

# Research on Key Techniques of Refractive Correction in the Standardized Diagnosis and Treatment of Amblyopia

Liyuan Wang

Beijing Puren Hospital, Beijing, 100062, China

## Abstract

Refractive amblyopia is a prevalent visual developmental disorder in children, caused by abnormal axial development or refractive errors in the optical system, leading to blurred retinal imaging and inadequate stimulation of the visual cortex. This results in suboptimal corrected visual acuity in one or both eyes compared to age-matched normal children, with other organic ocular pathologies excluded. As the primary type of visual developmental disorder in children, its treatment hinges on standardized optometry and precise optical correction, which effectively mitigate the interference of refractive errors on visual development and lay the foundation for subsequent visual function training. This article systematically elucidates the key techniques of refractive examination and the principles of lens prescription, emphasizing the pivotal role of personalized correction plans and dynamic monitoring in visual function reconstruction, thereby providing scientific guidance for clinical practice.

## Keywords

Refractive error; Amblyopia management; Optical correction

## 弱视规范化诊疗中屈光矫正的关键技术研究

王丽媛

北京市普仁医院, 中国·北京 100062

## 摘要

屈光不正性弱视是儿童群体中发病率较高的视觉发育障碍疾病, 因眼轴发育异常或屈光系统屈光力异常, 导致视网膜成像模糊, 视觉中枢无法获得有效刺激, 进而引发单眼或双眼最佳矫正视力低于同龄正常儿童, 且排除其它眼部器质性病变。作为儿童视觉发育障碍的主要类型, 其治疗的核心前提是规范的验光配镜及精准的光学矫正, 可有效的消除屈光不正对视觉发育的干扰, 为后续视觉功能训练奠定基础。本文系统阐述屈光检查技术要点与配镜原则, 强调个性化矫正方案制定与动态监测在视觉功能重建中的核心作用, 为临床实践提供科学指导。

## 关键词

屈光不正; 弱视管理; 光学矫正

## 1 引言

弱视是儿童视觉发育期最常见的可治疗性视力损害疾病, 指无器质性病变的无法矫正的视力损伤, 多起病于视觉尚处于发育阶段的学龄前儿童, 我国是全球屈光不正患病率最高、弱视患病率较高的国家之一, 流行病学调查显示, 我国儿童弱视患病率为 1.0% ~ 5.0%[1]。在各类弱视中, 由未矫正的屈光不正所直接导致的弱视占比最高。视觉系统的可塑性决定了弱视治疗存在一定的时间窗, 而精准的光学矫正, 即通过规范的验光与配镜可以消除视网膜离焦, 是启动并奠定一切治疗成功的物理基础。

然而, 在目前的临床实践中, 规范的儿童屈光检查、科学的配镜处方、系统的适配随访仍然存在很大的差异, 这

些都将直接影响弱视治疗效果。因此, 建立并推行一套基于循证医学、细化的屈光矫正关键技术, 已经成为了我国儿童弱视整体诊疗水平亟待提升的核心课题。本文旨在系统梳理弱视规范化诊疗中, 从精准验光到科学配镜, 再到动态监控的全链条关键技术要点, 为临床工作者提供相应的指引。

## 2 弱视的临床特征与分类

### 2.1 病理机制

弱视为视觉发育关键期异常视觉体验导致的神经发育障碍性疾病, 无明显器质性病变的单眼或双眼最佳矫正视力下降, 无法达到 1.0。深入研究结果显示, 双眼间相互作用异常是弱视的重要发病机制, 弱视逐步被认为并非单眼疾病, 其本质为双眼疾病 [2]。

其发生是视觉发育期由于形觉剥夺和(或)双眼异常的相互作用所致, 根据病因分为斜视性弱视、屈光参差性弱视、屈光不正性弱视和形觉剥夺性弱视四大核心因素 [3]。

【作者简介】王丽媛(1993-), 女, 中国河北张家口人, 本科, 技师, 从事眼科学, 眼视光学研究。

## 2.2 临床分型 (依据病因学)

### 2.2.1 斜视性弱视

持续性眼位偏斜引发中枢抑制机制, 黄斑中心凹传入信号受抑。统计显示共同性内斜视患者弱视发生率高达40%-60%。

### 2.2.2 屈光参差性弱视

双眼球镜屈光度数相差  $\geq 1.50\text{DS}$ , 或柱镜屈光度相差  $\geq 1.00\text{DC}$ , 视网膜成像质量差异超过皮质融合能力阈值, 导致视皮质对模糊像眼的输入抑制, 屈光度数较高眼形成弱视。

### 2.2.3 屈光不正性弱视

为双眼弱视, 多发生在未佩戴过矫正眼镜远视  $\geq 5.00\text{DS}$  或散光  $\geq 2.00\text{DC}$  时, 持续离焦显著降低视网膜成像对比度, 阻碍正常视觉通路的发育成熟, 一般在配戴屈光不正眼镜3个月到半年后确诊。

### 2.2.4 形觉剥夺性弱视

先天性白内障、角膜混浊等屈光间质混浊, 上睑下垂遮挡视轴、错误的遮盖等导致早期视觉输入剥夺, 若在出生后3个月内没有解除病因, 将造成不可逆性视力损害。

## 3 屈光矫正的病理生理学基础

### 3.1 发病机制

持续视网膜离焦状态通过调控巩膜生长因子表达, 干

扰正视化进程。实验数据显示,  $+5.00\text{D}$  远视性离焦可使豚鼠眼轴异常缩短  $0.35\text{mm/周}$  [4]。

### 3.2 矫正原理

精确的光学矫正可重建视网膜清晰像, 恢复视觉皮层神经元突触可塑性。临床研究证实, 规范配镜可使70%屈光不正性弱视患儿的视力在6个月内提升  $\geq 2$  行。

## 4 屈光检查技术规范

### 4.1 睫状肌麻痹策略 [5]

#### 4.1.1 药物选择

因为儿童调节力强于成人, 为了精确的检测出儿童的实际屈光度数, 验光前必须使用强效有力的睫状肌麻痹剂分散瞳从而消除调节力的影响。

1% 阿托品眼膏或滴眼液为金标准, 残余调节量  $\leq 1.00\text{D}$ , 其不良发应相对较大, 作用时间长, 尤其使用滴眼液时可通过鼻泪管导致全身吸收, 出现更为严重的不良反应, 其优点为睫状肌麻痹作用强, 散瞳更充分, 适用于12岁以下儿童常规使用; 对阿托品禁忌者可采用1% 盐酸环喷托酯滴眼液, 其睫状肌麻痹作用较1% 阿托品略差, 但其优点是起效快、作用时间短, 瞳孔与调节功能易恢复, 在国外是儿童睫状肌麻痹验光的首选药物; 对不伴有斜弱视的非初次就诊的儿童可以尝试0.5% 复方托品酰胺滴眼液进行睫状肌麻痹, 但最终选择需要遵医嘱进行, 不可盲目决定。

表 1. 各种睫状肌麻痹的用药方法及药物持续时间 [6]

| 药物名称 | 用药方法                          | 用药后起效时间 (min) | 睫状肌麻痹作用持续时间 |
|------|-------------------------------|---------------|-------------|
| 托品酰胺 | 每5 min 用药1次, 共2次, 等待30 min    | 20-40         | 4-6 h       |
| 环喷托酯 | 每5 min 用药1次, 共2次, 等待30 min    | 30-60         | 6-24 h      |
| 东莨菪碱 | 每5 min 用药1次, 共2次, 等待1 h       | 30-60         | 4-7 d       |
| 后马托品 | 每5 min 用药1次, 共2次, 等待1 h       | 30-60         | 1 d         |
| 阿托品  | 每天用药1-3次, 共用3-4 d; 验光当日早晨用药1次 | 45-120        | 1-2 周       |

#### 4.1.2 复验时机

阿托品眼膏或滴眼液睫状肌功能完全恢复需21-28天, 建议散瞳至少三周以后复验确定最终处方; 盐酸环喷托酯滴眼液则需要一周后; 复方托品酰胺滴眼液仅需要24小时以后次日即可。

### 4.2 验光技术

#### 4.2.1 客观验光技术 - 自动验光仪

采用 Hartmann-Shack 波前传感技术, 测量精度达  $\pm 0.12\text{D}$ 。但角膜不规则散光者需结合角膜地形图分析。

#### 4.2.2 客观验光技术 - 视网膜检影法

经验丰富的验光师操作时, 其准确性优于自动设备, 尤其适用于低龄配合度差患儿。

#### 4.2.3 主观验光技术

①第一次雾视去雾视试验; ②第一次红绿平衡试验; ③ JCC 交叉柱镜精确散光轴向; ④ JCC 交叉柱镜精确散光度数; ⑤再次雾视去雾视试验; ⑥第二次红绿平衡试验; ⑦

左眼重复上述步骤; ⑧双眼平衡视检查, 最终得出准确的主观验光结果。

## 5 配镜处方原则 [7]

### 5.1 远视矫正策略

#### 5.1.1 常规处理

全矫处方需严格遵循“最佳矫正视力最高正度数”的原则, 通过主观验光逐步增加正镜度数, 直至视力达到最佳且无法再提升, 最终处方需保留  $+0.50\text{D}$  调节储备, 以避免视疲劳及调节功能退化。该策略适用于没有斜视、没有明显视功能异常的远视人群, 尤其需要关注儿童青少年的调节力, 若忽视调节储备保留, 容易因长期过度调节引发调节痉挛, 增加近视化的风险。验光过程中需结合雾视法与红绿视标检查, 确保矫正精确, 同时需测量调节幅度, 若调节幅度低于同年龄段正常范围, 需要在全矫的基础上适当降低正镜度数, 避免调节负担过重。

### 5.1.2 特殊处理

针对合并斜视的远视患者，需要根据斜视类型调整处方：

- 内斜视者：需过矫 +1.00D~+2.00D，通过增加视网膜成像清晰度刺激调节性集合，减少内斜量。处方调整需要结合棱镜度检查，若内斜量  $> 15\Delta$ ，可先给予 +1.00D 过矫，1 个月后复查眼位，若内斜改善不明显，再递增 +0.50D，直至眼位基本正位或内斜量  $\leq 5\Delta$ 。

- 外斜视者：需欠矫 1/3 总远视量，例如总远视量为 +3.00D 时，首次处方给予 +2.00D，以维持一定调节张力，避免调节不足导致的外斜加重。此类患者需同步评估集合功能，若集合近点  $> 10\text{cm}$ ，需联合集合训练，防止欠矫后出现视疲劳或外斜进展。

## 5.2 近视管理方案

### 5.2.1 近视矫正需遵循“最佳矫正视力的最低负度数”的原则

即通过逐步增加负镜度数，在视力达到 1.0 的前提下，选择度数最低的处方，减少视网膜成像后移引发的眼轴增长刺激。该方案需结合眼轴长度监测，若患者眼轴年增长  $> 0.3\text{mm}$ （儿童青少年正常年增长约  $0.24\text{mm}$ ），需联合近视防控手段（比如角膜塑形镜、离焦眼镜、低浓度阿托品等），而不是单纯依赖框架眼镜矫正。

### 5.2.2 针对合并斜视的近视患者，处方调整需精准：

- 内斜视者：可欠矫 -0.50D，例如验光结果为 -4.00D 时，处方给予 -3.50D，通过适度降低视网膜成像清晰度，减少调节性集合，缓解内斜张力。但需要注意的是，欠矫后需确保矫正视力不低于 0.8，且没有明显视疲劳的症状。

- 外斜视者：需足矫全部近视度数，同时联合视功能训练。足矫可以避免因视网膜成像模糊导致的调节不足，而训练需每周 2~3 次，每次 30 分钟，持续 2~3 个月，从而提升融合范围，防止外斜进展为恒定性斜视。

## 5.3 散光处理规范

### 5.3.1 散光矫正以全量矫正为基本原则

即按验光所得的柱镜度数与轴位给足处方度数，确保视网膜成像没有变形，避免因散光没有矫正或矫正不足引发的屈光不正性弱视以及其它不适感。验光过程中需采用交叉圆柱镜精准确定轴位，如佩戴后出现视物变形、头晕等不适，则需要重新验光调整。

### 5.3.2 针对柱镜度为高度散光的患者，需采用逐步矫正策略

首次处方减量 30%，以降低初戴不适感，每 3 个月复查一次，每次递增 0.50DC，直至达到全量矫正目标，复查时需要评估患者的矫正视力以及主观感受，若递增后出现明显不适，可减缓递增幅度，或者延长复查间。

此外，高度散光患者需要优先选择非球面镜片，其光学性能更好，可以减少周边像差，提升佩戴舒适度；若患者

为儿童（ $\leq 12$  岁），需同时检查角膜曲率与眼轴长度，排除圆锥角膜等病理性散光的可能，避免漏诊导致的矫正方案偏差。

## 6 眼镜适配质量控制 [8]

### 6.1 光学参数标准

#### 6.1.1 屈光度允差

球镜： $\pm 0.12\text{DS}$ ；柱镜： $\pm 0.09\text{DC}$ ；轴向偏差： $\leq 2^\circ$ （散光  $\geq 1.00\text{DC}$  时）

#### 6.1.2 光学中心定位

瞳距误差：水平向  $\leq 1\text{mm}$ ，垂直向零偏差。渐进多焦点镜片需分别测量单眼瞳高。

### 6.2 镜架适配要求

#### 6.2.1 力学参数

镜眼距  $12 \pm 1\text{mm}$ ，镜面角  $8^\circ \pm 2^\circ$ ，外张角为  $80^\circ - 95^\circ$ ，鼻托的前角  $20^\circ - 35^\circ$ ，顶角  $10^\circ - 15^\circ$ ，斜角约  $35^\circ$ 。选择时需专业的配镜师根据个人鼻梁的形态及需求提出相应的建议，并且要考虑长期佩戴的力学舒适性，选择三点接触式鼻托从而维持稳定性，减少滑移。

#### 6.2.2 材料选择

$\beta$  钛合金镜架搭配 1.60 高折射率树脂镜片，总重量  $\leq 15\text{g}$ ，满足 ASTM F1839 儿童安全标准。

## 7 动态监测体系

### 7.1 随访周期

初次戴后适应 1 周后复查，此后每 3 个月要全面评估视力、眼位以及屈光状态的变化。眼轴监测频率时间为：6 月 / 次（IOLMaster 光学生物测量仪）。

### 7.2 处方调整指征

对于矫正视力下降大于一行或者屈光度数变化大于 0.50DS 的情况需要重新验光。研究显示学龄前儿童每年屈光度的变化率在：远视 -0.30D/ 年，近视 -0.50D/ 年。

## 8 结论与展望

本研究系统探讨了弱视规范化诊疗中屈光矫正的关键技术体系。结论如下：

### 8.1 屈光矫正是弱视治疗的基石与第一步骤

对于屈光不正性弱视，精确消除视网膜离焦不仅是提升视力的直接手段，更是打破异常视觉经验、重启视觉皮层可塑性的先决条件。本研究强调，任何遮盖或训练方案都必须建立在稳定、清晰的视网膜成像基础之上，否则疗效将大打折扣。

### 8.2 “精准化”与“个体化”是屈光矫正的核心原则

本研究构建的“精准验光-科学处方-适配质控”技术链，其精髓在于拒绝“一刀切”。从睫状肌麻痹的规范执行（如阿托品作为金标准），到结合眼位、调节功能、年龄等因素的差异化处方策略（如内斜过矫、外斜欠矫），再到眼镜光

学参数的毫米级精确适配，每一步都要求以患儿的个体视觉生理状态为唯一依据。这要求临床医生不仅是一名处方者，更应该是一名视觉功能的工程师与管理者。

### 8.3 动态监测是屈光不正性弱视治疗效果的根本保障

弱视治疗是一个随着儿童视觉系统发育而动态变化的过程。本研究所建立的定期随访体系，目的不仅在于评估疗效、调整处方，更深层的意义在于实现治疗过程的全方位管理。通过数据显示，能够早期发现问题，并及时进行干预，从而确保视觉功能得以巩固和稳定发育。

### 8.4 构建多学科协作的规范化诊疗模式

弱视的规范化屈光矫正，涉及到小儿眼科、眼视光部门、验光配镜等多个环节。未来工作的重点，应该致力于在医疗机构内部以及区域诊疗网络内，建立标准化的操作流程与指标，并通过培训使各个环节的人员达成共识，形成无缝衔接的诊疗流程，从而将本研究阐述的技术规范真正转化为可以推广、可以复制的临床实践。

## 9 展望

随着生物测量技术、波前像差引导的个性化镜片设计以及数字化视觉训练系统的不断发展，弱视的屈光矫正正迈向更高精度的“定制化”时代。未来研究可进一步探索：基于人工智能算法，融合多维度视觉数据以预测最佳矫正方案；开发更适用于儿童的智能可调镜片或接触镜，实现屈光

度的动态适配。然而，无论技术如何进步，以患儿为中心的规范化诊疗理念、对视觉发育规律的深刻尊重，以及严谨的临床随访，始终是取得最佳疗效不可动摇的基石。

### 参考文献

1. 何明光. 我国儿童屈光不正及弱视流行病学研究的质量亟待提升[J]. 中华眼科杂志, 2017, 53(1): 3-6.
2. 洪洁, 付晶, 李蕾. 中华眼科杂志, 2024, 60(05): 440-446.
3. 中华医学会眼科学分会斜视与小儿眼科学组. 中国医师协会眼科医师分会斜视与小儿眼科学组. 中国儿童弱视防治专家共识(2021年), 中华眼科杂志, 2021, 57(05): 336-340.
4. 徐玉珊, 张丰菊. 眼部信号转导在近视发病机制中的作用. 国际眼科纵览, 2020, 44(05): 318-323.
5. 中华医学会眼科学分会斜视与小儿眼科学组. 中国儿童睫状肌麻痹验光及安全用药专家共识(2019年). 中华眼科杂志, 2019, 55(01): 7-12.
6. American Academy of Ophthalmology. Basic and clinical science course 6 (2016-2017): pediatric ophthalmology and strabismus[M]. San Francisco: American Academy of Ophthalmology, 2017: 27-34.
7. 中国就业培训技术指导中心组织. 眼镜验光员(技师、高级技师). 北京: 中国劳动社会保障出版社.
8. 瞿佳, 陈洁. 眼镜学 第3版. 人民卫生出版社.