

训练在双眼视功能异常患者康复中的临床应用

段亦翔

温州医科大学 浙江 温州 325000

摘要：双眼视功能异常作为眼科临床中的常见问题，涵盖了调节功能失调、辐辏功能异常以及双眼协同障碍等多种类型。传统治疗手段多聚焦于对器质性病变的干预，然而，随着医学研究的深入，针对功能性异常的专项训练逐渐成为核心治疗手段。本文系统梳理了视觉训练在非斜视性双眼视异常、青少年近视防控、斜弱视康复及术后视功能重建等领域的临床应用情况，结合典型案例与循证医学证据，深入揭示其通过神经可塑性重塑视觉通路、提升大脑—肌肉协同能力的科学机制，旨在为优化眼科诊疗模式提供坚实的理论依据。

关键词：双眼视功能异常；视觉训练；神经可塑性；临床康复

1 引言

双眼视功能是人类高级视觉功能的核心组成部分，其本质是通过双眼协同完成单眼无法实现的立体视觉、运动视觉及视觉信息整合。据统计，我国青少年非斜视性双眼视异常发生率达34.6%，成年人视疲劳相关双眼功能失调占比超过40%。传统眼科诊疗多聚焦于器质性病变（如白内障、青光眼）的干预，但对功能性异常的忽视导致大量患者陷入“反复就诊—无法根治”的困境。视觉训练作为一门交叉学科技术，通过光学、心理物理学及神经生物学手段，针对性改善调节、集合、眼球运动等核心功能，已成为国际眼科学界公认的双眼视异常一线治疗方案。本文结合国内外最新临床研究，系统阐述视觉训练在不同类型双眼视功能异常中的具体应用及作用机制。

2 视觉训练的神经生物学基础

2.1 视觉系统的可塑性特征

视觉系统具有显著的神经营养依赖性可塑性，这种特性在儿童发育期表现得尤为突出。研究表明，人类视觉皮层在出生后的2年内会完成约80%的突触构建，为视觉功能的初步形成奠定基础。然而，神经通路的精细化调整并非在此时就已完成，而是会持续至青春期。在这一关键时期，通过特定的视觉刺激，如反差敏感度训练、立体视刺激等，能够诱导视觉皮层V1区神经元树突棘密度增加^[1]。树突棘作为神经元接收信息的重要结构，其密度的增加意味着神经元接收和处理信息的能力增强，进而促进谷氨酸能突触传递效率的提升。这种神经通路的精细化调整，为视觉功能的正常发育和改善提供了生理基础。

2.2 训练—神经重塑的分子机制

动物实验表明，视觉训练可上调脑源性神经营养因

子（BDNF）及其受体TrkB的表达，激活PI3K/Akt信号通路，促进神经元存活与突触形成。在调节功能训练中，睫状肌收缩引发的机械应力通过整合素-YAP/TAZ通路诱导肌细胞分化，增强肌肉收缩耐力。这种分子—细胞水平的改变，最终表现为临床可观测的调节幅度增加（平均提升3.5D）和调节灵敏度改善（CPM值提高40%）。

2.3 大脑-肌肉协同模型

双眼视功能异常的本质是中枢神经系统对眼外肌控制失调。视觉训练通过建立“感知—运动”反馈环路，重塑前额叶皮层与顶叶眼区（PEF）的神经连接。功能性磁共振成像（fMRI）显示，经过12周集合训练的患者，在执行近点任务时PEF区激活强度降低27%，表明神经资源分配效率显著提升。

3 视觉训练的临床应用场景

3.1 非斜视性双眼视异常

3.1.1 调节功能异常

调节不足是成人视疲劳的首要病因。在临床诊断中，调节不足具有典型的特征，表现为NRA（负相对调节）降低（ $< 1.75D$ ）、PRA（正相对调节）减弱（ $< -1.50D$ ）及BCC（调节刺激—调节反应差值）超前（ $+0.75D$ ）。针对此类患者，临床上常采用“双面镜+字母表”训练方案。该训练方案利用双面镜的不同屈光度，结合视力卡上的字母，让患者在快速切换双面镜的过程中进行调节灵敏度训练。具体操作时，使用 $\pm 2.00D$ 双面镜，配合20/30视力卡，进行1分钟/组、每日5组的训练。厦门眼科中心对126例调节不足患者进行了追踪研究，结果显示，经过8周的训练，患者的调节幅度平均提升2.8D，调节灵敏度从0cpm提升至8cpm，视疲劳症状评分（CFS）下降62%。这充分证明了该训练方案在提升调节功能异常方面的有效性。

3.1.2 集合功能异常

集合不足是青少年近距离用眼疲劳的主要诱因。其诊断标准包括NPC（近点融合破裂点） $> 10\text{cm}$ 、远眼位正常而近眼位 $\geq 6\Delta$ 外隐斜。聚散球训练是一种常用的改善集合功能的方法，它通过建立生理性复视感知，帮助患者恢复正常的集合功能。训练时，使用红黄绿三色聚散球，保持33cm注视距离，依次完成“红球-黄球-绿球”的集合-发散训练，每日训练20分钟^[2]。重庆医科大学附属第二医院对87例集合不足患者进行了研究，结果显示，经过12周的训练，患者的近眼位从8.2 Δ 外隐斜改善至3.1 Δ ，NPC缩短至6cm，立体视锐度从400秒弧提升至60秒弧。这表明聚散球训练能够有效改善集合功能，缓解青少年近距离用眼疲劳。

3.2 青少年近视防控

我国青少年近视率已高达53.6%，其中调节滞后是近视进展的重要危险因素（OR = 2.17）。调节滞后会导致眼睛在近距离用时无法准确聚焦，从而使眼睛长期处于调节紧张状态，加速近视的发展。视觉训练通过增强调节储备，可有效延缓近视发展。临床上常采用“反转拍+调节尺”组合训练方法。反转拍通过正负镜片的快速切换，锻炼眼睛的调节灵敏度；调节尺则通过远近交替注视，增强眼睛的调节能力。每日进行15分钟反转拍训练（ $\pm 1.50\text{D}$ ）配合调节尺远近交替注视（33cm~5m）。温州医科大学眼视光医院对320例近视儿童进行了为期2年的追踪研究，结果显示，训练组眼轴增长量较对照组减少0.21mm，等效球镜进展减缓0.38D/年。这表明视觉训练在青少年近视防控中具有显著效果。

3.3 斜弱视康复

3.3.1 间歇性外斜视

对于小角度间歇性外斜视（ $\leq 20\Delta$ ），视觉训练可替代手术作为一线治疗方案。传统的手术治疗虽然能够矫正眼位，但存在一定的风险和并发症。而视觉训练通过针对性地训练，能够增强双眼的协同控制能力，改善眼位。临床上常采用VTS4视觉训练系统，进行抗抑制（红绿滤光片）、脱抑制（Aperture Rule）及立体视重建训练，每周3次、每次30分钟。中山眼科中心对221例间歇性外斜视儿童进行了研究，结果显示，经过12周的训练，眼位控制评分（NYSGOOS）提升2.3级，68%患者眼位恢复正位。这表明视觉训练在小角度间歇性外斜视的治疗中具有重要价值。

3.3.2 弱视

传统遮盖治疗是弱视的常用方法，但存在平台期效应，即经过一段时间的治疗后，视力提升效果不再明

显。联合调节训练可突破视觉发育限制，进一步提高弱视治疗效果。在遮盖治疗基础上，增加调节灵敏度训练（ $\pm 2.00\text{D}$ 双面镜）及精细目力训练（穿珠子/描图），每日各10分钟^[3]。北京同仁医院对156例弱视儿童进行了研究，结果显示，联合训练组视力提升0.3LogMAR所需时间较单纯遮盖组缩短42%，立体视恢复率提高31%。这表明联合调节训练能够显著提高弱视治疗的效果，缩短治疗时间。

3.4 术后视功能重建

斜视矫正术后常残留双眼视功能缺陷，如融合功能受损、立体视缺失等。这些缺陷会影响患者的视觉质量和生活质量，因此需要通过视觉训练促进神经肌肉适应，重建双眼视功能。术后1周开始进行融合范围训练，使用裂隙尺从近到远逐步扩展融合范围，帮助患者恢复双眼的融合能力；术后1月增加立体视训练，使用Titmus立体图，刺激患者的立体视感知。天津眼科医院对98例斜视术后患者进行了追踪研究，结果显示，训练组术后6个月立体视恢复率（82%）显著高于对照组（53%），二次手术率降低67%。这表明视觉训练在斜视术后视功能重建中具有重要作用。

4 视觉训练的实施规范与质量控制

4.1 个体化训练方案制定

由于不同患者的双眼视功能异常类型、程度以及病因各不相同，因此需要基于详细视功能检查（包括调节四项、眼位、AC/A、立体视等）制定针对性方案。例如，对于内隐斜患者，由于内隐斜患者的AC/A比值通常较高，采用负镜附加训练可以降低AC/A比值，改善眼位；屈光参差患者由于双眼屈光度差异较大，容易产生抑制，优先进行脱抑制训练，建立双眼同时视是关键；脑损伤后复视患者，其双眼视功能异常往往较为复杂，采用部分遮盖联合异常视网膜对应训练，能够逐步改善患者的复视症状。

4.2 训练参数标准化

训练参数的标准化是确保视觉训练效果的重要保障。强度方面，应遵循“10%过载原则”，即每周训练难度提升不超过当前水平的10%，以避免过度训练导致患者疲劳或损伤。频率上，每日训练时间控制在30~60分钟，分2~3次完成，这样既能保证训练的连续性，又能避免患者因长时间训练而产生厌烦情绪。周期方面，功能性异常需持续训练8~12周，因为神经可塑性的改变需要一定的时间积累；器质性病变术后需延长至6个月，以确保神经肌肉充分适应和功能恢复。

4.3 多模态监测体系

为了全面、准确地评估视觉训练的效果，需要建立多模态监测体系。客观指标方面，使用Worth四点灯检测抑制情况，通过观察患者是否能正确识别四点灯的颜色和数量，判断是否存在单眼抑制；Bagolini线状镜评估融合功能，根据患者看到的线状镜图像特征，判断融合功能是否正常^[4]。主观指标方面，采用CISS量表评估视疲劳症状，该量表从多个维度对患者的视疲劳程度进行评分，能够直观反映训练前后视疲劳症状的改善情况；AS-20量表评估生活质量，了解视觉训练对患者日常生活、学习和工作的影响。神经影像方面，对疑难病例进行fMRI检查，量化训练前后大脑激活模式改变，从神经层面深入探究视觉训练的作用机制。

5 挑战与未来方向

5.1 当前挑战

目前，视觉训练在临床应用中仍面临一些挑战。患者依从性是一个突出问题，青少年训练完成率仅62%，这主要是由于训练过程相对枯燥，缺乏趣味性，导致青少年患者难以坚持。因此，需要开发游戏化训练系统，将训练内容与游戏相结合，提高患者的参与度和依从性。基层推广方面，二级以下医院视功能检查设备配置率不足30%，这使得许多基层患者无法及时进行准确的视功能检查和诊断，从而影响了视觉训练的开展。因此，需要加大对基层医院的设备投入和技术培训，提高基层医院的诊疗水平。长期疗效方面，训练停止后1年复发率达28%，这表明目前的训练方案在维持长期效果方面还存在不足，需要建立维持训练方案，定期对患者进行复查和巩固训练。

5.2 前沿技术融合

随着科技的不断发展，前沿技术与视觉训练的融合为解决当前挑战提供了新的途径。虚拟现实（VR）技术能够通过沉浸式环境实现个性化训练场景，如模拟3D

空间中的集合需求，为患者提供更加真实、丰富的训练体验，提高训练效果。人工智能技术可利用深度学习分析训练数据，动态调整训练参数，根据患者的训练反应和进展情况，实时优化训练方案，实现个性化训练。神经调控技术联合经颅直流电刺激（tDCS）可增强训练效果，初步研究显示可提升训练效率40%，通过调节大脑神经元的兴奋性，促进神经可塑性的改变，为视觉训练提供更强大的神经支持。

结语

视觉训练通过靶向干预视觉系统的神经可塑性，已成为双眼视功能异常治疗的核心手段。其临床价值不仅体现在症状改善方面，更在于通过重塑视觉神经网络，提升患者的生活质量与社会功能。未来，需要建立“检查—训练—随访”的全周期管理体系，从患者初次就诊时的详细检查，到制定个性化的训练方案，再到训练过程中的定期随访和效果评估，形成一个完整的治疗闭环。同时，推动视觉训练向精准化、智能化方向发展，充分利用前沿技术提高训练的效果和效率，最终实现从“症状控制”到“功能重建”的诊疗模式转型，为双眼视功能异常患者带来更好的治疗效果和生活质量。

参考文献

- [1]梅颖.双眼视功能检查与视觉训练的临床应用(三)[J].中国眼镜科技杂志,2025,(01):96-103.
- [2]舒琪,陈思月.视觉训练改善成人视功能异常案例一例[J].中国眼镜科技杂志,2023,(11):103-105.
- [3]梁娇娇,林萍,么大勇,等.视觉训练改善儿童视功能异常伴视疲劳的疗效分析[J].国际眼科杂志,2024,24(09):1486-1490.
- [4]谭依娟,胡欢.近视屈光矫正术后双眼视功能异常的视觉训练方案与效果[J].黑龙江医药,2024,37(04):930-932.