

老视矫治的研究进展

陈 喆

引用: 陈喆. 老视矫治的研究进展. 国际眼科杂志, 2026, 26(2):293-297.

作者单位: (037003) 中国山西省大同市, 国药同煤总医院眼科

作者简介: 陈喆, 本科, 护师, 研究方向: 眼科护理。

通讯作者: 陈喆. 18335100942@163.com

收稿日期: 2025-07-01 修回日期: 2025-12-19

摘要

老视是一种与年龄相关的生理现象, 其特征是眼睛调节能力逐渐下降导致视近困难。随着人口老龄化进程加快, 老视逐渐成为全球性公共卫生问题。目前, 老视的矫治方法主要包括光学矫正、手术矫治和药物治疗等, 可改善视近障碍, 但以上治疗方法各有优缺点。光学矫正可验配单焦点凸透镜、渐进多焦眼镜等, 是最常见且经济的矫治方法, 但频繁的摘戴眼镜会造成生活不便。手术矫治可通过改变角膜屈光性能、置换人工晶状体以及巩膜手术三个方面进行, 术后摆脱眼镜困扰, 但各种手术方式均存在各自的优势与弊端。药物治疗包括缩瞳类药物、晶状体软化剂等, 有望成为非侵入性老视矫治的新方法, 但目前缺乏临床试验及循证医学证据。文章对老视的治疗方法以及研究进展作一综述。

关键词: 老视; 光学矫正; 眼外科手术; 药物治疗

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.2.19

Research progress in presbyopia correction

Chen Zhe

Department of Ophthalmology, Sinopharm Tongmei General Hospital, Datong 037003, Shanxi Province, China

Correspondence to: Chen Zhe. Department of Ophthalmology, Sinopharm Tongmei General Hospital, Datong 037003, Shanxi Province, China. 18335100942@163.com

Received: 2025-07-01 Accepted: 2025-12-19

Abstract

• Presbyopia is an age-related physiological phenomenon characterized by a gradual decline in the accommodation of the eye leading to difficulty in near vision. With the acceleration of population aging, presbyopia has gradually become a global public health problem. At present, the correction methods of presbyopia mainly include optical correction, surgical correction and drug treatment, which can improve the near vision disorder. However, each of the above treatments has its own advantages and disadvantages. Optical correction can be fitted with single focal convex lens, progressive multifocal glasses, etc., which are the most common and

economical correction methods, but frequently removal of glasses will cause inconvenience in life. Surgical correction can be carried out by changing the refractive performance of the cornea, replacing the intraocular lens and scleral surgery, and patients can get rid of glasses after surgery, but each surgical method has its own advantages and disadvantages. Drug treatment, including miosis drugs and lens softeners, is expected to become a new method for non-invasive presbyopia correction, but there is currently a lack of clinical trials and evidence-based medical evidence. This article reviews the treatment methods and research progress of presbyopia.

• KEYWORDS: presbyopia; optical correction; ocular surgery; drug therapy

Citation: Chen Z. Research progress in presbyopia correction. Guoji Yanke Zazhi(Int Eye Sci), 2026, 26(2):293-297.

0 引言

老视是一种与年龄相关的近视力损害, 表现为晶状体弹性下降, 睫状肌收缩力降低, 导致眼调节功能不足无法满足日常视近需求, 是超老龄化社会健康和经济发展的负担。2015年, 全球约有18亿人患有老视, 预计到2030年, 发病人数达到约21亿人的峰值^[1]。在发展中国家, 由于对老视缺乏认识和经济条件限制, 50岁以上人群中未矫治老视的患病率高达50%, 在发达国家达34%^[2]。Bastawrous等^[3]预估通过实施目前已知有效方式矫治老视, 可在2050年实现1.05万亿美元的收益增长。

有关老视发生的调节机制尚未明确, 以下两种理论可部分解释: (1) 随年龄增长, 晶状体硬化, 囊膜弹性下降, 其弹性变凸能力减弱, 调节能力下降; (2) 晶状体赤道部直径随年龄的增长而增加, 使得睫状体与赤道部间距离逐渐缩短, 有效收缩距减小, 睫状肌纤维张力减小, 从而调节幅度下降^[4]。近年来, 研究者提出晶状体失能综合征(dysfunctional lens syndrome, DLS)一词描述了晶状体自然老化的三个阶段进展^[5]。第一阶段与老视对应, 即近视力下降, 高阶像差(higher-order aberration, HOA)增加, 第二阶段为早期晶状体混浊, HOA和眼内光散射增加, 第三阶段为白内障^[6]。它是基于客观检查技术的现有术语老视和白内障的命名变化, 可为临床医生选择治疗方案提供参考。目前, 老视的治疗措施日益多样化, 但各有利弊, 现就老视治疗的相关研究进行综述。

1 光学矫治

1.1 框架眼镜 框架眼镜通过补偿眼睛调节力矫治老视, 主要分为单焦点、双光镜和渐进多焦点眼镜。单焦点凸透镜, 是目前老年人群中最为普及的框架镜, 其价格便宜、验配要求低, 但只可视近或视远, 日常生活需频繁摘戴, 使用上不便利。双光镜是具有两个焦点的凸透镜, 可同时视近

视远,但中间距离视觉效果较差,存在像跳和像位移的光学缺陷,镜片上明显的分界线影响美观。渐进多焦点镜分为视远区、过渡区、视近区三部分,看不到度数变化的分界线,可同时满足所有距离的视觉要求,但对验配要求较高,使用时有曲线效应和泳动现象,中、近距离视野相对狭小,需用头位运动替代眼球水平运动,易有眩晕等不适。

另外,机械驱动充液型变焦透镜目前大多针对发展中国家需求,或作为临时替换眼镜,价格相对便宜,可设置固定屈光度^[7]。电控液晶衍射镜片有望弥补渐变多焦眼镜的缺陷^[8],如具有响应快、低电压驱动优点的变焦液晶透镜在 10 Cyc/deg 空间分辨率下,透镜调制传递函数(modulation transfer function, MTF)值高于人眼 MTF 值^[9];可自动对焦电控充液型眼镜可提供 4.3 D 的调节^[10]。

1.2 角膜接触镜 角膜接触镜也可作为老视患者提供一种选择,主要分单眼视型或改良单眼视型和同时视型。单眼视型采用主视眼足矫视远,非主视眼欠矫视近。其原理为大脑视皮质选择性抑制模糊物像而接受另一眼的清晰物像,保证在视远或视近时均获得较清晰的物像^[11]。其优点在于验配简单、性价比高等,但会损害立体视觉,可能增加屈光参差。改良单眼视型采用主视眼配戴单焦接触镜,非主视眼配戴多焦接触镜,可改善远、中、近距离视力,易被患者接受^[12]。同时视型主要有多焦、渐变多焦镜,镜片中心为视近区,周边为视远区。可保持双眼立体视,但验配复杂、费用高,可能出现眩光、视力下降、叠影等现象^[13]。

相比于框架眼镜,角膜接触镜不存在视野受限、镜片起雾、频繁摘戴等问题,但增加了角膜损伤、角膜感染、干眼等的风险,另外,老年患者配戴角膜接触镜还受上下眼睑张力降低、泪膜稳定性降低等因素影响,未能得到广泛应用^[14]。可通过给拟手术患者配戴角膜接触镜,有助于选择手术方式和术后适应^[15]。

2 手术治疗

2.1 角膜手术

2.1.1 激光原位角膜磨镶术 角膜屈光度是眼球总屈光度的 2/3,角膜手术仍然是屈光矫正的主要手段。激光矫正老视是角膜表面的静态修饰取代动态调节,因此不能满足所有距离的清晰视力^[16]。故而激光原位角膜磨镶术(laser *in situ* keratomileusis, LASIK)矫正老视有多种策略:(1)单眼视,但单眼视觉需要长适应期,可能会损害立体视^[17];(2)通过 Q 值调整、球差调整等改良单眼视以减少因两眼屈光参差造成的视网膜成像差异,调整角膜 Q 值以引入负性球差、加大焦深,从而改善近视力。李霞等^[18]回顾 34 例非主视眼设定目标 Q 值的近视伴老视患者术后 3 mo,非主视眼近视力较对照组(未设定 Q 值)好,中、远视力无显著差异;(3)通过角膜切削形成角膜多焦状态的准分子老视矫正技术(Presby LASIK),Presby LASIK 又分为中央模式和周边模式。前者是中央角膜看近,而中周部看远,此法近视力较好,后者是中央角膜看远,而中周部看近,此法近视力改善不明显^[19]。Supracor 是常用的中央模式 Presby LASIK,采用渐进性消融模式提供像差优化的从远视到近视矫正的平滑过渡。季鹏等^[20]和毕泗松等^[21]对 24 例 48 眼远视患者行飞秒辅助准分子激光 SUPRACOR 老视矫正术,术后 1 a 裸眼近视力(uncorrected near visual acuity, UCNVA) (LogMAR) 0.2 (0.7--0.1),较术前平均提高 (6.75±1.67) 行 (LogMAR 视力表每相差

0.1 LogMAR,对应视力表上 1 行的变化。比如术前 LogMAR 值 0.8,术后 0.2,差值为 0.6,就对应视力提高 6 行),术前后角膜形态和波前像差对比发现,该术式在矫正原有屈光不正基础上增加角膜中央区屈光力,使角膜非球面指数负性增加,降低了屈光系统低阶像差,使球差和垂直彗差增加,达到增加焦深提高视近能力。

2.1.2 传导性角膜成形术 传导性角膜成形术(conductive keratoplasty, CK)是 2004 年 FDA 批准治疗低、中度远视的非侵入性方法,随即应用于老视治疗,通过低频电磁波提高中周部角膜组织温度,胶原原纤维脱水挛缩,使中心角膜变陡峭,从而增加了角膜的屈光力。该方式虽然较切削角膜或层间植入等操作相对安全,但精准性不够、易形成角膜瘢痕以及长期回退率高,目前临床上已较少使用^[20-24]。

2.1.3 飞秒激光角膜基质内切割塑形术 飞秒激光角膜基质内切割塑形术(intrastromal correction of presbyopia, INTRACOR)是采用飞秒激光在中央角膜基质内做 5 组同心圆柱形切割,使中央区在眼压作用下轻度变凸,从而改变角膜非球面形态及全眼球差,优化视近功能。毕宏生等^[25]对 28 例患者的非主视眼实施 INTRACOR 矫正老视,术后 6 mo UNVA 为 0.25 (0.4-0.0) LogMAR,较术前平均提高 (6.25±1.74) 行,裸眼远视力(uncorrected distant visual acuity, UCDVA)较术前无统计学差异。季鹏等^[26]观察 INTRACOR 术后 1 a 角膜生物力学特性角膜滞后量(corneal hysteresis, CH)减小,最大压陷时变形幅度(maximum concavity deformation amplitude, HC-DA)增加,中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、最大压陷峰值距离(maximum concavity peak distance, HC-PD)无明显变化,证明手术降低了中央区角膜生物力学强度,角膜中央区前凸增加景深以矫治老视。

2.1.4 角膜层间植入术 角膜层间植入术是在角膜基质层间植入嵌体,具有可逆、可重复等优点;但可能损害夜视力、远视力以及导致角膜混浊。角膜嵌体包括小孔径嵌体(KAMRA)、重塑角膜嵌体(Raindrop)和屈光嵌体(Flexvue)。KAMRA 是 2015 年获得 FDA 批准的第一种角膜嵌体,通过小孔成像增加景深,Pluma-Jaramago 等^[27]综述 2011-2018 年植入 KAMRA (2 724 眼)得出 78.5% 裸眼近视力(uncorrected near visual acuity, UCNVA)为 20/32 或更高,90.5% UCDVA 为 20/25 或更高。Raindrop 是通过植入嵌体重塑角膜中心形态,2016 年经 FDA 批准后,因术后角膜混浊于 2018 年被召回^[28]。Flexvue 是改变角膜中心区域的屈光性能,目前尚未获得 FDA 批准,Beer 等^[29]随访 3 a 的 30 眼中,76.9% 患者 UCNVA 改善至 Jaeger 1 (1 a 为 87.1%)。

同种异体角膜嵌体(TCA)三氯乙酸(Trichloroacetic Acid)目前正在申请 FDA 批准,Tanriverdi 等^[30]随访 1 a 的 28 眼中,UCDVA、UCNVA 分别由 0.33±0.22 和 0.17±0.13 增加到 0.75±0.22 ($P<.001$) 和 0.72±0.19 ($P<0.05$)。Furlan 等^[31]提出的全透明三焦点角膜嵌体设计在 Liu-Brennan 模型眼中可提供良好的视觉性能,目前还处于研究阶段。

2.2 巩膜手术 巩膜老视手术是通过改变巩膜与睫状肌的空间位置以恢复眼调节能力,目前主要包括巩膜扩张带植入术(scleral expansion band, SEB)和巩膜睫状体激光前切除术(laser-assisted ciliary suture expansion, LaserACE)。

Refocus 公司一代巩膜植入物 PresView 初步研究结果显示^[32]不影响远视力的情况下,近、中视力良好,但存在眼前节缺血、结膜侵蚀等风险。LaserACE 是目前世界上唯一的微创巩膜激光手术,已完成Ⅲ期临床试验^[33]。有研究表明 ACE 术后的 1 a 随访,所有患者的双眼近(0.26±0.09 LogMAR)、中(0.13±0.12 LogMAR)视力均有改善^[34]。但其中 1 例患者再次配戴眼镜,手术长期疗效仍需观察。

巩膜手术与其他手术方式相比,旨在恢复眼调节力,不影响角膜、晶状体重要屈光结构,对眼的损伤较小,但可预测性、长期稳定性等还有待研究。

2.3 晶状体手术

2.3.1 有晶状体眼人工晶状体植入术 有晶状体眼人工晶状体最初是为了通过补充晶状体的屈光度并保留人眼调节力来矫正年轻患者的高度屈光不正,其优点在于矫正效果稳定,手术可逆,但角膜内皮细胞丢失、青光眼、人工晶状体移位等^[35]缺点也不可忽视。近年来透明晶状体的屈光晶状体置换术日益流行,导致有晶状体眼人工晶状体植入术矫正老视逐渐减少。

2.3.2 矫正型人工晶状体植入术 目前常规使用的矫正型人工晶状体植入术主要是单焦点(single-focus intraocular lens, SIOL)、多焦点(multifocal intraocular lens, MIOL)、景深延长型(extended depth of focus, EDOF)和可调节人工晶状体(accommodating intraocular lens, AIOL)。单眼视同样适用于 IOL 植入,但术后可能仍需戴镜,因此微单视设计日趋流行。Wróbel-Dudzińska 等^[36]随访 10 a 微单视方案矫治老视 463 例患者,术后 UCNVA 显著改善,79.61%(术后 1 d)和 71.92%(术后 10 a)患者摆脱戴镜。

MIOL 是利用光的衍射和折射原理设计而成,兼顾远近视力,但存在光干扰、对比敏感度下降等。EDOF 可减少不良光干扰,但矫正近视力相对不足。MIOL 基于折射或衍射使光线经 IOL 产生多个焦点,人眼根据同时知觉原理,还原较清晰图像,抑制模糊图像,达到视远、视中、视近目的^[37]。根据设计原理可分为折射型 MIOL(RMIOL)、衍射型 MIOL(DMIOL)、折射-衍射混合型 MIOL(HMIOL)和区域折射型 MIOL。RMIOL 是光学部前表面由 2-5 个同心环组成折射性区,后表面为光滑球面,不同区域提供不同屈光力,使光线经折射形成广泛焦点范围^[38]。DMIOL 是光学部后表面为 20-30 个同心圆排列的显微微环,利用光的衍射构建衍射阶梯和衍射区带,形成远近两个焦点,可改变近距离附加度数以提供更优的视中或视近视力^[39]。HMIOL 是同时利用光的折射和惠更斯-菲涅耳衍射原理,光学部中央为渐进衍射区,阶梯高度和宽度由中央向周边递减,兼顾视近和视远;周边为折射区,通过中央显微阶梯环数增减,改变近距离附加屈光度数^[40]。区域折射型 MIOL 采用旋转不对称区域折射设计,不同屈光力的折射区域分别负责视近和视远,两个折射区之间过渡区将部分入射光反射远离视轴以减少无效入射光进入眼内^[41]。Viljanen 等^[42]对植入不同 MIOL 或 EDOF(患者自主选择)137 例视患者术后随访 1 a 发现,MIOL 植入可改善健康相关(HRQoL)和视力相关(VRQoL),且与 MIOL 类型无关。

AIOL 是利用睫状肌收缩、囊膜张力改变或玻璃体腔压力变化,改变焦点发挥调节功能,但调节幅度有限,并随囊袋纤维化,调节力逐渐下降。

2.3.3 光调节型人工晶状体植入术 欧洲白内障和屈光手

术学会研究表明^[43],27%患者植入光调节型人工晶状体(light-adjustable intraocular lens, LAL)植入术后屈光度与预期屈光度差值大于 0.5 D。LAL 有潜力提高晶状体置换术后目标屈光的准确性,特别是有角膜屈光手术史的患者^[44]。LAL 是通过光传递装置诱导晶状体内物质浓度梯度,改变结构折射率,从而改变晶状体屈光度以修正误差。Schojai 等^[45]植入 LAL 93 眼,术后 1、7 a 的 UCDVA 分别为 0.2LogMAR 和 0.28LogMAR。Folden 等^[46]回顾性分析植入 LAL 2.0 62 例,术后所有正视目标眼的 UCDVA 为 20/20 或更好为 97.2%,平均球镜为 0.02±0.22 D,平均柱径为 -0.15±0.26 (0.00-1.00) D。LAL 和 LAL2.0 分别于 2017 和 2021 年获得 FDA 批准。

2.4 晶状体激光软化术 晶状体激光软化术是利用飞秒激光的光致裂解爆破作用在晶状体内部预设位置进行微型切开,形成滑动平面,降低组织密度,软化晶状体,恢复其弹性及部分调节能力^[47]。在猴晶状体进行的 3 a 随访研究^[48],猴晶状体仅可见点状晶状体混浊,表明晶状体飞秒激光软化术具有一定的安全性。晶状体激光软化术可能对需改善最佳矫正近视力和双眼优先视物距离的正视患者最有效^[49]。该治疗方法有望真正恢复晶状体的调节能力,其关键在于手术位置和激光模式的选择以提高术后疗效和减少并发症。

3 电刺激

Gualdi 等^[50]通过聚碳酸酯巩膜接触镜,在睫状体对应的角膜缘外 3.5 mm 处安装微电极,对睫状体进行 4 次脉冲电刺激,治疗后阅读速度和 UCNVA 有所改善,晶状体前后面曲率减小。优化电刺激参数和个性化治疗的研究仍在进行中。

4 药物治疗

4.1 缩瞳类药物 缩瞳类药物是通过收缩瞳孔产生针孔效应,增加景深。2021 年 FDA 批准含 1.25% 盐酸毛果芸香碱滴眼液作为治疗老视的药物^[51]。毛果芸香碱是 M 胆碱受体激动剂,可收缩瞳孔括约肌和睫状肌,使悬韧带松弛,晶状体屈光度增加,改善近视力。但副交感神经激动剂可刺激前葡萄膜释放前列腺素,可能引起炎症反应,导致虹膜色素丢失、瞳孔后粘连,引起瞳孔固定等^[52]。目前多种药物联合使用以减少炎症介质释放并延长药物作用时间治疗老视。Benozzi 等^[53-54]提出毛果芸香碱和双氯芬酸钠联用,可减少局部炎症反应,长期随访证实该方法安全且有效改善近视力。Pepose 等^[55]在随机双盲研究中发现,1% 甲磺酸酚妥拉明滴眼液治疗 14 d 后,DCNVA 有所改善。Abdelkader 等^[56-57]提出卡巴胆碱和溴莫尼定联用缩瞳效果更显著,持续时间更长。许多延长作用时间、减少不良反应的复合制剂逐步进入临床试验阶段^[58],如 PresbiDrops、FOV Tears、PRX-100、Brimochol、Nyxol 等。我国首项治疗老视基于 Optejet® 微量给药装置的 ARVN003 滴眼液已进入Ⅲ期临床试验。

4.2 晶状体软化剂 晶状体弹性随年龄增加而降低,是老视形成的原因之一。晶状体内蛋白质巯基(protein sulfhydryl, PSH)与谷胱甘肽巯基(protein-SS-glutathione, PSSG)及半胱氨酸(protein-SS-cysteine, PSSC)之间二硫键形成,导致晶状体的硬度增加,眼调节力降低^[59]。R-硫辛酸是一种外源性抗氧化剂,可被晶状体中的谷胱甘肽还原酶(glutathione reductase, GR)和硫氧还蛋白还原酶(thioredoxin reductase, TR)还原产生抗氧化剂二氢硫辛酸

(dihydrolipoic acid,DHLA)。DHLA可清除活性氧、再生细胞抗氧化剂以及螯合重金属,从而减少晶状体蛋白质之间二硫键,恢复晶状体弹性^[60]。Korenfeld等^[61]进行的一项临床Ⅰ/Ⅱ期研究证实,1.5%的UNR844滴眼液(硫酸锌胆碱酯)能有效改善老视,且不良反应较小。Tsuneyoshi等^[62]已证实吡诺克辛可延缓大鼠老视,并认为该药有延缓人眼老视进展的潜力。

5 中医疗法

中医称老视为“能远怯近症”,主要是肝肾阴虚,肾精亏损,脾虚失养引起的视力下降,运用中医理论防治老视近年来有一定进展。罗杰等^[63]发现七叶洋地黄双苷可使患者主观视近疲劳症状缓解,调节幅度增加改善老视症状。张陶陶等^[64]采用韦氏三联九针联合七叶洋地黄双苷滴眼液治疗肝郁脾虚型老视合并视疲劳患者,可改善患者视疲劳及眼的调节能力。杨文华等^[65]用人参捣碎后外敷并按摩青灵穴防治早期老视具有显著效果。刘宜群等^[66]采用中药熏蒸外敷、点穴按摩、针刺等中医理疗技术综合施治,可有效防治老视。张文亮等^[67]应用五子衍宗丸合二至丸治疗老视有效率达95.83%。

6 小结

随着生活水平的不断提升,老视患者对视觉要求也随之提高,不局限于视力的DLS分期可用于指导老视患者个性化选择治疗方案,目前的老视矫治方法仅能满足患者的视远及视近需求,难以逆转年龄相关的调节下降,因此如何根本解决老视问题,还有待研究。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

参考文献

[1] 陈文黎,徐依,姜聪聪,等. 1990—2019年中国白内障患病率和伤残调整寿命年的趋势分析. 国际眼科杂志, 2024,24(2):182–188.

[2] 何海龙,常笛,陈淑莹,等. 老视治疗的研究进展. 中华眼科杂志, 2022,58(11):1000–1004.

[3] Bastawrous A, Suni AV. Thirty year projected magnitude (to 2050) of near and distance vision impairment and the economic impact if existing solutions are implemented globally. Ophthalmic Epidemiol, 2020,27(2):115–120.

[4] Knaus KR, Hipsley AM, Blemker SS. A new look at an old problem: 3D modeling of accommodation reveals how age-related biomechanical changes contribute to dysfunction in presbyopia. Biomechanics & Modeling in Mechanobiology, 2024, 23(1):193–125.

[5] Iv GOW, Rocha KM. Characterization of the Dysfunctional Lens Syndrome and a Review of the Literature. Current Ophthalmology Reports, 2025, 6(4):249–255.

[6] Holgueras A, Marcos M, Martínez-Plaza E, et al. Mesopic disability glare in stage-two dysfunctional lens syndrome. Ophthalmol Ther, 2022,11(2):677–687.

[7] Liu Z, Gan Z, Zhang M, et al. Research on image quality enhancement method for compact liquid-zoom vision systems based on computational imaging technology. Optics & Laser Technology, 2025, 192(PartC).

[8] 施青,毕燕龙. 老视治疗的研究进展. 同济大学学报(医学版), 2015,36(6):128–132.

[9] Jamali A, Bryant D, Bhowmick AK, et al. Large area liquid crystal lenses for correction of presbyopia. Opt Express, 2020,28(23):33982–33993.

[10] Karkhanis MU, Ghosh C, Banerjee A, et al. Correcting presbyopia with autofocusing liquid-lens eyeglasses. IEEE Trans Biomed Eng, 2022,69(1):390–400.

[11] Lentz PC, Stockard A, Wagner IV, et al. Extreme monovision with EDOF intraocular lenses. JCRS Online Case Reports, 2024, 12(4):e00127.

[12] 陈敏锋,林川,吴文凤,等. 改良式多焦软性角膜接触镜矫正老视的视觉效果. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2022,24(2):137–142.

[13] Sauer Y, Scherff M, Lappe M, et al. Self-motion illusions from distorted optic flow in multifocal glasses. iScience, 2022,25(1):103567.

[14] Lin M, Zhao J, Xu Y, et al. The influence of eyelid pressure and eye contour factors on rigid corneal contact lens fitting. Cont Lens Anterior Eye, 2024,47(2):102120.

[15] 中国医师协会眼科医师分会屈光手术学组. 中国伴年龄相关性调节不足屈光不正患者激光角膜屈光手术专家共识(2021年). 中华眼科杂志, 2021,57(9):651–657.

[16] Akrobetu D, Pineda RI. Laser-based Refractive Surgery: A Review of Select Clinical Challenges and Future Directions. Int Ophthalmol Clin, 2025, 65(3):7.

[17] Katz JA, Karpecki PM, Dorca A, et al. Presbyopia—a review of current treatment options and emerging therapies. Clin Ophthalmol, 2021,15:2167–2178.

[18] 李霞,毛凯波,王敏,等. Q值调整联合单眼视LASIK治疗近视伴老视的疗效. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2021,23(3):192–198.

[19] Fernández J, Molina-Martin A, Rocha-de-Lossada C, et al. Clinical outcomes of presbyopia correction with the latest techniques of presbyLASIK: a systematic review. Eye (Lond), 2023, 37(4):587–596.

[20] 季鹏,毕宏生,王兴荣,等. 远视眼SUPRACOR老视矫正术后角膜形态和波前像差. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2016,18(5):280–284.

[21] 毕泗松,季鹏,王兴荣,等. 准分子激光多焦点非球面切削模式治疗远视型老视术后2年临床评价. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2015,17(9):523–527.

[22] Alorainy J, Alanzan A, Alghamdi N, et al. Visual and Safety Outcomes of Refractive Correction Procedures Following Lens Removal for Residual Refractive Error: A Systematic Review and Meta-analysis. J Refract Surg, 2025, 41(1):e73–e87.

[23] Wolffsohn JS, Davies LN. Presbyopia: effectiveness of correction strategies. Prog Retin Eye Res, 2019,68:124–143.

[24] Gil-Cazorla R, Shah S, Naroo SA. A review of the surgical options for the correction of presbyopia. Br J Ophthalmol, 2016,100(1):62–70.

[25] 毕宏生,季鹏,王兴荣,等. 飞秒激光INTRACOR技术矫正老视. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2012,14(9):521–525.

[26] 季鹏,毕宏生,范华,等. 飞秒激光角膜基质内切割术治疗老视前后角膜生物力学特性的变化. 中华实验眼科杂志, 2019,37(2):106–110.

[27] Pluma-Jaramago I, Rocha-de-Lossada C, Rachwani-Anil R, et al. Small-aperture intracorneal inlay implantation in emmetropic presbyopic patients: a systematic review. Eye (Lond), 2022,36(9):1747–1753.

[28] Fenner BJ, Liu YC, Koh SK, et al. Mediators of corneal haze following implantation of presbyopic corneal inlays. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2019,60(4):868–876.

[29] Beer SMC, Werner L, Nakano EM, et al. A 3-year follow-up study of a new corneal inlay: clinical results and outcomes. Br J Ophthalmol, 2020,104(5):723–728.

[30] Tanriverdi C, Ozpinar A, Haciagaoglu S, et al. Sterile excimer laser shaped allograft corneal inlay for hyperopia: one-year clinical results in 28 eyes. Curr Eye Res, 2021,46(5):630–637.

- [31] Furlan WD, Montagud-Martínez D, Ferrando V, et al. A new trifocal corneal inlay for presbyopia. *Sci Rep*, 2021,11:6620.
- [32] Grzybowski A, Ruamviboonsuk V. Pharmacological treatment in presbyopia. *J Clin Med*, 2022,11(5):1385.
- [33] Naroo SA, Woods CA, Gil-Cazorla R, et al. BCLA CLEAR presbyopia; Management with scleral techniques, lens softening, pharmaceutical and nutritional therapies. *Contact Lens and Anterior Eye*, 2024, 47(4):102191.
- [34] Xu Y, Li MY, Yao PJ, et al. A preliminary study on the visual outcomes after LaserACE for presbyopia. *Ann Transl Med*, 2020,8(19):1224.
- [35] 杜之渝, 郑谦, 张珂. 高度警惕有晶状体眼后房型人工晶状体植入术的潜在风险. *中华眼科杂志*, 2025, 61(10):739-743.
- [36] Wróbel-Dudzińska D, Moura-Coelho N, Palma-Carvajal F, et al. Ten-year outcomes of pseudophakic mini-monovision correction of hyperopic presbyopia. *J Cataract Refract Surg*, 2023,49(4):367-372.
- [37] Nishi Y, Nishi H, Fukui M, et al. Clinical assessment of brain adaptation following multifocal intraocular lens implantation. *BMC Ophthalmology*, 2025, 25(1):1-6.
- [38] 叶剑, 霍妍, 尹小磊. 人工晶状体矫正老视的临床应用. *中华眼科杂志*, 2022,58(7):549-556.
- [39] Lee SW, Kim S, Park HS. Clinical outcomes after diffractive multifocal intraocular lens implantation in eyes that underwent myopia-correcting refractive surgery and vitrectomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2024, 65(7):2.
- [40] 郝文娜, 马先祯, 刘冬梅. 双眼不同人工晶状体混搭植入矫正老视的临床效果评价. *眼科新进展*, 2024,44(7):578-582.
- [41] Tanabe H, Shoji T, Yamauchi T, et al. Comparative visual performance of diffractive bifocal and rotationally asymmetric refractive intraocular lenses. *Sci Rep*, 2022,12(1):19394.
- [42] Viljanen A, Koskela K, Koskela H, et al. One-year results of health-related and vision-related quality of life after clear lens extraction and multifocal intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol*, 2021, 227:240-244.
- [43] Chang DF. Disruptive innovation and refractive IOLs: how the game will change with adjustable IOLs. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2019,8(6):432-435.
- [44] Moshirfar M, Duong AA, Shmunes KM, et al. Light adjustable intraocular lens for cataract surgery after radial keratotomy. *J Refract Surg*, 2020,36(12):852-854.
- [45] Schojai M, Schultz T, Schulze K, et al. Long-term follow-up and clinical evaluation of the light-adjustable intraocular lens implanted after cataract removal; 7-year results. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(1):8-13.
- [46] Folden DV, Wong JR. Visual outcomes of an enhanced UV protected light adjustable lens using a novel co-managed, open-access methodology. *Clin Ophthalmol*, 2022,16:2413-2420.
- [47] Zhang Z, Lv H, Zhang H, et al. Quantitative fs-laser crystalline lens softening surgery towards presbyopia treatment based on optical coherence elastography. *Biomedical Optics Express*, 2025, 16(5):2171-2183.
- [48] Reggiani Mello GH, Krueger RR. Femtosecond laser photodisruption of the crystalline lens for restoring accommodation. *Int Ophthalmol Clin*, 2011,51(2):87-95.
- [49] Mercer RN, Milliken CM, Waring GO IV, et al. Future trends in presbyopia correction. *J Refract Surg*, 2021,37(S1):S28-S34.
- [50] Gualdi L, Gualdi F, Rusciano D, et al. Ciliary muscle electrostimulation to restore accommodation in patients with early presbyopia; preliminary results. *J Refract Surg*, 2017,33(9):578-583.
- [51] Lima GN, Amaral DC, Ivanov YA, et al. Short-Term Efficacy and Safety of Pilocarpine Ophthalmic Solution for Presbyopia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Ophthalmol*, 2025,280:298-307.
- [52] 陈利群, 张莉言, 焦丽, 等. 老视药物治疗的研究进展. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2024, 26(9):716-720.
- [53] Benozzi G, Cortina ME, Gimeno E, et al. A multicentric study of pharmacological treatment for presbyopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021,259(8):2441-2450.
- [54] Benozzi G, Perez C, Leiro J, et al. Presbyopia Treatment With Eye Drops: An Eight Year Retrospective Study. *Transl Vis Sci Technol*. 2020;9(7):25.
- [55] Pepose JS, Hartman PJ, DuBiner HB, et al. Phentolamine mesylate ophthalmic solution provides lasting pupil modulation and improves near visual acuity in presbyopic glaucoma patients in a randomized phase 2b clinical trial. *Clin Ophthalmol*, 2021,15:79-91.
- [56] Abdelkader A. Improved presbyopic vision with miotics. *Eye Contact Lens*, 2015,41(5):323-327.
- [57] Abdelkader A, Kaufman HE. Clinical outcomes of combined versus separate carbachol and brimonidine drops in correcting presbyopia. *Eye Vis*, 2016,3(1):31.
- [58] 吕帆, 王一益, 瞿佳. 以增加景深和改善晶状体弹性为目标的老视药物. *中华眼科杂志*, 2022,58(4):315-320.
- [59] Khadka NK, Timsina R, Mainali L. An AFM Approach Applied in a Study of α -Crystallin Membrane Association: New Insights into Lens Hardening and Presbyopia Development. *Membranes (Basel)*, 2022, 12(5):522.
- [60] Xing KY, Lou MF. Effect of age on the thioltransferase (glutaredoxin) and thioredoxin systems in the human lens. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010,51(12):6598-6604.
- [61] Korenfeld MS, Robertson SM, Stein JM, et al. Topical lipoic acid choline ester eye drop for improvement of near visual acuity in subjects with presbyopia: a safety and preliminary efficacy trial. *Eye (Lond)*, 2021,35(12):3292-3301.
- [62] Tsuneyoshi Y, Higuchi A, Negishi K, et al. Suppression of presbyopia progression with pirenoxine eye drops: experiments on rats and non-blinded, randomized clinical trial of efficacy. *Sci Rep*, 2017, 7:6819.
- [63] 罗杰, 史学良, 李丹丹, 等. 七叶洋地黄双苷治疗老视的临床疗效. *中国老年学杂志*, 2014,34(16):4673-4674.
- [64] 张陶陶, 金廷恒, 夏燕婷, 等. 韦氏三联九针对肝郁脾虚型老视合并视疲劳患者眼调节作用的影响. *中国针灸*, 2022,42(6):625-628,653.
- [65] 杨文华, 程静. 中药外敷并按摩青灵穴治疗飞行员早期老视的疗效观察. *中国疗养医学*, 2014,23(08):700-701.
- [66] 刘宜群, 蔡小嫻. 中医理疗技术防治老视的实验研究. *中华中医药杂志*, 2011,26(12):2959-2961.
- [67] 张文亮, 王淑美. 五子衍宗丸合二至丸治疗老视48例. *中国药业*, 2006,15(15):63.