

· 专家述评 ·

视觉功能与眼部相关疾病诊疗——深入探究的必要性

吕帆 邓如芝

【摘要】 视觉认知是对从眼经视路到大脑视皮层的信息进行处理的复杂过程,视觉功能的概念涵盖了来自眼的解剖结构、心理物理学和光化学、光电信息转换等研究领域的多种信息,具体参数包括视力、对比度视力、视野、色觉、双眼视觉、视觉认知等,除各参数之间本身相互影响外,各参数与眼科的生理和病理之间的关系复杂,联系密切,造成临床上对视觉功能研究及其应用方面的困难,以至于目前对视觉功能领域的认识可能存在一些误区。了解视觉功能的多元化特点,分析视觉功能与眼科疾病诊疗的关系具有重要的临床意义。建议深入研究视觉功能,提升眼科医师对临床相关眼科疾病和神经科疾病的诊疗水平。

【关键词】 视觉功能; 眼相关疾病/诊断, 治疗; 视觉认知

Relationship of visual function with the diagnosis and therapy of eye-related diseases——require for further research Lyu Fan, Deng Ruzhi. School of Ophthalmology and Optometry, Wenzhou Medical University, Wenzhou 325027, China

Corresponding author: Lyu Fan, Email: lufan@mail. eye. ac. cn

【Abstract】 Visual cognition is a comprehensive procedure of information processing from eyes, visual pathway through cerebral cortex. Visual function covers down multiple concepts of ocular structures, psychophysics, photochemistry and photoelectric information transformation, reflecting visual acuity, contrast visual acuity, visual field, color vision, binocular vision, visual perception and many other detailed parameters. Ocular abnormal status is reflected to certain visual function while visual function is various and anfractuons from kinds of ocular problems. These complex networks lead to some misunderstanding of research in the filed of visual function concept. An expatiation of the diversified visual function is helpful for us to integrate visual function and ocular ailment process. This paper tried to explicit some misconceptions, and accentuated the importance of clinical research around visual function for the diagnosis and treatment of eye diseases and nervous system diseases.

【Key words】 Visual function; Eye, diseases/ diagnosis, therapy; Visual cognition

眼是重要的感觉器官,外界物体反射的光线经过眼屈光系统后投射到视网膜上,视网膜将获得的视觉信息初步分析整合后传导至视皮层进行高级加工和分析,形成视觉认知。视觉认知是一个复杂的过程,一方面,眼的结构、光学特性、神经传递、信息处理等任何环节出现问题都会影响眼的视觉功能;另一方面,各种眼病很可能表现出类似的视觉功能障碍表象,使得对视觉功能的研究存在一定困难,但视觉功能是人们直接感受外界信息的能力,视觉功能的最终归属决定了眼科疾患的诊疗效率,因此,对视觉功能概念的理解及相关眼部疾患的深入研究具有十分重要的临床意义。

1 把握视觉功能多元性的特点,提升对问题根源的识别

视觉功能大致可以分为三类,第一类代表单眼视觉功能,如视力、对比度视力、像差、色觉、单眼视野等;第二类代表双眼平衡的视觉功能,如调节、辐辏、立体视、眼球运动等;第三类是代表更高层面的视觉功能,如视觉认知等。

1.1 以几何光学和物理光学为代表的眼视觉功能函数

第一类眼视觉功能的几个功能函数是根据眼的光学器官特性决定的。视力以视角来衡量,多借助几何光学阐述的眼球光学成像来表达视力与各种屈光问题,但视力问题也可由眼球本身的疾病所致。眼球光学成像的问题与光学因素有关,可通过矫正光学离焦的方法得到改善;而由眼球本身病变所致者,需解决疾病的根源。

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.001

作者单位:325027 温州医科大学附属眼视光医院

通信作者:吕帆,Email: lufan@mail. eye. ac. cn

普通的视力检测常利用黑白高对比度视力表,而实际生活中,人看见的物体处于不同背景中,即不同的对比度。将视角与对比度结合起来测定对各种不同空间频率图形下人眼所能分辨的对比度,能得出对比敏感度函数(contrast sensitivity function, CSF)。正常对比敏感度是眼球光学对比敏感度和神经视网膜系统对比敏感度的综合,不同特征的 CSF 的改变可产生不同的临床表现,如白内障早期由于晶状体的广角散射,会引起高频率对比度视力的下降,表现为一般视力检查正常,但生活中仍有视觉方面的困难;年龄相关性黄斑变性的患者在高中低各频率的 CSF 均受损;视觉皮层的问题早期即出现低频率 CSF 下降,并随着病情的进展而影响全频率的 CSF;某些屈光手术的患者可能由于术后角膜的改变影响角膜表面的均匀性,导致 CSF 下降^[1],出现阴天视物不清、夜间开车困难等症状。CSF 是重要的视觉质量的评估工具,CSF 的检测结果属于视觉功能综合表达的形式之一,还无法作为特定眼病的诊断指标,但能够帮助人们理解疾病的现象和产生的根源。

波前像差为实际波面与理想波面之间的差值,是光学领域描述光学成像的一个专有名词,眼球是一个精密的光学系统,因此眼球成像质量与像差的关联是综合考虑视觉质量的必然因素。像差分为低阶像差和高阶像差,屈光不正即为低阶像差的主要成分,多可通过光学配镜进行矫正;高阶像差,如球差、彗差等则难以矫正。像差是表达人眼成像质量的客观参数之一,早期白内障患者由于晶状体密度发生改变,使得像差增加,造成成像质量的下降;有研究也发现植入不同类型的人工晶状体所导致的像差不同,如环曲面人工晶状体植入后球差或残余散光会更低,术后视觉质量更好^[2]。一些屈光手术后的眼高阶像差显著增加,视觉质量下降^[3]。像差指标可以通过数学方法进行分解,能科学定性和定量地表述成像质量的优劣,如光学界面形态、屈光介质状态等,故可用于光学镜片的研究,包括框架眼镜、角膜接触镜、人工晶状体、玻璃体填充物等。近年来研究发现,近视眼的高阶像差高于正常人^[4-5]。像差可以作为评价眼球成像质量的指标之一,像差的检测和分析已成为眼科领域,尤其是近视发生和发展研究的一个重要辅助方法。

1.2 与神经系统相关的视觉功能

色觉是视网膜受不同波长光线刺激后产生的颜色感觉,包括颜色的色调、亮度和饱和度。色觉涉及物理、光学、解剖、生理等多个学科,非常复杂。目前有许多学说尝试解释色觉现象,比较重要的学说包括 Young-Helmholtz 学说、Hering 学说和近代的阶段学说,

但尚没有一种学说能完美地解释生活中各种色觉现象。Young-Helmholtz 学说认为视网膜具有分别感受红、绿、蓝三原色的 3 种感光视锥细胞,Hering 学说则认为颜色现象总是以白-黑、红-绿、黄-蓝这种成对的关系发生,即假定视网膜上有白-黑、红-绿、黄-蓝 3 对视素。近代的阶段学说综合前 2 种学说,认为色觉的产生分为 2 个阶段:第一阶段为视锥细胞层阶段,视网膜的 3 种视锥细胞选择吸收光线中不同波长的光辐射,产生相应的神经反应;第二阶段是信息传送阶段,即颜色信息向大脑传递过程中,不同颜色的信息重新组合、加工,形成四色应答密码,最后产生色觉。一种视锥细胞对波长敏感性异常时可能会出现色弱;对中波长或长波长敏感的视锥细胞缺失时可能出现红绿色盲;短波长敏感的视锥细胞缺失时可能出现黄蓝色盲。先天性色觉异常常为 X 染色体连锁遗传,而后天性色觉异常往往是由于视神经或视网膜疾病、颅脑疾病等引起,青光眼患者眼压升高可造成视神经损伤,从而导致色觉异常^[6]。色觉信号的神经传导通路是从视网膜神经细胞通过外侧膝状体到视觉皮层 V 区,近年来有关色觉与皮层 V4 区的通路研究发现,颜色敏感的神经元和形状、运动知觉也存在一定的联系^[7]。色觉异常者通常首先考虑其先天性的可能,诊断并不困难,但重要的是如何帮助他们改善生活和工作质量。该领域的研究已取得了实质性进展,如调整交通灯的红绿色谱及研制可调整色谱的框架眼镜片和接触镜等,但对于视锥细胞缺陷患者的相关研究仍存在较大困难。

视野是眼球固视时所能看见的空间范围,指中心视力以外的视力。视网膜感光细胞接受外界光线刺激后经光化学和光电反应通过双极细胞、神经节细胞传递到视神经,经过视交叉、视束、外侧膝状体、视放射到视皮质,形成视觉,视网膜及视路的解剖位置都有其相应的视野空间定位。视野检查的临床价值已得到认同,微视野计的运用也使得视野的定位更加精准,此外更多相关的功能性研究开始关注视野损伤者如何提升生活质量的问题,如对单眼盲患者进行视觉康复培训、关注头位对安全驾驶的影响及一些偏盲患者佩戴三棱镜以达到转向效果等,从而提高生活质量。

1.3 双眼协同的核心价值是立体视

双眼协同的功能函数为调节、辐辏、立体视。双眼的有效调节和辐辏是形成立体视的基础,二者相互作用,相互影响,调节可以引起调节性会聚,而眼球会聚也会引起辐辏性调节,临床上用调节和辐辏幅度、调节反应、调节灵活性、底向内/底向外融合力、调节集合/调节(accommodation convergence/accommodation, AC/A)

等参数来描述双眼视功能。可以看出,有关调节辐辏的参数呈系列性,临床上需综合分析。目前有很多的临床处理体系,如图形分析法、Morgan 分析法等。非斜视性双眼视觉异常即为此类功能异常性疾病,包括调节不足或过度、调节灵活度不足、调节疲劳、集合不足或过度、散开不足或过度、单纯的内外隐斜、融像范围异常等,出现眼部不适或疲劳等症状,大部分为调节或辐辏功能异常。这些概念和内容在我们的临床医学本科教育中很少涉及,但临床问题普遍存在,该领域的系统学习对于临床工作有指导意义。

1.4 心理物理学的综合视觉认知

视觉认知是一个光的接受、光化学处理和光电转导的复杂的、综合的过程。由于视觉认知对光线刺激和中枢的信息加工有双重依赖性,使得视觉认知具有心理物理学的特性,反映为感觉强度与刺激强度的对数成正比的定律。

视觉认知涉及眼球部分和大脑皮层 2 个部分的功能。20 世纪开展的视网膜的单细胞研究已经比较清晰地解答了视网膜的结构和各类细胞的基本生理功能,对视网膜细胞的感受野类型、信号的传递方式也有了基本的了解,而随着功能磁共振、经颅磁刺激等技术的兴起,大脑皮层部分的研究也取得了快速进展,视觉认知信息通路的腹侧和背侧通路、各功能区域的特征性处理功能是目前研究的热点,一些与视觉障碍有关的脑内疾病逐渐被认识,例如 Charles Bonnet 综合征患者可能是由幻肢综合征或视野缺损之后,其脑部对应区域异常放电等引起患者不活动时把一些简单的轮廓误认为动物或者小孩而出现视幻觉;面孔失认症可能是由于大脑梭状回受损或基因异常所致。

2 关注各种视觉功能之间的关联性

2.1 各种视觉功能间的相互联系

尽管各种视觉功能似乎特点鲜明,相对独立,但实际上其相互联系十分紧密,互为补充。例如视力所反映的是视觉分辨率,是整个视路正常的视觉功能表现,也是评判眼科疾病治疗效果的重要指标,但由于视力测定往往采用高对比度视力表,还不能完全反映真实的视觉质量。对比度视力正是对普通视力的补充,反映了整个眼球光学调制传递和视网膜神经传递的能力。无论是常规视力检测还是对比度视力检测,所表达的均为黄斑区视神经细胞的功能状况,而视野则是反映周边视网膜,主要是视杆细胞的功能,二者是表达患者主观成像质量的一种方式,而像差则是从客观上表达了眼球成像的质量,能够从另外一个角度来评判

眼球作为光学器官可能存在的光学问题。

代表双眼平衡的各视觉功能之间也有密切关联。调节可使眼实时、清晰地聚焦,老年人由于失去调节能力会出现近视力下降。低阶像差是调节的一种重要驱动线索,同时调节的改变同样导致像差发生变化,瞳孔、调节和像差之间有着相互制约的关系^[8-9]。正常的眼球运动是保证视力清晰稳定的必要条件,如先天性眼球震颤患者的其他视觉功能也会出现异常。调节和会聚之间也互为联动,调节异常往往也伴有聚散异常。立体视则是建立在其他视觉功能正常的基础上,如先天性白内障的婴幼儿由于早期视力不能正常发育,形成剥夺性弱视,其立体视也很难建立。

2.2 视觉功能的认识误区

2.2.1 用视力表检测的视力直接作为诊治指标的误区 应该认识到视力受到受检者经验判断能力的影响,低年龄儿童检测的视力低下可能与其认知尚未成熟有关,不可轻易地诊断为弱视。照明等环境因素对视力的检测也有较大影响,如近年来,随着计算机技术和电子产品的应用,电子视力表应运而生。尽管电子视力表具有视标设计及变化选择灵活、能够排除受检者记忆对检测结果的影响等优点^[10-11],但易受环境照明的影响,环境照明增加时,一方面受检者瞳孔缩小,焦深增加,另一方面视标的实际对比度下降,导致较大的视力波动。

视力作为眼部疾患诊治过程判断的重要参数,不能任意用一种视力表作为检测和统计依据。标准对数视力表可以避免其他视力表不能进行科学统计的问题,如缪天荣教授设计的对数视力表(GB11533-89)、EDTRS 视力表、Bailey-Lovie 视力表等,这类视力表中的视标从小到大增率为 1.258 925 4 倍,遵循视觉刺激按等比级数增加时,感觉按等差级数相应增加的 Weber 法则,有助于临床上作出合理的科学分析。

2.2.2 用像差作为视觉功能核心的误区 像差概念在眼科领域的广泛应用反映了眼科专业人员对眼作为光学器官和生物器官双重属性认知能力的提升,但有些学者将像差作为常规临床视觉检测项目或诊断复杂疾病的依据,夸大了像差的临床意义。Hartmann-Shack 像差仪的设计日趋成熟,提供了有效、客观的评价视觉质量的方法,但是像差,尤其高阶像差是表达眼球物理光学系统的参数之一,是我们研究眼球成像与某些视觉问题,如视觉质量与近视进展的方法之一,也提供了像差与消像差提高人眼视敏度的研究空间,但真实生活中由于光线、瞳孔、调节等因素的不断变化,像差也处于变化的状态中;其次,像差仪本身具有一定的系统误差,容易掩盖本身就偏小的高阶像差;此外像

差也并不能完全反映成像质量,一方面各阶像差值存在着相互抵消或加强的效果,另一方面像差仅反映眼球光学系统的误差,而成像质量需要考虑从视网膜到视皮层高级中枢的整合信息,因此仅通过矫正高阶像差来提高视力尚不现实。

2.2.3 将功能性疾病不当作病的误区 一些功能性眼病无器质性损伤。实际上,功能性视觉异常可引起很多症状,如视物疲劳、无法阅读、甚至引发全身症状,影响生活和工作。研究发现,普通人群中集合不足的患病率为 2.25%~8.30%,而 5~6 年级小学生中,其患病率可高达 13%,并且常伴有调节不足、外隐斜等其他双眼视功能的异常^[12],视疲劳、近距离用眼时出现复视是常见的临床症状。还有部分学龄儿童发生阅读时跳行、漏行等情况,可能是眼球运动功能障碍所引起^[13-14]。在中国,眼科医师已经开始重视这类问题,针对功能性眼病的研究也逐步展开,中华眼科学会眼视光学组专家多次提出功能性眼病的概念,呼吁大家关注功能性眼病并开展相关研究,把功能性眼病的诊治提升到关乎生活质量的高度。研究表明,中国青少年看远时内隐斜的患病率为 16.9%,外隐斜的患病率为 74%,而正位眼仅占 9.1%^[15]。虽然该研究的样本量小,正常人群也可能存在小角度的内外隐斜,但这项研究也反映出较多青少年的外隐斜度数已经超出了正常值。实际上,功能性眼病所造成的视觉功能障碍通过视觉训练多数预后很好,提高对相关眼病的认识可大大减少漏诊率和误诊率。对患者眼部无显著器质性病变,但矫正屈光不正后仍有视疲劳、视觉障碍、视物不适等症时,应考虑到双眼视功能异常的可能性。

2.3 视觉功能与临床诊疗研究的展望

充分理解各种视觉功能之间的联系能更好地判断眼科疾病的性质,从而制定合理的治疗方案。如角膜屈光手术和眼内屈光手术等,在减低近视度的同时也应考虑到患者看近的调节与辐辏需求会增加,应与患者沟通并设计合理的手术方式;在进行角膜屈光手术时,应充分考虑夜间瞳孔直径大小的变化和切削直径的大小,以减少由于像差增大造成像质量下降而给患者带来的困扰。此外,由于调节和聚散具有联动性,临床上斜视手术过程中需要充分考虑患者的调节聚散、AC/A 等参数变化及双眼的平衡等,将视觉功能设计纳入诊疗计划将成为我们在临床上进行系统思考的重要部分。

从光学成像到视路传导,再到中枢整合,最后发出支配冲动这一复杂的视觉功能的实现,正是由于视觉功能与认知自下而上的通路的存在。如何更好地掌控视网膜到视皮层通路的反应是方法学研究的方向,视

觉诱发电位、视网膜电图等功能检测及新兴的 fMRI 技术可以对特定的大脑皮层区进行准确定位,也能实时跟踪信号的改变。此外,视觉功能的检测也有助于对大脑皮层功能进行判断,这些研究还可延伸到许多其他医学领域,如神经科疾病^[16-17]。

视觉功能是眼球作为光学器官和生物器官所具备的独特而又重要的功能,其涉及的视觉内容多元,功能元素间交叉综合,与眼部疾患间发生直接或间接的关联,充分理解视觉功能与眼部生理以及视觉功能之间的相互联系才能更好地参与和推动相关的研究活动。

参考文献

- [1] Quesnel NM, Lovasik JV, Ferretti C, et al. Laser in situ keratomileusis for myopia and the contrast sensitivity function[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2004, 30(6): 1209-1218.
- [2] Agresta B, Knorz MC, Donatti C, et al. Visual acuity improvements after implantation of toric intraocular lenses in cataract patients with astigmatism: a systematic review [J/OL]. *BMC Ophthalmol*, 2012, 12: 41 [2015-05-09]. <http://www.biomedcentral.com/1471-2415/12/41>. doi: 10.1186/1471-2415-12-41.
- [3] Lee MJ, Lee SM, Lee HJ, et al. The changes of posterior corneal surface and high-order aberrations after refractive surgery in moderate myopia[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2007, 21(3): 131-136.
- [4] Collins MJ, Wildsoet CF, Atchison DA. Monochromatic aberrations and myopia[J]. *Vision Res*, 1995, 35(9): 1157-1163. doi: 10.1016/0042-6989(94)00236-F.
- [5] He JC, Sun P, Held R, et al. Wavefront aberrations in eyes of emmetropic and moderately myopic school children and young adults[J]. *Vision Res*, 2002, 42(8): 1063-1070.
- [6] Niwa Y, Muraki S, Naito F, et al. Evaluation of acquired color vision deficiency in glaucoma using the Rabin cone contrast test[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2014, 55(10): 6686-6690. doi: 10.1167/iovs.14-14079.
- [7] Conway BR. Color signals through dorsal and ventral visual pathways[J]. *Vis Neurosci*, 2014, 31(2): 197-209. doi: 10.1017/S0952523813000382.
- [8] Zhou XY, Wang L, Zhou XT, et al. Wavefront aberration changes caused by a gradient of increasing accommodation stimuli[J]. *Eye (Lond)*, 2015, 29(1): 115-121. doi: 10.1038/eye.2014.244.
- [9] Wang Y, Kruger PB, Li JS, et al. Accommodation to wavefront vergence and chromatic aberration[J]. *Optom Vis Sci*, 2011, 88(5): 593-600. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182112d99.
- [10] Yamada T, Hatt SR, Leske DA, et al. A new computer-based pediatric vision-screening test[J]. *J AAPOS*, 2015, 19(2): 157-162. doi: 10.1016/j.jaapos.2015.01.011.
- [11] Schlenker MB, Christakis TJ, Braga-Mele RM. Comparing a traditional single optotype visual acuity test with a computer-based visual acuity test for childhood amblyopia vision screening: a pilot study[J]. *Can J Ophthalmol*, 2010, 45(4): 368-374. doi: 10.3129/i10-034.
- [12] Rouse MW, Borsting E, Hyman L, et al. The Convergence Insufficiency and Reading Study (CIRS) group. Frequency of convergence insufficiency among fifth and sixth graders[J]. *Optom Vis Sci*, 1999, 76(9): 643-649.
- [13] Biscaldi M, Gezeck S, Stuhr V. Poor saccadic control correlates with dyslexia[J]. *Neuropsychologia*, 1998, 36(11): 1189-1202. doi: 10.1016/S0028-3932(97)00170-X.
- [14] Okumura T, Wakamiya E, Suzuki S, et al. Saccadic eye movements in children with reading disorders[J]. *No To Hattatsu*, 2006, 38(5): 347-352.
- [15] 于志强, 王晓瑛, 薛枫. Von Graefe 法测定近视青少年隐斜视[J]. *眼科新进展*, 2001, 21(4): 275-277.
- [16] Pinsk MA, Arcaro M, Weiner KS, et al. Neural representations of faces and body parts in macaque and human cortex: a comparative fMRI study[J]. *J Neurophysiol*, 2009, 101(5): 2581-2600. doi: 10.1152/jn.91198.2008.
- [17] Pinkhardt EH, Jürgens R, Lulé D, et al. Eye movement impairments in Parkinson's disease: possible role of extraparameric mechanisms[J/OL]. *BMC Neurol*, 2012, 12: 5 [2015-05-10]. <http://www.biomedcentral.com/1471-2377/12/5>. doi: 10.1186/1471-2377-12-5.

(收稿日期: 2015-05-20)

(本文编辑: 刘艳)