

# 基于神经可塑性的视感知觉训练与视觉功能 康复

杨 凤<sup>1</sup>, 崔 凌<sup>2\*</sup>, 陆黄鹂<sup>3</sup>

<sup>1</sup>右江民族医学院研究生学院, 广西 百色

<sup>2</sup>广西壮族自治区人民医院眼科, 广西 南宁

<sup>3</sup>广西医科大学研究生学院, 广西 南宁

收稿日期: 2026年4月22日; 录用日期: 2026年5月16日; 发布日期: 2026年5月26日

## 摘 要

视感知觉训练是一种基于大脑神经可塑性理论的眼科临床康复手段, 通过设计重复、系统的个性化视觉任务, 激活并重塑视觉皮层及其相关的神经通路, 从而改善视觉功能。本文首先阐述了视感知觉训练的理论基础, 在此基础上系统综述了该训练在斜弱视、青光眼、屈光不正、眼底疾病及老年视觉功能下降等领域的临床应用价值。研究表明, 成人大脑皮质仍保留神经可塑性, 视感知觉训练为全生命周期的视觉康复提供了有效策略。

## 关键词

视感知觉训练, 神经可塑性, 视觉功能康复, 知觉学习

# Neural Plasticity-Based Visual Perceptual Training and Visual Functional Rehabilitation

Feng Yang<sup>1</sup>, Ling Cui<sup>2\*</sup>, Huangli Lu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Youjiang Medical University for Nationalities, Baise Guangxi

<sup>2</sup>Department of Ophthalmology, People's Hospital of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Nanning Guangxi

<sup>3</sup>Graduate School of Guangxi Medical University, Nanning Guangxi

Received: April 22, 2026; accepted: May 16, 2026; published: May 26, 2026

\*通讯作者。

文章引用: 杨凤, 崔凌, 陆黄鹂. 基于神经可塑性的视感知觉训练与视觉功能康复[J]. 临床医学进展, 2026, 16(5): 2433-2439. DOI: 10.12677/acm.2026.1652053

## Abstract

Visual perceptual training is an ophthalmic rehabilitation method based on brain neural plasticity. By designing repetitive, systematic, and individualized visual tasks, it activates and reshapes the visual cortex and its related neural pathways to improve visual function. This review first elucidates the theoretical basis of visual perceptual training, namely, neural plasticity and perceptual learning. On this basis, it systematically summarizes the clinical application value of this training in conditions such as strabismus, amblyopia, glaucoma, refractive errors, fundus diseases, and age-related visual decline. Research indicates that significant neural plasticity persists in the adult cerebral cortex, positioning visual perceptual training as an effective strategy for visual function rehabilitation across the lifespan.

## Keywords

Visual Perceptual Training, Neural Plasticity, Visual Functional Rehabilitation, Perceptual Learning

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

视觉功能障碍是斜视、弱视等常见眼科疾病的核心损害，它的影响不仅限于视力下降，更涉及立体视觉、融合功能及视觉信息处理效率等高级视功能损害。以往光学矫正、药物和手术等传统的眼科干预手段主要矫正眼球的屈光介质或复位异常的解剖结构，但对于已经形成的视觉皮层功能异常，这些传统治疗手段的改善作用往往有限。研究表明，我们的大脑神经系统具有可塑性[1]，这一理论基础为视觉康复提供了新视角。基于此，以“神经可塑性”为核心的视感知觉训练技术应运而生。视感知觉训练是一种非侵入性操作，具有避免手术风险和降低治疗成本的优势，在视觉功能康复治疗上具有推广价值。本文旨在系统阐述视感知觉训练的神经可塑性基础，并系统总结其在各类视觉障碍疾病临床康复中的应用进展，以期对视感知觉训练的推广应用提供理论依据与实践参考。

## 2. 视感知觉训练的理论基础

神经可塑性是指大脑在整个生命周期中依据外界刺激或经验，对传入的信息进行分析、回应及整合，并建立起新的神经连接，在结构和功能上发生适应性改变的能力[2]。这一特性并不局限于发育早期的敏感期，成人脑同样保持有一定程度的可塑性潜力，是视感知觉训练得以奏效的根本生物学基础。知觉学习[3]是神经可塑性的具体体现，指通过反复练习特定的感知任务，使大脑的感知辨别能力持久提升，对视觉信息的加工能力发生相对持久且稳定的变化。重复的视觉刺激可诱导视觉皮层(尤其是初级视觉皮层 V1 区)发生长时程增强[4]，增强垂直和水平连接上的突触传递[5]，强化特定视觉特征对应的突触传递效能[6]，增强特定视觉通路的信号传递效率。此外，知觉学习可以通过局部感受野的变化诱导早期视觉皮层发生可塑性重组[7]。视感知觉训练将知觉学习理论应用于临床，通过设计特定、重复的视觉任务训练，激活并强化相关的突触连接，引发从视网膜到皮层各级水平的神经重组，从而实现视觉功能的临床康复[8]。基于这一理论基础，视感知觉训练能够针对不同视觉功能障碍的特点，制定个体化的训练方法，

在多种眼科疾病的康复治疗中展现出积极效果。

### 3. 视知觉训练在临床中的应用

#### 3.1. 促进斜视术后功能康复

斜视往往会导致双眼输入不对称,进而触发大脑的主动抑制机制,削弱斜视眼的信号输入。这一机制虽然能避免复视,却破坏了双眼视觉整合所必需的信号一致性,导致依赖于此的各级视觉皮层发育异常,最终表现为同时视、融合功能及立体视等高级功能的系统性缺陷[9]。斜视矫正术后患者常存在视觉感知层面异常,并伴随眼位回退现象[10]。斜视术后视功能的恢复依赖于大脑对双眼信息整合能力的神经重塑,视知觉训练利用这一可塑性,引导大脑重建双眼信号平衡。李任达等的研究结果显示,无论在非手术治疗还是手术方式治疗,辅以视觉训练均能够有效控制斜视度的增长并改善双眼视功能,同时还能降低手术后患者眼位回退的几率,提高手术成功率[11]。孟昭君等对大龄儿童及成年斜视术后患者进行视知觉训练,发现该训练可帮助患者在知觉水平上获得更稳定的眼位控制并更好地重建远立体视功能[12]。杨丽伟等人的研究进一步指出,斜视患者术后联合视知觉训练或传统双眼视觉训练,均能改善其近立体视功能与眼位稳定性;其中视知觉训练能针对性设置个体化的视觉刺激训练,更有效地激活并重塑大脑皮层处理立体视高级信号的神经通路,因此在改善患者的视空间扭曲度和水平偏移方面具有更为显著的效果[13]。

#### 3.2. 解除弱视抑制与重建双眼视觉

弱视与大脑视觉皮层的发育异常有关,双眼视物时弱视眼的视觉信号输入在视觉皮层处理的早期阶段即被抑制,大脑皮层只处理来自主视眼的视觉信息,导致弱视眼视觉敏锐度丧失及对对比敏感度下降、立体视功能缺陷等多种视觉异常[14]。拥挤是弱视的核心视觉缺陷特征之一,它是一种重要的空间抑制现象,指患者在多个视觉元素密集排列的拥挤视觉环境中对目标物体识别困难,导致视觉感知受限的现象[15]。视知觉训练利用知觉学习诱导的神经可塑性,通过高强度、针对性的视觉刺激,反复激活弱视眼的视觉通路,帮助大脑皮层重新建立和优化其神经连接,解除弱视的单眼抑制并重建双眼协同,使单眼主导的视觉信息处理模式转变为双眼协同的模式,从而达到治疗弱视的目的[16]。Barollo 等基于对比度检测任务的知觉学习研究发现,经过一段时间的训练,患者的对比敏感度和视力均得到显著提高,中心凹拥挤现象也有所减轻,且在 5~7 月的随访中发现,这些学习效果不仅得到完全保持,部分功能指标还呈现出进一步改善[17]。李丹丹等人的研究表明,视知觉训练能够提供持续性、充足的强烈刺激,并精准定位神经系统问题区间,反复兴奋弱视患儿的视觉系统,可增强视觉细胞的灵敏度,促进视觉神经突触间的信号传递,有助于重建视觉神经传输网络,最终有效改善患儿的视力[16]。郑欣华等人的研究结果显示,视知觉综合训练能够促进双眼视觉功能的重建,对视觉敏感度、立体视及双眼融象功能等可产生积极作用[18]。此外,传统弱视治疗方法(如遮盖健眼)仅在视觉发育的关键期有效,成年患者因视觉通路已固化,治疗效果有限。Consorti 等人[19]在成年弱视大鼠模型研究中发现,双眼视觉条件下的视知觉学习有助于诱导成人视觉皮层的神经可塑性,促进成年弱视在视觉发育关键期结束后恢复,该训练不仅显著提升视力和立体视觉,还修复了双眼方向偏好的匹配能力,为成年弱视治疗提供了新方向。研究表明成人大脑中仍存在一定程度的神经可塑性,通过特定的视觉任务训练后,成人弱视患者的视力可得到提高[20]。另一研究表明[21],视知觉训练能够显著提升视觉发育异常的成年人的立体视锐度,证实视知觉训练对立体视功能的积极影响,为成人弱视治疗提供新方向。

#### 3.3. 优化眼底疾病的视觉功能障碍

黄斑变性是一种影响中央视力的视网膜疾病,视觉缺损表现为完全的中央凹暗点,主要与黄斑区感

光细胞的萎缩并影响与中心凹相关的皮层区域有关。黄斑变性导致的中央视力丧失导致精细视觉功能障碍,严重影响许多依赖高级视觉功能的日常活动,如阅读、驾驶、面部识别、面部表情理解、场景识别和行动能力等,这些限制常导致患者生活质量下降[22]。黄斑变性患者常采用补偿策略,在受损视网膜区域外形成一个偏心固定点来代替中心凹并主要依赖其周边视力及视野,但周边视力的特征是视力和注视稳定性较差以及存在较大的拥挤区域,很难恢复正常的视觉功能[23]。视感知觉训练利用神经可塑性原理,帮助患者重新组织残存视网膜-皮层通路的功能连接,优化视网膜-皮层通路的处理效率,帮助患者形成稳定高效的偏心注视点,增强残存视功能的利用率[22]。Maniglia 等对黄斑变性的患者进行视知觉训练后发现,训练不仅能改善患者的对比敏感度及近视力,还能减轻拥挤效应并提高阅读速度[23]。李慧丽等的研究表明,视感知觉训练有助于黄斑变性患者形成稳定的旁中心注视,进一步帮助患者更好地利用残余视力[24]。视网膜脱离也是一种常见的严重急性致盲性眼病,虽然手术后脱离的视网膜可以得到良好的解剖复位,但手术后患者仍可能会出现色觉变暗、矫正视力不佳、视物变形、融合及立体视觉障碍等功能性问题。对视网膜脱离的动物研究发现,视网膜具有显著的重塑能力[25]。Yan 等对视网膜脱离外复位术后的青少年患者进行 6 个月的视功能训练后发现视功能训练可有效促进视网膜复位术后视功能恢复[26]。

### 3.4. 激活青光眼的残余视觉功能

青光眼是一种进行性视神经病变,其主要特征是视网膜神经节细胞进行性不可逆性凋亡,导致视觉通路的破坏,从而引起视野缺损和视力下降[27]。在部分青光眼患者中,视觉通路并未完全损伤,视野损伤区仍残留部分未损伤区域,残余视觉区域包含病灶未损伤的神经纤维,这些纤维可激活可塑性皮质,这可能是青光眼患者存在视神经可塑性的基础[28][29]。基于大脑皮层的神经可塑性,通过针对性设计的视感知觉训练,可以激活残余视野区的潜在神经通路并加强突触连接,重建视觉神经功能[28]。Sabel 等的研究表明,视觉感知训练可诱导大脑可塑性,重复激活残余视力,提高视野检测敏感性并缩短反应时间,训练后患者能更灵敏地察觉到视觉刺激,反应速度也更快,改善视野缺损[30]。另有研究表明,视觉感知可塑性训练可增加青光眼患者黄斑区视网膜神经节细胞复合体的厚度,并改善相应区域的黄斑功能[31]。赵璧等研究发现青光眼患者通过视觉训练联合卡替洛尔滴眼液治疗后其动态立体视、粗糙立体视、精细立体视恢复比例高于单纯使用卡替洛尔滴眼液者[32]。

### 3.5. 调节屈光不正与视疲劳

随着科技的发展及电子产品的普及,近年来近视及视疲劳患者日益增多,儿童及青少年近视问题也得到人们的关注和重视。视感知觉训练通过设计一系列针对性的视觉刺激活动,可有效改善大脑对视觉信息处理和加工能力,优化双眼协调和调节功能,进而减少视觉疲劳,并有助于控制近视的进展[33]。研究表明,视感知觉学习可显著改善近视患者的视力及对比敏感度[34]。张蕾等研究发现,阿托品联合视感知觉训练能有效改善近视性屈光不正儿童的裸眼视力及屈光度,并显著纠正其水平知觉眼位偏移[33]。张玉贤等通过对 6~8 岁低龄近视儿童给予视感知觉训练的临床研究发现,视感知觉训练能够改善中高近视患儿的双眼视功能及屈光度,并提高裸眼视力[2]。

### 3.6. 改善老年视觉功能

许多视觉功能在正常衰老过程中会下降,研究表明这与跌倒风险增加、跌倒伤害、死亡率以及健康相关生活质量下降相关[35],随着全球人口老龄化的增加,这一现象引起了越来越多的关注。大多数老年人的视觉功能下降归因于视觉皮层的功能退化,在衰老的视觉系统仍保留有神经系统可塑性,通过针对

特定视觉感知任务的重复训练,可以精炼某些皮层区域的神经反应特性,这些神经生理变化构成感知学习后行为表现改善的神经基础[36]。基于此,视觉感知学习可能是老年人缓解年龄相关视觉衰退和视觉恢复的有效干预措施,这个结论得到了多个研究结果支持:接受两天视感知觉训练后的年长患者在纹理辨别能力上显著改善,达到与年轻成人相当的表现水平[37];视感知觉训练可以有效改善老年人的运动辨别能力[38];通过视感知觉训练,老年人的对比敏感度及近视力得到提升[39],视感知觉训练可提升老年人的空间对比敏感度和视力[36]。

#### 4. 视感知觉训练的未来展望

随着研究的深入及眼科技术的发展,视感知觉训练正逐步广泛应用于临床康复实践中,并在多种视功能障碍性疾病的康复治疗中取得积极效果,推动眼科康复从传统的训练及手术模式,向以“神经可塑性”为核心的功能重塑模式转变。目前,临床上视感知觉训练主要应用于儿童弱视及斜视术后的康复训练上。展望未来,其发展将绝不限于此,现有的研究数据进一步表明,视感知觉训练的应用范畴将会持续拓宽。然而,要实现视感知觉训练的精准化和效能最大化,未来的研究不应停留在其有效性验证层面,而应着力于以下几个具体、可操作的方向,以推动该领域的实质性进展:一、个性化训练方案的制定与优化。视感知觉训练方案不是标准的模式化方案,应根据患者个体差异进行精准干预,未来可利用机器学习算法构建模型,预测不同患者对特定训练任务的训练应答,从而为个体定制最优的训练参数(如刺激对比度、空间频率、训练时长与频率等)。二、与前沿技术融合应用。为提高训练效果和患者的依从性,应积极探索视感知觉训练与新兴技术的结合应用。已有研究发现,基于虚拟现实(VR)/增强现实(AR)的设备能在低视力人群中实现视野扩展和视力提升[40],也可提升斜视术后患者的立体视[41],但现有研究存在缺乏针对明确人群的对照研究、样本量小等局限性使得评估这些设备的真实影响变得困难,未来研究应针对这些局限性开展更为严谨的研究。三、高质量的转化研究。目前多数研究为小样本、单中心、短期随访的研究,未来需开展多中心、大规模、随访周期长的随机对照试验,如设计阳性对照组(如传统遮盖疗法等与视感知觉训练)或安慰剂对照组(进行同样时长但无特定视觉训练任务的游戏等),以排除安慰剂效应和自然恢复的影响,为视感知觉训练的应用提供坚实可靠的循证依据,推动其发展和应用。未来,视感知觉训练将不断创新发展,使眼部疾病不只单纯致力于解剖治愈,更追求视觉功能的最大化重建与提升,为患者带来更清晰、更舒适的视觉体验。

#### 参考文献

- [1] 张震英, 闫小艺, 田春雨. 视感知觉训练对不同类型和程度弱视儿童的疗效观察[J]. 中国中医眼科杂志, 2019, 29(6): 451-454.
- [2] 张玉贤, 张铁英, 卢艳华. 视感知觉训练对 6~8 岁低龄近视儿童双眼视功能的影响[J]. 医学理论与实践, 2023, 36(14): 2498-2500.
- [3] Gibson, E.J. (1963) Perceptual Learning. *Annual Review of Psychology*, **14**, 29-56. <https://doi.org/10.1146/annurev.ps.14.020163.000333>
- [4] Cooke, S.F. and Bear, M.F. (2014) How the Mechanisms of Long-Term Synaptic Potentiation and Depression Serve Experience-Dependent Plasticity in Primary Visual Cortex. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, **369**, Article 20130284. <https://doi.org/10.1098/rstb.2013.0284>
- [5] Sale, A., De Pasquale, R., Bonaccorsi, J., Pietra, G., Olivieri, D., Berardi, N., et al. (2011) Visual Perceptual Learning Induces Long-Term Potentiation in the Visual Cortex. *Neuroscience*, **172**, 219-225. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2010.10.078>
- [6] Schoups, A., Vogels, R., Qian, N. and Orban, G. (2001) Practising Orientation Identification Improves Orientation Coding in V1 Neurons. *Nature*, **412**, 549-553. <https://doi.org/10.1038/35087601>
- [7] Bao, M., Yang, L., Rios, C., He, B. and Engel, S.A. (2010) Perceptual Learning Increases the Strength of the Earliest Signals in Visual Cortex. *The Journal of Neuroscience*, **30**, 15080-15084.

- <https://doi.org/10.1523/jneurosci.5703-09.2010>
- [8] Consorti, A. and Sale, A. (2025) How Perceptual Learning Rewires Brain Connectivity: Lessons from the Visual System in a Top-Down Perspective. *Frontiers in Neural Circuits*, **19**, Article 1636023. <https://doi.org/10.3389/fncir.2025.1636023>
- [9] Bui Quoc, E. and Milleret, C. (2014) Origins of Strabismus and Loss of Binocular Vision. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, **8**, Article 71. <https://doi.org/10.3389/fnint.2014.00071>
- [10] 韩惠芳, 孙卫锋, 韩丽霄, 等. 间歇性外斜视术后短期眼位扭曲可塑性研究[J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2020, 28(1): 30-65.
- [11] 李任达, 朱益华. 视觉训练对非手术治疗或手术后的间歇性外斜视患者改善双眼视功能的效果分析[J]. 临床眼科杂志, 2021, 29(5): 439-442.
- [12] 孟昭君, 付晶, 李蕾, 等. 视觉训练对共同性斜视患者术后眼位控制及双眼视觉功能重建疗效的临床研究[J]. 中华眼科医学杂志(电子版), 2021, 11(3): 166-172.
- [13] 杨丽伟, 李萍, 朱叶. 视感知觉训练与双眼视觉训练对共同性斜视患者术后斜视度及双眼视觉功能的影响对比[J]. 实用防盲技术, 2024, 19(3): 126-129.
- [14] Körtvélyes, J., Bankó, É., Andics, A., Rudas, G., Németh, J., Hermann, P., *et al.* (2012) Visual Cortical Responses to the Input from the Amblyopic Eye Are Suppressed during Binocular Viewing. *Acta Biologica Hungarica*, **63**, 65-79. <https://doi.org/10.1556/abiol.63.2012.suppl.1.7>
- [15] 马端治, 周月, 刘蓓, 等. 弱视相关双眼视功能异常的研究进展[J]. 妇儿健康导刊, 2024, 3(23): 21-24.
- [16] 李丹丹, 李云鹏. 视感知觉刺激联合精细目力训练治疗小儿弱视的临床研究[J]. 临床医学工程, 2023, 30(8): 1043-1044.
- [17] Barollo, M., Contemori, G., Battaglini, L., Pavan, A. and Casco, C. (2017) Perceptual Learning Improves Contrast Sensitivity, Visual Acuity, and Foveal Crowding in Amblyopia. *Restorative Neurology and Neuroscience*, **35**, 483-496. <https://doi.org/10.3233/rmn-170731>
- [18] 郑欣华, 虞瑛青, 王斌, 等. 虚拟现实视感知觉系统视功能综合训练联合传统疗法在屈光不正性弱视患儿中的应用[J]. 系统医学, 2023, 8(23): 5-8.
- [19] Consorti, A., Sansevero, G., Torelli, C., Di Marco, I., Berardi, N. and Sale, A. (2022) Visual Perceptual Learning Induces Long-Lasting Recovery of Visual Acuity, Visual Depth Perception Abilities and Binocular Matching in Adult Amblyopic Rats. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, **16**, Article 840708. <https://doi.org/10.3389/fncel.2022.840708>
- [20] Halička, J., Sahatqija, E., Krasňanský, M., *et al.* (2020) Visual Training in Virtual Reality in Adult Patients with Anisometric Amblyopia. *Ceska a slovenska oftalmologie*, **76**, 24-28.
- [21] Ding, J., Ma, M.Y., Lu, H.H., Backus, B.T. and Levi, D.M. (2026) Recovery of Depth Perception in Adults with Abnormal Binocular Vision. *Vision Research*, **242**, Article 108783. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2026.108783>
- [22] Faurite, C., Michaud, C., Olivier, P., Gallice, M., Chiquet, C., Soler, V., *et al.* (2026) Enhancing Peripheral Scene Recognition through Spatial Frequency Training: Behavioral Evidence from Macular Degeneration and Healthy Aging. *Neuropsychologia*, **223**, Article 109377. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2026.109377>
- [23] Maniglia, M., Soler, V. and Trotter, Y. (2020) Combining Fixation and Lateral Masking Training Enhances Perceptual Learning Effects in Patients with Macular Degeneration. *Journal of Vision*, **20**, 19. <https://doi.org/10.1167/jov.20.10.19>
- [24] 李慧丽, 李小丹, 余海, 等. 视感知觉学习对年龄相关性黄斑变性患者多焦视网膜电图变化影响研究[J]. 中国实用眼科杂志, 2015, 33(6): 625-629.
- [25] Fisher, S.K., Lewis, G.P., Linberg, K.A. and Verardo, M.R. (2005) Cellular Remodeling in Mammalian Retina: Results from Studies of Experimental Retinal Detachment. *Progress in Retinal and Eye Research*, **24**, 395-431. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2004.10.004>
- [26] Yan, A., Peng, K. and Chen, F. (2023) Clinical Significance of Visual Training in Improving Visual Function after Retinal Detachment in Adolescents. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, **29**, 80-84.
- [27] 吴姗姗, 田庆梅, 高延娥, 等. 青光眼视神经节细胞凋亡的作用机制研究进展[J]. 眼科新进展, 2019, 39(9): 882-885.
- [28] 袁青, 范嘉豪, 李白冰, 等. 视觉训练对改善青光眼患者立体视功能作用的初步探讨[J]. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2020, 28(3): 5-8.
- [29] Sabel, B.A. and Gudlin, J. (2014) Vision Restoration Training for Glaucoma: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmology*, **132**, 381-389. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2013.7963>
- [30] Sabel, B.A., Henrich-Noack, P., Fedorov, A. and Gall, C. (2011) Vision Restoration after Brain and Retina Damage: The

- “Residual Vision Activation Theory”. In: *Progress in Brain Research*, Elsevier, 199-262. <https://doi.org/10.1016/b978-0-444-53355-5.00013-0>
- [31] Zhao, M., Lu, Y., Wiederhold, M., Wiederhold, B.K., Chu, H. and Yan, L. (2023) Virtual Reality Visual Perceptual Plastic Training Promotes Retinal Structure and Macular Function Recovery in Glaucoma Patients. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, **26**, 861-868. <https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0296>
- [32] 赵璧, 王爱芹, 杨如欣. 双眼视觉训练联合卡替洛尔对青光眼患者症状及功能修复的作用研究[J]. 中华保健医学杂志, 2025, 27(3): 547-549.
- [33] 张蕾, 姜雪花. 阿托品联合视感知觉训练对近视性屈光不正儿童的影响分析[J]. 延边大学医学学报, 2025, 48(10): 28-30.
- [34] Chang, M., Suzuki, S., Kurose, T. and Ibaraki, T. (2024) Pretraining Alpha Rhythm Enhancement by Neurofeedback Facilitates Short-Term Perceptual Learning and Improves Visual Acuity by Facilitated Consolidation. *Frontiers in Neuroergonomics*, **5**, Article 1399578. <https://doi.org/10.3389/fnrgo.2024.1399578>
- [35] Salonen, L. and Kivelä, S. (2012) Eye Diseases and Impaired Vision as Possible Risk Factors for Recurrent Falls in the Aged: A Systematic Review. *Current Gerontology and Geriatrics Research*, **2012**, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2012/271481>
- [36] Tang, Y., Liang, J. and Zhou, Y. (2025) Perceptual Learning Improves Spatial Contrast Sensitivity in Older Adults. *Frontiers in Neuroscience*, **19**, Article 1681856. <https://doi.org/10.3389/fnins.2025.1681856>
- [37] Andersen, G.J., Ni, R., Bower, J.D. and Watanabe, T. (2010) Perceptual Learning, Aging, and Improved Visual Performance in Early Stages of Visual Processing. *Journal of Vision*, **10**, 4. <https://doi.org/10.1167/10.13.4>
- [38] Bower, J.D., Watanabe, T. and Andersen, G.J. (2013) Perceptual Learning and Aging: Improved Performance for Low-Contrast Motion Discrimination. *Frontiers in Psychology*, **4**, Article 66. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00066>
- [39] DeLoss, D.J., Watanabe, T. and Andersen, G.J. (2015) Improving Vision among Older Adults: Behavioral Training to Improve Sight. *Psychological Science*, **26**, 456-466. <https://doi.org/10.1177/0956797614567510>
- [40] Pur, D.R., Lee-Wing, N. and Bona, M.D. (2023) The Use of Augmented Reality and Virtual Reality for Visual Field Expansion and Visual Acuity Improvement in Low Vision Rehabilitation: A Systematic Review. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, **261**, 1743-1755. <https://doi.org/10.1007/s00417-022-05972-4>
- [41] Yang, X., Fan, Y., Chu, H., Yan, L., Wiederhold, B.K., Wiederhold, M., et al. (2022) Preliminary Study of Short-Term Visual Perceptual Training Based on Virtual Reality and Augmented Reality in Postoperative Strabismic Patients. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, **25**, 465-470. <https://doi.org/10.1089/cyber.2022.0113>