

超声乳化手术对合并高度近视的白内障患者眼内解剖结构的影响

唐凯莉^{1,2,3}, 王 静^{1,2,3,4}, 赵振波^{1,2,3}, 韩 冬^{2,3}, 丁雨溪^{1,2,3}, 杨吉琨^{1,2,3}, 张劲松^{2,3,4}, 马立威^{1,2,3}

引用:唐凯莉,王静,赵振波,等. 超声乳化手术对合并高度近视的白内障患者眼内解剖结构的影响. 国际眼科杂志, 2026, 26(10):1753-1758.

基金项目:辽宁省科学技术计划项目 (No. 2025-MS-364); 湘江公益基金会技术创新与应用发展专项项目 (No. KY24003); 爱尔眼科医院集团科研基金项目 (No. AGK2502D12); 爱尔眼科医院集团辽宁省区研究所科研基金项目 (No. LNI2025X09)

作者单位:¹(230031) 中国安徽省合肥市, 安徽医科大学爱尔眼科医学中心; ²(110001) 中国辽宁省沈阳市, 沈阳爱尔卓越眼科医院; ³(110001) 中国辽宁省沈阳市, 沈阳爱尔眼科精准医疗研究所; ⁴(110000) 中国辽宁省沈阳市, 辽宁爱尔眼科医院有限公司

作者简介:唐凯莉,女,博士,主治医师,研究方向:晶状体病及屈光性白内障手术。

通讯作者:马立威,女,博士,主任医师,博士研究生导师,研究方向:晶状体及视网膜疾病的基础与临床研究. maliwei@aierchina.com

收稿日期: 2026-04-08 修回日期: 2026-08-14

摘要

超声乳化白内障摘除手术是当前主流、高效且安全的白内障术式,技术迭代持续提升普通患者手术安全底线,但高度近视患者眼球解剖结构存在先天异常,常规超声乳化手术模式与之存在根本性适配冲突,围手术期眼前后段并发症风险显著升高,是临床白内障手术亟待攻克的难点。文章聚焦高度近视患者特殊眼球条件,系统梳理超声乳化术对合并高度近视的白内障患者眼前段和眼后段组织的差异化损伤效应与病理影响,跳出常规通用白内障诊疗论述框架,针对性梳理特殊人群专属临床诊疗依据,为合并高度近视的白内障患者围手术期风险防控提供精细化参考思路。

关键词:高度近视;白内障;超声乳化手术;眼压;眼前段;眼后段

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.10.12

Phacoemulsification on intraocular anatomical structures in cataract patients with high myopia

Tang Kaili^{1,2,3}, Wang Jing^{1,2,3,4}, Zhao Zhenbo^{1,2,3}, Han Dong^{2,3}, Ding Yuxi^{1,2,3}, Yang Jikun^{1,2,3}, Zhang Jinsong^{2,3,4}, Ma Liwei^{1,2,3}

Foundation items: Natural Science Foundation of Liaoning Province

(No. 2025-MS-364); Technology Innovation and Application Development Project of Xiangjiang Philanthropy Foundation (No. KY24003); Research Project of Aier Eye Group (No. AGK2502D12); Research Project of Liaoning Provincial Institute of Aier Eye Group (No. LNI2025X09)

¹Aier Eye Medical Center of Anhui Medical University, Hefei 230031, Anhui Province, China; ²Department of Ophthalmology, Shenyang Aier Excellence Eye Hospital, Shenyang 110001, Liaoning Province, China; ³Shenyang Aier Ophthalmology Institute of Precision Medicine, Shenyang 110001, Liaoning Province, China; ⁴Liaoning Aier Eye Hospital Co., Ltd., Shenyang 110000, Liaoning Province, China

Correspondence to: Ma Liwei. Aier Eye Medical Center of Anhui Medical University, Hefei 230031, Anhui Province, China; Department of Ophthalmology, Shenyang Aier Excellence Eye Hospital, Shenyang 110001, Liaoning Province, China; Shenyang Aier Ophthalmology Institute of Precision Medicine, Shenyang 110001, Liaoning Province, China. maliwei@aierchina.com

Received:2026-04-08 Accepted:2026-08-14

Abstract

• Phacoemulsification represents the mainstream, efficient, and safe surgical modality for cataract treatment, and continuous technological advances have further improved the safety profile of this procedure in ordinary patients. However, patients with high myopia feature inherent anatomical abnormalities of the eyeball, leading to a fundamental incompatibility with conventional phacoemulsification protocols. Such patients face a markedly elevated risk of both anterior and posterior segment perioperative complications, posing a persistent clinical challenge in cataract surgery. Focusing on the unique ocular anatomical characteristics associated with high myopia, this review systematically summarizes the distinct traumatic effects and pathological impacts of phacoemulsification on the anterior and posterior ocular segments of affected patients. Moving beyond generalized discussions of routine cataract management, it consolidates clinical evidence specific to this special-population patients, aiming to provide refined references for perioperative risk prevention and control in cataract patients complicated with high myopia.

• **KEYWORDS:** high myopia; cataract; phacoemulsification; intraocular pressure; anterior ocular segment; posterior ocular segment

Citation: Tang KL, Wang J, Zhao ZB, et al. Phacoemulsification on intraocular anatomical structures in cataract patients with high myopia. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026, 26(10): 1753-1758.

0 引言

高度近视的患病率正在急剧增加,有流行病学调查表明,预计到 2050 年高度近视患者会增长到 9.38 亿人(占世界人口的 9.8%)^[1]。高度近视是近视的特殊类型,通常定义为等效球镜度(spherical equivalent, SE)≤-6.0 D 或眼轴>26 mm 的近视类型。据《柳叶刀全球眼健康重大报告(中文版)》指出,2020 年全球中度或重度视觉障碍(moderate and severe vision impairment, MSVI)的主要原因是未矫正的屈光不正,其次是白内障、年龄相关性黄斑变性、青光眼和糖尿病视网膜病变^[2]。高度近视与白内障密切相关,高度近视人群白内障的发病率是正常人群的 3 倍^[3],且发病年龄早。

众所周知,白内障有效治疗方法仍为手术治疗,微小切口白内障超声乳化手术(microincision cataract surgery, MICS)相较于传统的白内障囊外摘除术(conventional extracapsular extraction, ECCE)手术安全性大幅提升。因该手术切口更小,安全性更高,术后愈合更快,同时手术医生更容易控制角膜散光及减少术源性散光,成为是目前主流的白内障手术方式^[4]。

高度近视的病理改变以眼轴延长为特征,眼后壁的拉伸可引起各种特殊的并发症,包括白内障、开角型青光眼、玻璃体液化、脉络膜萎缩、黄斑裂孔、视网膜脱离(retinal detachment, RD)、视乳头改变等^[3]。正因如此,使得合并高度近视的白内障患者行超声乳化手术难度增加,同时在手术过程中对眼内解剖结构的影响更加明显。

1 合并高度近视的白内障患者行超声乳化手术相关的组织结构形态改变

合并高度近视的白内障患者由于其眼轴长,巩膜壁薄,且常伴玻璃体液化变性混浊、后脱离以及黄斑区、周边视网膜的变性,手术中易致前房深度明显增加、晶状体悬韧带断裂、后囊膜破裂及玻璃体脱出等,术后易发生 RD、人工晶状体(intraocular lens, IOL)囊袋复合体(in-the-bag, ITB)脱位等,因此合并高度近视的白内障患者被列为白内障手术的高危人群。术中前房波动明显、晶状体悬韧带松弛增加了合并高度近视的白内障患者手术难度,术中出现并发症风险高使得合并高度近视的白内障患者手术成为疑难复杂白内障手术。

1.1 晶状体悬韧带松弛及薄弱 晶状体悬韧带(又称晶状体小带)是连接着睫状体和晶状体的带状纤维组织,带状纤维的主要成分是蛋白和多糖。晶状体悬韧带在生理状态下是透明的,而且因受虹膜遮挡直接观察困难,在临床中对于部分发生晶状体脱位的悬韧带异常,可以通过裂隙灯直接观察。在实验室中可通过透射电子显微镜直接观察, Kiely^[5]通过透射电子显微镜(transmission electron microscopy, TEM)直接观察到晶状体悬韧带详细形态。

临床中有多种检测设备可以辅助临床间接对悬韧带进行评估,例如超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy, UBM),利用 50-100 MHz 超高频超声回波原理成像技术的眼前节诊断设备,其组织分辨率约为 50 μm, UBM 可以扫描各个方位悬韧带形态^[6],因此根据睫状突与晶状体赤道部悬韧带的长度不等判断悬韧带松弛的点位及范围;眼前节相干断层扫描(anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT)利用低相干光波扫描的成像设备,但由于相干光波无法透过虹膜组织,仅能对明显的悬韧带问题进行分辨^[7]。

尽管迄今为止对高度近视患者晶状体悬韧带的直接观察尚未见报道,但因与晶状体悬韧带相关的并发症明显增加,临床医生几乎一致认为高度近视患者的晶状体悬韧带比正视眼薄弱。除了眼轴过度伸长导致的机械拉伸之外,其实高度近视患者晶状体悬韧带减弱的机制在很大程度上尚不清楚。有研究通过对近视、晶状体半脱位和全身性疾病患者的一些家系分析指出胶原蛋白和原纤维蛋白的基因突变可能参与其中^[8],此外高度近视眼独特的微环境也可能导致悬韧带病理学改变,高度近视眼被认为具有促炎的内部微环境,可能导致晶状体悬韧带无力^[9]。

1.2 房角结构改变 房水主要通过小梁网通道流出,由睫状突产生的房水首先通过前房角小梁网汇入 Schlemm's 管,再通过巩膜内集合管至巩膜表层睫状前静脉^[10]。高度近视患者因眼轴拉长导致角巩膜缘结构改变,可能导致小梁网组织被拉伸、变薄^[11],视乳头倾斜,以及巩膜内收集通道发生病变和阻塞^[12]。小梁网的组织改变可致小梁网流出阻力增加;视乳头倾斜可致筛板变薄以及缺损^[13];巩膜内收集通道形态改变可致 Schlemm's 管远端阻力增加,最终均使得房水循环受阻,眼压增高。高度近视患者不仅在解剖结构上使得小梁网变薄,同时一项研究^[14]通过对比分析高度近视患者及正常患者房水样本中的 242 种代谢物发现高度近视患者的房水中许多代谢物发生了显著变化,这种眼内液代谢功能障碍也可能是造成高度近视患者小梁网变薄的原因之一。

1.3 玻璃体液化 玻璃体是眼屈光介质的组成部分,并对晶状体、视网膜等周围组织有支持、减震和代谢作用。玻璃体含有 98% 的水和 0.15% 的大分子,包括胶原、透明质酸和可溶性蛋白质。随着年龄增长,玻璃体的胶原纤维支架结构塌陷或收缩,玻璃体液化、后脱离^[10]。有报道表明人眼玻璃体 4 岁开始液化,青少年中期至后期液化体积约占总容积的 1/5。随着年龄增长,液化腔体积增大、数量增多、相互融合,70 岁以上的人群中 63% 的人眼球存在玻璃体脱离^[15]。

高度近视眼产生玻璃体液化的机制尚不清楚,可能与玻璃体内大分子凝集有关,既往文献认为,大分子物质交叉连接,规则分布和延伸在胶原细纤维的表面呈桥状连接于邻近的胶原细纤维上^[16-17]。硫酸软骨素作为中介分布在交叉连接中,起到极其关键的作用。玻璃体细纤维借此分开,用以维持玻璃体的凝胶状态。上述过程的任何改变均能引起玻璃体凝胶结构发生液化。

玻璃体液化常伴玻璃体后脱离(posterior vitreous detachment, PVD),以往临床中玻璃体液化往往无法直接检查,但 B 超检查玻璃体后脱离间接可反映玻璃体液化情况。2013 年, Itakura 等^[18]首次使用高分辨率频扫源光学相干断层扫描成像(swept-source optical coherence tomography, SS-OCT)阐明玻璃体腔中复杂的液化结构,相继越来越多的研究者使用 SS-OCT 观察玻璃体液化情况,2020 年 Leong 等^[19]通过 12 mm×12 mm SS-OCT en-face 成像观察到玻璃体液化池与周围间隙的相关性,邓飞等^[20]使用 18 mm×18 mm 广角 SS-OCT Z-Scan en-face 结构投射图分析未成年人群后玻璃体液化特征,以理解复杂的后玻璃体液化结构。

1.4 眼底视网膜病理性改变 高度近视患者 RD 的风险可能增加。Yao 等^[21]在一项荟萃分析中指出高度近视人群超声乳化术后 RD 的发生率为 1.74%,远高于普通人群

的0.7% RD的相对发病率,且随着随访时间的延长而增加。近视患者的玻璃体液化发生时间较早,导致PVD发病较早^[22]。高度近视患者眼轴延长,周边视网膜变薄和周边视网膜裂孔患病率增加,同时玻璃体的变化导致高度近视患者RD的风险更高且发病更早^[23]。既往研究发现,高度近视患者白内障术后的RD发生率较正视眼患者大大增加^[24]。Williams等^[25]也发现高度近视患者白内障摘除后的RD总体发病率为每10万人年226.45例。且Thylefors等^[26]在研究中发现高度近视患者白内障手术后RD的风险与眼轴长度和等效球镜成正比。

高度近视患者眼底视网膜病理性改变临床中常通过广角眼底照相及OCT进行检查,亚洲眼视光职业管理学会、亚洲视光协会、美国眼科协会等机构^[27]通过广角眼底照对高度近视黄斑病变进行了分级,同时因广角眼底照相成像范围大,便于早期快速发现周边眼底病变。OCT发展使得视网膜结构清晰显示,无论是在观察玻璃体的后脱离情况及视网膜黄斑中心凹处病变都有独到优势,尤其目前超广角全域扫频OCT,拥有高穿透波长高分辨率断层扫描,单次扫描即可获取更大范围(包括深度及宽度)的高清层析影像,更有利于分辨高度近视眼底视网膜病理改变。

1.5 超声乳化术后并发眼底缺血性相关疾病 脉络膜血液供应主要来自睫状后短动脉^[28],其血管丰富以为外层视网膜提供氧气和营养,Muhiddin等^[29]在既往研究中发现随着近视度数增加脉络膜厚度变薄,脉络膜变薄可减少脉络膜的血供和灌注。这一理论在李疏凤等^[30]研究被指出,近视患者视网膜浅层和深层血流密度随着近视度数不断增加而降低,当每增加近视屈光度1D时,视网膜浅层和深层血流密度相应降低约0.30%。同样Wu等^[31]发现,高度近视人群脉络膜血管密度和脉络膜毛细血管血流量较低,这一发现在Benavente-Pérez等^[32]和Azemin等^[33]观察中也得以证实,该团队通过眼底照相或彩色多普勒成像检测到近视患者视网膜血管密度和脉络膜血流量降低。这一改变造成高度近视患者眼底多种病理结构变化,包括漆裂形成、脉络膜视网膜萎缩、近视性黄斑病变、RD和脉络膜新生血管形成。临床中光学相干断层扫描血管成像技术(optical coherence tomography angiography, OCTA)是一种无创性、无需造影剂的检查,有较高的轴向分辨率,利用相干光的干涉特性和血流中红细胞的运动特征来实现清晰分辨视网膜各层的细微血管,不仅可以分层观察视网膜、脉络膜的血管形态,而且可以分析血管血流密度以及评估视盘的结构、形态和血流改变。李惠等^[34]研究显示,高度近视患者的视盘内血管密度均低于正常眼、低度近视、中度近视,同时视盘周围血管密度与视网膜神经纤维层厚度与眼轴呈负相关,提示高度近视患者视盘周围血管密度随眼轴增加而降低,视盘内血管密度随眼轴增加而增加。Yu等^[35]高度近视患者的眼动脉、视网膜中央动脉和睫状后动脉的峰值收缩期血流速度和舒张末期血流速度均显著低于中低度近视或视力正常者。

2 超声乳化手术对合并高度近视的白内障患者眼内解剖结构的影响

白内障超声乳化手术对患者眼内解剖结构都有一定影响,合并高度近视的白内障患者因其组织结构形态改变,手术对其眼内解剖结构影响更加明显。

2.1 对晶状体悬韧带的影 高度近视患者晶状体悬韧带纤维拉长、弹性下降,耐受机械张力阈值显著下降。白

内障超声乳化术中各操作产生的瞬时拉力会直接作用于脆弱悬韧带,极易诱发术中悬韧带离断、囊袋撕裂等眼前段不良事件。在白内障手术中晶状体悬韧带断裂发病隐匿,发生率较低,临床报道大约在0.46%–0.86%^[36],但对于眼轴超过30.0mm的轴性高度近视患者,术中悬韧带断裂概率增加到1.7%^[37],这主要是因为高度轴性近视患者眼轴增长明显,使得晶状体悬韧带松弛、弹性和韧性差,对外力因素抵抗力弱,更易受损甚至发生断裂,白内障手术中前房压力的明显波动会加重其损伤,术中易发生悬韧带断裂,术后易致IOL位置不稳定、发生迟发型IOL脱位等,Fernandez-Buenaga等^[38]进行的多中心回顾性研究分析发现白内障术后发生IOL脱位患者中19.7%均为高度近视患者,由此推测高度近视患者松弛的晶状体悬韧带较普通患者承受更大张力而失代偿,进而导致IOL脱位。Fan等^[39]研究中也发现晚期IOL脱位中高度近视因素占比最高,可达40.2%。同时高度近视患者液化的玻璃体流动性增强,失去支撑,使得白内障术中易出现前房深度波动明显,增加了术中晶状体后囊膜误吸风险。为解决合并高度近视的白内障患者术中前房波动明显问题,术中增加瓶高或使眼内压增加保持前房稳定性。

高度近视眼晶状体悬韧带的松弛增加白内障手术难度与风险,晶状体悬韧带的状态甚至可以决定白内障的手术方式。要求术者在进行超声乳化术时刻注意悬韧带状态,任何操作都应以减少对后囊及悬韧带的作用力为原则。对于术前确认有异常悬韧带的患者,手术主切口应选择远离悬韧带松弛的位置,以远离悬韧带松弛处大于90°方位为宜,减少主切口处对松弛断裂悬韧带的进一步损伤。飞秒激光辅助前囊切开术避免了人工撕囊对悬韧带的作用力,减少了晶状体进一步脱位的风险^[40]。为解决合并高度近视的白内障患者晶状体囊袋松弛问题,术中联合囊袋张力环(capsular tension ring, CTR)植入可有效降低术中悬韧带断裂的风险,同时CTR可以减少囊袋非对称性张力,增强囊袋对IOL的支撑,从而保证晶状体囊袋的形态和IOL植入的稳定,有研究表明术中植入CTR可以提高IOL位置的稳定性,减少术后早期IOL偏心和倾斜^[41],但在临床实际应用中不同术者持不同意见,例如Lin等^[42]在一项随机临床试验发现在行合并高度近视的白内障患者白内障手术中联合植入CTR植入可减少C襻IOL偏心和倾斜,增加了IOL位置稳定性;相反,Hu等^[43]发现对于合并高度近视白内障患者,虽然预防性CTR植入可以减轻囊膜收缩和后囊膜混浊的严重程度,但不会显著影响术后IOL稳定性或视力结果。同时术中联合CTR植入对于是否可以抑制晚期晶状体囊袋收缩导致的ITB脱位一直都没有定论,且CTR植入会加重晶状体囊袋负重也可能导致高度近视患者长期IOL偏位增加^[44]。因术中联合CTR植入的长期收益不确定,故目前在临床中术者大多根据临床经验选择是否在术中进行CTR植入,对于术前存在晶状体悬韧带薄弱、囊袋尺寸过大,或使用对旋转和中心稳定性要求极高的优质IOL需要植入CTR,手术医生需根据术前评估和术中发现做出准确判断^[45]。

晶状体-虹膜隔膜后退综合征(lens-iris diaphragm retropulsion syndrome, LIDRS)是指白内障超声乳化术中前房突然加深,主要因术中虹膜与IOL前表面或晶状体前囊膜发生360度紧密贴合,导致房水无法从后房流向前房,前房的高压灌注与后房形成的压力差,促使整个晶状

体-虹膜隔向后退,前房突然加深导致患者出现眼部异常疼痛,增加手术风险等。术中及时机械分离虹膜与囊膜、合理使用浓缩型黏弹剂等可有效阻止病理性前房加深,缓解患者眼部不适^[46]。

2.2 对 Berger 间隙的影响 Berger^[47]于1887年首次提出 Berger 间隙定义,是指晶状体后囊与玻璃体前皮质之间的间隙,周围被直径为8-9 mm、宽1-2 mm的Wieger韧带所环绕。随后在1985年Weidle^[48]在行后囊膜切开术时通过向眼球注射黏弹剂来保护前玻璃体面间接说明该空间的真实存在及形状。Mares等^[49]于2020年发表的一篇文章报道了多模式图像下 Berger 间隙的形态特征,这也是全球首次报道 AS-OCT 下的 Berger 间隙。白内障超声乳化手术中 I/A 注吸后,眼内灌注液会通过晶状体悬韧带间隙进入后房破坏 Wieger 韧带,从而使 Berger 间隙变大,甚至发生玻璃体前脱离。Tassignon等^[50]通过将 OCT 系统连接在手术显微镜上,术中实时观察到轴性高度近视患者在白内障术中吸除混浊晶状体后在前玻璃体面可见到较大的 Berger 间隙,甚至是玻璃体前脱离。

对于高度近视患者晶状体悬韧带的松弛使得术中眼内灌注液更顺利进入后房,使得 Berger 间隙变大的同时可能带入灌注液中乳化后的晶状体等,术中即可明显发现玻璃体前节混浊明显,术中通过显微镜即可观察到前节玻璃体的明显混浊,部分患者术后可能出现眼前黑影明显飘动情况。术中 Berger 间隙的变化同时也会使得晶状体后囊膜移位明显,容易被误吸导致后囊膜破裂,Anisimova等^[51]通过术中光学相干断层扫描(intraoperative optical coherence tomography, iOCT)同样观察到因白内障术中晶状体后囊膜前移明显导致出现晶状体后囊膜破裂术中并发症。术后 Berger 间隙的变化也会影响 IOL 的稳定性,尤其是对于轴性高度近视影响术后 IOL 有效位置(effective lens position, ELP)因素众多,更易出现术后屈光误差^[52]。

2.3 对视网膜的影响 高度近视患者眼轴增长造成玻璃体腔扩大、玻璃体液化提前发生,常合并不完全 PVD、周边视网膜变性。白内障超声乳化术中灌注抽吸带来的眼内流体波动、超声振动会扰动不稳定玻璃体,牵拉变性视网膜,成为视网膜裂孔、RD 等。Clark等^[53]研究表明白内障超声乳化术后5 a, RD 的发生率约为0.4%。管怀进^[54]曾指出白内障超声乳化手术后常出现 PVD,高度近视等更易导致 PVD 的发生,而 PVD 与术后视网膜皱褶、前膜、视网膜裂孔和 RD 等均密切相关。正如前文所述, Berger 间隙和前部玻璃体位移的变化可以牵拉玻璃体基底部,该部位玻璃体与周围视网膜紧密相连,过度的玻璃体牵拉,特别是在长眼轴患者中,这也是 RD 的一个公认的危险因素^[55]。Neuhann等^[56]在分析了2 356例高度近视患者(AL>27 mm)白内障术后随访情况后发现,患者术后 RD 的发生率高达1.5%-2.2%,其根本风险源于高度近视病理性改变而不是白内障手术。故术前对视网膜周边进行散瞳检查,以评估视网膜是否存在变性和/或裂孔,术前即可进行预防性治疗等;术中操作轻柔避免引起眼压骤减,以减少因玻璃体牵拉间接导致的视网膜裂孔甚至脱离等。

在白内障超声乳化吸除术中眼内压不断大幅度变化,急剧升高可以使视网膜供血明显减少。Khng等^[57]在尸眼进行双手超声乳化吸除术的研究中也发现,在手术各阶段眼压的平均值较正常基线均显著升高,眼压超过

60 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)的累积时间占手术总时间的50%-85%。Silverman等^[58]对20只大鼠进行急性眼内压升高发现当眼压为30 mmHg或以上时,视网膜中央动脉速度显著下降,在60 mmHg时下降超过50%。

对于高度近视的白内障患者,本身变薄的视网膜在手术中由于眼内压、玻璃体容积明显波动易出现视网膜更进一步病变,术中减少眼内压及前房波动可降低术后出现 RD 的发生率。

2.4 对脉络膜和视神经的影响 高度近视引起眼球后极部巩膜显著向后扩张,导致视网膜、脉络膜机械性拉伸、变薄,其组织结构严重损伤,影响后极部微循环,以致血管出现异常改变。同时术中眼压剧烈波动可损伤脆弱脉络膜血管,增加脉络膜上腔出血风险。有研究发现,高度近视眼轴长度的增加可以引起脉络膜血管僵硬,血管直径变窄,导致脉络膜血流灌注不足,从而导致脉络膜萎缩^[59-60]。既往研究通过对体内模拟研究^[61]以及动物眼^[62]的模型研究表明,白内障手术期间会出现眼压高水平波动,同样术中高灌注压可导致的脉络膜血管密度和速度减低,在 Akbulut等^[63]研究中单纯的白内障超声乳化手术中,手术中各因素也可能会影响脉络膜、视网膜层和视网膜血管结构。Xu等^[64]也在2019年首次通过1 300 nm SS-OCT 在体内经巩膜开口处的血管系统直接显示睫状后动脉情况,并发现在眼压高于70 mmHg时就可出现低于基线50%的脉络膜血管密度,这些研究间接表明在白内障术中高灌注压导致的高眼内压波动使得脉络膜血管密度及血流速度降低的变化趋势,尤其对于本身术前即存在低血供的高度近视患者。高度近视眼因发生了巩膜结构的重塑,导致房角结构改变以及后巩膜尤其是筛板部位的薄弱,术中眼压波动更易损伤巩膜筛板、视盘附近视网膜神经纤维层厚度以及视网膜微血管系统,出现不可逆损伤。

对于高度近视的白内障患者,白内障手术术前即可能存在视网膜视神经的低血供状态,而术中高灌注压导致的眼内压升高会加重此类白内障患者的视网膜视神经缺血性损伤,加重视网膜视神经的低血供情况,从而易引起与视网膜视神经供血不足的相关疾病,出现视网膜视神经暂时或永久性损伤,从而影响术后视力恢复等。

3 小结

本文系统阐述了超声乳化手术对合并高度近视白内障患者眼内解剖结构的影响,合并高度近视的白内障患者因本身眼部解剖结构的异常改变,行白内障超声乳化手术时术中手术操作及眼内压波动使得术中及术后可能出现的并发症明显增加,有可能导致原有眼部疾病加重或出现新的眼部疾病。随着 IOL 功能的不断发展给合并高度近视的白内障的患者带来了巨大的视觉受益,在临床工作中这部分患者手术时机有明显提前趋势,然而保证手术的安全性及有效性仍为基本目标,要求手术医生需通过术前全面充分评估患者眼部情况更加规范手术操作。

高度近视眼球存在多层次病理薄弱结构,在常规超声乳化手术标准化操作的力学、流体刺激下,损伤效应被显著放大,对于高危患者合理选择手术设备及合理设置手术参数就尤为重要,其中术中适当稳定灌注流量及其他有效技术辅助可降低手术风险,但在保证手术安全性方面仍需进一步长期研究及探讨。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:唐凯莉论文选题与修改,初稿撰写;赵振波、韩冬、丁雨溪、杨吉琨文献检索;王静、张劲松论文修改;马立威选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016,123(5):1036–1042.

[2] Burton MJ, Ramke J, Marques AP, et al. The lancet global health commission on global eye health: vision beyond 2020. *Lancet Glob Health*, 2021,9(4):e489–e551.

[3] 许澈,王剑锋,李宁,等.手术治疗高度近视合并白内障的研究进展. *国际眼科杂志*, 2020,20(9):1556–1559.

[4] Pan CW, Boey PY, Cheng CY, et al. Myopia, axial length, and age-related cataract: the Singapore Malay eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013,54(7):4498–4502.

[5] Kiely CM. Fell–Muir Lecture: Fibrillin microfibrils: structural tensometers of elastic tissues? *Int J Exp Pathol*, 2017,98(4):172–190.

[6] Pan YY, Liu ZQ, Zhang H. Research progress of lens zonules. *Adv Ophthalmol Pract Res*, 2023,3(2):80–85.

[7] 刘若武.不同屈光度人群晶状体悬韧带松弛度的研究.山东大学, 2023.

[8] Meredith SP, Richards AJ, Bearcroft P, et al. Significant ocular findings are a feature of heritable bone dysplasias resulting from defects in type II collagen. *Br J Ophthalmol*, 2007,91(9):1148–1151.

[9] Świerczyńska M, Tronina A, Smędowski A. Understanding cataract development in axial myopia: The contribution of oxidative stress and related pathways. *Redox Biol*, 2025,80:103495.

[10] 杨培增,范先群.眼科学(第9版).北京:人民卫生出版社, 2022:23.

[11] Bu QW, Zhu H, Cao GL, et al. Targeting mechanics-induced trabecular meshwork dysfunction through YAP-TGFβ Ameliorates high myopia-induced ocular hypertension. *Exp Eye Res*, 2024,241:109853.

[12] Carreon T, van der Merwe E, Fellman RL, et al. Aqueous outflow-A continuum from trabecular meshwork to episcleral veins. *Prog Retin Eye Res*, 2017,57:108–133.

[13] He WW, Wei L, Liu SY, et al. Role of optic nerve head characteristics in predicting intraocular pressure spikes after cataract surgery in highly myopic eyes. *Ophthalmol Ther*, 2023, 12(4):2023–2033.

[14] Ji YH, Rao J, Rong XF, et al. Metabolic characterization of human aqueous humor in relation to high myopia. *Exp Eye Res*, 2017, 159:147–155.

[15] 国家重点研发计划项目组,中国老年医学学会眼科分会,吕帆,等.年龄相关视功能和眼健康管理白皮书. *中华眼视光学与视觉科学杂志(中英文)*, 2022,24(1):1–9.

[16] Bishop PN. Structural macromolecules and supramolecular organisation of the vitreous gel. *Prog Retin Eye Res*, 2000,19(3):323–344.

[17] Schulz A, Keskar M, Swindle-Reilly KE, et al. Replacing the vitreous body with hydrogels: Rationale and strategies. *Prog Retin Eye Res*, 2025,108:101389.

[18] Itakura H, Kishi S, Li DJ, et al. Observation of posterior precortical vitreous pocket using swept-source optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013,54(5):3102–3107.

[19] Leong BCS, Fragiotta S, Kaden TR, et al. OCT en face analysis of the posterior vitreous reveals topographic relationships among premacular Bursa, prevascular fissures, and cisterns. *Ophthalmol Retina*, 2020, 4(1):84–89.

[20] 邓飞,周立军,陶梦颖,等.广角SS-OCT En Face 结构投射图

揭示未成年人玻璃体早期液化特征. *眼科学报*, 2024, 39(10):533–540.

[21] Yao YQ, Lu Q, Wei L, et al. Efficacy and complications of cataract surgery in high myopia. *J Cataract Refract Surg*, 2021,47(11):1473–1480.

[22] Nguyen JH, Nguyen-Cuu J, Mamou J, et al. Vitreous structure and visual function in myopic vitreopathy causing vision-degrading Myodesopsia. *Am J Ophthalmol*, 2021,224:246–253.

[23] Williams K, Hammond C. High myopia and its risks. *Community Eye Health*. 2019;32(105):5–6.

[24] Mesfin Y, Arnal L, Salvi A, et al. Risk of retinal redetachment after cataract surgery following retinal detachment repair in myopic and highly myopic eyes. *J Vitreoretin Dis*, 2026:24741264261418517.

[25] Williams MA, McGimpsey S, Abugreen S, et al. The incidence and rate of rhegmatogenous retinal detachment seven years after cataract surgery in patients with high myopia. *Ulster Med J*, 2009, 78(2):99–104.

[26] Thylefors J, Jakobsson G, Zetterberg M, et al. Retinal detachment after cataract surgery: a population-based study. *Acta Ophthalmol*, 2022,100(8):e1595–e1599.

[27] 中华医学会眼科学分会眼视光学组,中国医师协会眼科医师分会眼视光专业委员会,中国非公立医疗机构协会眼科专业委员会视光学组,等.高度近视防控专家共识(2023). *中华眼视光学与视觉科学杂志(中英文)*, 2023,25(6):401–407.

[28] 杨培增,范先群.眼科学(第9版).北京:人民卫生出版社, 2022:17.

[29] Muhiddin HS, Mayasari AR, Umar BT, et al. Choroidal thickness in correlation with axial length and myopia degree. *Vision*, 2022,6(1):16.

[30] 李疏凤,李雪,黄莹莹,等.儿童近视进展与眼底血流及脉络膜厚度的关系. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021,23(10):759–765.

[31] Wu H, Zhang GY, Shen MX, et al. Assessment of choroidal vascularity and choriocapillaris blood perfusion in anisomyopic adults by SS-OCT/OCTA. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(1):8.

[32] Benavente-Pérez A, Hosking SL, Logan NS, et al. Ocular blood flow measurements in healthy human myopic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2010,248(11):1587–1594.

[33] Azemin MZ, Daud NM, Ab Hamid F, et al. Influence of refractive condition on retinal vasculature complexity in younger subjects. *Sci World J*, 2014,2014(1):783525.

[34] 李惠,孙功勋,张雷,等.光学相干断层扫描血管成像技术对中青年近视患者视盘区血管密度的观察. *皖南医学院学报*, 2021, 40(5):451–454.

[35] Yu C, Xu CC, Wang ZC, et al. Color Doppler ultrasound analysis of pathological myopia induced changes in retrobulbar blood flow and its relationship with characteristic changes in myopia. *Pak J Med Sci*, 2023, 39(3):853–857.

[36] Yip H, Akkach S, Meusemann R. Reintervention rate and visual outcomes following zonular dehiscence. *Clin Exp Ophthalmol*, 2019, 47(9):1223–1224.

[37] Zuberbuhler B, Seyedian M, Tuft S. Phacoemulsification in eyes with extreme axial myopia. *J Cataract Refract Surg*, 2009, 35(2):335–340.

[38] Fernández-Buenaga R, Alio JL, Pérez-Ardoy AL, et al. Late in-the-bag intraocular lens dislocation requiring explantation: risk factors and outcomes. *Eye (Lond)*, 2013,27(7):795–801.

[39] Fan Q, Han XY, Luo JF, et al. Risk factors of intraocular lens dislocation following routine cataract surgery: a case-control study. *Clin Exp Optom*, 2021,104(4):510–517.

[40] Teshigawara T, Meguro A, Sanjo S, et al. The advantages of femtosecond laser-assisted cataract surgery for zonulopathy. *Int Med Case*

Rep J, 2019,12:109–116.

[41] Chang YM, Chien KH, Wu CJ. Capsular tension ring use in high myopic eyes undergoing cataract surgery: a systematic review and meta-analysis. *Am J Ophthalmol*, 2026,283:109–119.

[42] Lin HW, Zhang JQ, Zhang YF, et al. Capsular tension ring implantation for intraocular lens decentration and tilt in highly myopic eyes: a randomized clinical trial. *JAMA Ophthalmol*, 2024,142(8):708–715.

[43] Hu XX, Qi J, Cheng KW, et al. Effectiveness of prophylactic capsular tension ring implantation during cataract surgery in highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg*, 2024,50(10):1030–1036.

[44] Chen YX, Meng JQ, Cheng KW, et al. Influence of IOL weight on long-term IOL stability in highly myopic eyes. *Front Med*, 2022,9:835475.

[45] Du Y, Meng JQ, Alió JL, et al. International consensuses and guidelines on clinical management of highly myopic cataracts: a two-round modified e-Delphi study by the Academy of Asia-Pacific Professors of Ophthalmology (AAPPO) and the Asia-Pacific Myopia Society (APMS). *Asia Pac J Ophthalmol*, 2026,15(3):100322.

[46] Hallali G, Aubert T, Souied EH, et al. Lens-Iris diaphragm retropulsion syndrome: Risk factors and management. A prospective study. *Eur J Ophthalmol*, 2023,33(3):1361–1366.

[47] Berger E. Beiträge zur Anatomie des Auges; in normalem und pathologischem Zustande. Wiesbaden: Bergmann, 1887: 130–160.

[48] Weidle EG. Visualization of Berger's space in the living eye. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging*, 1985,16(11):733–734.

[49] Mares V, Nehemy MB, Salomão DR, et al. Multimodal imaging and histopathological evaluation of Berger's space. *Ocul Oncol Pathol*, 2020,6(1):3–9.

[50] Tassignon MJ, Ni Dhubbghaill S. Real-time intraoperative optical coherence tomography imaging confirms older concepts about the Berger space. *Ophthalmic Res*, 2016,56(4):222–226.

[51] Anisimova NS, Arbisser LB, Shilova NF, et al. Anterior vitreous detachment: risk factor for intraoperative complications during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*, 2020,46(1):55–62.

[52] Roessler GF, Dietlein TS, Plange N, et al. Accuracy of intraocular lens power calculation using partial coherence interferometry in patients with high myopia. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2012,32(3):228–233.

[53] Clark A, Morlet N, Ng JQ, et al. Risk for retinal detachment after phacoemulsification: a whole-population study of cataract surgery outcomes. *Arch Ophthalmol*, 2012,130(7):882–888.

[54] 管怀进. 重视白内障超声乳化手术对眼内组织的影响. *中华实验眼科杂志*, 2021,39(4):273–279.

[55] Mity D, Fleck BW, Wright AF, et al. Pathogenesis of rhegmatogenous retinal detachment: predisposing anatomy and cell biology. *Retina*, 2010,30(10):1561–1572.

[56] Neuhaan IM, Neuhaan TF, Heimann H, et al. Retinal detachment after phacoemulsification in high myopia: analysis of 2356 cases. *J Cataract Refract Surg*, 2008,34(10):1644–1657.

[57] Khng C, Packer M, Fine IH, et al. Intraocular pressure during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg*, 2006,32(2):301–308.

[58] Silverman RH, Urs R, Tezel G, et al. Retrobulbar blood flow in rat eyes during acute elevation of intraocular pressure. *Exp Eye Res*, 2021,207:108606.

[59] 李惠, 吴昌凡, 张雷, 等. 相干光层析血管成像术在高度近视眼诊治中的运用. *临床眼科杂志*, 2019,27(6):565–568.

[60] 敬亚士, 张佳晴, 林灏文, 等. 高度近视患者超声乳化白内障吸除术后眼底病变的研究进展. *国际眼科杂志*, 2026,26(5):780–784.

[61] Zhao YE, Li XY, Tao AZ, et al. Intraocular pressure and calculated diastolic ocular perfusion pressure during three simulated steps of phacoemulsification *in vivo*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2009,50(6):2927–2931.

[62] Kang S, Park S, Noh H, et al. Real-time intraocular pressure measurement during phacoemulsification in dogs *ex vivo*. *J Vet Med Sci*, 2015,77(6):685–692.

[63] Akbulut S, Pekel G. Effects of uncomplicated phacoemulsification surgery on retinal vascular diameters, subfoveal choroidal and central macular thickness. *Int Ophthalmol*, 2025,45(1):262.

[64] Xu JJ, Li YD, Song SZ, et al. Evaluating changes of blood flow in retina, choroid, and outer choroid in rats in response to elevated intraocular pressure by 1300 nm swept-source OCT. *Microvasc Res*, 2019,121:37–45.