

屈光术后患者视感知觉功能的研究进展

章园佳 简嘉*

重庆医科大学附属第二医院

DOI:10.12238/bmtr.v7i1.11818

[摘要] 如今,随着人们对视感知觉功能的认识日益增强,视感知觉功能检查及治疗在临床和科研中的应用也越来越广。在屈光术前及术后,除了眼科和视光学常规检查外,视感知觉功能的检查也非常重要。视感知觉功能的缺陷极大影响患者屈光手术效果。因此,现在越来越多研究旨在揭示屈光术后视感知觉功能的变化。

[关键词] 视感知觉功能; 屈光手术; 立体视; 知觉眼位; 注视稳定性

中图分类号: R339.14+5 **文献标识码:** A

Research progress of visual perception function in patients after refractive surgery

Yuanjia Zhang Jia Jian*

The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University

[Abstract] Nowadays, with the increasing awareness of visual perception function, visual perception function examination and treatment are more and more widely used in clinical and scientific research. In addition to routine ophthalmology and optometry, the examination of visual perception function is also very important before and after refractive surgery. The defects of visual perception greatly affect the results of refractive surgery. Therefore, more and more studies are now aimed at revealing the changes of visual perception function after refractive surgery.

[Key words] visual perception function; Refractive surgery; Stereovision; Perceptual eye position; Fixation stability

引言

近视是造成远视力障碍的主要原因,近视已经成为一个全球性的问题。当前,关于近视成因的研究学说纷繁多样,其中两大主要因素被广泛探讨:遗传背景与环境条件。研究显示,遗传因素与环境因素之间存在着密切的相互作用,它们协同作用,共同促进了近视的产生与进展。近视的矫正方式有非手术方式和手术方式,其中,屈光手术可能会一劳永逸地纠正屈光不正,越来越受大家的喜爱。屈光手术是一种利用准分子激光技术对角膜中央、周边及局部组织进行精准切削,旨在通过调整角膜曲率和厚度来矫正屈光不正的有效手段。对于近视患者而言,术后能否享受到高质量的视觉体验,不仅依赖于视力的快速恢复,还需密切关注双眼视感知觉功能的改善情况。事实上,近视患者的双眼视感知觉功能常存在某些缺陷,如知觉眼位偏移加剧、注视稳定性下降、间歇性抑制现象以及精细立体视觉受损等。为确保近视患者在接受屈光手术后能够拥有健康的双眼视感知觉功能,进而在工作、学习和生活中获得更高的舒适度,越来越多的眼科医生开始重视术后对患者双眼视感知觉功能的评估。

1 视感知觉功能概念及机制

实现清晰的视觉感知是矫正近视的首要条件,然而,即便个体的双眼视力处于正常范围,其双眼的视功能也可能存在异常。人眼具有三级视功能,分别是同时视、融合、立体视,同时视功能构成了双眼视觉的基础,当双眼的黄斑区及其相关组织出现眼位偏斜或被抑制的现象时,双眼的同时视功能将会受到严重影响。融合功能在构建双眼视觉功能体系中扮演着至关重要的角色,并且是衡量双眼视觉功能状况的关键性指标。立体视功能则是在同时视功能与融合功能的基础上发展而来的高级视觉功能,它使个体能够有效地感知和分辨物体,并同时构建出三维空间感。

众多近视患者常伴有视功能缺陷,如调节功能紊乱和立体视觉功能受损等。部分近视术后的患者可能会经历视疲劳、早期近距离视物模糊等视觉不适症状,这些症状据研究显示,与术后调节功能的异常存在密切关联。然而,最新的研究视角揭示了一个更为复杂的机制:眼球的局部调节运动功能与大脑对视觉信息的整合功能并非孤立存在,而是紧密相连、相互影响的。眼球运动控制系统与视觉信息加工系统既各自独立运作,又通

过精细的整合与协调机制,共同维持着视觉功能的正常状态。依据双视觉系统理论,视网膜所接收的视觉信息大部分被送往丘脑背侧的外侧膝状体(LGN)进行深度处理,随后这些信息被进一步传递至大脑的初级视皮层(V1)进行初步加工。紧接着,这些信息被分流至两条并行且各司其职的信号通路:背侧通路与腹侧通路。背侧通路,源自视网膜的大神经节细胞,经由LGN腹侧的大细胞层传递信息,主要负责处理空间信息和动作感知,是运动视觉的核心通路,亦称“空间通路”或“where通路”^[1-3]。相对而言,腹侧通路则主要依赖于视网膜中的小神经细胞和双条纹神经节细胞的信息输入,与形觉和色觉紧密相连,参与物体的图形识别、形状认知等过程,并负责处理知觉视觉信息,因此被命名为“内容通路”或“What通路”^[1,4]。过往的研究已揭示这两条视觉通路之间存在着紧密的交互作用。特别是在以猴子为对象的实验中,研究者发现,在视皮层层面,腹侧通路的部分神经元同样受到运动知觉的调控,而背侧通路中也存在受形状知觉影响的神经元,这一发现为视觉与运动的整合理论提供了坚实的证据支持。

视感知觉功能主要依赖于双眼视觉信息收集后所进行的高级信息处理阶段。借助电子计算机的分析与模拟技术,我们能够模拟大脑神经网络信号的处理流程,从而更深入地理解这一过程。在这一理论框架下,视感知觉功能与调节功能共同构成了双眼视功能的两大核心组成部分。为了从新的维度评估视功能,视感知觉功能检查系统运用了神经生物网络原理来模拟大脑信号的处理,涵盖了知觉眼位、注视稳定性、抑制能力以及立体视觉等四项关键的双眼视功能检查指标。刘芸等人^[5]对低度近视患者进行了全面的检查,包括立体视觉、知觉眼位和注视稳定性等方面。他们惊奇地发现,尽管这些患者的视力通过矫正已经达到了最佳状态,但在脑视觉认知功能层面,他们仍然存在着明显的缺陷。此外,这项研究还揭示了一个新发现:近视的发生可能不仅受局部视网膜的调控,还可能受到脑视觉中枢的调控作用,这与传统认知存在显著差异。

2 视感知觉功能训练在屈光术后的应用

2.1 知觉眼位

知觉眼位(PEP)是赵等人在2014年提出的一个描述双眼对齐的新概念^[6]。知觉眼位是通过临床上先进的计算机控制感知检查和评估系统(即视感知觉训练系统)在分视状态下精确测量的一个指标,它主要用于评估固定视差和双眼视功能的状态。知觉眼位反映的是我们感知到的位置与实际物理位置之间的偏差。值得注意的是,即使个体的表现眼位看似正常,也可能表现出知觉眼位异常(PEP异常)。此外,知觉眼位还体现了在双眼分视状态下,视觉中枢对眼位分离现象的精确控制,是评估固定视差和双眼视觉功能的重要参数。从更深层次讲,知觉眼位的变化反映了大脑认知结构的调整,这种调整受到大脑对眼睛精确而复杂的中央控制机制的影响,知觉眼位可以评价中枢知觉功能受损害的状态和程度。知觉眼位的偏斜与双眼视觉功能的损害程度呈正相关,PEP的偏差越大,视觉皮层控制眼球位置的能力

越差。

众多研究^[7,8]已证实,眼位分离现象不仅存在于眼位正常的个体中,也可见于眼位检查正常但有屈光不正的个体,包括屈光参差弱视患者。进一步的研究深入揭示,近视离焦引起的视网膜图像模糊首先会大幅降低视觉质量,进而可能诱发双眼视觉缺陷,并最终导致知觉眼位的异常。知觉眼位的异常不仅严重影响双眼视觉和立体视觉的质量,还可能对青少年的日常学习和体育活动造成诸多不利影响。沈燕燕等人^[9]的研究发现,轻度、中度和高度近视患者的水平知觉眼位均存在显著偏差,提示水平知觉眼位的偏差可能与近视的严重程度密切相关。然而,Cheng Yang等人^[10]的研究却得出了相反的结论。他们观察到,不同程度的屈光参差患者在水平知觉眼位上的偏差并无显著差异,而垂直知觉眼位的偏差则可能与屈光参差的严重程度存在一定关联。他们推测,这种垂直知觉眼位的偏差可能源于视觉发育过程中严重的屈光不等所导致的双眼去相关或中央凹抑制现象。向爱群等人的研究^[11]则进一步揭示了SMILE手术对患者眼位的影响。他们的研究表明,在接受SMILE手术的患者中,术后1个月和3个月时的垂直眼位相较于术前有所改善,而水平眼位在术前与术后均未发生显著变化。这一发现暗示我们,控制水平眼位与垂直眼位的视觉中枢区域可能存在差异,并且在SMILE术后早期,调控垂直眼位的视觉中枢区域可能经历了功能上的积极改善。

2.2 注视稳定性

注视稳定系统是人体平衡功能组织系统不可或缺的一部分,与姿势稳定系统相互协同,共同维持身体的平衡与稳定。注视稳定性,即双眼能够持续保持注视方向不变的能力,不仅体现在大范围稳定注视上,还体现在对注视中心小区域的精细稳定控制上^[5]。眼球通过扫视运动,迅速将视网膜中央凹(高分辨区域)对准目标物体,从而实现清晰稳定的视觉。然而,扫视过程中图像在视网膜上的间断呈现,并未影响我们视觉感知的连续性和稳定性,这得益于内部神经元信号的复制机制,该机制能够将间断的视网膜图像转化为稳定连续的视觉体验。这一过程在大脑中的传播路径复杂,涉及从上丘到内侧背丘脑区域,再到额叶眼动区(FEF)的传递,被称为扫视伴随发送理论(Saccadic Corollary Discharge)。对于双眼视功能正常的人来说,当注视目标与视觉方向发生相对移动时,他们能够通过灵活移动眼睛来稳定注视方向,确保视锐度不受影响。注视稳定性反映了大脑对眼球的精准控制能力。此外,双眼注视目标时还会产生一系列细微且非自主的眼球运动,如微扫视、漂移和微动等,这些运动统称为注视性眼球运动,它们对注视稳定性具有重要影响。视功能异常的人群在感知物体位置和深度时,可能会遇到偏差,这种偏差往往会导致注视不稳定现象的出现。为了准确量化这种注视稳定性问题,我们引入了动态视锐度这一关键指标。动态视锐度衡量的是在观察者与视觉目标之间发生相对运动时,观察者清晰分辨物体细节的能力。众所周知,人眼视网膜上的中心凹区域是视锥细胞感受器最为密集的部位,当视觉焦点落在这里时,

人们能够获得最佳的视锐度表现。然而,一旦物体位置的变化超出了中心凹视角的微小范围,视锐度就会显著下降。在向爱群等人的研究中^[12],他们发现接受SMILE手术的患者在术后注视稳定性的正常率呈现上升趋势。这一重要发现不仅表明SMILE手术有助于术后视力的恢复,还可能通过提升立体视觉功能来增强大脑对眼球运动的控制能力,从而进一步改善注视稳定性。

2.3 抑制

双眼间抑制是双眼视觉信息处理中的一个核心现象,它具体表现为在视觉信息处理流程中,一只眼睛的视觉信息会被系统抑制或忽略,以确保仅来自另一只眼睛的信息能够畅通无阻地进入视觉系统,从而有效防止视觉信息的混淆和误解。这一复杂而精细的现象与生物视觉系统中错综复杂的神经回路紧密相连,其具体的发生区域被科学家认为位于近外侧皮质下的特定区域。在正常生理状态下,当双眼接收到的视觉信息不一致时,视觉系统会自动做出选择,抑制来自较弱眼睛的信息,而优先处理来自较强眼睛的信息。然而,值得注意的是,有研究表明,阅读障碍患者在阅读过程中更容易遭遇双眼间抑制的困扰。这可能是由于阅读任务需要眼睛进行精确的图像定位,而双眼间抑制的干扰可能影响了这一过程的顺利进行,进而对阅读表现产生不利影响。此外,双眼间抑制还可能对视敏锐度产生不良影响,导致视敏锐度出现波动。这种波动可能会进一步引发不同的单眼图像叠加现象,从而影响视觉体验。然而,尽管双眼间抑制在视觉信息处理中扮演着重要角色,但目前关于其机制的研究仍然相对匮乏。

2.4 立体视

立体视是一种高级视觉功能,它依赖于视觉刺激和双目视觉信息,并随着个体出生后视觉经验的不断积累而逐步发展。对于人类而言,立体视的发展尤为关键,其关键时期大约在出生后3个月,随后迅速成长,至8至12个月时达到成熟阶段。此后,立体视力会持续稳步提升,直至至少3岁,达到更为完善的水平。立体视是指视觉器官精确判断物体在三维空间中位置的能力。依据不同的分类标准,立体视展现出多样化的类型。以物体的运动状态为基准,立体视可被划分为动态立体视与静态立体视。动态立体视涉及外界物体运动时,双眼捕捉到物体在运动方向、速度及大小上的差异,这些差异激活大脑中的相对方向选择性神经元,从而产生立体感知。相比之下,静态立体视则发生在两眼同时注视同一静止物体时,由于视网膜上成像位置的不同而引发的立体感知。此外,根据视差的大小,立体视还可进一步细分为粗糙立体视(亦称大范围立体视)和精细立体视。而从视差处理机制的角度来看,立体视又能被区分为轮廓整合立体视和随机点立体视。除此之外,还存在颜色立体视、拥挤立体视等其他类型,其中拥挤现象指的是在周围物体存在时,对目标物体的识别能力出现下降,即原本可单独清晰识别的字符,在周围被其他字体或轮廓紧密包围时变得难以辨认,这反映了附近轮廓对目标视标产生的抑制性效应。值得注意的是,向爱群等人的研究^[13]指出,在高度近视患者中,静态立体视相较于动态立体视有着更为

显著的改善。其中,大范围立体视主要负责感知大视差和复视图像,它与处理低空间频率差异和运动信息的大细胞通路紧密相关,在立体视觉中扮演着重要角色。

吴章友等人^[14]的研究聚焦于接受LASIK手术的屈光参差患者,通过远、近立体视觉检查发现,手术能够显著帮助立体视觉异常的近视患者,在裸眼状态下重新获得或改善其立体视觉功能。进一步地,黄静和卢炜^[15]的前瞻性对照研究显示,与术前相比,近视性屈光参差患者在LASIK手术后,其双眼融合功能以及远、近立体视均实现了统计学上的显著改善,且这种改善效果优于佩戴框架眼镜的患者。此外,中南大学湘雅医院的研究团队也报告称,SMILE手术后的患者,其Titmus立体视和高能量RDK动态立体视相较于术前有所改善,而低速RDK动态立体视则经历了一个先改善后轻微下降的过程。在国外研究方面,Singh等^[16]同样发现LASIK能明显改善近视患者的远近立体视功能。Phillips的研究也显示,LASIK术后患者的立体视恢复比例有所增加^[17]。然而,也有研究持不同观点。Zarei等^[18]的研究发现,PRK术后3个月和6个月的立体视视锐度较术前显著降低。Sarkar等^[19]的研究则指出,直至术后6个月,PRK和LASIK术后立体视仍持续恶化,而SMILE术后立体视则较术前有显著提高,这与前两项研究结果存在差异。综上所述,虽然多数研究表明LASIK和SMILE手术能够改善或恢复患者的立体视觉功能,但也有研究指出术后立体视可能受损,尤其是PRK和某些情况下的LASIK手术。因此,对于术后立体视觉的恢复情况,仍需进一步的研究和观察。

3 结语

近视作为眼科领域的热点研究问题,其病因、发病机制、治疗方式以及双眼视功能的改变等方面均取得了显著的进展。特别是随着视感知觉研究在临床上的深入应用,为屈光不正手术后的视感知觉功能改善提供了全新的治疗手段。然而,尽管取得了这些成就,我们仍面临许多亟待解决的问题,需要持续进行深入的探讨和研究,如屈光术后视感知觉功能改变的具体机制、影响感知觉功能训练效果的因素等。屈光术后视感知觉功能变化的研究有助于指导屈光手术,具有重要的临床意义。

[参考文献]

- [1]Chen Q, Garcea F E, Mahon B Z. The Representation of Object-Directed Action and Function Knowledge in the Human Brain[J].Cereb Cortex,2016,26(4):1609-1618.
- [2]Lamme V A,Super H,Spekreijse H.Feedforward, horizontal, and feedback processing in the visual cortex[J]. Curr Opin Neurobiol,1998,8(4):529-535.
- [3]Skottun B C. A few remarks on the utility of visual motion perception to assess the integrity of the magnocellular system or the dorsal stream[J]. Cortex, 2016, 79: 155-158.
- [4]Tooth R B H,Nasr S.Columnar Segregation of Magnocellular and Parvocellular Streams in Human Extrastriate Cortex

- [J].J Neurosci,2017,37(33):8014-8032.
- [5]刘芸,何花,阎丽,等.低度近视青少年的脑视觉认知功能评估(英文)[J].国际眼科杂志,2020,20(1):9-15.
- [6]Zhao G, Lu W, Yan L, et al. The study of perceptual eye position and gaze stability of the children with normal visual acuity.Ophthalmol CHN 2014;23:312-5.
- [7]赵国宏,卢炜,阎丽,等.正常视力儿童知觉眼位及注视稳定性状况的调查[J].眼科,2014,23(5):312-315.
- [8]孙国荣,陈忠飞,石秋梅,等.青少年近视进展与双眼视功能缺损关系研究[J].临床眼科杂志,2018,26(3):259-261.
- [9]向爱群,杜凯旋,吴小影,等.高度近视SMILE和FS-LASIK术后早期局部调节和中枢视感知觉功能变化.中华眼视光学与视觉科学杂志,2021,23(8):561-569.
- [10]Lin N, Lu W, Sun AL, Yan L, Zhang LG, Liu J, Wu DP. Perceptual eye position and gaze stability of the children with amblyopia.Ophthalmol CHN 2014;23(6):417-419.
- [11]James C, Rebecca AB, Wilsaan MJ, et al. Saccadic Corollary Discharge Underlies Stable Visual Perception[J].J Neurosci,2016,36(1):1-42.
- [12]向爱群,杜凯旋,吴小影,等.高度近视SMILE和FS-LASIK术后早期局部调节和中枢视感知觉功能变化[J].中华眼视光学与视觉科学杂志,2021,23(8):561-569.
- [13]Xiang A, Hang C, Wu X, et al. Detection of Static and Dynamic Stereopsis after Femtosecond. Laser Small Incision Lenticule Extraction for High Myopia[J].J Ophthalmol, 2021, 2021:6667263.
- [14]吴章友,潘红飙,万川.近视性屈光参差LASIK前后立体视觉的评价[J].中国实用眼科杂志,2008,26(9):956-959.
- [15]黄静,卢炜.准分子激光原位磨镶术矫治近视性屈光参差对双眼视觉的临床观察[J].中华医学杂志,2009,89(36):2561-2564.
- [16]Singh D, Saxena R, Sinha R, et al. Stereoacuity changes after laser in situ keratomileusis [J]. Optom Vis Sci, 2015, 92(2):196-200.
- [17]Phillips C B, Prager T C, McClellan G, et al. Laser in situ keratomileusis for treated anisometropic amblyopia in awake, autofixating pediatric and adolescent patients[J]. J Cataract Refract Surg,2004,30(12):2522-2528.
- [18]Zarei-Ghanavati S, Gharaee H, Eslampour A, et al. Stereoacuity after photorefractive keratectomy. in myopia[J]. J Curr Ophthalmol,2016,28(1):17-20.
- [19]Sarkar S, Bharadwaj S R, Reddy J C, et al. Longitudinal Changes in Optical Quality, Spatial Vision, and Depth Vision after Laser Refractive Surgery for Myopia[J]. Optom Vis Sci, 2020,97(5):360-369.

作者简介:

章园佳(1996--),女,汉族,四川泸州人,在读研究生,主要从事视感知觉功能及屈光的研究工作。