

角膜手术矫正老视的临床进展

王思懿, 杜之渝*

重庆医科大学附属第二医院眼科, 重庆

收稿日期: 2026年1月3日; 录用日期: 2026年1月28日; 发布日期: 2026年2月5日

摘要

老视是一种常见的年龄相关的视力障碍, 其特征是眼的调节幅度随着年龄增长逐渐下降, 从而出现近视力下降等症状。随着全球老龄化的加剧, 老视逐渐成为一个全球性问题。角膜手术为受老视影响但晶状体完全透明的患者群体提供了一个微创、安全的解决方案。文章主要就各类角膜手术在老视矫正中的应用、临床进展及其存在的挑战进行综述。

关键词

老视, 角膜手术, 单眼视

Current Clinical Progress of Corneal Surgical Techniques for Presbyopia

Siyi Wang, Zhiyu Du*

Department of Ophthalmology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: January 3, 2026; accepted: January 28, 2026; published: February 5, 2026

Abstract

Presbyopia is a common age-related visual disorder characterized by a gradual decrease in the eye's amplitude of accommodation with age, leading to symptoms such as declining near vision. With the acceleration of global aging, presbyopia is increasingly becoming a worldwide public health concern. Corneal surgery provides a minimally invasive and safe solution for the large population affected by presbyopia who have completely clear crystalline lenses. This article primarily reviews the application, clinical progress, and existing challenges of various types of corneal surgeries in presbyopia correction.

*通讯作者。

Keywords

Presbyopia, Corneal Surgery, Monovision

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. 老视的流行病学与病理生理机制

随着全球老龄化的发展,老视已成为影响人们视觉相关生活质量的主要原因。据估计,到2030年全球将有高达21亿的人口受到老视影响[1]。有研究显示,早在2011年,全球老视患者已达12.72亿例;其中,因未矫正或矫正不足所导致的潜在生产力损失约为110.23亿美元,约占全球生产总值(GDP)的0.016% [2]。老视是一种常见的年龄相关的视力障碍,其特征是随着年龄增长,眼的调节幅度逐渐下降,从而出现近距离工作困难等症状[3]。如果不进行矫正,老视会对人们的生活质量产生多种影响,例如无法阅读近处小字体、需要增加照明、出现复视、溢泪、头痛或视疲劳等症状[4]。这些影响同时也会造成潜在的生产力下降,产生不容忽视的社会负担,已成为重要的公共卫生问题。

老视的矫正方法主要分为非手术治疗及手术治疗,前者主要包括框架眼镜,具有易获取、价格低廉等优点,但需频繁摘戴,有影响外观、不能永久矫正等缺点。手术矫正根据手术部位可分为角膜手术、晶状体手术以及巩膜手术。对于白内障合并老视的患者,晶状体摘除联合人工晶体植入术无疑是矫正老视的最优解。而对于深受老视困扰但晶体完全透明的庞大群体,角膜手术便为其提供了一个理想的、风险收益比更优的解决方案。对于这部分人群,角膜手术比晶状体手术有更低的手术风险、保留了晶状体残余的调节能力以及天然的视觉质量、更具可逆性及调整空间且术后更不易察觉。目前对于巩膜手术矫正老视的理论依据仍有争议,仍需要进一步研究[5]。

本综述对目前常见的角膜手术矫正老视方法进行了概述。

2. 准分子激光角膜切削术

2.1. 单眼视法

单眼视(Monovision, MV)策略是一种典型的屈光矫正设计,即将主导眼(Dominant Eye)的目标屈光度矫正至正视(或接近正视)以优化远视力,而非主导眼(Non-dominant Eye)则设定为轻度近视欠矫,从而获得功能性近视力,最初由Westsmith等提出并建议应用于角膜接触镜矫正老视[6]。该设计的核心是利用大脑皮层对双眼不等像差图像的皮层抑制机制,通过在双眼间制造可控的屈光参差来改善老视。因此,单眼视要求严格的术前耐受性测试来筛选患者,以确保大脑能够适应双眼的不对称视觉输入。在准分子激光原位角膜磨镶术(LASIK)平台上应用MV策略(即MV-LASIK)是矫正老视的有效手段,可显著提升患者的裸眼近视力(UNVA)。研究显示,虽然患者术后视远功能良好但对对比敏感度和立体视敏度显著降低[7]。通常情况下更高层次的屈光参差与对比敏感度、立体视觉和双眼视功能受损有关。为了克服这些缺点,微单眼视(Mini-monovision)应用而生,其特点是通过较轻度的屈光参差实现视力及视觉质量的优化。虽然微单眼视没有普遍的标准,但非主导眼(主导眼以正视眼为矫正目标)通常设定-0.75 D至-1.50 D的近视偏移量[8]。在改善MV术设计的同时,人们开始探究把MV术同角膜切削技术相结合。张[9]等发现飞秒激光联合准分子激光手术(FS-LASIK)结合微单眼视后3个月的患者高阶像差(HOA)显著增加,调节

方面仅负相对调节(NRA)术后改善,在低空间频率下的对比敏感度出现轻微下降。林颖[10]等研究了接受Q值引导的非球面切削的单眼视LASIK患者术后的对比敏感度,发现患者术后1d的对比敏感度在各空间频率均低于术前,而在术后1、3个月患者的对比敏感度逐步达到术前水平。此外PresbyLASIK、传导性角膜成形术(Conductive Keratoplasty, CK)也可与单眼视结合[11][12], Mohammad [12]等研究发现,在正视性老视病例中FS-LASIK组术后12个月的SE值为 $-1.63\text{ D} \pm 0.68\text{ (SD)}$, CK组为 $-0.97 \pm 0.82\text{ D}$ 。12个月的平均散光矢量值分别为 $0.32 \pm 0.32\text{ D}$ 和 $1.00 \pm 0.75\text{ D}$ ($P < 0.0001$)。飞秒LASIK组的平均诱导高阶像差(HOA)为 $0.45 \pm 0.28\text{ }\mu\text{m}$, CK组为 $1.13 \pm 0.25\text{ }\mu\text{m}$ 。飞秒LASIK后的再治疗率为3%, CK后为50% ($P < 0.0001$)。总的来说,相较于传导性角膜成形术(CK),FS-LASIK结合MV策略在远期矫正效果和屈光稳定性方面具有明显优势,并能引入更少的HOA和散光,体现出更优越的有效性和安全性。

随着眼科技术的不断发展,小切口角膜基质透镜提取术(SMILE)因其独特的微创特性而成为另一个重要的屈光手术平台。临床研究者开始探索单眼视策略应用于SMILE,旨在结合SMILE对角膜完整性、生物力学和术后舒适度(如干眼发生率)的潜在保护优势,为老视矫正提供更优化的选择。Fernández等[13]进行的一项前瞻性试点研究发现,SMILE联合微单眼视矫正老视后,患者的立体视功能在术后六个月均未受损,患者的双眼对比敏感度离焦曲线(CSDC)显著提升,在 -2 至 -3 D 范围内提升尤为显著。根据Fu等对30名接受SMILE联合单眼视手术患者的临床研究,术后一年所有患者的双眼未校正远视力均达到0.63(20/32)及以上,双眼未校正近视力均达到0.5(20/40)及以上,且双眼的高阶像差、球差和慧差均在术后均无统计学显著差异[14]。综上,SMILE联合MV被认为是治疗老视合并近视患者的一种安全且有效的屈光手术选择。

单眼视作为一种基于屈光参差的经典矫正理念,在老视屈光手术领域持续占据着重要地位。该策略的发展已从传统的单眼视演进至微单眼视。通过与波前像差引导、Q值引导等个性化切削以及SMILE等新型术式的结合,单眼视矫正老视的临床效果已日益优化。MV策略优化的核心在于获得满意的双眼远近视力同时最大限度地保护双眼视觉质量,改善术后立体视、对比敏感度,并降低手术诱导的散光和高阶像差,以求在最小的屈光参差代价下,获得最大的功能性视力改善。在实际应用中,医生需结合患者的视觉需求、生理参数及双眼视功能状态,进行高度个体化的术式设计,以实现远、近视力平衡并最大限度地减少视觉质量的下降。

2.2. 准分子激光消融的角膜多焦状态: PresbyLASIK 及其衍生技术

PresbyLASIK这一术语最早由Ruiz于1996年提出,与单眼视技术不同,它是一种基于准分子激光的矫正老视策略,其核心原理是利用切削模型在角膜中央区域诱导多焦点性(Multifocality)或增强焦深(Enhanced Depth of Focus, EDOF)。其核心原理是通过多步骤、多光区的激光切削,精确控制角膜非球面度,使角膜前表面的屈光力呈渐进多焦状态或引入可控的正球差,从而产生假性调节[15]。该技术在矫正屈光不正的同时解决老视问题,能使单眼同时满足远、近视力需求,更符合生理特性,近年来在矫正老视的角膜术式中日益受到重视。根据多焦点形成机制的不同,PresbyLASIK主要可分为三种类型:多焦点过渡模式(Multifocal Transition Profile)、周边视近切削模式(Peripheral PresbyLASIK)和中央视近切削模式(Central PresbyLASIK)。其中多焦点过渡切削模式在20世纪80年代曾一度流行,现由于会引发显著的垂直慧差而基本从临床消失[16]。这些不同模式的设计算法原理各异,可基于屈光不正与老视的联合矫正度数、Q值、引入特定的高阶球差,或通过对光学区与过渡区的精密操控来实现设计目标[16]。

(1) 中央视近切削模式(Central PresbyLASIK)通过对角膜表面进行不同深度切削,使角膜中央区域负责近视力,周边区域负责远视力。该设计被认为更符合生理机制,因为人在进行近距离视觉活动时,瞳孔会随调节反应自然收缩,此时中央近视区被最大程度利用。其优势在于就算是合并近视的老视患者都只

需最小角膜的切除量[16]。但由于该模式切削的光学区非常小,这使得手术对切削中心定位要求极高。如果视轴、瞳孔中心与角膜顶点之间缺乏充分对准,就会诱发彗差像差。同时该术式也会牺牲部分远视力质量,暗光条件下会出现一定视觉干扰。不同的公司基于中央视近切削模式的原理设计出了不同的老视矫正模式,以下便是几种常见的矫正软件。

PresbyMAX 就是一种高度个体化的中央视近型 PresbyLASIK 模式,通过创建双非球面多焦点角膜表面实现视觉矫正,其核心原理是在角膜中央区形成+0.75 至+2.50 D 的超正视区域以改善近视力,周边区域则完全矫正以改善远视力[17]。临床研究显示在 PresbyMAX 术后 6 月时,在 358 例老视患者中有 76% 的患者的裸眼远视力(UDVA) ≥ 0.8 , 91% 的患者的裸眼近视力(UNVA)达到或优于 J2 级,但仍有约 17% 的患者未获得客观上的成功结果[17]。Uthoff 等研究了 PresbyMAX 应用于远视性、正视性及近视性老视患者,术后远视性老视患者的近视力矫正效果最佳[18]。人们也开始将 PresbyMAX 与单眼视结合起来以期获得更好的矫正效果,Luger 等报道 PresbyMAX 与微单眼视结合术后,93% 患者 UDVA 达 1.0, 90% 患者近视力达 J2,但 7% 患者出现最佳矫正远视力(CDVA)下降 2 行[19]。Chan 等研究了主导眼单焦点切削以视远联合非主导 PresbyMAX 切削的手术效果,87% 患者 UDVA ≥ 0.8 , 83% 近视力 $\geq J2$, 70% 患者达到双眼近视力 ≥ 0.8 且近视力 $\geq J2$,但 26% 患者反馈暗光环境下视觉质量下降,且术后诱导显著的负球差[20]。PresbyMAX 通过角膜多焦点化能有效的实现全程视力,但可能伴随部分最佳矫正视力的丢失,对比敏感度下降及夜间视觉质量下降的情况,也需关注不同屈光状态患者的适应性差异。

Supracor 也是一种常见的中央视近型 PresbyLASIK 算法,利用像差优化在角膜中央区域创建多焦点光学区用于视近(提供大约+2.00 D 的屈光度),从而实现多焦点效果。Cosar 等[21]评估了 Supracor 在老视远视患者中的效果,发现 UDVA 达到 1.0 及以上的患者仅有 22%,达到 0.8 及以上的患者为 36%,安全性方面,有 28.5% 的患者损失了 1 行 CDVA。然而改善近视力的效果较为显著,77% 的患者 UNVA 达到 J1,但也有 4.9% 的患者矫正近视力(CNVA)损失了 1 行。Saib 等[22]针对远视合并老视患者,应用 Technolas 217P 平台的 Supracor 算法结合微单眼视策略进行了研究。术后 1 年结果显示,84.21% 的患者双眼 UDVA 优于 20/25 (0.8)且 UNVA 达到 J1。该算法通过在角膜中央制造平均为 2.35 ± 1.00 D 的陡峭区来补偿近视力,83% 的患者术后完全脱镜。像差分析显示,术后 5 mm 瞳孔区域内的负球差及垂直彗差显著增加,这提示多焦点切削在提升焦深的同时改变了角膜的像差构成。此外,研究报道了 6.75% 的二次手术率,提示临床应用中需关注术后稳定性和患者适应性。Pajic 等人在近视合并老视患者中采用微单眼视结合 Supracor 算法发现,术后 6 个月,78% 的患者的 UNVA 达到 ≥ 1.0 , 92% 患者的 UIVA (中间裸眼视力)达到 ≥ 1.0 , 86% 的 UDVA 达到 1.0 及以上[23]。该研究支持微单眼视结合 Supracor 算法矫正近视老视患者的结果与远视老视患者的结果相似,显示出该多焦点消融模式在近视老视矫正中也具有一定可行性。综上所述,临床实践中医师倾向于采用微单眼视联合 Supracor 的非对称策略,以平衡全程视力,但在应用时仍需严密监测远视力损失及术后视觉干扰。

(2) 周边视近型 PresbyLASIK

周边视近型 PresbyLASIK 是将角膜中央区域保留用于远距离视力,并通过切削周边角膜形成负周边非球面形态以增加景深,从而实现多焦点视觉。然而,当存在正球差且瞳孔缩小时,眼球的屈光状态会向正球差值偏移,从而对近视力产生不利影响[24]。同时当它与近视矫正结合使用时,需要去除大量的角膜组织,因此主要在远视老视矫正中进行。周边多焦点 LASIK 术(Peripheral Multifocal LASIK, PML)由 Pinelli 等描述并开发,在 6 mm 的光学区域上完成远视力矫正而在 6.5 mm 的光学区上完成近视力矫正。Pinelli 等人报告了对 44 只远视眼使用 PML 技术后,平均双眼 UDVA 为 1.06 ± 0.13 , 平均双眼 UNVA 为 0.84 ± 0.14 。仅 4.5% 的眼睛损失 1 行最佳矫正远视力 CDVA,而 45% 的眼睛则获得了 1 行 CDVA。同时报告了对比敏感度的下降,球差的减少和彗差的增加[25]。Epstein 等对 103 例老视患者行单眼周边视近

型 PresbyLASIK 手术, 即主视眼完全矫正用以视远, 非主视眼周边视近型 PresbyLASIK 手术以满足视近需求。末次随访时, 远视患者中 89% 以及近视患者中 92% 完全脱离眼镜依赖。远视患者中 67.9% UDVA 达到 1.0 及以上, 近视患者中 70.7% UDVA 达到 1.0 及以上。85.7% 的远视患者有 1.0 及以上的 UNVA, 84% 的近视患者有 1.0 及以上的 UNVA。术后患者总高阶像差有一定增加, 远视较近视患者更为显著[26]。总的来说周边视近型 PresbyLASIK 能获得较为满意的全程摘镜效果, 但其近视力效果和视觉质量受瞳孔大小和高阶像差的影响较大, 且矫正近视老视时需要去除大量的角膜组织, 故在临床中应用较少。

(3) PRESBYOND 激光融合视觉

激光融合视觉(Laser Blended Vision, LBV)是一种先进的屈光矫正技术, 它以微单眼视为基础, 通过在有限的范围内诱导可控的球面像差以增加景深, 以确保获得满意的远、近视力及视觉质量[27]。PRESBYOND@LBV 是卡尔蔡司 Meditec 开发的一种于非线性非球面的切削方法, 因其有效性和安全性而得到广泛认可[28]。该模式结合了预补偿因子, 以控制球面像差的引入, 同时不影响视觉质量、对比敏感度或夜间视力。在一项纳入 101 名患者的回顾性研究中, PRESBYOND@LBV 术后 1 年远视组中 96% 的患者表示对远视力满意, 89% 的患者对近视力满意, 近视组中 97% 的患者表示对远视力满意, 95% 的患者对近视力满意, 且屈光度结果均在设定的微单眼视范围内, 显示出令人满意的稳定性和可预测性[29]。Reinstein 等人对 23 名接受 PRESBYOND@手术的空军飞行员(42~56 岁)进行了回顾性研究, 12 个月时, 所有飞行员双眼裸眼远视力为 1.0 或更好, 52% 的飞行员双眼裸眼远视力达到了 1.2 或更好。双眼裸眼中距视力中, 73% 的飞行员达到了 J3 或更好, 95% 为 J5 或更好。78% 的飞行员双眼裸眼近视力为 J1 或以上, 100% 的飞行员为 J2 或以上。在 3、6、12 和 18 cpd 空间频率时, 对比敏感度有统计学意义的增加。所有飞行员都获得了英国民航局的一级医疗认证, 并恢复了飞行[30]。说明了 PRESBYOND@LBV 不仅能够为老视患者近、中、远视力提供良好的连续视程, 而且拥有满意的视觉质量, 证实了 PRESBYOND@LBV 在视力安全性、视觉功能和术后稳定性方面能够达到一定标准。

Q 值调制(Custom-Q Ablation)是一种通过对角膜负非球面度(Q 值)进行精确控制来增强景深的策略, 它在非主导眼上创建负 Q 值使得角膜中央区域更陡峭, 形成一个高前凸区域, 进而有效地增加景深以助近距离视力, 主导眼则完全矫正以视远。Custom-Q 的分类存在一定争议, 原理介于中央视近型 PresbyLASIK 和激光融合视觉之间[16] [27]。本质上, PRESBYOND 主要通过调控球差(SA)来增加景深, 而 Custom-Q 则直接通过调控负非球面度(Q 值)来实现相同的目的。Yin 等人针对 138 名远视老视患者研究了 Custom-Q 方案, 术后一年所有患者双眼裸眼远视力达到 0.8 及以上且双眼裸眼近视力达到 J3 及以上, 安全性方面, 术后 1 月有 5 只眼睛损失 1 行最佳矫正远视力, 但 1 年后 100% 患者都对手术效果较满意[31]。张等人对 48 名近视老视患者的研究发现, 术后 3 月所有患者双眼裸眼远视力达到 1.0 及以上。92% 的患者双眼裸眼中距视力达到 1.0 及以上, 56% 的患者双眼裸眼近视力达到 1.0 及以上。患者术后主观视觉不适和术前没有明显差异, 对比敏感度、客观光学质量(高阶像差)的改变也处于最小化的范围[32]。综合看来 Custom-Q 切削方案在不牺牲远视力的前提下, 能够有效地改善近视力。同时, 它对客观光学质量、双眼功能协调、对比敏感度以及主观视觉不适感的影响较小, 表现出高满意度和良好的安全性。

3. 角膜层间植入术(Corneal Inlays)

角膜层间植入术(Corneal Inlays)是一种在角膜基质层中植入嵌体来矫正屈光不正, 特别是老视的手术方式。回顾该技术的发展历程, 曾广泛应用(但目前多已停产)的常见的合成角膜植入物包括(1) 小孔径嵌体(KAMRA): 利用小孔成像的光学原理, 通过限制光线进入瞳孔来增加景深, 从而改善近视力; (2) 角膜重塑嵌体(Raindrop): 通过增加中央角膜的前表面曲率和厚度, 形成一个高屈光力的区域, 从理论上实现多焦点效果并改善近视力; (3) 屈光性嵌体(Flexivue Microlens): 采用双焦点设计, 中央区域为平光区

或远视力矫正区, 周边为正屈光力区用于近视力, 以提供同时视功能[33]。尽管这些合成嵌体目前已逐渐退出市场, 但其早期的临床研究证实了角膜层间植入光学的有效性。Tomita 等人发表了 223 只接受 KAMRA 植入的 LASIK 术后眼的研究结果。在 6 个月随访时, 他们显示平均近视力改善了 4 行(从 J8 提高到 J2)。尽管平均远视力在植入后下降了 1 行(从 1.2 降至 1.0), 但患者对术后视力和脱镜率的满意度很高[34]。Chayet 等研究了 16 名接受 Raindrop 嵌体植入并同时行 LASIK 手术的远视性老视患者。到术后 1 年时, 患者平均双眼 UNVA 达到 0.8 或更好, UIVA 和 UDVZ 平均分别为 0.8 和 0.6。有 1 名患者出现反复性角膜雾状混浊, 并在 9 个月后取出了植入物。总体而言, 87% 的患者表示对其近视力、远视力和整体视力满意或非常满意, 术后的对光晕和眩光影响可忽略不计[35]。Limnopoulou 等人报告了 47 名非主视眼接受 Flexivue 嵌体植入的老视正视眼患者的屈光结果。在术后 1 年时, 75% 的患者术眼裸眼近视力达到 0.6 或更好, 而裸眼远视力下降了 3 行。然而, 双眼裸眼远视力未显示统计学上的显著下降。术眼的最佳矫正远视力测量显示, 37% 的患者下降了 1 行, 但无人下降 2 行或更多。在中间光和明视条件下, 高阶像差均出现统计学上的显著增加, 而对比敏感度则出现统计学上的显著下降。尽管有 12.5% 的患者在 12 个月结束时主诉有眩光和光晕, 但总体满意度和脱镜率很高[36]。

综上所述, 早期角膜层间植入术为矫正老视提供了一种微创选择, 在无需承担内眼手术风险的同时能有效的改善远视力及中距视力。然而, 由于合成材料的局限性, 可能出现不可预测的伤口愈合情况(如角膜雾状混浊)、异物反应或影响泪膜功能。鉴于严重的生物相容性(Biocompatibility)和长期角膜代谢(Corneal physiology)干扰问题, 上述合成嵌体技术已逐渐退出历史舞台, 这也促使研究转向生物相容性更佳的材料。

吸取了合成材料的经验, 人类同种异体角膜植入物作为一种新兴技术, 因其生物相容性好、术后炎症反应轻、无异物植入的长期风险以及理论上的可逆性, 而备受关注。目前主要的同种异体角膜基质透镜包括: TransForm™角膜异体移植术(TCA) (Allotex 公司)和老视矫正用异体屈光透镜(PEARL)。这两种角膜基质透镜均采用小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)的废弃透镜进行取材和定制加工[33] [37] [38]。一项前瞻性研究报导了 12 名非主导眼植入 TCA 的患者。3 月后所有眼睛的平均裸眼近视力从术前的 0.3 ± 0.1 (小数视力)改善到 0.79 ± 0.09 , 在术后 6 个月时, 所有眼睛裸眼近视力均达到 0.6 或更好。术后的近视漂移均在预期内。有 9 名患者报告对手术结果感到满意或非常满意, 并适应了通过非主眼景深增加所产生的融合视觉[37]。Jacob 等报导了 4 名接受 PEARL 植入的正视眼老视患者的初步结果, 术后患眼在 33 cm 处裸眼近视力均提升: 1 例从 J8 提升至 J2, 3 例分别从 J5/J6/J7 提升至 J2, 所有患眼近视力均提升 3~5 行。在 67 cm 处裸眼中距离视力为 J3~J5, 患眼及双眼裸眼远视力均保持 1.0 [38]。初步临床结果证实 TCA 等同种异体角膜基质透镜植入术矫正老视有一定的安全性与有效性, 但仍需扩大样本量和延长随访期以评估其远期疗效。此外, 获取人类同种异体角膜植入物的流程目前仍存在耗时久、成本高的挑战。未来, 随着材料来源和加工技术的标准化, 同种异体植入物有望克服合成材料的缺陷, 为老视矫正提供更安全、个性化的解决方案。

4. 角膜热成形术(Thermal Keratoplasty)

角膜热成形术(Thermal Keratoplasty)是利用热能对角膜进行非切削性重塑的技术, 主要包括传导性角膜热成形术(conductive keratoplasty, CK)和激光角膜热成形术(laser thermal keratoplasty, LTK)两种, 两种技术基本原理都是通过热能(射频波、激光等)作用于角膜周边的基质层, 导致胶原纤维收缩。这种收缩使角膜周边变平, 进而带动中央角膜变陡, 产生远视矫正效果[39] [40]。CK 是利用角膜组织的电传导性将射频电流传导到角膜基质产生热量, 而 LTK 则是利用钬激光(Holmium Laser)等将热量从角膜表面传导至基质内部[41]。但近年的临床观察发现角膜热成形术存在术后屈光明显回退现象[13] [42]-[44]。由于热能导

致的胶原收缩效应难以持久维持, 使得 CK 和 LTK 的长期屈光稳定性不佳。因此, 目前该技术在老视矫正中的临床应用已显著减少, 通常仅作为轻度屈光回退或辅助治疗的补充方案。

5. 讨论和展望

随着全球老龄化的加速, 老视已成为日益突出的公共卫生问题。对于深受老视困扰但晶状体透明的庞大群体, 角膜手术提供了一个微创、安全性高且有一定可逆性的解决方案。相较于内眼手术, 角膜手术保留了晶状体的天然调节能力和固有视觉质量, 具备更高的调整空间。本综述系统回顾了以准分子激光切削术、角膜层间植入术和角膜热成形术为代表的角膜手术矫正老视的临床进展。如前文所提到的, 各种角膜手术技术各有其特点, 每种术式均有其独特的原理、优势和局限性。成功的关键在于基于详尽的术前检查和患者需求进行个体化术式选择。医生必须综合评估患者的眼部参数、视觉要求和对视觉质量的耐受度等, 才能在远近视力、视觉质量和手术可逆性之间找到最佳平衡点。老视手术的未来发展将围绕精准化和个性化展开。随着激光技术和生物材料的不断精进, 角膜老视矫正手术有望在提升疗效和满意度方面达到新的高度。未来需要更多大样本、长期的对比研究, 并建立更准确的术前筛选模型, 以实现真正意义上的个体化治疗, 从而为老视患者提供更优越且持久的视觉功能。

参考文献

- [1] Fricke, T.R., Tahhan, N., Resnikoff, S., Papas, E., Burnett, A., Ho, S.M., *et al.* (2018) Global Prevalence of Presbyopia and Vision Impairment from Uncorrected Presbyopia: Systematic Review, Meta-Analysis, and Modelling. *Ophthalmology*, **125**, 1492-1499. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2018.04.013>
- [2] Frick, K.D., Joy, S.M., Wilson, D.A., Naidoo, K.S. and Holden, B.A. (2015) The Global Burden of Potential Productivity Loss from Uncorrected Presbyopia. *Ophthalmology*, **122**, 1706-1710. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.04.014>
- [3] 魏瑞华, 杜蓓, 刘琳, 等. 老视框架眼镜验配专家共识(2025) [J]. 眼科新进展, 2025, 45(5): 337-341.
- [4] Mancil, G., Bailey, I. and Brookman, K. (2011) Optometric Clinical Practice Guideline Care of the Patient with Presbyopia. Reference Guide for Clinicians. Am Optometric Association, 458 p.
- [5] Hipsley, A., Hall, B. and Rocha, K.M. (2018) Scleral Surgery for the Treatment of Presbyopia: Where Are We Today? *Eye and Vision*, **5**, Article No. 4. <https://doi.org/10.1186/s40662-018-0098-x>
- [6] Greenbaum, S. (2002) Monovision Pseudophakia. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **28**, 1439-1443. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(02\)01218-x](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(02)01218-x)
- [7] Alarcón, A., Anera, R.G., Villa, C., del Barco, L.J. and Gutierrez, R. (2011) Visual Quality after Monovision Correction by Laser *in Situ* Keratomileusis in Presbyopic Patients. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **37**, 1629-1635. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.03.042>
- [8] Kang, S., Hsu, J. and Yoo, S.H. (2025) Pseudophakic Mini-Monovision. *Survey of Ophthalmology*. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2025.11.010>
- [9] Zhang, R., Yuan, Y., Zhang, Y. and Chen, Y. (2024) Full Range of Vision and Visual Quality after Mini-Monovision FS-LASIK in High Myopic Patients with Presbyopia. *BMC Ophthalmology*, **24**, Article No. 425. <https://doi.org/10.1186/s12886-024-03698-x>
- [10] 林颖, 张霞, 袁牧之. 非球面优化单眼视准分子激光手术治疗近视合并老视的短期临床观察[J]. 临床眼科杂志, 2018, 26(4): 343-346.
- [11] Agarwal, S. and Thornell, E. (2022) Early Outcomes of Two Treatment Modes of Presbylasik: Monocular vs. Micro-monovision. *Clinical Ophthalmology*, **16**, 3597-3606. <https://doi.org/10.2147/opth.s384553>
- [12] Ayoubi, M.G., Leccisotti, A., Goodall, E.A., McGilligan, V.E. and Moore, T.C.B. (2010) Femtosecond Laser *in Situ* Keratomileusis versus Conductive Keratoplasty to Obtain Monovision in Patients with Emmetropic Presbyopia. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **36**, 997-1002. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.12.035>
- [13] Fernández, J., Alonso-Aliste, F., Burguera, N., Hernández-Lucena, J., Amián-Cordero, J. and Rodríguez-Vallejo, M. (2023) Effectiveness of SMILE Combined with Micro-Monovision in Presbyopic Patients: A Pilot Study. *Life*, **13**, Article 838. <https://doi.org/10.3390/life13030838>
- [14] Fu, D., Zeng, L., Zhao, J., Miao, H., Yu, Z. and Zhou, X. (2018) Safety and Satisfaction of Myopic Small-Incision Lenticule Extraction Combined with Monovision. *BMC Ophthalmology*, **18**, Article No. 131.

- <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0794-2>
- [15] Vargas-Fragoso, V. and Alió, J.L. (2017) Corneal Compensation of Presbyopia: Presbylasik: An Updated Review. *Eye and Vision*, **4**, Article No. 11. <https://doi.org/10.1186/s40662-017-0075-9>
- [16] Lalgudi, V., Shetty, R., Brar, S., Sharma, M. and Dadachanji, Z. (2020) Presbylasik: A Review of Presbymax, Supracor, and Laser Blended Vision: Principles, Planning, and Outcomes. *Indian Journal of Ophthalmology*, **68**, 2723-2731. https://doi.org/10.4103/ijo.ijo_32_20
- [17] Baudu, P., Penin, F. and Arba Mosquera, S. (2013) Uncorrected Binocular Performance after Bispahric Ablation Profile for Presbyopic Corneal Treatment Using AMARIS with the Presbymax Module. *American Journal of Ophthalmology*, **155**, 636-647.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2012.10.023>
- [18] Uthoff, D., Pözl, M., Hepper, D. and Holland, D. (2012) A New Method of Cornea Modulation with Excimer Laser for Simultaneous Correction of Presbyopia and Ametropia. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, **250**, 1649-1661. <https://doi.org/10.1007/s00417-012-1948-1>
- [19] Luger, M.H.A., McAlinden, C., Buckhurst, P.J., Wolffsohn, J.S., Verma, S. and Arba Mosquera, S. (2015) Presbyopic LASIK Using Hybrid Bi-Aspheric Micro-Monovision Ablation Profile for Presbyopic Corneal Treatments. *American Journal of Ophthalmology*, **160**, 493-505. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.05.021>
- [20] Chan, T.C.Y., Kwok, P.S.K., Jhanji, V., Woo, V.C.P. and Ng, A.L.K. (2017) Presbyopic Correction Using Monocular Bi-Aspheric Ablation Profile (Presbymax) in Hyperopic Eyes: 1-Year Outcomes. *Journal of Refractive Surgery*, **33**, 37-43. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20161006-03>
- [21] Cosar, C.B. and Sener, A.B. (2013) Supracor Hyperopia and Presbyopia Correction: 6-Month Results. *European Journal of Ophthalmology*, **24**, 325-329. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000371>
- [22] Saib, N., Abrieu-Lacaille, M., Berguiga, M., Rambaud, C., Froussart-Maille, F. and Rigal-Sastourne, J. (2015) Central Presbylasik for Hyperopia and Presbyopia Using Micro-Monovision with the Technolas 217P Platform and SUPRACOR Algorithm. *Journal of Refractive Surgery*, **31**, 540-546. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20150727-04>
- [23] Pajic, B., Pajic-Eggspuehler, B., Mueller, J., Cvejic, Z. and Studer, H. (2017) A Novel Laser Refractive Surgical Treatment for Presbyopia: Optics-Based Customization for Improved Clinical Outcome. *Sensors*, **17**, Article 1367. <https://doi.org/10.3390/s17061367>
- [24] Alió, J.L., Amparo, F., Ortiz, D. and Moreno, L. (2009) Corneal Multifocality with Excimer Laser for Presbyopia Correction. *Current Opinion in Ophthalmology*, **20**, 264-271. <https://doi.org/10.1097/icu.0b013e32832a7ded>
- [25] Pinelli, R., Ortiz, D., Simonetto, A., Bacchi, C., Sala, E. and Alió, J.L. (2008) Correction of Presbyopia in Hyperopia with a Center-Distance, Paracentral-Near Technique Using the Technolas 217z Platform. *Journal of Refractive Surgery*, **24**, 494-500. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20080501-07>
- [26] Epstein, R.L. and Gurgos, M.A. (2009) Presbyopia Treatment by Monocular Peripheral Presbylasik. *Journal of Refractive Surgery*, **25**, 516-523. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20090512-05>
- [27] Stival, L.R., Figueiredo, M.N. and Santhiago, M.R. (2018) Presbyopic Excimer Laser Ablation: A Review. *Journal of Refractive Surgery*, **34**, 698-710. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20180726-02>
- [28] Reinsteint, D.Z., Carp, G.I., Lewis, T.A., Archer, T.J. and Gobbe, M. (2015) Outcomes for Myopic LASIK with the MEL 90 Excimer Laser. *Journal of Refractive Surgery*, **31**, 316-321. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20150423-05>
- [29] Ganesh, S., Brar, S., Gautam, M. and Sriprakash, K. (2020) Visual and Refractive Outcomes Following Laser Blended Vision Using Non-Linear Aspheric Micro-Monovision. *Journal of Refractive Surgery*, **36**, 300-307. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20200407-02>
- [30] Reinsteint, D.Z., Ivory, E., Chorley, A., Archer, T.J., Vida, R.S., Gupta, R., et al. (2023) PRESBYOND Laser Blended Vision LASIK in Commercial and Military Pilots Requiring Class 1 Medical Certification. *Journal of Refractive Surgery*, **39**, 6-14. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20221129-02>
- [31] Yin, G.H.W., McAlinden, C., Pieri, E., Giulardi, C., Holweck, G. and Hoffart, L. (2016) Surgical Treatment of Presbyopia with Central Presbyopic Keratomileusis: One-Year Results. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **42**, 1415-1423. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.07.031>
- [32] Zhang, R., Yuan, Y., Zhang, Y. and Chen, Y. (2025) Visual Quality Following Femtosecond Laser-Assisted *in Situ* Keratomileusis with Q-Value-Guided Optimized Monovision in Patients with Myopia and Presbyopia. *American Journal of Ophthalmology*, **271**, 156-165. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2024.10.028>
- [33] Moshirfar, M., Henrie, M.K., Payne, C.J., Ply, B.K., Ronquillo, Y.C., Linn, S.H., et al. (2022) Review of Presbyopia Treatment with Corneal Inlays and New Developments. *Clinical Ophthalmology*, **16**, 2781-2795. <https://doi.org/10.2147/ophth.s375577>
- [34] Tomita, M., Kanamori, T., Waring, G.O., Nakamura, T. and Yukawa, S. (2013) Small-Aperture Corneal Inlay Implantation to Treat Presbyopia after Laser *in Situ* Keratomileusis. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **39**, 898-905.

<https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.01.034>

- [35] Chayet, A. and Garza, E.B. (2013) Combined Hydrogel Inlay and Laser *in Situ* Keratomileusis to Compensate for Presbyopia in Hyperopic Patients: One-Year Safety and Efficacy. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, **39**, 1713-1721. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.05.038>
- [36] Limnopoulou, A.N., Bouzoukis, D.I., Kymionis, G.D., Panagopoulou, S.I., Plainis, S., Pallikaris, A.I., *et al.* (2013) Visual Outcomes and Safety of a Refractive Corneal Inlay for Presbyopia Using Femtosecond Laser. *Journal of Refractive Surgery*, **29**, 12-19. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20121210-01>
- [37] Kilic, A., Tabakcı, B.N. and Özbek, M. (2019) Excimer Laser Shaped Allograft Corneal Inlays for Presbyopia: Initial Clinical Results of a Pilot Study. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, **10**, Article ID: 1000820.
- [38] Jacob, S., Kumar, D.A., Agarwal, A., Agarwal, A., Aravind, R. and Saijmol, A.I. (2017) Preliminary Evidence of Successful near Vision Enhancement with a New Technique: Presbyopic Allogenic Refractive Lenticule (PEARL) Corneal Inlay Using a SMILE Lenticule. *Journal of Refractive Surgery*, **33**, 224-229. <https://doi.org/10.3928/1081597x-20170111-03>
- [39] Asbell, P.A., Maloney, R.K., Davidorf, J., Hersh, P., McDonald, M., Manche, E. and Conductive Keratoplasty Study Group (2001) Conductive Keratoplasty for the Correction of Hyperopia. *Transactions of the American Ophthalmological Society*, **99**, 79-84.
- [40] 孙昕, 冯佩丽, 王晶, 等. 钕激光角膜热成形术的疗效分析[J]. 国际眼科杂志, 2010, 10(10): 1892-1894.
- [41] 宋爽, 文丹, 尹叶薇, 等. 老视的矫治方法[J]. 中南大学学报(医学版), 2022, 47(10): 1454-1460.
- [42] 李海燕, 唐罗生. 老视及其矫正[J]. 眼科新进展, 2005, 25(4): 374-377.
- [43] 施青. 老视治疗的研究进展[J]. 同济大学学报(医学版), 2015, 36(6): 128-132.
- [44] 苗壮, 兰长骏, 徐正东, 等. 老视矫正的研究进展[J]. 临床眼科杂志, 2024, 32(3): 270-273.