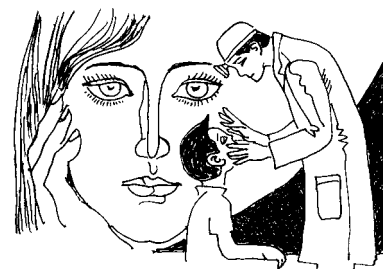


# 眼睛构造和若干眼疾及激光

## 治疗知识

曾 铁



眼睛是人体非常重要的器官，它是天然、灵敏的照相机或成像光学仪器。大多数人的生存、发展均离不开它。增加点对眼球结构的认识和对眼疾防与治的了解，有益于眼睛保健。

### 1. 眼球的生理结构和光学特征

人眼是一个性能优良的变焦距光学仪器，其前半部像照相机镜头，后半部像照相机暗箱，眼球后壁上的视网膜相当于照相底片。眼睛的角膜、水状液、晶状体和玻璃液，构成了眼球的共轴折光系统，相当于照相机物镜，光线由角膜射入，经此系统成像于视网膜。眼珠近似一球体，直径约 25mm。眼球近似对称、近似球形，其前后径（对称轴或光轴）长度成年人平均为 24.3 mm，垂直径平均 23mm。正常眼球焦距约在 2 厘米左右（因眼球物、像方介质折射率不等，所以其两个焦距不同，聚焦于无穷远时物方焦距约是 1.7cm，像方焦距约是 2.2 cm）。眼球最前端突出眼眶外 12~14mm，受眼睑保护，它包括眼球壁、眼内腔和内容物、神经、血管等组织。

从外向内观察，眼球由坚韧的膜包着，此膜在眼球前部凸出的透明部分为角膜，折射率约为 1.376；其余部分是巩膜（由胶原纤维与弹性纤维构成，表面由球结膜和眼球筋膜所覆盖，它组成了眼球保护层、维护眼球形态），巩膜是几乎不透明的白色膜，厚度在 0.4~1.1mm 间。角膜与富有弹性的晶状体之间是眼的前房，其中充满了折射率约是 1.336 的水状液（前房液），前房之后是虹膜，其中心为瞳孔（相当于光圈），在白昼条件与黑暗环境下其自动调节范围的直径在 1.4~8mm；瞳孔与睫状体（由肌肉纤维组成的睫状肌群）连接，靠近虹膜的是晶状体，其外形如双凸透镜，内部由多层纤维介质构成，它们的折射率不同且分层组成，内核折射率约是 1.406，外层约为 1.386，晶状体表面的曲率可由睫状肌的松、劲而改变。晶状体后面眼的内腔充满了黏性的透明胶状物，即折射率为 1.336 的玻璃液，玻璃液的透明外膜与视网膜紧贴着。晶状体与网膜之间眼球的内腔叫后房，其中充满了玻璃状液；视

网膜与巩膜之间还有一层黑色膜，叫脉络膜，它可吸收杂散光，起照相机的暗箱作用。

视网膜位于巩膜的内壁，网膜上布满了许多视神经末梢和含有视觉物质（视紫红质）的圆柱细胞（视杆细胞）和圆锥细胞（视锥细胞），这两种感光细胞在视网膜上的分布很不均匀，视网膜边缘几乎全是圆柱细胞。圆锥细胞总数估计有 400 万个，圆柱细胞有约  $125 \times 10^6$  万个。圆柱和圆锥细胞均约有 50 微米长，通常圆柱细胞稍长点；两者直径均约是 2 微米，通常圆锥细胞稍大点。圆柱细胞管暗视觉（只对明暗有感觉、对暗弱光起作用只能分辨物体的轮廓），圆锥细胞则管明视觉（对明亮光起作用，能分辨物体颜色与细节）。圆锥细胞对色彩有感知功能，对红、绿、蓝光敏感。人眼感知到的任一种其他颜色都是这三种原色的合成（加法混合）。

圆锥细胞、圆柱细胞分别有明视反应和暗视反应，圆锥细胞适于在白天或强光下工作，在夜间或弱光下休息，它引起的视觉叫白昼视觉；圆柱细胞则在白天或强光下休息，夜晚或弱光下工作，它引起的视觉叫黄昏视觉。它们既分工又相互协调、合作，所以人眼有很强的光强度变化适应能力。图 1 是人眼结构示意图。

瞳孔的正后方靠近视网膜的中部有一扁圆形的黄色小区域，直径约 1~3 mm，叫黄斑，这里圆锥细胞最密集，分辨本领最高，是最能分辨物体颜色与细节之处；黄斑的中心有个凹陷的小坑，它位于视神经进入眼腔的入口处，直径约 2.5 mm，这里无视神经细胞，无法产生光的感觉（像成于此不能引起视觉），所以叫盲点。

### 2. 一些眼疾及生理和光学、力学特征

眼球体积虽不大，但这架“活的照相机”毛病却会有不少，各个年龄段都有眼病患者。眼疾有：角膜炎、结膜炎、巩膜炎、沙眼、麦粒肿、红眼病、飞蚊症、弱视、斜视、白内障、视网膜色素变性、视神经萎缩、青光眼、视神经病、视网膜老化、遗传性色素性视网膜炎、黄斑变性、视网膜脱落、老

年性黄斑病、视网膜脱落、糖尿病视网膜病变等。它们会引发视功能障碍，如视力下降、视敏度下降、视野缩小、色觉障碍、深度觉障碍以及失明等。

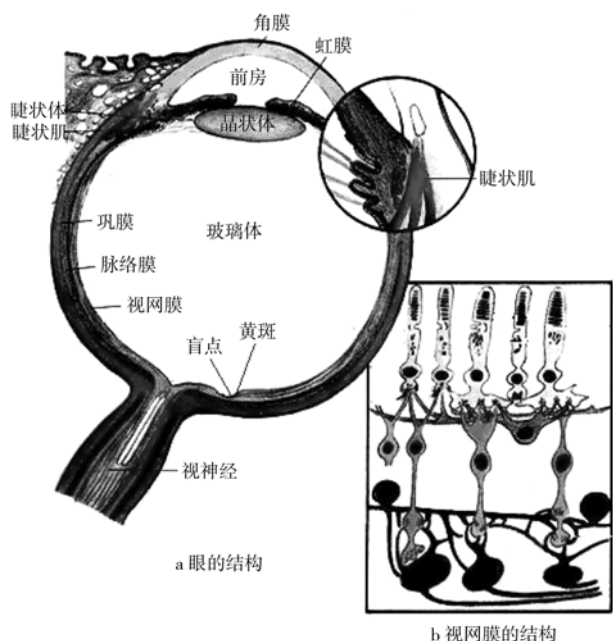


图1 人眼的构造

眼疾既有先天的，也有后天的；眼疾有可医治的，又有不可医治的。这里主要从光学、力学等角度，对六种非正常眼做点介绍，前三种则属屈光不正的眼睛。

(1) 远视眼具有眼轴短，前房浅、房角窄，晶状体厚、晶状体曲率太小或晶状体离视网膜太近，角膜扁平、角膜弯曲变小等特征。眼睛放松时，无限远处物体成像在视网膜之后；眼内肌肉最紧张时，近于 25cm 的物体也成像于视网膜之后。

严格地讲，远视眼和老视眼（老花眼）有区别。度数较深的远视眼近点（用最大的调节功能所能看到的最近物体位置）、远点（睫状肌松弛时看得清的最远物体的位置）会均在视网膜之后，看远、看近需要不同度数的凸透镜片眼镜。老视眼的近点则远移了，大于明视距离（25cm）。明视距离处的物体，老视眼只能将其成像在视网膜之后。

(2) 近视眼具有眼轴长、眼球变凸、眼球总焦距变小，晶状体薄或角膜曲率变大，眼内介质折射率异常或眼底过深（视网膜到晶状体的距离过大）、玻璃体液化、浑浊等特征。眼睛放松时，无限远处物体成像在视网膜之前。

(3) 散光眼具有角膜曲面或晶状体的曲面在不

同方向上曲率不同（曲面不对称），或晶体偏位等特征。它因眼睛折光表面不规则弯曲，使入射光线的聚焦变形。由于眼球各径线的屈光力（又叫屈光度、折光力、屈光率）不同，平行光线进入眼内不能在视网膜上聚焦于同一个焦点。因在不同截面上有不同的屈光度，所以物体在视网膜上不能成清晰的像。散光眼分为正规散光眼和非正规散光眼（角膜曲面无规则），前者可用柱面透镜矫正，后者则很难用镜片矫正。散光眼患者常伴有近视或远视等视力缺陷，因此又有近视散光与远视散光之分。

(4) 白内障具有晶状体浑浊、失去透明性等特征，它导致看物体模糊甚至失明。出现白内障的原因有晶状体代谢与营养退化、膜的老化、紫外线照射、以及家庭遗传等。白内障的典型症状有：因晶状体纤维肿胀，注视灯光时会出现五颜六色的虹视现象；因晶状体纤维肿胀和断裂，整个晶状体屈光度不均匀，会出现单眼复视或多视；光线通过部分浑浊的晶状体时产生散射，出现炫光症状。

老年性白内障因晶体老化引发晶状体浑浊影响视网膜成像，导致视力下降，它是主要的致盲性眼疾。其症状是眼前固定阴影和渐进性、无痛性视力减退，通常双眼患病，但发生、发展可能不一致。老年性白内障发展早期晶状体体积增大、屈光力增加，近视、老花眼患者会发现看书报时，摘去眼镜反而眼前更清晰了，出现“返老还童”现象。常见的是皮质性白内障，根据眼疾程度，皮质性老年性白内障分初期、中期与成熟期；从产生、发展到成熟平均需要 2~5 年的时间，长则可达 10 年，也有 1~2 年或数月就发展成熟了等。核性白内障患者在强光下由于瞳孔过度缩小，透入眼内光线少导致视力变弱，暗光下反而觉得更清晰。

资料表明，我国国内白内障病人中 80% 以上是老年人，且多在 50 岁以上人群中发病，其中 65~74 岁的患者率为 50%，75 岁以上的患者率是 70%。

(5) 青光眼是当眼压超过眼内生物组织，特别是视神经（像传输外来信息的光缆）所能承受的限度，引起视神经萎缩及视野缺损、缩小等的眼病，它也是成人的主要致盲眼疾。眼球前睫状体会分泌液体，以维持眼球一定的眼压（正常眼压为 10~21mmHg），这些清澈的分泌液（眼房水）会不停地流入前房，再经前房角的海绵状滤帘流出循环流动，若眼房水的流动遇阻堆积，眼压就会逐渐升

高进而压迫视神经，导致从视野两旁开始，视力逐渐收窄，出现视力障碍直至失明，它分为原发性青光眼和继发性青光眼等。常见的原发性青光眼特征有：眼球小，眼轴短，角膜较小，前房浅、房角狭窄，晶状体较大、位置靠前，眼压高，瞳孔散大，角膜水肿，房水浑浊，前房变浅，虹膜萎缩等，它具有一定的遗传性。原发性青光眼发病率为2%左右，成人、老人的发病率较高。继发性青光眼多因外伤、炎症、出血、肿瘤等，破坏了房角的结构，使房水排出受阻导致眼压升高压迫视神经。

(6) 色盲科学的说法是“色觉异常”，它是一种先天性色觉障碍疾病，因缺乏有效的治疗方法，所以它是不治之症。依据色觉异常的轻重程度，可分为色弱和色盲。根据三原学说可见光谱内任何颜色都可由红、绿、蓝三色构成。能清晰地辨认三原色者为正常人，三原色均不能辨认者是全色盲；只有一种颜色不能辨认，叫二色视或单色盲，它主要是红色盲和绿色盲。医学统计显示：绿色盲较多，其次是红色盲、绿色盲、蓝黄色盲和红色弱，红绿色盲则很少。

全色盲属于完全性视锥细胞功能障碍，与夜盲（视杆细胞功能障碍）恰好相反。患者有喜暗、畏光等表现，这是昼盲。七彩世界在患者眼里是一片灰暗，如同观看黑白电视一般，仅有明暗之分，无颜色差别。患者还有视力差、弱视、中心性暗点、摆动性眼球震颤等症状。全色盲是色觉障碍最严重的一种，但患者不多。

红色盲又叫第一色盲，患者主要是不能分辨红色，也不能分辨深绿色、蓝色、紫红色和紫色；常把绿色视为黄色、紫色看成蓝色，将绿色与蓝色相混淆。绿色盲也叫第二色盲，患者不能分辨淡绿色与深红色、紫色与青蓝色，以及紫红色与灰色，把绿色视为灰色或深黑色。蓝黄色盲又叫第三色盲，患者对蓝色、黄色混淆不清，对红、绿色可辨，这类色盲较少见。

对于红绿蓝紫这些单一而清晰的色彩，一般的色盲者都可分辨，只是在中间色调上出问题，即对一些较复杂而精细的色调变得模糊不清。这就是许多色盲者无法分辨色盲检查图上所有的图案，却可看清红绿灯的原因。研究表明，红绿色盲患者眼里，红绿色仍有区别，他们看到的“红色”相当于正常人眼中的“土黄色”；“绿色”相当于正常人眼里的

“浅黄色”，这就是很少有色盲者驾车会闯红灯的缘故。除全色盲者外，一般的色盲者是可以辨识交通灯的。研究与统计显示：色盲这种病可遗传，通常男子多于女子；我国男性色盲发病率约为5%~8%、女性患病率约为0.5%~1%。日本男子患病率是4%~5%、女子是0.5%；欧美男性患病率为8%、女子为0.4%。

### 3. 五种眼疾的激光手术治疗常识

这里就五种眼疾的手术治疗做点说明，调查显示我国学生近视发生率已高达60%，居世界第一。如是，下面侧重介绍近视眼激光手术治疗及一些光学原理等。

(1) 手术摘除浑浊的晶状体，再植入人工晶状体是当下医治老年白内障、恢复视力的有效方式。白内障超声乳化手术也是医治白内障的一种方法，药物治疗只是辅助手段，还处于探索阶段（能应付初期、中期白内障）。

(2) 眼球的总屈光力为54.64D（1D=100度，焦距的倒数），角膜的屈光力是43.05D，占了70%；其中角膜前表面的屈光力是48.83D，后面的屈光力为-5.88D，角膜组织的屈光力为0.10D。可见，眼球屈光力主要决定于角膜，而角膜的屈光力又主要决定于其前表面的折射力（弯曲半径）。所以，改变角膜前表面的弯曲半径可有效、安全地矫正眼球的屈光力，从而达成矫正视力之目的。因此，近视眼可通过镜片矫正（框架眼睛或隐形眼睛——角膜接触镜）外，可通过角膜手术矫正屈光不正而摘去眼镜，它有放射状角膜切开术（使用钻石刀）、准分子激光屈光术，还可通过眼内屈光手术光学矫正。准分子激光屈光术有眼外手术：角膜手术，眼内手术：巩膜手术与晶状体手术；角膜手术又分为屈光性角膜切削术、原位角膜磨镶术与下角膜磨镶术等。眼内屈光术又有晶体摘除术和有晶体眼的人工晶体植入术。

远视眼除可通过眼镜矫正外，也可采用激光手术予以光学矫正，具体方法有表层角膜镜片术、巩膜延伸术等。手术治疗远视眼时，激光环行切削角膜的周边组织使之变薄，让中央区角膜变陡获得凸透镜效果；如切剖面呈椭圆形，则可矫正散光，若再使角膜中央变薄即可获得凹透镜效果，从而达成同时矫正近视与散光眼。

准分子激光手术用氟氩混合气体产生的脉冲冷

激光——紫外光（波长 193nm）做手术刀，它与生物组织产生光化学效应，不是热效应，不会产生热损伤。角膜手术切削精度非常高、非常准确，每个光脉冲切削深度为 0.2 nm（它能在头发上刻出各种花样）。角膜手术能对角膜组织进行精确地分子气化，以达到切削和雕琢的目的，不会损伤周围组织与其他器官。这种精密严谨的手术通过电脑控制的高效率激光束切削、雕琢角膜前表面，以改变角膜前表面的弯曲度，调整角膜的屈光力，使外界光线能准确成像于视网膜上，实现光学矫正。激光手术即可在角膜上切削出凹面镜治疗 200~1200 度的近视，也可同时在角膜上制作出 600 度以内的柱镜与凸面镜。这样，准分子激光角膜手术可一次性同时治疗 200~1200 度的近视和 600 度以内的散光，还可治疗 600 度以内的远视。

近视激光角膜手术的适宜人群是 18~45 岁患者，矫正范围在 200~1200 度。18 岁以上的患者，且近两年内近视度数的发展较稳定，每年度数的加深不超过 50 度，这时采用激光手术效果最佳。18 岁以下患者因眼球仍在生长发育，眼轴仍在变长，近视度数不稳定，所以不宜动手术。45 岁以上的患者如晶状体透明，且调节功能又好，也可采用激光手术医治。50 岁以上的近视患者，则不适合做激光手术。因 50 岁后白内障的发生率渐高，且眼球调节能力渐退，老花眼开始加重，所以这一人群通过激光手术矫正近视弊大于利。

当少年儿童有严重的近视或散光性屈光参差（如双眼相差 400~600 度）、较高度数的散光（大于 200 度）、弱视、斜视与严重的屈光不正性疲劳，经非手术治疗无明显改善或拒绝接受框架眼睛和使用角膜接触镜等治疗者，为改善视力，激光手术治疗也是一种手段。因少儿近视眼等激光手术条件与要求较高，所以患者须到具有丰富经验的准分子激光专业医师的高级别医院诊治，以保证安全、可靠。

超过 1200 度的近视患者，采用激光切削手术会使留下的角膜组织过薄，容易在眼压作用下发生前凸，严重者还会继发圆锥角膜，这要通过角膜移植手术才能补救。所以，不宜采用激光切削角膜的方式矫正。超高度近视者可通过晶状体前人工晶状体植入术，即在患者眼内空间足够的情况下，在其晶状体前植入一片具屈光矫正度数的

人工晶状体，以改变眼球的总屈光力进而矫正近视和散光。

1983 年，美国哥伦比亚大学的斯特费医师首先将准分子激光试用于屈光手术，并在动物角膜上试验。20 世纪 90 年代初，美国开始准分子激光角膜表面切削术（PRK）的临床试验，效果较好。1995 年，美国食品与药品管理局批准、同意 PRK 对于 600 度以内近视眼的治疗；1999 年，通过准分子激光原位角膜磨镶术（LASIK）用于高度近视、远视及散光的临床治疗。1992 年，我国引进 PRK，随后又实施 LASIK。

顺便一说，角膜捐献是将良好的角膜从已故捐献者眼球上摘除，移植到需要者眼里，使其恢复视力的义举。

(3) 矫正正规散光眼镜片要用球面、柱面透镜（球柱透镜）或椭球曲面透镜；矫正有些不正规散光眼可用角膜接触镜矫正。屈光角膜手术也能矫正某些散光眼，如角膜 T 形切开术、角膜楔形切除术等可矫正正规散光眼，角膜移植术可矫正部分不正规散光眼。

(4) 青光眼很难治愈，但可通过药物和手术控制、缓解病情。传统手术与激光手术采用切除小组织、打小孔等治标的办法，让房水流畅使眼压降低，可挽回剩余的视力。（下转 54 页）

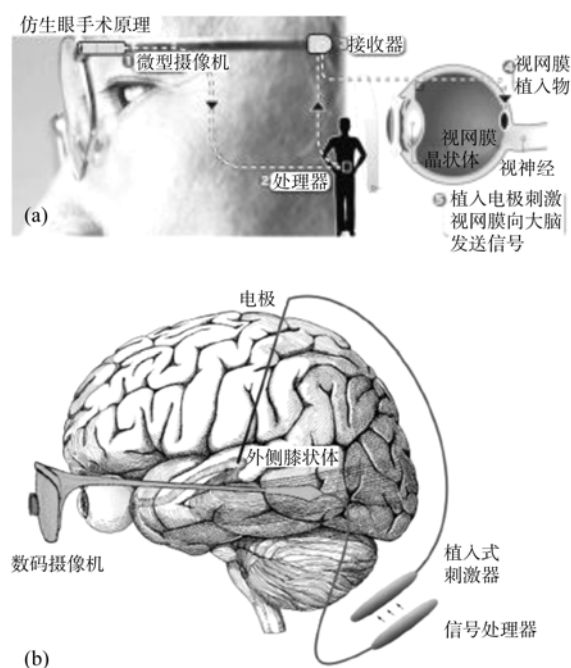


图 2 仿生眼及工作原理示意图