双 青 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008 年 8 月 第 一 版 开本:787×1092 1/16

2008 年 8 月第一次印刷 印张:30 1/4

印数:1—2 000 字数:707 000

定价:98.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈双青〉)

## 《临床视光学》编写人员

- 主 编** 杨智宽
- 副主编** 李丽华 邓大明 王晓瑛
- 编 者** (按姓氏汉语拼音排序)
- 陈 翔(中山大学中山眼科中心)
- 陈林兴(中山大学中山眼科中心)
- 邓大明(中山大学中山眼科中心)
- 江洋琳(天津市眼科医院)
- 蓝卫忠(中山大学中山眼科中心)
- 李丽华(天津市眼科医院)
- 林小铭(中山大学中山眼科中心)
- 刘文彦(中山大学中山眼科中心)
- 龙时先(中山大学中山眼科中心)
- 卢金华(中山大学中山眼科中心)
- 聂昊辉(中山大学中山眼科中心)
- 王 平(华中科技大学同济医学院附属同济医院)
- 王晓瑛(复旦大学附属眼耳鼻喉科医院)
- 杨 晓(中山大学中山眼科中心)
- 杨智宽(中山大学中山眼科中心)
- 余克明(中山大学中山眼科中心)
- 余敏斌(中山大学中山眼科中心)
- 曾骏文(中山大学中山眼科中心)
- 张 纓(天津市眼科医院)
- Stanley Woo(美国休斯敦大学视光学院)
- 主 审** 葛 坚(中山大学中山眼科中心)
- 赵堪兴(天津市眼科医院)
- 秘 书** 蓝卫忠

## 序 一

智宽教授嘱我为他的新作《临床视光学》作序,从而使我有幸先睹为快。粗略浏览了这部洋洋洒洒 70 万字的大作,我为智宽教授及其编写团队能在较短的时间内完成这项出色的工作而感到自豪。近年来,我国在眼科学方面已有许多高水平的学术专著和教材出版,但在视光学方面,除了人民卫生出版社和高等教育出版社在前几年分别出版的两套眼视光学系列教材外,还鲜有如智宽教授编写的这类系统性、科学性和实用性都较强的视光学专著面世。本书的出版也说明视光学在我国正逐步受到大家的关注和重视。

智宽教授及其编写团队的成员都是我国眼科界年轻有为的学科带头人,他们有着很好的临床医学和眼科专业的学术背景,大都参加了中美和中法视光学国际交流项目,同时对视光学的临床、教学和科研情有独钟,充满热情,所以,我认为《临床视光学》这样的著作出自他们之手完全在情理之中,既是水到渠成、瓜熟蒂落的事情,对我国的视光学发展而言,也是一件值得称道的好事。

众所周知,眼视光学在我国虽然起步比西方发达国家要晚许多,但我们也有自己的特点,那就是起点高,从初创开始就将其属性定位为医疗,作为临床“大眼科”的一部分。这些年来的实践证明这种定位完全正确,也符合我国当前的国情。正因为如此,国际学术界将中国的眼视光学列为目前全球视光学领域最好的模式之一,认为这是西方发达国家正在努力的方向,对此,中国人应引以为豪。这次智宽教授将此著作定名为《临床视光学》,我的理解是,这开宗明义地阐明了本书的医疗属性,体现了中国视光学鲜明的临床医学特性,可以认为,这是一本实用性较强的临床医学著作。

综观本书,凡二十一章,既有基础理论,又结合临床实践,既有传统视光学中的验光配镜等非手术矫正之精华,又有现代眼视光学屈光手术的全新理念和技术,同时还包含了与视觉质量有关的眼科疾病和眼科手术后的屈光理论与处理,基本达到了内容丰富、材料翔实、图文并茂、实用性强的编写目标。

最后,作为中华眼科学会眼视光学组组长,我衷心感谢智宽教授及其编写团队,感谢他们对中国眼视光学发展做出的努力与贡献!

瞿佳

2008年夏于温州医学院

## 序 二

It has been twenty-five years since optometry emerged as a distinct educational program in China's universities. Over this period, there have been a number of Chinese optometric textbooks published on various subjects ranging from spectacle optics to contact lenses.

*Clinical Optometry* is a comprehensive textbook on all aspects of optometry. It is edited by Professor Yang who engaged a number of prominent academics to contribute chapters in their specific areas of expertise. It is interesting to note there are individual chapters on myopia, hyperopia, astigmatism and anisometropia. There are chapters devoted to eye diseases, refraction and pharmacology, strabismus and amblyopia. Spectacle optics, contact lenses and dispensing are also an integral part of this text. Professor Yang managed to collate all these diverse subjects methodically and presented them sequentially in a logical manner.

*Clinical Optometry* is a welcome text suitable for students in optometry and residents in ophthalmology. In addition, it should serve as a good review for clinicians engaged in the practice of optometry. It will in time prove to be a useful reference book. I congratulate Professor Yang for having the foresight in publishing this definitive text on clinical optometry.

George C Woo

香港理工大学视光学院教授  
世界视光学会(WCO)候任主席

## 前 言

人类获取的信息,90%以上是通过视觉器官获得的。一方面,现代社会信息量的爆炸式增长增加了视觉器官的负荷,导致与视觉有关的屈光问题不断增加;另一方面,随着生活水平的提高,人们对视觉的要求也不断提升,现代人对视觉的需要不再仅仅是“看得见”,而是增加了舒适、保健及美观等方面的需求。视觉科学广泛涉及眼科学、视光学、材料科学和时尚美学等学科内容。

综观我国眼视光学的发展历程,在传统眼科学领域,由于新技术的不断出现和应用,我国眼科临床治疗与发达国家的差距不断缩小,眼科领域的基础研究和流行病学调查也方兴未艾,并逐步与国际接轨。但我国眼视光学的发展才刚刚起步,以眼科屈光学为基础的中国眼视光学和欧美视光学之间存在“先天性”的差异,无论是眼视光学教育的知识结构、看待眼球的视角,还是处理视觉问题的方法和手段等都存在较大的区别。然而,最大的差别来源于眼视光学的教育,在眼视光学教育的学科认同、职业资格认定及从业人员的行业保护方面都有待进一步完善。去争论何种教育模式更好已没有太大的意义,如何提高我国眼视光学从业人员的整体素质、提供充足的专业人才储备、提高初级眼保健的服务水准以满足国人不断增长和提高的对视觉保健服务的需求才是根本。

有鉴于此,有幸得到中美和中法视光学交流计划(CORD & GIFO)的资助,对欧美视光学有一点浅显认识的眼科晚辈及几位受过欧美视光学专业教育的后生不揣冒昧,把我们对眼视光学的粗浅认识,主要是眼屈光问题的基本理论和处理方法归纳成册,谓之《临床视光学》,希冀本书既能体现眼科学以生物医学角度看待、处理视觉问题的理论优势,又能体现欧美传统视光学处理视觉问题的技能优势,使眼科学和视光学这两门学科能在屈光及相关问题的处理上有机地结合起来,形成本书的独特风格。但因为编者的水平有限,可能会有诸多错漏之处,但愿我们能抛砖引玉,启发大家对眼科视光学问题的思考。

眼科视光学在我国还是一个嗷嗷待哺的新生儿,其教育和实践需要各方有识之士的扶持和鼓励。在本书的立题阶段,得到了我国著名眼视光学专家复旦大学褚仁远教授的帮助和指点;在我国眼科视光学教育及研究方面声名赫赫的两位大师葛坚教授和赵堪兴教授担任了本书的主审工作;全国眼视光学组组长、著名眼视光学专家、中国眼视光学的领军人物温州医学院瞿佳教授和世界视光学会(WCO)候任主席、香港理工大学视光学院胡志城(George C Woo)教



授欣然为本书作序,这不仅为本书增添了不少光彩,更重要的是体现了老一辈中国眼视光学工作者对本学科发展的支持和寄予的厚望,在此对他们的支持和付出表示衷心的感谢!本书的编写在学术上也充分体现百家争鸣的思想,编写者是来自海内外眼科视光学一线的工作者,他们为本书的出版付出了很多的心血。本书是集体智慧的结晶,中山大学中山眼科中心眼科视光学系的研究生刘雯、李振、王冬梅、朱晓伟、林丽霞、赵峰同学也为本书的编写付出了劳动,在此一并致谢。

杨智宽

2008年7月

# 目 录

第一章 视觉系统的发育与解剖生理	(1)
第一节 视觉系统的发育与眼球正视化	(1)
第二节 眼球的解剖结构	(8)
第二章 视觉感知	(20)
第一节 视觉信息加工处理	(20)
第二节 视觉感知	(23)
第三章 眼球的屈光成像及其影响因素	(35)
第一节 眼球成像的物理光学基础	(35)
第二节 眼球的屈光系统及屈光能力	(41)
第三节 眼球的自身缺陷对眼球成像的影响	(42)
第四节 视觉环境因素对眼球成像的影响	(45)
第五节 影响眼球成像及视力的原因分析	(47)
第四章 与屈光相关的眼球检查	(54)
第一节 视力检查与针孔视力检查	(54)
第二节 色觉检查	(56)
第三节 立体视觉与双眼视觉检查	(57)
第四节 融像相关检查	(61)
第五节 角膜曲率计及角膜地形图检查	(63)
第六节 波前像差检查	(72)
第七节 调节功能检查	(80)
第八节 低视力检查	(82)
第九节 斜视/弱视的视光学检查	(97)
第十节 婴幼儿视觉功能检查	(113)
第十一节 其他相关检查	(118)
第五章 验光	(124)
第一节 电脑验光	(124)
第二节 检影验光	(125)
第三节 综合验光仪验光	(131)
第四节 主观验光	(134)
第六章 近视眼	(143)
第一节 近视眼的分类	(143)
第二节 近视眼的病因和流行病学	(145)

第三节	近视眼的动物模型及发病机制	(148)
第四节	近视眼的临床表现	(156)
第五节	近视眼的处理	(160)
第六节	近视眼的预防和干预	(164)
<b>第七章</b>	<b>远视眼</b>	(167)
第一节	远视眼的分类	(167)
第二节	远视眼与调节的关系	(168)
第三节	远视眼的临床表现	(168)
第四节	远视眼的处理	(169)
<b>第八章</b>	<b>眼球散光</b>	(170)
<b>第九章</b>	<b>屈光参差</b>	(174)
第一节	屈光参差的分类	(174)
第二节	屈光参差的临床表现	(175)
第三节	屈光参差的处理	(175)
<b>第十章</b>	<b>视觉功能异常与视觉功能训练</b>	(177)
第一节	正常双眼视觉功能	(177)
第二节	双眼视觉功能异常	(186)
第三节	视觉功能训练	(207)
<b>第十一章</b>	<b>眼病与屈光</b>	(218)
第一节	概述	(218)
第二节	准分子激光术后的屈光问题	(218)
第三节	眼表疾病术后的屈光问题	(222)
第四节	青光眼与屈光不正	(224)
第五节	白内障摘除联合人工晶状体植入术对屈光的影响	(233)
第六节	玻璃体视网膜手术后的屈光问题	(237)
第七节	眼外伤与屈光	(244)
第八节	合并有屈光异常的其他眼病及全身病	(244)
第九节	其他特殊屈光异常	(246)
<b>第十二章</b>	<b>眼的调节与老视</b>	(247)
第一节	眼的调节	(247)
第二节	老视	(255)
<b>第十三章</b>	<b>眼的集合及集合功能异常</b>	(260)
第一节	基本概念	(260)
第二节	集合的测定	(264)
第三节	调节与集合的关系	(266)
第四节	调节性集合与调节的比值	(269)
第五节	集合功能异常	(271)
第六节	集合功能异常的诊断及治疗原则	(278)

<b>第十四章</b>	<b>屈光不正与斜弱视</b> ·····	(284)
第一节	关于斜视的概述·····	(284)
第二节	屈光不正与共同性内斜视·····	(286)
第三节	屈光不正与共同性外斜视·····	(291)
第四节	弱视与屈光不正·····	(294)
<b>第十五章</b>	<b>视疲劳概述</b> ·····	(298)
<b>第十六章</b>	<b>屈光矫正的处方原则及错误分析</b> ·····	(300)
第一节	屈光矫正处方的一般性原则·····	(300)
第二节	错误处方原因分析·····	(302)
<b>第十七章</b>	<b>眼镜光学镜片与屈光矫正</b> ·····	(319)
第一节	光学镜片的材料学·····	(319)
第二节	矫正眼镜的光学原理·····	(322)
第三节	焦度计及透镜度数的测量·····	(333)
第四节	渐进多焦点镜片·····	(336)
第五节	光学镜片矫正视力的缺陷·····	(344)
第六节	三棱镜的应用·····	(354)
<b>第十八章</b>	<b>角膜接触镜与相关眼科疾病</b> ·····	(356)
第一节	角膜接触镜在眼科疾病中的光学矫正作用·····	(356)
第二节	角膜接触镜在相关眼科疾病中的临床作用·····	(357)
第三节	与角膜接触镜相关的眼部并发症·····	(410)
<b>第十九章</b>	<b>低视力概论</b> ·····	(421)
第一节	背景·····	(421)
第二节	低视力的人群分布及其相关眼病和流行趋势·····	(421)
第三节	确定患者目标和视觉要求·····	(422)
第四节	临床视觉评估·····	(423)
第五节	低视力康复·····	(426)
第六节	未来技术·····	(434)
<b>第二十章</b>	<b>药物与屈光</b> ·····	(435)
第一节	眼科用药概述·····	(435)
第二节	近视眼药物治疗·····	(438)
第三节	药物性屈光不正·····	(443)
<b>第二十一章</b>	<b>验光配镜质量控制</b> ·····	(445)
第一节	验光配镜质量控制原则·····	(445)
第二节	验光配镜过程质量控制·····	(445)
第三节	验光质量控制·····	(446)
第四节	验光常见反馈问题的处理方法·····	(447)
第五节	验光质量问题处理流程·····	(448)
第六节	眼镜定配过程质量控制·····	(449)

---

第七节 眼镜质量检测·····	(450)
第八节 验光配镜过程常见质量问题投诉处理方法·····	(452)
参考文献·····	(455)
附录 国内外眼科主要期刊和网站·····	(460)
中英文索引·····	(463)

# 第一章 视觉系统的发育与解剖生理

## 第一节 视觉系统的发育与眼球正视化

机体的发育是由受精卵开始的,经历卵裂、桑葚胚、囊胚、原肠胚、神经胚、胚胎、胎儿、孕体、原基等阶段,然后出生为婴儿。机体各细胞、组织、器官均由囊胚发育,是经细胞繁殖分化成的外、中、内三个胚层,在基因与基因外因素相互作用下,经过胚胎诱导、获得细胞决定、产生细胞分化这些循环反复并有精密的时间和空间顺序的过程,最终发育而成的。

眼的发育及其调控与整个机体的发育和调控有着不可分割的联系。视神经是大脑的延伸部分,所以眼的发育和神经系统,特别是中枢神经系统的发育关系最为密切。在脊椎动物胚胎发育过程中,中枢神经系统的发育是沿着体轴背部中线开始的,背部中胚层发出的信号诱导外胚层发育成神经系统。人胚第3周初,位于原条前方的神经外胚层受诱导增厚形成细长形的神经板,神经板逐渐长大凹陷形成神经沟,神经沟闭合成神经管。神经管前段膨大,衍化为脑;后段细小,衍化成脊髓。神经沟愈合为神经管过程中,神经沟边缘与表皮外胚叶相延续的一部分神经外胚叶细胞在神经管背外侧形成左右两条与神经管平行的神经嵴。当神经褶融合成神经管时,神经褶头部在脊索前方发育成较宽的两叶状态,即前脑的始基。在宽大的神经褶内面各出现一浅沟,称为视沟,开始了胚眼的发育。

### 一、眼球的胚胎发育

#### (一) 胚眼的发生和形成

胚眼由神经外胚叶、表皮外胚叶和中胚叶发育而成。胚胎22天(第四周开始)时,由神经管发育而来的前脑两侧神经褶内陷,形成视沟。视沟继续深陷,向表皮外胚叶接近,形成腔室,称为视泡(optic vesicle)。此时神经褶相互融合形成前脑泡。视泡远端不断膨大,继续向表皮外胚层生长、贴近,进而发生内陷形成双层杯状结构,称为视杯。同时,视杯近端与前脑连接处缩窄变细,形成视柄,为视神经始基。视泡与表皮外胚层接触后,诱导该处的表皮外胚层增厚形成晶状体基板,为晶状体始基,这个增厚的部分不断分离下来形成晶状体,而侧面的外胚层形成透明的角膜。随后晶状体板内陷入视杯内,且渐与表皮外胚层脱离,形成晶状体泡。视杯逐渐深凹并包围晶状体,视杯前缘最后形成瞳孔。视杯早期下方为一裂缝,称为胚裂。围绕视杯的中胚叶玻璃体动脉经视裂进入视杯内,营养视杯内层、晶状体泡及视杯间质,玻璃体静脉由此回流。胚裂于胚胎第5周时开始闭合,由中部开始,向前后延展,当胚长达17mm时,除沿视茎下面外,完全闭合。玻璃体动、静脉穿经玻璃体的一段退化,并遗留一残迹,称玻璃体管(Cloquet管);其近段则分化为视网膜中央动、静脉。如果胚裂闭合不全,则会形成虹膜、睫状体、脉络膜或视盘的缺损。在视泡形成至胚裂闭合过程中,

包绕视杯、视柄、晶状体泡的中胚叶逐渐分化成内侧的脉络膜始基及外侧的巩膜始基。此时,眼的各部组织已具雏形,即形成胚眼。

## (二) 眼球各主要组成部分的发生

### 1. 神经外胚叶的发育

(1) 视网膜和睫状体、虹膜上皮的发生:视网膜由视杯内、外两层共同分化而成。视杯外层分化为视网膜色素上皮层,视杯内层增厚,为视网膜神经感觉层。胚胎第6周起,视网膜色素上皮层生成色素,视网膜神经感觉层则依次分化出节细胞、视锥细胞、无长突细胞、水平细胞、视杆细胞和双极细胞。视杯两层之间的视泡腔逐渐变窄、消失,形成潜在的腔隙。到胚胎第2个月末,视网膜神经感觉层发育到赤道部附近;当胚胎第8个月时,视网膜10层结构基本形成,可以辨认。然而,视网膜的功能发育相对缓慢一些。视锥、视杆细胞外节的膜盘要到胚胎7个月时才开始出现,黄斑中心凹也是在此时才形成的。出生时视锥细胞尚未发育完全,所以出生后不久的婴儿尚不能固视。直至出生后4个月黄斑才发育完成。如果出生后眼的屈光间质混浊,如先天性白内障,或眼被遮盖,剥夺了黄斑部接受正常光觉和形觉刺激的机会,则会影响黄斑功能的发育而造成弱视。

另外,视杯前缘在胚胎第3个月时向前生长,并向晶状体泡与角膜之间的间充质内延伸,最终发育为睫状体和虹膜内面的两层上皮。虹膜部内层上皮分化为色素上皮,虹膜的外层上皮还分化出瞳孔括约肌和瞳孔开大肌。

(2) 视神经的发生:由胚胎的视柄发育而来。胚胎第6周时,视网膜神经节细胞的轴突形成随着视网膜的分化发育,逐渐增多的节细胞轴突向视柄内层聚集,视柄内层逐渐增厚,并与外层融合。视柄内、外层细胞演变为星形胶质细胞和少突胶质细胞,并与节细胞轴突混杂在一起,于是,视柄演变为视神经。此时,视乳头中央尚有少量神经胶质细胞残留,出生时发生萎缩形成生理凹陷。视神经纤维的髓鞘是由脑部顺神经纤维向眼部生长,出生时止于筛板后,如进入视网膜则形成视网膜有髓鞘神经纤维,在眼底镜下呈现羽毛样外观。

### 2. 表皮外胚叶的发育

(1) 晶状体:晶状体的发育可分为晶状体泡的形成和晶状体纤维的产生两个阶段。关于晶状体泡形成已在“胚眼的发生和形成”中述及,以下简述晶状体纤维的发育。最初晶状体泡由单层上皮组成。泡的前壁细胞呈立方形,分化为晶状体上皮;后壁细胞呈高柱状,并逐渐向前壁方向伸长,形成初级晶状体纤维。泡腔逐渐缩小,直到消失,晶状体变为实体结构。此后,晶状体赤道区的上皮细胞不断增生、变长,形成次级晶状体纤维,原有的初级晶状体纤维及其胞核逐渐退化形成晶状体核。新的晶状体纤维逐层添加到晶状体核的周围,晶状体核及晶状体逐渐增大。此过程持续终身,但随年龄的增长而速度减慢。各层纤维末端变平,彼此联合成晶状体缝,核前的缝为“Y”形,核后为“人”形。若晶状体在发育过程中发生障碍,将形成先天异常,如各种类型的先天性白内障。

(2) 角膜上皮:晶状体泡从表皮外胚叶分离后,表皮外胚叶又重新融合为一层立方上皮,以后衍化成角膜上皮。

### 3. 玻璃体的发育

玻璃体的形成分三个阶段:

(1) 原始玻璃体:由原始视泡和晶状体泡间存在的细胞间质形成。此细胞间质可能由视杯上皮细胞和晶状体上皮细胞分泌而来。随视杯的加深,细胞间质拉长成细长的细纤维,且与来自中胚叶的原纤维混合,形成原始玻璃体基础,此时玻璃体腔内充满玻璃体血管。胚胎第6周时发育完成。

(2) 第二玻璃体:第6~12周玻璃体血管系统逐渐萎缩,同时由视杯内层细胞分泌出第二玻璃体,将原始玻璃体挤向眼球中央和晶状体后面。

(3) 第三玻璃体:在胎儿第4个月时,由睫状体的神经上皮细胞分泌出细小原纤维,逐渐发育成晶状体悬韧带,出生时完成。

#### 4. 神经嵴细胞来源组织的发育

神经嵴细胞来源于外胚层,但形态和功能与中胚层间充质相似,故称其为中外胚层或外间充质,以便和中胚层来源的间充质相区别。与眼球和眼附属器有关的多种结缔组织,若在体内其他部位,是由中胚层间充质细胞分化而来。然而,由于头部没有体节,故无中胚层,相应的组织结构则由神经嵴细胞分化、发育而来。神经嵴细胞的特征是高度的迁徙能力和分化潜能,对其作用的几乎所有组织产生诱导影响。当视杯与晶状体泡形成后,包围在视杯周围的头部神经嵴细胞,一方面伸入晶状体泡前方,在角膜上皮下演变为角膜固有层和内皮;另一方面,就地分别分化为小梁网、Schlemm管、疏松的葡萄膜基质、较致密的巩膜以及睫状肌和Müller肌等组织。

另外,神经嵴细胞的迁移、增殖和分化还与颜面中部(主要是上颌骨)、牙齿的形成和发育有关。实际上,神经嵴细胞分化成所有的自主神经系统节后神经元、内脏神经系统、肾上腺髓质、黑色素细胞以及心脏传导束等。

如果在神经嵴细胞迁移和分化过程中出现异常,则会对眼前节组织结构产生广泛的影响,造成房角构形和小梁网的发育异常,导致各种先天性青光眼和青光眼综合征。这些综合征往往伴有眼外组织,特别是牙齿和颜面的发育缺陷,甚至皮肤、神经系统和心脏的先天异常。

#### 5. 中胚叶的发育

(1) 血管系统:眼的血管系统由中胚叶发育而来。胚胎第3周,原始的眼动脉沿视杯腹侧生长,并分出玻璃体动脉经胚裂进入视杯内,并在晶状体后面形成晶状体血管膜包围晶状体。其他分支沿视杯表面前行至视杯缘吻合成环形血管,并向后与晶状体血管膜相吻合。同时,未来的脉络膜毛细血管亦出现于视杯外面。胚胎第3个月时,玻璃体动脉及晶状体血管膜开始萎缩,出生时此血管完全消失,若萎缩不全,则产生玻璃体动脉残留。在胚胎第3个月末,玻璃体动脉在视盘处分出血管,逐渐形成视网膜中央血管系统。

(2) 葡萄膜:除虹膜睫状体内面的两层上皮来源于神经外胚叶,其他部分均由中胚叶发育而来。在胚胎第6周末,表皮外胚叶和晶状体之间的中胚叶形成一裂隙,即前房始基。裂隙后壁形成虹膜的基质层,中央较薄称为瞳孔膜,胚胎第7个月瞳孔膜开始萎缩形成瞳孔。如萎缩不全则形成先天性瞳孔残膜。

睫状体的睫状突和睫状肌在胚胎3个月时逐渐生长发育。毛细血管网包围视泡,并发育成脉络膜。第3个月开始形成脉络膜大血管层和中血管层,并流入涡静脉。



(3) 角膜:胚胎 6 周末,前房裂隙后,前半中胚叶组织形成角膜基质层和内皮细胞层,表皮外胚叶已形成角膜上皮层。胚胎 3 个月,基质层前部细纤维形成前弹力层,内皮细胞分泌形成后弹力层。

(4) 前房角:角膜和前房发生后,于胚胎第 2 个月末期,巩膜开始增厚。第 3 个月末形成角膜缘,并由视杯缘静脉丛衍变发生 Schlemm 管,并具有许多分支小管。随后其内侧中胚叶分化出小梁网。前房角是由前房内中胚叶组织逐渐萎缩而来。如不能正常萎缩,小梁网发育异常则导致先天性青光眼。

(5) 巩膜:胚胎第 2 个月末由视杯周围的中胚叶开始形成,胚胎第 5 个月发育完成。

### (三) 眼附属器的发育

#### 1. 眼睑、结膜、泪腺

胚胎在第 4 周前,眼睑表面为一层表皮外胚叶所遮盖。第 5 周开始,该处外胚叶形成睑褶,褶的外面形成眼睑皮肤,内面形成结膜,并与球结膜、角膜上皮相连续。中胚叶在此两层间发育,形成睑板和肌肉。在胚胎第 3 个月,上下睑缘相向生长致互相粘连。至第 6 个月,上下睑由鼻侧开始至完全分开。胚胎 3 个月初,眼表面内眦处半月皱襞形成。第 4 个月泪阜形成。第 9 周睑缘部发育毛囊,以后出现睫毛。第 6 周睑板腺形成,其周围中胚叶组织变致密形成睑板。

#### 2. 泪器

泪器所有组织均由表皮外胚叶发育而来,副泪腺于胚胎 2 个月时出现。泪腺于第 3 个月由上穹隆部外侧结膜上皮分化而来。结膜各腺体均由表皮外胚叶内陷形成。泪道是在第 6 周时,表皮外胚叶在外侧鼻突和上颌突之间下陷成沟,以后此处上皮和表面上皮脱离,逐渐形成管道。第 7 个月上下泪点开放。第 8 个月鼻泪管下口开放。

#### 3. 眼外肌

胚胎第 3 周时,视泡周围的头部神经嵴细胞增殖、凝集呈圆锥形,此即原始眼外肌。第 4 周时开始分化。第 5 周时已能分辨出直肌和斜肌。第 6 周时各眼外肌完全分开。第 10 周时提上睑肌由上直肌分化出来。

#### 4. 眼眶

眼眶是由围绕视杯的神经嵴细胞增殖、分化、发育而成。眼眶的发育较眼球缓慢。胎儿 6 个月时眶缘仅在眼球的赤道部,一直生长到青春期。如在儿童时期摘出眼球,可影响眼眶正常发育。随眼眶的发育,眶轴逐渐向前移动,视轴也随之变化。胚胎 7~9mm 时,两眼朝向外侧,两眼视轴成  $160^\circ$  角;胚胎 2 个月时视轴为  $120^\circ$ ;胚胎长 40mm 时,视轴为  $72^\circ$ ;最后两眼视轴成为  $45^\circ$  角。视轴的改变对双眼单视的形成有很大关系。

## 二、视网膜神经节细胞的发育及重塑调控机制

在视网膜十层结构中,把视觉信息传递到视觉中枢的唯一神经元便是视网膜神经节细胞(retinal ganglion cells, RGC),人视网膜约有 100 万个视网膜神经节细胞,其数量不到视