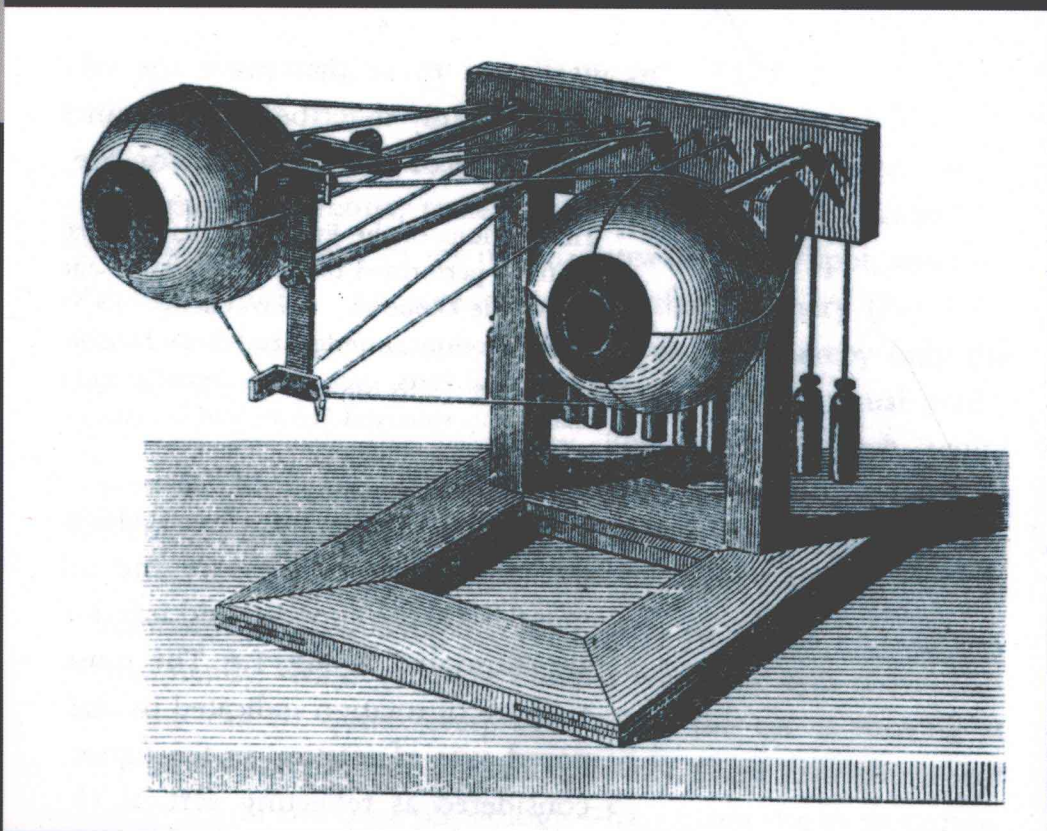


General Introduction to the Eye Movement Research:

A Magic Science to Explore the
Mystery of the Window on Mind



眼动研究心理学导论

——揭开心灵之窗奥秘的神奇科学

闫国利 白学军◎编著



科学出版社

眼动研究心理学导论

——揭开心灵之窗奥秘的神奇科学

General Introduction to the Eye Movement Research:

A Magic Science to Explore the Mystery of the Window on Mind

闫国利 白学军 编著

科学出版社

内 容 简 介

本书对眼动分析法在心理学研究中的应用进行了详细而又系统的介绍。全书共分10章:第一章从眼动的基础知识入手,介绍人的视觉和眼动的基本模式;第二章对眼动记录方法的发展和现状进行了评述;第三章介绍阅读的眼动过程;第四章主要介绍眼动控制中的眼跳;第五章主要介绍以眼动为指标的阅读理解过程的研究成果;第六章介绍国内外中文阅读的眼动研究成果;第七章介绍眼动在图画观看、视觉搜索和模式识别中的研究成果;第八章对真实情景知觉的眼动研究进行介绍;第九章阐述用眼动指标研究其他心理活动的情况,如视错觉、双关图形、问题解决、个性特征等;第十章综述应用心理学的眼动研究。此外,本书还设有知识栏、推荐读物、眼动名著简介、眼动名人堂、眼动研究大事记、眼动研究专业词汇、2000年以来的研究生眼动论文目录,增加了本书的趣味性、可读性和工具性。

本书可供大专院校心理学专业的本科生、研究生和从事眼动研究的人员阅读和参考,对从事广告业、网页设计、可用性测试领域的工作者也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

眼动研究心理学导论:揭开心灵之窗奥秘的神奇科学/闫国利,白学军编著. —北京:科学出版社,2012.1

ISBN 978-7-03-033037-6

I. ①眼… II. ①闫…②白… III. ①眼动-研究 IV. ①B842.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第261815号

责任编辑:马 跃 / 责任校对:张怡君
责任印制:张克忠 / 封面设计:蓝正设计

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>

新科印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012年1月第一次印刷 印张:24 3/4

字数:590 000

定价:76.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

眼睛是心灵的窗户,通过揭示心灵的窗户可以了解人的心理。

眼动分析法提供了人在进行心理活动过程中的眼球运动数据,所以,可以借此对人的心理活动进行精细地分析。由于认知心理学的兴起,越来越多的心理学家以眼动为指标探索人类心理活动的奥秘。

中文阅读的眼动研究第一篇论文是由留美中国学生沈有乾 1925 年在美国《实验心理学》杂志上发表的,其题目是“竖排版和横排版中文阅读的眼动研究”。由于种种原因,我国的眼动研究起步较晚,在 20 世纪五六十年代,国内只有几项眼动研究的报告。进入 80 年代以来,我国一些大学的心理系、教育系和科研机构陆续从国外购进了眼动仪,并初步开展了一些研究工作。近 20 年来,国内在眼动研究领域已经取得令人可喜的成果。

西方的眼动研究开始于 19 世纪末,一直是心理学家经久不衰的研究兴趣之一,同时也是国外心理学研究中的热门领域。在欧洲,眼动研究学者每两年举行一次眼动大会。第一届欧洲眼动大会 1981 年由 Rudolf Groner 在德国的伯恩发起。经过 20 多年的发展,它的规模和范围早已超越了欧洲大陆的界限,成为全世界眼动研究学者的一个盛会。欧洲眼动大会对于推动欧洲乃至世界的眼动研究起着十分重要的作用。目前,欧洲眼动大会已经召开了 15 届。

为了推动国内眼动研究的发展,加强国内眼动研究领域专家之间的相互沟通和交流,我觉得在中国召开同类的大会也非常必要。因此,我们在教育部人文社会科学重点研究基地天津师范大学心理与行为研究院,于 2004 年首次召开中国国际眼动大会。我们希望这次大会成为连接国内外眼动研究专家的一个纽带,同时也成为专家们交流思想、加强合作的重要平台。目前,这个眼动会已经召开了 4 届,它为推动中国的眼动研究起到重要作用。

随着眼动研究热潮在国内的兴起,当务之急是需要介绍眼动研究的基础知识、方法和理论。为此,闫国利教授和白学军教授在长期研究的基础上,完成了这部眼动研究的基础性专业著作,该书有如下几个特点。

第一,该书作者对国内外的眼动研究进行了系统的介绍、评述和总结,并对有关问题阐述了自己的观点,国内同类的著作还不多见。

第二,国内以眼动为指标的心理学研究和国内外关于中文阅读的眼动研究虽然为数不多,但作者对这方面的成果进行了比较详尽的分析和介绍,力求突出中国特色。其中不少研究是我所指导的天津师范大学心理与行为研究院的眼动研究团队在该领域的成果。

第三,作者在引用资料时,尽量给出详尽的文献出处,为读者进一步查阅资料提供了极大的方便,从而使本书具有一定的工具性。

闫国利教授和白学军教授曾经是我指导过的研究生,他们肯于钻研,勤奋刻苦,该书凝聚了他们的辛勤汗水。我认为,他们的这项工作是十分有意义的。最后,衷心希望我国的眼动研究事业蓬勃发展。

沈德立

2011年仲夏于天津师范大学心理与行为研究院

目 录

序

第一章 人的视觉与眼动的基本模式·····	1
第一节 眼睛的生理构造与眼动的生理机制·····	1
第二节 眼动的基本模式·····	3
第二章 眼睛运动的记录方法·····	11
第一节 眼动记录方法的历史回溯·····	11
第二节 当代眼动记录方法与眼动仪·····	24
第三章 阅读的眼动过程·····	33
第一节 阅读研究方法·····	33
第二节 阅读的眼动研究历史·····	38
第三节 阅读过程中的眼动·····	46
第四节 阅读过程中常用的眼动分析指标·····	49
第五节 瞳孔变化、眨眼与心理活动·····	54
第六节 阅读知觉广度·····	64
第七节 阅读过程中的眼动控制·····	72
第四章 眼动控制中的眼跳·····	78
第一节 眼跳概述·····	78
第二节 常见眼跳研究范式·····	81
第三节 眼跳与心理过程·····	89
第五章 阅读理解过程的眼动研究·····	93
第一节 解释阅读过程的眼动理论模型·····	93
第二节 阅读过程中词加工的眼动研究·····	120
第三节 阅读过程中句法加工的眼动研究·····	122
第四节 阅读过程中语篇加工的眼动研究·····	123
第五节 阅读过程中眼动的个体差异与年龄差异·····	125
第六节 快速阅读的眼动研究·····	130
第七节 阅读困难者的眼动研究·····	143
第六章 中文阅读的眼动研究·····	152
第一节 中文阅读的眼动研究历史·····	152
第二节 中文字词阅读的眼动研究·····	159
第三节 中文阅读知觉广度的眼动研究·····	167
第四节 中文句子阅读的眼动研究·····	174
第五节 汉语与其他语言阅读的比较研究·····	182

第六节	语篇阅读的眼动研究·····	186
第七节	不同文体阅读的眼动研究·····	187
第八节	图文阅读的眼动研究·····	192
第九节	中文阅读的眼动研究范式·····	195
第七章	图画观看、视觉搜索和模式识别的眼动研究 ·····	205
第一节	阅读与图画观看、视觉搜索和模式识别的概述·····	205
第二节	眼动与图画观看、视觉搜索和模式识别·····	206
第三节	眼动与图画观看、视觉搜索和模式识别的发展研究·····	230
第八章	真实情景知觉的眼动研究 ·····	248
第一节	情景与情景知觉·····	248
第二节	情景知觉过程中的注视控制研究·····	254
第三节	情景知觉过程中的意义获得·····	257
第九章	眼动与其他心理活动 ·····	269
第一节	眼动与视错觉、双关图形·····	269
第二节	眼动与思维和问题解决·····	275
第三节	眼动与个性研究·····	279
第十章	眼动的应用研究 ·····	285
第一节	眼动在教育领域中的应用·····	285
第二节	眼动在工效学研究中的应用·····	288
第三节	眼动在广告心理学研究中的应用·····	293
第四节	眼动在交通心理学研究中的应用·····	303
第五节	眼动在航空心理学研究中的应用·····	307
第六节	眼动在体育心理学研究中的应用·····	314
参考文献	·····	330
附录一	眼动研究大事记 ·····	368
附录二	眼动研究专业词汇 ·····	370
附录三	国外发表的中文阅读的眼动研究的主要论文索引 ·····	378
附录四	2000年以来的研究生眼动论文目录 ·····	382
后记	·····	387

第一章 人的视觉与眼动的基本模式

眼睛是人的重要感觉器官,它被人们美誉为心灵的窗户。人们很早认识到眼睛可以反映出一个人的心理活动。从现代汉语中的一些习惯表达中便可略见一斑:这个小姑娘有一双天真无邪的大眼睛;她含情脉脉地注视着;他气得两眼冒火,双目圆睁;他目不转睛、聚精会神地观看着舞台上的演出;这个人贼眉鼠眼,眼珠滴溜溜乱转……这些心理活动都与人的眼睛有关。因此,我们可以通过观察一个人的眼睛来了解其心理。但是,要真正做到这一点并不容易。早在 19 世纪就有人通过考察人的眼球运动来研究人的心理活动。事实上,一百多年以来,心理学家们一直致力于不断改进眼动的记录装置,并通过分析记录到的眼动数据来探讨眼动与人的心理活动的关系。本书将从眼动的基本知识入手,向大家介绍眼动的记录方法,阅读过程中的眼动,阅读与眼动理解过程,中文阅读的眼动研究,眼动与图画观看、视觉搜索和模式识别及其发展研究,眼动的应用研究等内容。

第一节 眼睛的生理构造与眼动的生理机制

一、眼睛的构造

人眼的形状类似一个球状体,其直径大约为 23mm,眼球的构造见图 1.1。

眼球壁分为三层,最外层是纤维膜,中层是血管膜,内层是视网膜。最外层的纤维膜厚而坚韧,外层前 1/6 主要是由透明且无血管的结缔组织构成,这层透明组织称为角膜。光线从角膜进入眼内。眼球外层的其余部分是不透明的巩膜。纤维膜起保护作用。

眼球壁的中层是血管膜,位于巩膜内面。血管膜又分为脉络膜、睫状膜和虹膜三部分。脉络膜位于眼球壁的后 2/3,其主要功能是供给眼球营养,吸收眼球内散射的多余光线。睫状体的前方连接虹膜根,后与脉络膜相延续。虹膜为血管膜的前部,是圆盘状的薄膜,中央有一圆孔,称为瞳孔,是光线进入眼球的通路。瞳孔借助虹膜的括瞳肌和缩瞳肌来括张和缩小,借此控制进入眼内的光量。

视网膜是眼球壁的最内层。视网膜由三层神经细胞组成,第一层是光感受细胞,主要包括锥状细胞和棒状细胞。锥状细胞接受强光及色光刺激,主要在白天视物时起作用。棒状细胞对弱光很敏感,在暗光时起作用。从图 1.2、图 1.3 中可以看出,锥状细胞主要

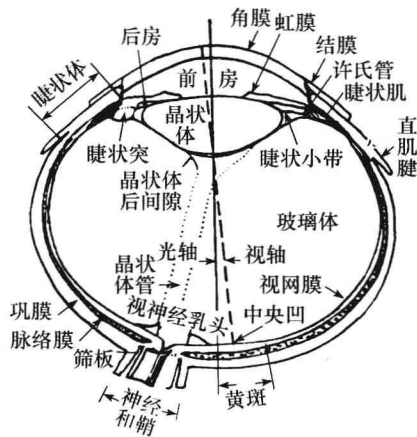


图 1.1 人眼球的构造图(右眼)

分布在视网膜的中央凹附近,越靠近网膜边缘锥状细胞越少。相反,棒状细胞在网膜上中央凹附近少,在离中央凹 20°的地方最多。锥状细胞在中央凹处每平方毫米有 140 000~160 000 个,到中央凹 25°处只剩下几十个了。而棒状细胞在中央凹中心完全没有,离中央凹 20°处则每平方毫米有 160 000 个,详见表 1.1。

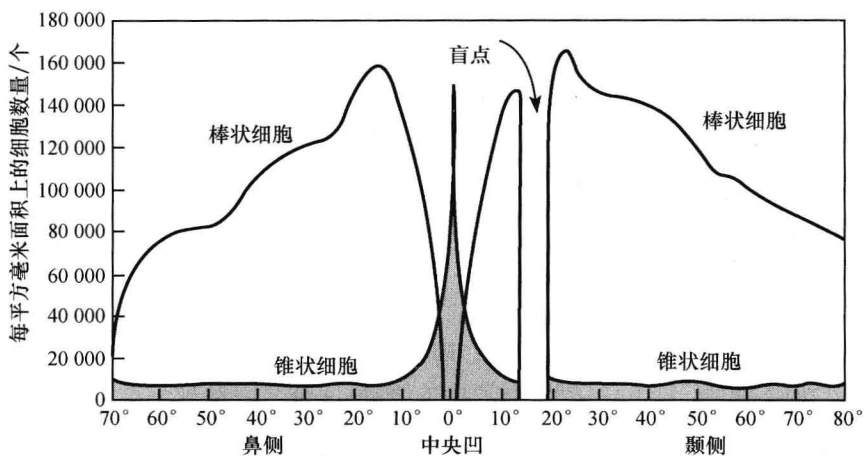


图 1.2 锥状细胞和棒状细胞分布图

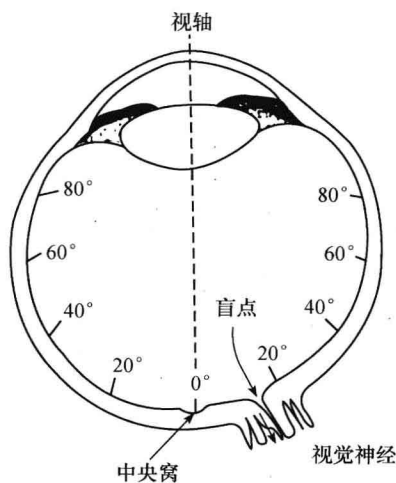


图 1.3 锥状细胞和棒状细胞分布图

表 1.1 两种感光细胞数量、分布及功能

项 目	锥状细胞	棒状细胞
数量/个	600 万	1200 万
在网膜上的位置	网膜中心	网膜边缘
在暗光线下的敏度	低	高
对颜色的敏度	高	低

资料来源:Myers,1986。

视网膜的第二层是双极细胞和其他细胞,第三层是节状细胞,它与双极细胞连接。

眼内容物包括房水、晶状体和玻璃体,三者都是透明的,具有屈光作用。外界物体的光线透过角膜,穿过瞳孔,经房水、晶状体和玻璃体折光装置的折射,落在视网膜上,穿过视神经纤维的节状细胞、两极细胞,引起锥状细胞和棒状细胞的变化,之后这两种感光细胞又反过来影响两极细胞和节状细胞,从而引起视神经纤维的冲动,沿着视神经通路,传到大脑皮层中枢引起视觉。

二、眼动的生理机制

眼球在眼眶里,有三对眼肌控制眼球的运动,它们协调活动控制着眼球的上、下、左、右方向的运动,三对肌肉的协调活动可使眼球以角膜顶端后方 13.5mm 处为中心转动,每对眼肌控制眼球在一个平面上转动,三对眼肌的略图如图 1.4 所示。

这三对眼肌为:内直肌(medial rectus muscle)和外直肌(lateral rectus muscle),上直肌(superior rectus muscle)和下直肌(inferior rectus muscle),上斜肌(superior oblique muscle)和下斜肌(inferior oblique muscle)。当内直肌和外直肌收缩时,眼球向内外方向转动;上直肌收缩,眼球向上内方向转动,下直肌收缩,眼球向下内方向转动。上斜肌收缩,眼球向下外方回转,下斜肌收缩,眼球向上外方回转。

眼球运动的范围约为 18° ,超过 12° 时就需要头部运动的帮助。两个眼球的活动是很协调的,它们总是向同一方向运动。当头部固定不动时,用两眼追视一个出现在偏左或偏右前方的物体时,两眼的运动程度可能不同,但它们的差别也是极微小的。所以,许多眼动仪往往只记录一只眼球的运动轨迹。

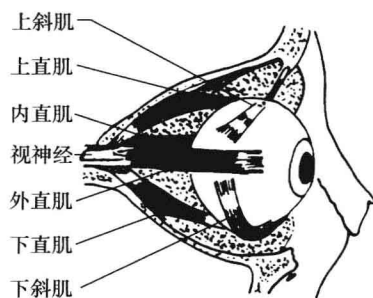


图 1.4 眼肌示意图

第二节 眼动的基本模式

人的眼球运动有三种基本的类型:注视、眼跳和追随运动。为了看清楚某一物体,两只眼睛必须保持一定的方位,才能使物体成像在视网膜上,这种将眼睛对准物体的活动称为注视。为了获得和维持对物体最清楚的视觉,眼睛还必须进行跳动和追随运动。下面具体介绍这三种基本类型的眼动。

一、注视

注视(fixation)的目的是将眼睛的中央凹对准某一物体。事实上,注视本身并不像它字面上的意义那样准确,当眼睛注视一个静止的物体时,它并不是完全不动的,而是伴有三种眼动:漂移(drift)、震颤(tremor)和微小的不随意眼跳动(involuntary saccade)。

漂移是不规则的、缓慢的视轴变化。漂移经常伴有震颤。震颤是一种高频率、低振幅的视轴振动(oscillatory movement)。当对静止物体上某一点的注视超过一定的时间(0.3~0.5s),或当注视点在视网膜上的成像由于漂移而离中央凹过远时,就会出现小的

不随意眼跳。对于后一种情况,这种小的不随意眼跳可以起到校正作用。但并不是所有的注视都伴有不随意眼跳,当长时间地注视一个静止物体时,就会伴有漂移、震颤和不随意眼跳。

(一) 漂移

视轴的漂移是 Dodge 在 1907 年发现的,他认为没有固定不变的注视点,与其称为注视点倒不如称为注视区(fixation field)。后来许多眼动研究都证实了眼动中漂移现象的存在。有人(Yarbus,1967)在实验中要求被试注视一个点,同时记录其眼动,从眼动记录中可以使我们十分清楚地看到漂移(图 1.5)。图 1.5 中记录的是被试注视某一个固定不动点时的眼动情况。可以看出,注视过程的视轴漂移是一种不规则的运动。需要指出的是,在这个注视过程中,注视点的成像一直是在中央凹上。

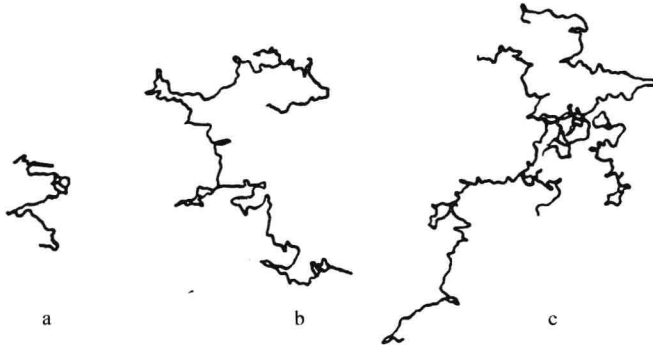


图 1.5 对一个静止的点的注视(Yarbus,1967)
a. 注视 10s;b. 注视 30s;c. 注视 1min

漂移速度差异很大,从每秒 0 分度至 30 分度。道奇还研究了在自由观看静止物体时,漂移次数与漂移时间的关系。5 名被试欣赏一幅画,图 1.6 是 5 名被试的 2000 次漂移的分配情况,该图的横坐标是漂移的持续时间,纵坐标是漂移的分配次数。

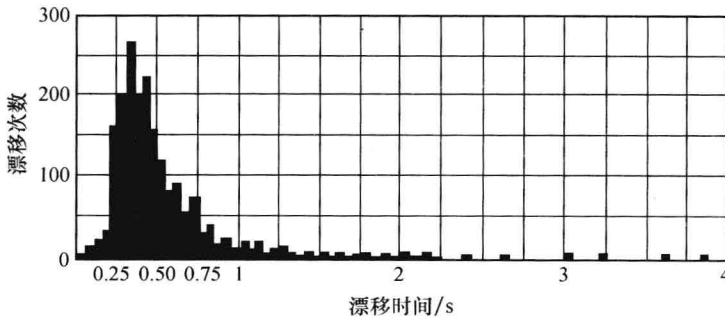


图 1.6 5 名被试的 2000 次漂移的分配情况(Yarbus,1967)

从图 1.6 中可以看出,当漂移时间超过 0.20s 时,漂移的次数明显增加,而漂移时不随意跳动占注视总时间的 3%。在自由欣赏一幅画时,不随意跳动占注视总时间的 3%~5%。

(二) 眼震颤

眼震颤的振幅很低,而频率较高,这使眼震颤的记录变得很复杂。最早记录眼震颤的人是 Adler 和 Fliegelman(1934),后来又有人(Ratliff and Riggs, 1950; Ditchbum and Ginsborg, 1953)对眼震颤进行了记录。正如前面提到的,任何眼漂移都伴有震颤,但这两种形式的眼动是独立的。Yarbus 的研究表明:眼震颤的振幅为 20~40 秒度,震颤的频率通常为每秒 70~90 次。

(三) 不随意眼跳动

许多研究者认为,双眼跳动在持续时间、振幅和方向上是相同的。微小的不随意眼跳动是 Dodge(1907)首次发现的。图 1.7 是一个被试的 1000 次微小的不随意眼跳与振幅的关系。图 1.7 显示的是一个被试的结果,横坐标是眼跳的振幅,纵坐标是眼跳的次数。从图 1.7 中可以看出,大部分小的眼跳振幅为 1~25 分度(minute of angle)。

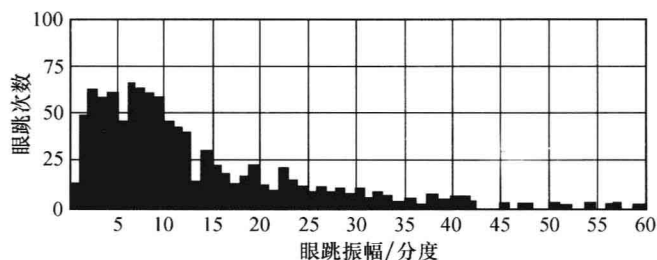


图 1.7 不随意眼跳与振幅的关系

以上介绍了在注视时产生的三种微小眼动,它们的作用如何? 有关研究发现,这些微小的眼动在短时间内会影响视敏度。有人(Ratliff, 1952)做了如下的实验:以 75ms 的速度测验考察被试的视觉敏度,同时记录眼睛的震颤。结果发现视敏度越差,眼漂移的幅度越大,眼震颤越大。

知 识 栏

人的眼睛有很多不随意的眼跳。它们的作用是什么? 如果没有了这些小的不随意眼跳,结果会怎样? 有人使用稳定网膜像的技术(stabilized images on the retina)对微小的眼动进行了研究,详见图 1.8。

Riggs 等(1953)使用隐形眼镜,使光线反射到被试前面的幕上。在暗室条件下,被试所看见的只是一点从他自己眼上安装的小镜子里反射出来的光。当眼睛运动时光也随之运动。另外再用几个透镜使光与眼睛在同一视角运动。也就是说,无论眼睛怎样运动,在网膜上的成像均是静止的。在这种情况下,被试会觉得那一点白光在几秒钟内便消失

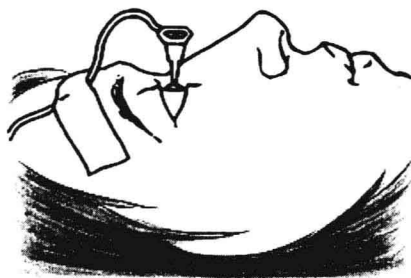


图 1.8 网膜像固定技术示意图

了,因为被刺激的网膜相应区域发生了对光的适应现象。

从上述实验可以看出,视网膜上某一固定位置经过一定时间的刺激后,可以很快地适应,其结果会造成视觉模糊甚至会消失。微小的眼动对于维持视觉映像,避免视网膜因注视产生的局部适应有重要意义。

在实际生活中,在长时间注视一个静止物体的时候,一般不会出现网膜的适应现象,这主要是由于注视时的微小眼动可以经常改变视网膜上的被刺激部位,避免了视网膜的适应,提高了视觉能力。

二、眼跳

(一) 眼跳

眼球的跳动(saccade)是巴黎大学的 Javal 教授发现的。saccade 在法语是急动、跳动之意。眼跳动的功能是改变注视点,使下一步要注视的内容落在视网膜最敏感的区域——中央凹附近,这样就可以清楚地看到想要看到的内容了。



图 1.9 眼睛观看一个圆圈时的眼动轨迹

通常我们不容易觉察到眼睛在跳动,而觉得是在平滑地运动。例如,在阅读文章或看一个图形时,我们往往认为自己的眼睛是沿着一行行的句子或物体的形状平滑地运动。事实上,我们的眼睛总是先在对象的一部分上停留一段时间,注视以后又跳到另一部分上,再对新的部分进行注视。图 1.9 是有人(Stratton,1902)记录被试看一个圆圈的眼动轨迹。从图 1.9 可以看出,被试在观看时,眼睛并不做圆周运动,而沿直线跳动,中途有一些注视点。

Yarbus(1967)也有类似的发现。他要求被试观看几何图形,如长方形、三角形、圆形和线段,观看时,要力求沿着图形的轮廓平稳地移动眼睛,不要跳跃地看,同时记录其眼动。实验结果发现,眼动轨迹是由许多停顿和小的眼跳组成(见图 1.10),而这些眼跳是个体意识不到的。

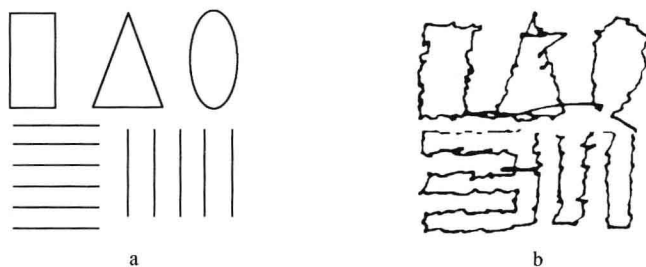


图 1.10 观看几何图形时的眼动轨迹(Yarbus,1967)

a. 几何图形;b. 被试观看这些几何图形时的眼动轨迹

眼睛的跳动有两个特点:第一,双眼的每次跳动几乎是完全一致的;第二,眼跳动的速度很快。有人(Gerathewohl and Strughold,1954)研究了眼动速度,见表 1.2。

表 1.2 眼睛运动不同距离所需的时间 (单位:ms)

运动方向	眼睛运动距离				
	5°	10°	15°	20°	25°
水平	35	65	84	96	104
垂直	35	63	84	108	—
倾斜(45°)	35	65	90	115	—

资料来源:荆其诚等,1987。

表 1.2 中的数据是几百次实验的平均结果。从表 1.2 中可以看出:水平方向从 5°~20°的运动需要 35~96ms,垂直方向从 5°~20°的运动需要 35~108ms,倾斜方向从 5°~20°的运动需要 35~115ms,倘若眼睛运动的距离较短,如 5°、10°或 15°时,眼睛的运动方向对运动所需的时间影响不大,但当眼睛运动的距离较长时,运动的方向不同,所花费的时间也不同。水平方向运动所用的时间较少,少于垂直方向和倾斜方向 20°的运动时间。还有人(White and Eason,1962)考察了眼睛沿着水平方向运动不同距离时的潜伏期和运动时间,结果如表 1.3 所示。这一结果同表 1.2 的结果相似,运动时间随距离而增加。

表 1.3 眼睛水平方向运动的反应时间 (单位:ms)

运动方向		左 40°	左 20°	左 10°	右 10°	右 20°	右 30°
右眼	潜伏期	293	253	242	249	247	276
	运动时间	122	88	71	74	90	121
	总合	415	341	313	323	337	397
左眼	潜伏期	288	248	236	253	254	283
	运动时间	134	93	73	67	81	111
	总合	422	341	309	320	335	394

资料来源:荆其诚等,1987。

Yarbus(1967)的研究表明:在一般知觉情况下,眼睛跳动的距离通常不超过 20°。最小的眼跳动距离为 2~5 分度。当眼跳动距离为 20°时,其最快的速度为每秒 45°。此外,眼跳的持续时间随眼跳距离的变化而变化,对于小于 1°的眼跳,其持续时间为 10~20ms,当眼跳距离为 20°时,其持续时间为 60~70ms。还有的研究(Dodge and Benedict,1915; Miles,1924,1929; Miles and Laslett,1931)发现:眼球的跳动速度随被试的机体状态而改变,想睡觉的时候或喝酒后,眼动速度变慢。另有研究(Diefendorf and Dodge,1908)提出,对边缘视觉刺激的眼跳动平均反应时间是 195ms,个人平均数最短是 125ms,最长是 235ms。

以上介绍的内容主要是对成人的研究。但是,儿童眼动的特征和成人眼动有些不同。学龄前儿童在维持注视过程中显示出较高频率的微小眼跳和漂移;眼跳潜伏期通常较长,并且当扫视一个场景时,学龄前儿童眼跳的准确性通常低于成人。然而,儿童、成人甚至是婴儿的注视时间频率分配图(frequency distributions of fixation durations)都是相同的。虽然老年人注视时间频率的分配看上去和中年人的一样,但眼跳的潜伏期是随着年龄增加的。

(二) 眼跳潜伏期

在进行眼跳之前,需要时间去计划和实施它,这个时间即眼跳潜伏期(saccade la-

tency)。有研究表明,眼跳潜伏期至少要 150~175ms,眼跳的计划过程是与阅读的理解过程并行的。Rayner(1998)认为,关于眼跳潜伏期,有如下几个问题需要注意。

第一,计算眼睛在何时运动和向何处运动是独立的决策过程(separate decision processes)。第二,虽然在简单反应时实验中的眼跳被描述成是反射性的活动,但也有证据表明认知过程会影响潜伏期。第三,眼跳潜伏期的增加通常会使目标定位的准确性增加。第四,当眼跳瞄准的目标中包含有两个密切联系的元素时,第一次的眼跳会落在两个元素中间的某个位置上。如果其中的一个元素较长或强度较大(或较亮),那么眼跳就倾向定位于更靠近这个元素的位置。第五,当一个注视点先于一个目标的出现而消失时,潜伏期缩短。

三、追随运动

当我们观看一个运动的物体时,如果头部不动,为了使眼睛总是注视在这个物体上,眼睛就要追随这个对象移动。此外,还有一种眼球追随运动(pursuit movement)情况,即当头部或身体运动时,为了注视一个运动物体,眼球要做与头部或身体运动方向相反的运动。这时,眼球的运动实际上是在补偿头部或身体的运动,故这种眼动也称补偿眼动(compensatory movement)。上述两种追随眼动的目的都是使被注视物体的成像落在中央凹上。

眼追随运动的过程是怎样的呢?假设一个被注视的物体开始运动。物体的影像便离开中央凹,这时,眼球跳动一次重新注视它。如果被注视的物体继续运动,眼的跳动就变为追随运动。不过,追随运动很容易过快或过慢,因此需要眼跳进行校正,使追随运动回到目标上去。

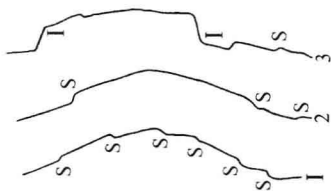


图 1.11 眼睛的追随运动

图 1.11 是 Dodge(1907)对被试眼睛追随钟摆运动的三个记录。记录的摄影胶片是上下运动的。当眼睛向右侧追随钟摆时,并不是完全平稳的追随运动,而是伴有许多微小的校正跳动 S。当钟摆被挡住时,眼睛基本上处于停顿的状态 I,追随运动被打断,视线落在后面,当钟摆再露出来时,眼睛就作出一次大跳动,再继续追随钟摆的运动。

在追随运动中,眼球运动速度和方向主要与所注视物体的速度和方向有关。但是当注视对象走得过远时,眼球追随到一定程度,就来一次跳动,把视线转回到起点,再注视新的对象,继续追随。

有研究表明,当物体运动速度为 50~55°/s 以下时,眼睛是以追随运动跟踪物体的,当物体的运动速度较快而看不清楚时,追随运动中便有眼跳参与。因为单纯靠追随运动不能保证对物体的清晰知觉。被注视的物体运动速度较快时,如果眼球跳动的方向和速度与物体运动方向和速度相一致,我们就会看清楚物体。眼睛跳动一次需要 40~50ms,约相当于 300°/s 的角速度。有时虽然眼的跳动速度比刺激物的速度大,但是在眼睛由追随运动改变为跳动的时候,可能有一个阶段眼动的速度与物体运动的速度相符合,从而为清楚地分辨物体创造条件,因为眼睛辨认简单的物体只需要几毫秒。

推荐读物

荆其诚,焦书兰,纪桂萍. 1987. 人类的视觉. 北京:科学出版社:40,41

杨雄里. 1996. 视觉的神经机制. 上海:上海科学技术出版社:3-23

Yarbus A L. 1967. Eye Movements and Vision. New York:Plenum Press:107-113

眼动名著简介

《眼动和视觉》

Eye Movements and Vision

本书由苏联学者 Alfred L. Yarbus 著,由 Basil Haigh Lorrin A. Riggs 翻译成英文,Plenum Press 1967 年出版。

目录

第一章 方法

第二章 对网膜相对静止的物体的知觉

第三章 注视固定物体的眼动

第四章 眼跳

第五章 对在空间变化固定物体位置的物体的眼动

第六章 知觉运动物体的眼动

第七章 知觉复杂物体的眼动

此书是在眼动研究历史上影响较大的一部著作。Yarbus 于 20 世纪五六十年代进行眼动研究。在眼动研究领域,他做了很多开创性的工作。他首次探讨了眼跳对复杂图形的加工。他发现眼动模式与观看的任务有关。在观看人面的眼动研究中,他发现人们集中注视的部位是眼睛、嘴。他还发明了吸盘,可以附着在眼睛上,借此记录人们的眼动。他的很多经典实验结果,至今仍然被人们所引用。

眼动名人堂

路易斯·埃米尔·贾瓦尔(Louis Emile Javal, 1839~1907 年),法国眼科专家,早年是一名土木工程师。1863 年改学医学,并于 1868 年在巴黎大学获得了学位。毕业后到了柏林,师从于奥尔波特。在普法战争中以医师身份在部队服役。1878 年成为索邦神学院眼科学实验室主任直至 1900 年。贾瓦尔在 45 岁时患了青光眼,由于手术不成功,1900 年双眼失明。在全盲的状态下他工作到最后一刻,死于胃癌。

贾瓦尔的研究主要集中于视觉缺陷方面,这与他自身患有青光眼及姐姐患有斜视有关。因对眼生理机制的研究及对斜视所做的治疗而闻名,对眼科治疗具有突出贡献。贾瓦尔和他的学生一起,发明了早期的角膜测量仪,命名为 Javal Schiötz Ophthalmometer,这一装置可用来测量眼角膜表面的曲度,也可用来测量散光的广度和轴心线。贾瓦尔在 1879 年发现,阅读时眼睛不是连续运动的,而是跳动的。被公认为 19 世纪末描述和使用“眼跳”的第一人。他对阅读中的眼跳现象极感兴趣,想通过观察后像来研究眼动,但发现

技术上极度困难。于是试图在眼部固定羽毛在烟鼓上进行记录,或在眼部固定小镜子记录其反射的光线。通过自己对眼跳的测量和理解,在此领域发表了一系列具有里程碑意义的论文。贾瓦尔在 1854~1939 年与他的助手一起研究了视觉与散光,在视追踪方面也作出了重要贡献。贾瓦尔也关注学校保健学,提倡世界语,强调这一语言对盲人的重要性。