



视光学

——视功能检查



钟荣世 主编



东华大学出版社

视光学：视功能检查

钟荣世 主编

东华大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

视光学:视功能检查/钟荣世主编. —上海:上海东华大学出版社, 2003

ISBN: 7-81038-573-9

I. 视… II. 钟… III. 视学功能-眼科检查

IV. R770.42

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 006828 号

责任编辑:紫 仪

封面设计:旭 日

视光学—视功能检查

编著:钟荣世

东华大学出版社出版

上海延安西路 1882 号 邮政编码:200051

新华书店上海发行所发行 常熟市大宏印刷有限公司印刷

开本:850×1168mm 1/32 印张:7 字数:160500

2003 年 2 月第 1 版 2003 年 2 月第 1 次印刷

印数:001-1000

ISBN 7-81038-573-9/R·06

定价:14.00 元

绪论

光是传递客观外界信息给人的一种物质，而人则是依靠可见光的受纳器——眼睛来感知这一信息的。据统计，一个正常人从外界所接受到的信息有 80% 以上是从视觉通道输入的。因此，眼对于人的重要性，尤其在高度发展的信息社会中的重要性更是不言而喻了。然而，由于先天或后天、生理或病理等种种原因，人们的眼睛并不都是那么完全合乎需要和非常完美与理想的。为了解决这一难题，人类在近两百年的历史岁月中经过了一次又一次的奋斗，应用不断发展的科技成果，包括理论、材料、仪器设备及技术上的新成果，才使人眼的屈光不正得以矫正，使人眼的光学缺陷得以初步的补偿。现在，人们已经及正在认识到这种矫正与补偿的重要性，而这种重要性的认识，集中表现就是直接从事人眼的这种矫正与补偿的科学——现代视光学作为一门科学正式诞生了。

如何保护人的视觉健康，并以此为基础，进而进一步开发其视觉生理潜能，提高人眼视觉质量，应该是视光学这门科学及其为之献身的人们所必须努力思考和解决的最终命题。

人类赋予现代视光学的神圣使命是：保护视觉健康，开发其生理潜能，进而提高人类视觉质量。

德国大物理学家亥姆霍兹于 1856~1866 年发表的《生理光学》和荷兰人唐德于 1856~1864 年发表的《屈光不正及其结果》、《散光和柱镜》、《眼的调节与屈光不正》等论著奠定了视光学的理论基础。由曼 1895 年提出，后由开耐特推广应用的检影法将视功能检查带进了更广阔的天地。近代飞速发展的科技，把电脑引入视光领域，在大大提高了检查质量的同时，还为我们提供了一把开创未来的金钥匙。古老的光波动学说及纳米材料的应用，在如何开发人的视觉生理潜能领域内将找到合适的结合点和用武之地。

引 言

用科学方法进行视功能检查，大致应追溯至17世纪初，1616年荷兰天文学家开普勒（Kepler）建立了人眼接触光学，证明了光线经过眼屈光间质的折射后到达眼底呈倒像。同时，还创立了产生近视的光学原理，到了1775年，开斯特（Kestuer）又从数学上推断了人眼远视的可能性，但当时还不懂得如何区分远视和老视。1793年，杨（Young）首先记载了有关人眼的散光情况，并对他自己的眼的散光屈光不正进行了测定。

19世纪，视功能检查有了迅速的发展，冯开瑞（Von Carion）于1855年区别了远视和老视。尽管如此，对人眼屈光不正的矫正仍然未引起当时眼科界的重视，直到1856年，德国大科学家亥姆霍兹（Helmholtz）发表了著名的《生理光学》专著后，对人眼屈光不正及其矫正的研究，才有了较为坚实的理论基础。此后，紧接着于1860年，荷兰的唐德（Donder）作出了新的贡献，通过对眼屈光和调节的研究，确定了矫正屈光不正的原理，并指出了其重要性。他发表了经典著作《屈光不正及其后果》和《眼的屈光与调节》。1862年史耐伦（Snellen）在瑞士发明了远视力表。1854年耶格（Jager）发明了近视力表。1873年由肯纳特（Cuignet）首先使用检影法，7年后有伦道特（Londot）对该法又作了改进，并大力推广。1880年格林（Green）设计了验光试镜架（他在1869年已设计出散光测定盘）。后美国米切尔（Milchell）首先提出了眼疲劳与屈光不正关系的理论。20世纪初，瑞典的高斯且特（Gullstrand）第一次精确地对人眼进行了测算，把透镜与眼通过衍射技术的应用结合起来，于1911年荣获诺贝尔奖。1914年德国蔡司（Zeiss）最先设计出镜片顶点屈光度测量仪。在检查方法上，汉克尔（Henker）、芬恰（Finchar）改进了大型客观验光计，高德曼（Goldman）设计了客观视力检查器。后人在机械手动的屈光仪的基础上，进一步发展制造出电视显示验光仪和电脑控制的自动跟踪验光仪，如美国A.O.公司生产的SR III型自觉式电脑验光仪，爱克优特（Acuity）系统公司生产的6600自动验光仪，日本TOPCON，HOYA电脑验光仪等等。

差不多经过近一个半世纪的努力，人们才得以确立科学的视功能检查技术，并进而使之发展成为一门独立的视觉光学科学。

现代视光学是一门以眼科学和光学为出发点,研究人眼视觉质量与生理潜能的边缘科学。它与古老传统的视光学概念相比其研究范畴更为广阔,研究目标更符合人类的需求。从理解使命到完成使命达到目的的过程是一个漫长的、并随着科技的发展而不断完善的过程(或体系)。

在我们了解并掌握了常规与传统的视功能检查方法的基础上,致力于视光学领域开拓的人们应该共同努力去回答这些问题:

1. 所用视功能检查方法(包括程序)是否科学?
2. 目前所使用的相关的设备与仪器是否已符合需求,是否还应改进?
3. 目前对人们的视觉健康的保护还应做哪些工作?
4. 如何应用新理论,如趋焦理论、波像差理论,对比敏感度理论、渐变多焦理论、OK 镜理论、近视、老视、手术治疗理论……来进一步发掘人类的视生理潜能、提高人类的视觉质量?

作者企望本书能奉献给社会的是:了解并正确掌握视功能检查的基本内涵理论、原理、操作方法、程序及处置,从而提高我国的视力保健的总体水平,并为今后进一步开发人眼的视觉生理潜能,提高人类的视觉质量打下坚实的专业基础。

目 录

第一章 屈光异常与调节、集合·····	1
第一节 调节与集合·····	1
1. 关于屈光·····	1
2. 标准眼与简化眼·····	1
3. 远点与近点·····	3
4. 调节·····	3
5. 集合·····	6
6. 视近的三联合运动·····	8
7. 调节和集合的分离运动·····	8
8. 比较性调节·····	9
9. 比较性集合·····	10
10. 关于 AC/A 的临床意义与测试方法·····	12
第二节 老视与调节·····	13
第三节 正视眼与非正视眼·····	14
1. 远视眼·····	15
2. 近视眼 (Myopia)·····	18
3. 散光·····	21
4. 屈光参差·····	25
5. 无晶状体眼·····	26
第二章 视功能检查的设备与仪器·····	28
第一节 室与灯·····	28
1. 室与光·····	28
2. 视力表的制作原理及分类·····	28

第二节 视功能检查所需仪器与设备	34
1. 散光盘	34
2. 试镜片箱	35
3. 排镜	37
4. 综合验光仪	37
5. 球面仪	38
6. 焦度仪	39
7. 角膜曲率仪	40
8. 裂隙灯显微镜	42
9. 视网膜镜(Retinoscope)	49
10. 其他视功能检查仪器	51

第三章 视功能检查法 60

第一节 概述 60

1. 小瞳验光法中又包括三种验光方法 60

2. 散瞳验光法 61

第二节 他觉检影法 61

1. 原理 61

2. 操作要点与程序 70

3. 注意事项 72

4. 点状检影镜及其使用 73

5. 带状检影镜及其使用 75

6. S 图像检影法简介 77

7. 小瞳视远检影与小瞳视近检影 89

8. 模拟检影操作法 90

第三节 主觉核对法——单眼 92

1. 远近视力检查 92

2. 散光的判断·····	92
3. 交叉柱镜法·····	94
4. 球镜的精调——双色试验法·····	100
5. 雾视在主觉核对中的作用·····	101
第四节 主觉核对——双眼·····	102
1. 眼位检查·····	102
2. 双眼视力和平衡测试·····	107
3. 双眼立体视觉及其检查·····	110
第五节 老视验光及老视镜度的计算·····	119
1. 老光眼验光的原则与方法·····	119
2. 老视镜度的计算·····	123
3. 雾视在主觉核对中的作用·····	125
第六节 关于弱视·····	125
1. 概述·····	125
2. 弱视的发病机制·····	126
3. 弱视的分类·····	127
4. 弱视的检查·····	128
第七节 低视力·····	129
1. 概述·····	129
2. 检查·····	130
第八节 处方与配镜原则·····	135
1. 近视眼的处方与配镜原则·····	135
2. 远视眼的配镜原则·····	137
3. 无晶状体眼配镜原则·····	137
4. 散光眼的配镜原则·····	138
5. 屈光参差的配镜原则·····	140
6. 老视近用眼镜的处方须知·····	140

7. 渐变镜的配镜原则及配戴不适的分析·····	141
8. 斜视的配镜原则·····	145
9. 弱视的处方原则·····	151
10. 低视力的处方(设计)·····	154
第九节 视功能检查者须知·····	158
1. 反转点是否正确的鉴别方法·····	158
2. 检影过程中可能遇到的困难·····	158
3. 对伪盲的识别·····	162
4. 主觉核对时注意事项·····	163
5. 主觉插片核对在视功能检查中的地位·····	166
6. 主客观相结合的小瞳视功能检查法·····	166
7. 影响视功能检查准确性的四大因素·····	168
8. 柱镜轴位及棱镜底向的标示法·····	171
9. 远瞳距测定与近中心距的计算·····	172
10. 柱面透镜的视觉像移·····	177
11. 视觉像移与中和法·····	180
第十节 视功能检查的一般程序·····	184
 第四章 案例及剖析·····	 186
第一节 案例·····	186
第二节 剖析·····	190
习题·····	195
附·····	206

第一章 屈光异常与调节、集合

第一节 调节与集合

1. 关于屈光

眼外光线通过眼之屈光间质——角膜、房水、晶状体与玻璃体的屈折后投射于眼球内壁的视网膜上，刺激视细胞，产生生物电，通过视神经将这兴奋传导至大脑皮层视中枢产生视觉。因此，要产生正常的视觉，必须有一个健全的视分析器，即上述各部均应正常。视功能检查，主要是对视觉受纳器各部功能的检查。

整个屈光系统的功能应是：保证外界有足够照度之光线大部分能够投射于视网膜上，引起兴奋；并且使外界之物点能清晰成像于视网膜上。

我们已经知道当光通过密度不一的两介质时，在其界面会发生折射，我们说此时光线被屈折了，即为屈光（Refraction）。

我们还知道光线的入射角 i 与折射角 i' 正弦之比即为折射率 n ，一般可以说，光的屈折程度与折射率 n 成正比，即折射率大的介质，其入射光被屈折的程度也愈大。

我们也知道某透镜屈光力的大小可用该透镜之焦距的倒数 $1/f$ 来表示，即屈光度 D 。眼的屈光系统可以被看作为一个透镜组。具有聚合光线的正球面透镜的效果。根据高德曼（Goldman）与海根（Hagen）二氏的测定结果认为眼球的总屈光度为 $+58.64D$ 。

2. 标准眼与简化眼

在第二篇中已经介绍了眼的屈光间质，而各屈光间质的表面曲率半径、折射率对于整个屈光系统的光学性质具有决定性的作用。因此，历史上曾有多人对眼的各屈光间质的曲半径作过多次测定，其中以高斯旦特（Gullstrand）最为著名，现将他所得之主要数据列

于下：

角膜前面的曲半径 7.8 mm

角膜后面的曲半径 6.8mm

晶状体前面的曲率半径 10.0mm

晶状体后面的曲率半径 6.0mm

此外，眼屈光系统的其他光学常数是

折射率：角膜 1.3771 房水 1.3374

全晶体 1.4371 玻璃体 1.3360

各光学基点位置：mm

前主点：居角膜后 1.75

后主点：居角膜后 2.09

前节点：居角膜后 6.95

后节点：居角膜后 7.29

前焦点：居角膜前 13.75

后焦点：居角膜后 22.79

晶状体位置：mm

前曲面：距角膜顶点 3.60

后曲面：距视网膜 17.00

前、后曲面顶点：相距 3.60

不难看出，眼的屈光间质组

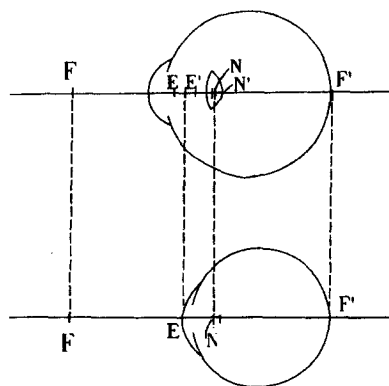


图 1-1-1 简化眼示意

成了一个复杂的屈光系统，但若对以下三方面加以简化，则可得到一个“简化眼：（见图 1-1-1）

（a）因为角膜前后曲率相差不大，故可视为平行；

（b）房水与玻璃体的折射相仿，也可视为一个系统；

（c）两主点之间的距离、两节点之间的距离都很小，故可视为一个主点、一个节点。

简化眼的主要光学常数为：（唐德的修正结果） mm

角膜 r 5.00

前焦点位于：角膜前 15.00

后焦点位于：角膜后 20.00

节点位于：视网膜前 15.00

折射率：	1.33
总屈光力：	+ 66.67D.

3.远点与近点

当眼处于休息状态时能够看清的最远之点，称为远点，正常的人眼之远点在眼前无限远处；近视眼的远点在眼前无限远以内；远视眼的远点位于视网膜的后面。

当眼能看清的最近一点即称为近点，近点是通过使用最大调节力才能体现出来，因此调节力越强者，近点距眼越近。远视眼之近点要比同年龄的正常眼之近点为远；而近视眼的近点则较同年龄的正常眼之近点为近。

4.调节 (Accommodation)

能将无限远以内之不同距离的目标于不同时间清晰地成象于视网膜上的功能（或过程）称之为调节，人眼的调节是通过改变晶状体的曲率来完成的，而这种曲率的变化主要表现在晶状体的前曲面（它的曲率半径可由 10mm 改变为 6mm）以及睫状肌的收缩。

(1) 调节的机理

亥姆霍兹松弛学说认为人眼在调节过程中，睫状肌的收缩使睫状韧带放松，从而解除了对晶状体的牵拉作用，于是晶状体更加接近球形。但与这相对的学说即朱且尔林创造的紧张学说，该学说认为晶状体在调节时，前曲面变成了一个双曲面，认为睫状肌的收缩而拉紧了韧带，从而使晶状体囊膜变得紧张，因而压迫晶状体皮质使之冲撞在玻璃体上；最后由于玻璃体的反作用而使晶状体前曲面中央最薄处更向前鼓起。以后的 Gullstrand 指出，调节的主要机制应为松弛学说。但朱且尔林指出的调节后晶状体成双曲面形则是正确的。解剖说明，晶体是柔软而且具有相当可塑性的，因而能在睫状肌的作用下改变形状，使晶状体的厚度增加，直径减少，前曲面中央部更向前突出，周边部相对地扁增，形成双曲线形，从而达到增加其屈光力的调节。

调节功能是由副交感神经系统共同支配完成的。当进行视近的视力调节时，是由副交感神经所支配的睫状肌环形纤维的收缩来实现的，在看远物体时采取的主动远调节时，是由交感神经所支配的睫状肌的辐射纤维收缩来实现的，就是环形纤维与辐射纤维分别在副交感神经和交感神经系统的支配下又对抗又协调地工作而完成眼的调节功能的，这即巴尼（Byrne）所提出的睫状肌二元神经支配学说。

晶状体因睫状体的牵动而变突或展平，即晶状体的本身形状的变化称之为物理调节。它的调节力可用屈光度表示。如眼的集光能力加1D，就说明进行了1D的调节。如果因年老晶状体失去可塑性，则也即失去了物理的调节，即使生物的调节——睫状肌的收缩仍然非常有力，也仍然不能产生调节效果。相反，如果睫状肌的力量变弱或处于麻痹状态，即使晶体功能良好，同样也不能产生调节功能。表示睫状肌收缩力量大小的称为“肌度”，即晶状体的屈光力增加1D，此时睫状肌收缩力称为1个肌度。

生理的调节与物理的调节在人的前半生一般来说是配合得很好的，但是它们毕竟是可以分开的两部分，并且造成不同的结果。前面已讲过，因年老晶状体变硬而失去物理性调节是正常的生理变态，但是相反，睫状肌力的衰弱却可以发生在任何年龄，轻者可使调节力减弱，重者则可使之丧失，这是一种病理变态。

设 S 为远点距， F_r 为远点调节力， S' 为近点距， F_n 为近点调节力， d 为调节范围， ΔF 为调节程度。

正视眼的调节范围与程度：

正视眼的远点 $S = \infty$ ， $F_r = 0$ ，设其近点 $S' = 0.1\text{m}$ ，则 $F_n = +10\text{D}$ ，
则 $d = 10\text{cm} - \infty$ ； $\Delta F = 10 - 0 = 10 (\text{D})$ ；

近视眼的调节范围与程度：

设某近视眼为 -3D ，则 $S = 1/3 = 0.33\text{m}$ ， $F_r = 3\text{D}$

又设近点在 0.08m 处，即 $S' = 0.08\text{m}$ ， $F_n = +12.5\text{D}$ ；

则： $d = 0.25\text{m}$ ， $\Delta F = +12.5 - 3 = +9.5 (\text{D})$

远视眼的调节范围与程度：

设某远视眼为 $+2\text{D}$ ， $S = 0.5\text{m}$ ， $F_r = -2\text{D}$ ，

又设其近点在 0.13m, 则 $S' = 0.13\text{m}$, $F_n = +7.75\text{D}$

则: d 为眼后 50cm 处至眼前 13cm 处,

$$\Delta F = +7.75 + 2 = +9.75(\text{D})$$

以上例子说明调节相同时, 其调节范围非常的不同。

正视、低视与远视眼在注视同一距离的目标时所具有的调节力也不相同, 如对 33cm 这个目标而言。

正视眼之 $\Delta F = F_n - F_r = +3\text{D}$;

- 3D 近视眼之 $\Delta F = 3 - 3 = 0\text{D}$;

+ 3D 远视眼之 $\Delta F = 3 - (-3) = +6(\text{D})$

由此可知, 远视眼在进行远距离工作时比较容易感到视疲劳, 因为它付出的调节力比正视及近视眼来得多, 而有浅度近视患者在进行近距离工作时则感到非常轻松, 因为他可少用甚至不用调节力。

(2) 调节的测定

采用唐氏于 1904 年创建的方法, 它的视标为一条长 3mm 宽 0.2mm 刻画在一白纸上的黑线, 白纸为 $4 \times 1.25\text{mm}^2$ 。后镶入一无反光的黑色底板上。

测定时将该视标置于被检者眼前由远而近慢慢移动, 直至视标恰看不清为止。此时测量角膜顶端至视标的距离, 由于调节力的计算是采用眼前焦点至视标距离的倒数。故在实测数中还应减去 13.75mm。

为准确计, 在对年轻人进行测定时, 可加 - 3DS 透镜于眼前, 待测完后, 再将所加镜片的部分减去。

(3) 调节疲劳

调节疲劳与以下因素有关, 即与屈光状态有关, 与集合有关以及调节的肌肉有关。

①与屈光状态有关: 除前面已介绍过的有关远视眼所付出的调节力较大, 所以视近工作时容易发生视疲劳外, 两眼的调节, 一般地说是分不开的, 因而两眼的屈光参差不能用调节的办法来矫正, 特别是两眼屈光度相差不大的患者, 经常为得到清晰的视物成像而企图用调节来矫正, 于是引起调节紧张。对于低度屈光不正患者来说, 不自觉

的企图通过调节的努力来弥补视功能的不足是导致视力疲劳的一个原因，而对于高度屈光不正患者，此种现象不会出现。

②与调节的肌肉疲劳有关：早在1864年唐德（Donder）就指出眼紧张的主要症状，是由于调节的肌肉疲劳所引起的。这种调节性视疲劳的表现：一开始在看近时，不能持久清晰视物，只有经过努力才能看清，但一会儿物体又模糊了，这样视物一时清晰，一时模糊，呈间歇性，随后模糊逐渐取代清晰，以致最后无法继续在原距离看清目标了，只得将目标移远一些，或停止工作，当再开始工作时，所能维持的有效视觉时间更短，终于被迫放弃工作。调节性疲劳症，还常常出现眉弓处的纯性头痛，严重者可发展为眼睑及结膜慢性充血。

5. 集合 (convergence)

为看清无限远以内的物体，除需用调节作用外，还必须将两眼球均向内侧转动一个角度，使之对准目标。这种使两眼视轴交汇于一点的作用即称为集合。它是由眼的内直肌来完成，集合可分为主动性与非主动性两种，前者冲动开始于大脑皮层的额叶；这种作用并不普遍存在，并可用训练的办法使之加强。而与调节紧密联系在一起的是非主动性集合，也称反射性集合。

当正视眼注视6m以外的目标时，眼处于休息状态，既无调节，又无集合了，两视轴平行。但是当我们需要看清6m内的目标时，就既需调节，又需集合了。此时两视轴转向鼻侧而注视目标，所视之目标距眼越近，则集合力越增，但不能无限地增加上去。它有一个上限，当开始发生双眼复视时便放弃集合，此时双眼均稍向外转动，在出现双眼复视的前一瞬间两眼视轴的交汇点即为集合的近点。

(1) 集合的测定

集合近点的测定所用设备及方法与调节近点测定所用设备及方法相同，测定集合的标志是“目标复视”（调节测定的标志是“目标模糊”）。理论上集合点的距离应为两眼转动中心的连线作为基线来计算的。应用时，只需由眼之前主焦点量起，在所得结果上再加上25mm(或27mm)。

集合的近点与远点的距离称集合范围，而集合在近点与远点的肌力差称集合程度。从眼前无限远到眼球之间的距离称正集合范围，若集合范围达到眼球的后面时，则称为负集合范围。

集合范围的单位为长度单位 m 。集合程度的单位为米角 (MA)。

见图 1-1-2，假如两眼注视无限远时，则两视轴 $C_R E \parallel C_L F$ ，当两眼注视 $1m$ 处的 A 时，(A 在 $C_R C_L$ 的中线上， D 为 $C_R C_L$ 之中点)

则 $\angle DAC_R = \angle DAC_L = 1MA$ ；

当 A 点移至 A' ， A' 距眼为 $2m$ 时，

则 $\angle DA' C_R = \angle DA' C_L = 0.5MA$ ；

当 A 点移至 A'' ， A'' 距眼为 $0.5m$ 时，

则 $\angle DA'' C_R = \angle DA'' C_L = 2MA$ ，

即距离与集合程度成反比。

我们现在可以知道：正视眼注视 $1m$ 处物体时所需的调节力为 $1D$ ，所需的集合度为 $1MA$ ，这便是调节与集合的正常匹配关系。

以上介绍的是主观(自我)测定集合的方法，还有另一种客观测定方法，为三棱镜法：

将一底向外的三棱镜置于一眼(左眼)

前，当三棱镜度不断增加后，被检者不能继续保持双眼单视(即刚产生复视)时的三棱镜度即为该眼的最大正集合力；若将一底向内的三棱镜置于一眼(左)前，并不断增加三棱镜度直至被检者不能继续保持双眼单视(即刚发生复视)时为止，此时的三棱镜度为该眼的最大负集合力。一般而言，通常人的正性集合要比负性集合大得多，集合程度为 $10.5MA$ ，其中正性集合为 $9.5MA$ ，负性集合为 $1MA$ 。

当将底向外的三棱镜置于眼前，则产生光线向外折的现象，为保持双眼单视，则该眼必须向内转动。(见图 1-1-3(a))故称内收性棱镜；当将底向内的三棱镜置于眼前，则产生光线向内折的现象，为保护双眼单视，则该眼必须向外转动。(见图 1-1-3(b))故可称外展性三棱镜

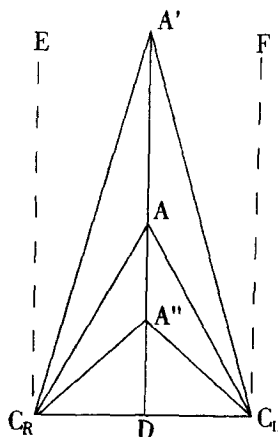


图 1-1-2 集合程度