



北京自然博物馆 系列丛书

科普系列

看的奥秘 ——我们和它们的眼睛

主 编 殷学波

副主编 赵翠玲 应 莺 张 玮

VISION REVEALED -
EYES AND EYESIGHT



北京科学技术出版社

责任编辑 王 藏 李 鹏

封面设计  科 学 出 版 社
WWW.ZJX.COM.CN

眼睛是人体最重要的感觉器官，
是人感知光明和色彩的窗口。

大脑中约有 80% 的知识和记忆都是通过眼睛获取的。

这样一个复杂而神秘的器官
为进化提供了 5 亿多年的动力，
成为了数百万物种不可或缺的器官，
是进化终极的杰作。

《看的奥秘——我们和它们的眼睛》汇总考证各方资料，
极尽鉴别、以图实证之能事，
读者轻松翻看即可获得超量信息，
是一本值得看的图书，更是一本容易看的图书

免费阅读 尽在贝壳阅读网

 贝壳阅读网
www.bkydw.cn

ISBN 978-7-5304-7520-1



9 787530 475201 >

定价：90.00 元



北京自然博物馆 系列丛书

科普系列

看的奥秘 ——我们和它们的眼睛

主 编 殷学波

副主编 赵翠玲 应 莺 张 玮

VISION REVEALED -
EYES AND EYESIGHT



北京科学技术出版社

此为试读, 需要完整内容请访问: www.bj100book.com

图书在版编目 (CIP) 数据

看的奥秘: 我们和它们的眼睛 / 殷学波主编. —
北京: 北京科学技术出版社, 2015.3
ISBN 978-7-5304-7520-1

I . ①看… II . ①殷… III . ①眼科学 - 普及读物
IV . ①R77-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 283258 号

看的奥秘: 我们和它们的眼睛

主 编: 殷学波

责任编辑: 王 藏 李 鹏

封面设计: 耕者设计工作室

出 版 人: 曾庆宇

出版发行: 北京科学技术出版社

社 址: 北京西直门南大街16号

邮政编码: 100035

电话传真: 0086-10-66161951 (总编室)

0086-10-66113227 (发行部) 0086-10-66161952 (发行部传真)

电子信箱: bjkj@bjkjpress.com

网 址: www.bkydw.cn

经 销: 新华书店

印 刷: 北京印匠彩色印刷有限公司

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 12.5

版 次: 2015年3月第1版

印 次: 2015年3月第1次印刷

ISBN 978-7-5304-7520-1/R · 1851

定 价: 90.00元



京科版图书, 版权所有, 侵权必究。
京科版图书, 印装差错, 负责退换。

《看的奥秘——我们和它们的眼睛》

编委会

主 编 殷学波

副主编 赵翠玲 应 莺 张 玮

编 者 殷学波 赵翠玲 应 莺

张 玮 程 晓 翟 红

金荣莹 李 竹 糜嘉琛

王 珊 刘 菁

目前为止，大众关于人类和各种动物的眼睛和视觉的科学知识，都是一些零散的资料性内容，如中央电视台播出过的科普片《眼睛的进化》《百感交集：视觉篇》等，讲述了许多眼睛与视觉方面的趣味科学知识；中国知网、万方数据库汇集了几十年来中外科技期刊内容，其中有一些涉及眼睛和视觉的文章。但到目前为止，仍然缺乏一本全面总结介绍人类和动物眼睛与视觉的书籍。

北京自然博物馆几十年来致力于动物标本的收藏研究，各个门类的动物标本十分丰富，也有许多该领域的专家。2010年，北京自然博物馆馆长孟庆金亲自命题策划了“看的展览——眼睛与视觉的奥秘”展览，科学研究部殷学波、翟红，展览部应莺、程晓、张玮等人参与设计了这个展览，初次展览设展板80块，安排了10个互动参与项目以及大量动物标本。2011—2012年，该展览又在孟庆金馆长和展览部马清温主任的联系下到浙江自然博物馆和广东省多家博物馆巡展，影响很大，社会评价也较高。根据展出情况，我们不断丰富图版，展板数量现已达到180多块，已收集国内外最全的动物眼睛与视觉展教资料。

把“看的展览——眼睛与视觉的奥秘”加以完善改进，创作出科普书《看的奥秘——我们和它们的眼睛》，是反映科学发现、科学传播、科学史、博物馆学发展成果的科普作品创作项目，也是重要的科研成果、科学成就总结项目，对于促进博物馆更好地收藏标本，提高研究水平都有益处，也说明自然博物馆的科学研究开始由分类学向更深层面拓展。把“看的展览——眼睛与视觉的奥秘”变成《看的奥秘——我们和它们的眼睛》图书，可以帮助没有机会走进博物馆的广大读者在展览撤展后了解眼睛与视觉的奥秘；同时，本书也是人类对自己和其他动物视觉的认识现状，对国内外在眼睛与视觉奥秘这一生命科学研究领域成果的总结。

本书依据原展览大纲的体系写成，经过编者不断地补充用以说明内容的图片资料，不断编排修改完善，书名最终确定为《看的奥秘——我们和它们的眼睛》，

内容均是自然博物馆工作内容所在。本书具有以下四大特点。

◆ 具有展览图版形式

本书来源于博物馆展览，故知识体系不同于教科书的提纲式。教科书通常是按照知识铺垫循序渐进，逐渐展开的，不学会前面的章节内容就无法看懂后面的章节内容。而博物馆展览则不同，博物馆的展览图版讲究提取自己独特的提纲体系，有自己独特的线索，一环扣一环，章节标题用词也追求工整优美。例如，本书就以“看”字为线索，串起全书内容。教科书通常以文字为主，需要配合教师讲授才能让人理解，即便有图片，也常单独安排在书的后部或前部。而博物馆展览则以图为主，图文紧密结合，目的就是让观众一看就懂。观众不到一分钟，可以看懂一页图版，不到两个小时，就可以看懂全部展览。

◆ 集中总结科学进展

明朝李时珍在行医的过程中，发现以往的本草书有不少错误，而且有些用药经验已不切实际，所以李时珍立下宏愿，决定重修本草，这也成为李时珍最大的贡献之一。我们在设计制作“看的展览——眼睛与视觉的奥秘”的过程中，发现大量科学资料散落于不同的期刊、书籍、网络资料及影视资料中，还存在不少的错误。这些零散的资料，如果不把它们汇总编纂到一起，对比考证，不仅无法发现其中的错误，更无法得出规律性的科学结论。如同李时珍面对浩瀚的本草宝库一样，面对分散繁杂的相关资料，如何取舍整编，也是我们遇到的最大困难之一。经历几年的时间，书稿经不断修改完善，我们终于完成目前为止最为完善的眼睛与视觉资料的汇集。经过我们的汇总、编排，读者就可以不再辛苦，翻开本书，清清楚楚的知识体系立刻呈现在眼前。

◆ 打破砂锅问到底的科学精神

科学精神是指由科学性质所决定并贯穿于科学活动之中的基本的精神状态和思维方式，是体现在科学知识中的思想或理念。对于科学精神向来有各种不同的理解，一般认为追求认识的真理性和坚持认识的客观性和辩证性，是科学精神的首要特征。科学精神包括求实精神、创新精神、怀疑精神、宽容精神等几方面，其中最主要的是求实与创新精神。按照近代著名学者梁启超的演讲：“有系统之真知识，叫做科学，可以教人求得有系统之真知识的方法，叫做科学精神。”在本书的编写过程中，笔者始终践行求是、质疑、打破砂锅问到底的科学精神。例如，

有科普文章写道：螳螂虾能够分辨出 12 种颜色，探测出 6 种光震现象。笔者对此提出质疑：能够分辨出 12 种颜色有什么了不起？而且螳螂虾的复眼结构中没有类似人眼视网膜中负责感色的三种视锥细胞，如何感受颜色？经过笔者一步步查证，原来螳螂虾复眼中有 11~12 种不同结构的感杆束（rhabdom）。在本书中，此类科学考证的事例比比皆是。

◆ 体现了交叉学科的意义

多学科交叉融合是创新的源泉。当今世界，学科前沿的重大突破和重大创新成果，大多是多学科交叉、融合和汇聚的结果。当前，我国高校普遍存在学科交叉融合度低、学科之间壁垒重重，科学研究分散、封闭，资源共享不足，成果低水平重复的问题；而北京自然博物馆也面临着动物、植物，古生物、古人类几大基本陈列固化陈旧的危险。因此，转变思想观念，进一步强化多学科交叉融合的意识，积极推出多学科、跨学科的科普展览和科普图书，为提高国民素质、培养新型复合型人才尽一份力，这是我们的工作方向。

从“看的展览——眼睛与视觉的奥秘”到这本《看的奥秘——我们和它们的眼睛》，笔者在整个过程中得到了以下人员的鼎力协助，在此表示感谢。“看的展览”命题策划：孟庆金；“看的展览”前期策划：应莺、秦爽；“看的展览”标本组织：应莺；“看的展览”布展施工：程晓、张玮；“看的展览”文字编写：殷学波；“看的展览”图片初期搜集：应莺；“看的展览”图片修图：程晓、张玮；“看的展览”指导：翟红、马清温。《看的奥秘》文字编写、修改：殷学波、赵翠玲、应莺；《看的奥秘》图片提供：李湘涛、李竹、杨红珍、王琼、王珊、刘菁；《看的奥秘》智库：翟红、李竹、王宝鹏；《看的奥秘》修图：殷学波、张玮；《看的奥秘》插图：刘平。

我们是怎么看的——人眼的结构与视觉机理

一、基本感光机制

晶状体，不断生长的组织 /2

玻璃体，充满眼腔的透明凝胶体 /3

角 膜 /4

脉络膜、巩膜、眼外肌 /5

人眼相机的镜头：角膜、晶状体 /6

人眼相机的光圈：虹膜、瞳孔 /7

虹膜的颜色，黑眼睛、蓝眼睛 /8

视网膜细胞层次，颠倒的设计 /9

视杆细胞与暗视觉，暗适应 /10

视蛋白与视黄醛循环 /11

三种视锥细胞与色彩视觉 /12

二、颜色视觉的科学理论

证明三种视锥细胞存在的实验 /13

杨-赫姆霍兹（Young-Helmoltz）的三色学说 /14

赫林（Hering）的四色学说 /15

三色学说与四色学说的统一 /16

明适应，滥用远光灯的危害 /17

全色盲，色盲患者的视觉效果 /18

色盲的原因，色盲的遗传基因 /21

自己检查是否色盲，假同色图 /22

三、成像处理及附属结构

倒立成像与大脑处理 /23

休伯特·杜拉素的实验 /24

视网膜黄斑区，麦克斯韦圆斑 /25

视网膜黄斑区视野，盲点与盲点视野 /26

检测自己某只眼的盲点 /27

视网膜血管，浦肯野树 /28

睫状体产生的房水，房水循环 /29

结膜、泪腺，睫毛、眉毛 /30

四、视错觉的生理机制

残像造成的视觉暂留 /31

实验乐翻天：小鸟飞到笼子里 /32

补色造成的色彩错视（连续对比） /33

补色造成的色彩错视（同时对比） /34

色彩错视：蓝 vs 绿 /35

色彩错视：其他实例 /36

它们是怎么看的——动物眼睛的进化规律及多样性

一、简单原始的眼点类

各种眼虫的眼点 /38

衣藻眼点可能的工作原理 /39

腔肠动物水母的眼睛 /40

水母眼睛的解剖结构 /41

水螅、珊瑚有没有眼睛 /42

海星、海胆、海参的眼睛 /43

扁形动物涡虫的双眼 /44

环节动物蚯蚓的感光细胞 /45

环节动物水蛭的眼点 /46

一种腕足类幼虫的眼睛 /47

二、软体动物的眼睛与视觉

古老头足类动物鹦鹉螺的暗箱眼 /48

腹足纲前鳃亚纲中腹足目动物的眼睛 /49

腹足纲肺螺亚纲顶眼目动物的眼睛 /50

罗马蜗牛眼睛的解剖结构 /51

腹足纲肺螺亚纲基眼目动物的眼睛 /52

双壳纲动物扇贝的眼睛 /53

海菊蛤眼睛的解剖结构 /54

双层视网膜的反射曲面式眼睛 /55

多板纲动物石鳖的眼睛 /56

头足纲动物乌贼的眼睛 /57

八腕目动物章鱼的眼睛 /58

枪形目的开眼亚目和闭眼亚目 /59

软体动物眼睛的进化 /60

三、从三叶虫到昆虫的眼睛

由感光皮肤到复眼的演化 /61

化石动物三叶虫的眼睛 /62

鲎：现生的大头三叶虫 /63

蜜蜂、苍蝇眼睛的一般特点 /64

食虫虻、赤眼蜂、柄眼蝇等的眼睛 /65

蜻蜓、豆娘、螳的眼睛 /66

水面栖息昆虫豉甲的眼睛 /67

昆虫复眼的类型与结构 /68

螳螂的复眼，白天与傍晚的变化 /69

蛾眼的吸光特性与微观结构 /70

蛾眼薄膜与隐身飞机、太阳能电池 /71

昆虫复眼照相机与偏振定向器 /72

昆虫背单眼的位置 /73

几种背单眼特别明显的昆虫 /74

昆虫背单眼的结构与功能 /75

全变态昆虫幼虫的侧单眼 /76

膜翅目叶蜂（锯蝇）幼虫的侧单眼 /77

昆虫幼虫侧单眼的解剖结构 /78

找找这些昆虫幼虫的侧单眼 /79

昆虫、人眼所见不同 /80

四、其他节肢动物的眼睛

甲壳动物蟹类的眼睛 /81

甲壳动物真虾的眼睛 /82

螳螂虾（皮皮虾）的眼睛 /83

螳螂虾（皮皮虾）看到的色彩 /84

螳螂虾看到偏振光及其仿生 /85

鲎（三眼恐龙虾）的无节幼体眼 /86

桡足类的多透镜眼睛 /87

不结网蜘蛛狼蛛和蝇虎的眼睛 /88

结网蜘蛛圆蛛、鬼蛛、金蛛的眼睛 /89

根据蜘蛛的眼睛认识蜘蛛 /90

其他蜘蛛眼睛的排列位置 /91

蜘蛛眼睛的解剖结构 /92

蝎子、蜈蚣的眼睛 /93

五、从脊索动物到鱼类的眼睛

脊索动物海鞘、樽海鞘的眼睛 /94

脊索动物文昌鱼的眼睛 /95

脊索动物云南虫、海口虫的眼睛 /96

文昌鱼：脊椎动物双眼进化的起点 /97

鱼类眼睛的一般特点 /98

从鱼头正前方看鱼的眼睛 /99

深海鱼类的管状眼睛 /100

玻璃头管眼鱼的“两对眼睛” /101

其他深海鱼类的眼睛 /102

发光鱼类，眼睛退化的鱼类 /103

比目鱼、弹涂鱼的眼睛 /104

四眼鱼、射水鱼的眼睛 /105

多姿多彩的金鱼的眼睛 /106

鲨鱼的眼睛 /107

六、从两栖类到鸟类的眼睛

红眼树蛙的眼睛，防水瞬膜 /108

蟾蜍、青蛙的眼睛，四重成像 /109

哈尔特林、巴娄有关蛙眼的研究 /110

神经节细胞勾勒轮廓，位图与矢量图 /111

爬行动物蛇的眼睛 /112

树栖绿瘦蛇的眼睛，穴居盲蛇的眼睛 /113

响尾蛇、蝮蛇的热眼，红外成像 /114

变色龙、海马、睑虎、壁虎的眼睛 /115

海龟的眼睛，视锥细胞里的油滴 /116

鳖与乌龟的眼睛，水生动物的视觉 /117

恐龙的眼睛，根据眼睛推测其习性 /118

鸟类眼睛的一般特点 /119

视网膜栉膜与双中央凹 /120

鸽眼栉膜与信鸽引种选育 /121

鸡、白头海雕、啄木鸟的第三眼睑 /122

感色的鸟类眼睛，雀盲 /123

猫头鹰“睁一只眼，闭一只眼” /124

鸵鸟的眼睛，“鸵鸟政策” /125

几种特殊鸟类的眼睛 /126

七、哺乳动物的眼睛与视觉

哺乳动物的色觉 /128

研究动物色觉的方法 /129

马、老鼠、大象的眼睛与视觉 /130

猫眼瞳孔，一日三变 /131

夜行性哺乳动物的眼睛 /132

脉络膜细胞明毯 /133

脉络膜纤维明毯、鸟嘌呤明毯，视网膜明毯 /134

捕猎动物的立体视觉 /135

被捕猎动物的视觉 /136

从夜行到树栖的灵长类 /137

树栖灵长类的立体视觉 /138

高级灵长类的彩色视觉 /139

蝙蝠的视力与超声定位 /140

海豚的视力与超声定位 /141

猿猴的暗色巩膜，隐藏的目光 /142

人类的眼白，白眼与青眯 /143

植物体内的光敏物质 /144

眼睛化石，眼睛的进化 /145

基因 Pax6 在眼进化中的作用 /146

视觉图像在大脑中的存储和记忆 /147

有否天眼看？——脊椎动物的松果眼和松果体

一、松果眼，光线感受器官

无颌鱼类的第三只眼 /150

多种七鳃鳗的头部外观 /151

七鳃鳗松果眼的解剖结构 /152

鲫鱼、金枪鱼的松果眼 /153

盲鱼 /154

牛蛙、黑斑蛙的松果眼 /155

虎纹蛙、无指盘臭蛙的松果眼 /156

多种臭蛙的松果眼 /157

楔齿蜥的松果孔 /159

楔齿蜥“第三只眼”的外观特征 /160

楔齿蜥第三只眼的解剖结构 /161

美洲鬣蜥的“第三只眼” /162

眼斑巨蜥与杰克逊变色龙 /163

澳洲鬃狮蜥的“第三只眼” /164

北美绿蜥蜴和蓝岩鬣蜥 /165

荒漠沙蜥与草原沙蜥 /166

丽斑麻蜥、大耳沙蜥的松果眼 /167

变色树蜥、飞蜥的松果眼 /168

松果眼、侧眼的发育历史 /169

二、松果体，激素分泌器官

松果体功能，松果体细胞 /170

含有视黑质的视网膜光受体细胞 /171

去甲肾上腺素影响褪黑素的合成 /172

褪黑素起作用的信号传导途径 /173

褪黑素的受体，公鸡打鸣的原因 /174

褪黑素与人体生物钟 /175

疯狂的“褪黑素热” /176

神话中的第三只眼 /177

“开天眼”是伪科学 /178

“看”的展览：内容很丰富 /179

展览中的互动参与项目 /180

“看的展览”在多地多家博物馆展出 /182

“看的展览”是一个关于“看”的展览，更是一个值得看的展览 /183

参考文献 /184

我们是怎么看的

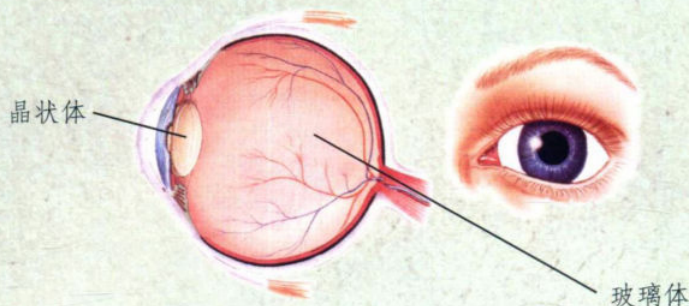
——人眼的结构与视觉机理

“我们”一词，指的是我们人类。人类属于动物，又高于动物，更不能混同于动物。我们把人类的眼睛专门拿出来作为第一章的内容，主要的目的是要以人眼为例，来讲述眼睛的一般结构和统一的视觉机理。



一、基本感光机制

晶状体，不断生长的组织



◆ 晶状体

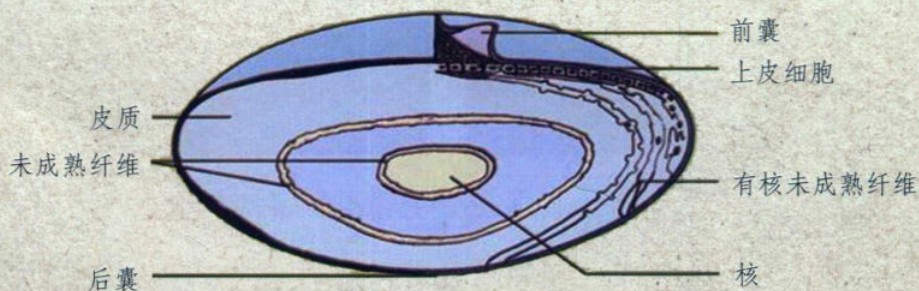
晶状体 (lens) 是一个双凸透镜状的富弹性的透明无血管组织，位于虹膜、瞳孔之后，玻璃体之前，借晶体悬韧带与睫状体联系。晶状体、玻璃体的主要功能是聚集传入眼内的光线，此外还有滤光效应，吸收紫外线以保护视网膜免受辐射性损伤。

眼睛不调节时的屈光状态，称为静态屈光，标准眼静态屈光的屈光度是 58.64D，其中晶状体屈光度是 19D。



晶状体由晶状体囊和晶状体纤维组成。晶状体囊为一个透明薄膜，完整地包裹在晶状体外面。前囊下有一层上皮细胞，当上皮细胞到达赤道部后，不断伸长、弯曲，移向晶状体内，成为晶状体纤维。

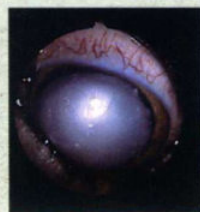
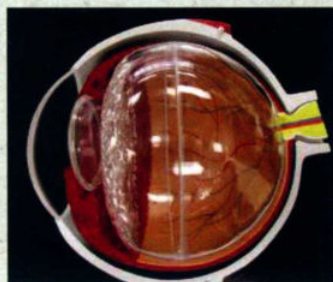
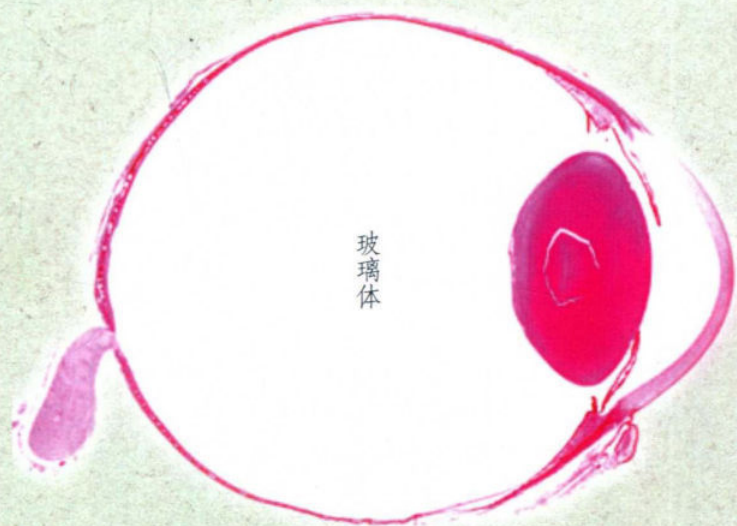
晶状体纤维在人一生中不断生长，将旧的纤维挤向晶状体的中心，并逐渐硬化而成为晶状体核，晶状体核外较新的纤维称为晶状体皮质。随着年龄的增长，晶状体核逐渐浓缩、扩大，并失去弹性，这时眼的调节能力就会变差，出现老视。



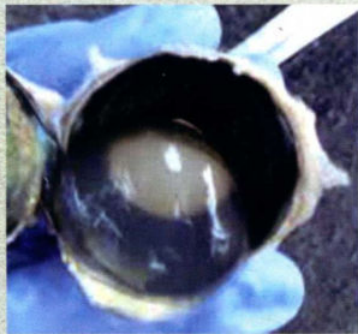
玻璃体，充满眼腔的透明凝胶体

◆玻璃体

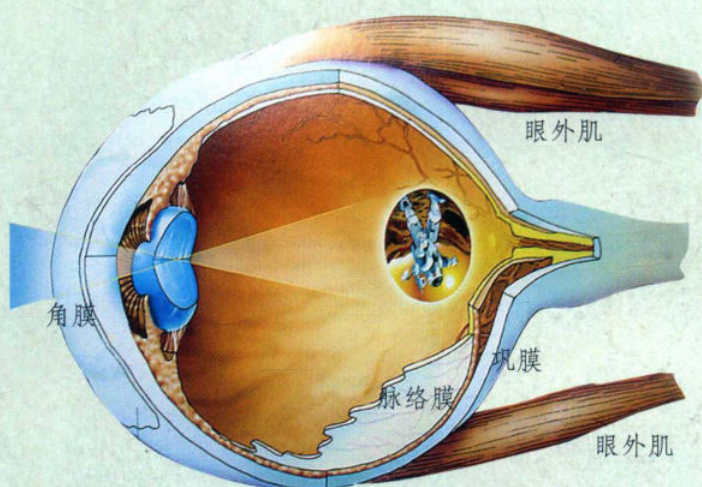
玻璃体(vitreous)为透明的胶质体,充满于玻璃体腔内,占眼球内容积的4/5,约1.5mL。玻璃体前面有一凹面称玻璃体凹,以容纳晶状体,其他部分与视网膜和睫状体相贴合。玻璃体前表面和晶状体后囊间有圆环形粘接,在青少年时连接紧密,老年时变松弛。玻璃体内有一条从晶状体后面至视神经盘中央的玻璃管,是胚胎时期玻璃体动脉的遗存。



玻璃体是眼屈光介质的组成部分。玻璃体主要由胶原纤维及酸性黏多糖组成,它可使玻璃体凝胶性能稳定,保证玻璃体及其周围的视网膜在眼球转动或受震动时得到缓冲,且视野中清晰无瑕,保证了视力的敏锐度。玻璃体表层致密,形成玻璃样膜。若玻璃体发生浑浊,可影响视力;若支撑力减弱,可导致视网膜剥离。



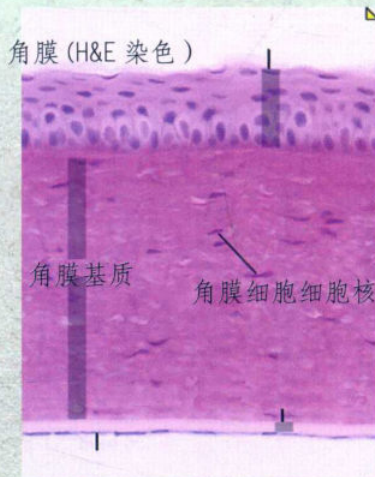
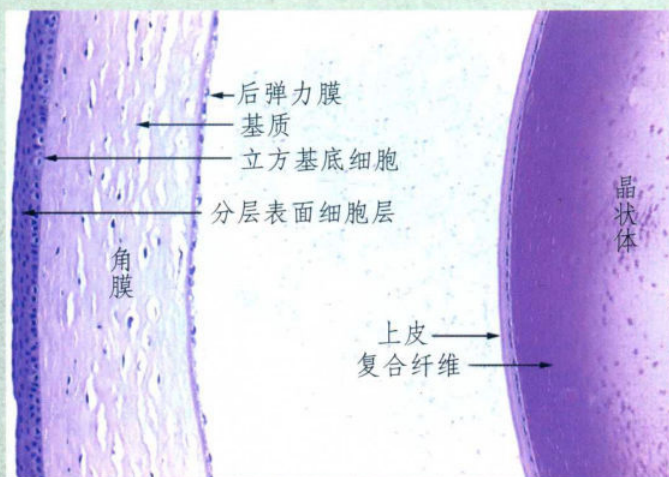
角 膜



角膜位于眼球的最前方，弯曲如同球面，是眼的主要屈光介质，相当于 43D 的凸透镜。角膜边缘与巩膜相结合，称角膜缘。角膜内无血管和淋巴管，其营养由角膜缘的血管及房水供应，这种结构是维持角膜透明度的重要因素。

◆ 角膜透明的原因

角膜前上皮不角化且不含色素细胞；固有层内没有血管，其组成的胶原纤维粗细均一，且排列规则；基质内含有适量并相对恒定的水分，使各部分的折射率一致，这些就是角膜透明的主要原因。当角膜损伤达到固有层时，再生后则形成不透明的瘢痕，轻者影响视力，重者可完全失明。



显微镜下的角膜各层

◆ 角膜移植

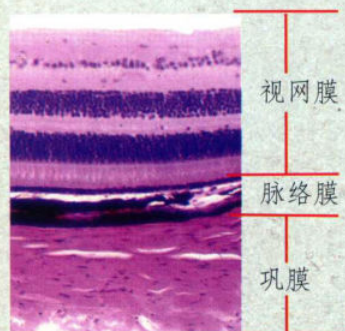
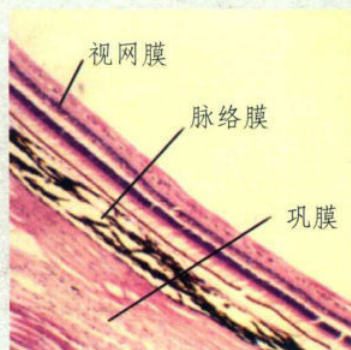
角膜移植，是用正常的眼角膜替换患者现有病变的角膜，使患眼复明或控制角膜病变，达到增进视力或治疗某些角膜疾患的眼科治疗方法。因为角膜本身不含血管，处于“免疫赦免”地位，故角膜移植的成功率位于异体器官移植之首。

脉络膜、巩膜、眼外肌

◆ 脉络膜、巩膜

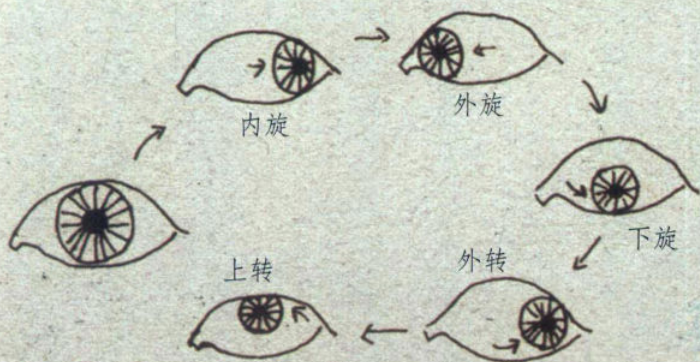
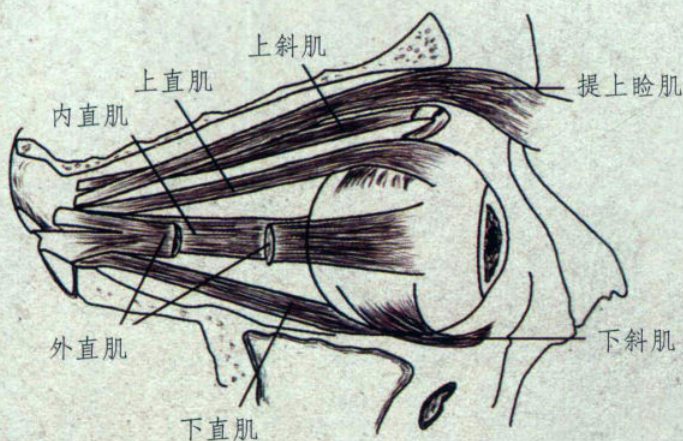
脉络膜 (choroid) 富有血管, 起着营养视网膜外层、晶状体和玻璃体等作用。眼球外膜的后六分之五是白色坚韧的巩膜 (sclera), 有保护作用。

巩膜朝前的、围着虹膜的部分, 透过角膜可被看到, 是人眼中的白色部分, 所以称作眼白。



◆ 眼外肌

眼球外有 6 条肌肉, 分为 4 条直肌和 2 条斜肌。所有直肌及上斜肌均起自眶尖的总腱环, 下斜肌起自眶下壁内缘, 它们分别附着在眼球赤道部附近的巩膜上, 通过肌肉的作用, 使眼睛能够自由转动。



内直肌使眼球内转, 外直肌使眼球外转; 上直肌主要使眼球上转, 其次为内转、内旋; 下直肌主要使眼球下转, 其次为内旋、外旋; 上斜肌主要使眼球内旋, 其次为下转、外转; 下斜肌主要使眼球外旋, 其次为上转、外转。