

飞秒激光辅助的白内障手术研究新进展

周用谋, 丁颖慧, 陆颖丽

引用: 周用谋, 丁颖慧, 陆颖丽. 飞秒激光辅助的白内障手术研究新进展. 国际眼科杂志 2021;21(12):2100-2103

基金项目: 亳州市重点研发项目 (No.bzzc2020021)

作者单位: (236800) 中国安徽省亳州市人民医院眼科

作者简介: 周用谋, 毕业于温州医科大学, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 白内障。

通讯作者: 周用谋. zhouyongmou@163.com

收稿日期: 2021-02-19 修回日期: 2021-11-01

摘要

近年来,随着白内障超声乳化手术的广泛开展及飞秒激光技术在白内障手术领域的逐渐应用,飞秒激光辅助的白内障手术(femtosecond laser-assisted cataract surgery, FLACS)也逐渐普及,受到了越来越多医生的认可和推广。飞秒激光技术具有极高的精确性、自动化程度和可重复性,因此飞秒激光技术十分适合应用于以精密操作为特点的白内障手术,它可以用于白内障手术过程中进行角膜切口和角膜缘松解切口的制作、前囊膜切开,晶状体碎裂等关键操作。FLACS具有广阔的应用前景,能大大提高手术的可预测性和安全性。FLACS的出现是现代白内障手术最重要的发展之一,随着FLACS的不断发展,白内障手术将迎来新的技术革新。然而,FLACS出现的时间相对较短,仍需要更长期、更全面的数据在未来更好地证明其有效性。我们就目前FLACS的研究进展进行综述。

关键词: 白内障手术; 飞秒激光; 超声乳化; 飞秒辅助白内障; 屈光手术

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.12.15

New progress in femtosecond laser - assisted cataract surgery

Yong-Mou Zhou, Ying-Hui Ding, Ying-Li Lu

Foundation item: Key Research and Development Project of Bozhou (No.bzzc2020021)

Department of Ophthalmology, Bozhou People's Hospital, Bozhou 236800, Anhui Province, China

Correspondence to: Yong - Mou Zhou. Department of Ophthalmology, Bozhou People's Hospital, Bozhou 236800, Anhui Province, China. zhouyongmou@163.com

Received: 2021-02-19 Accepted: 2021-11-01

Abstract

• In recent years, with the extensive development of phacoemulsification and the gradual application of femtosecond laser technology in the field of cataract surgery, femtosecond laser - assisted cataract surgery

(FLACS) has become popular year by year, and has been recognized and promoted by more and more doctors. Femtosecond laser technology has high accuracy, automation and repeatability, so it is quite suitable for cataract surgery characterized by precision operation, it can be used in cataract surgery for corneal incision and limbal incision, anterior capsule incision, lens fragmentation and other key operations. FLACS has broad application prospects and can greatly improve the predictability and safety of surgery. The emergence of FLACS is one of the most important developments in modern cataract surgery. With the continuous development of FLACS, cataract surgery will usher in new technological innovations. However, FLACS are relatively new, and longer term, more comprehensive data are still needed to better demonstrate their effectiveness in the future. We review the current research progress of FLACS.

• **KEYWORDS:** cataract surgery; femtosecond laser; phacoemulsification; femtosecond laser - assisted cataract; refractive surgery

Citation: Zhou YM, Ding YH, Lu YL. New progress in femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(12):2100-2103

0 引言

随着白内障手术设备的改进和多功能人工晶状体的发展,白内障手术已经转变为现代化的一种屈光手术,飞秒激光辅助白内障手术(femtosecond laser-assisted cataract surgery, FLACS)正在为白内障手术的精确性和准确性铺平道路,FLACS的应用逐渐广泛^[1-2],为更稳定可预测、更安全无创、更精准智能化的屈光性白内障手术提供了新的发展方向。飞秒激光技术在白内障手术中的应用已历经十余年。到目前为止,飞秒激光技术的优势和必要性仍然引起了人们的兴趣和争议,虽然它确实为白内障手术过程中提供了自动化和高精度,但它同时也带来了巨大的经济成本。我们有必要对这项技术进行回顾并评估它在当代白内障手术中的作用。本文旨在探讨FLACS的研究现状,具体分析FLACS的过程(包括透明角膜切口制作、晶状体前囊口切开、晶状体核预处理和角膜松解切口)中的优势以及其不足,以此来提高我们对这项技术的全面认识以及探讨这项技术的未来发展方向。

1 飞秒激光技术

飞秒激光对眼科医师及患者来说,是一种新的创新性技术。飞秒激光在准分子激光原位角膜磨镶术(laser-assisted *in situ* keratomileusis, LASIK)术中用于制作角膜板层瓣,增加了手术的安全性和可预测性。由于其在安全性和精准性上的强大优势,除了广泛应用于角膜屈光手术中,在白内障手术、角膜移植、青光眼手术、老视矫正等领

域也得到了越来越多的应用。

介电击穿是指在透明组织内应用激光需要高的辐射强度,以及紧密聚焦和短脉冲光斑的大小。它可以使激光能量在透明组织(如角膜)内高度局部传递。光中断是指光子能量的吸收使组织电离,产生温度在 100℃~300℃ 之间的等离子体,反过来,在激光聚焦处使组织蒸发。迅速膨胀和收缩的组织蒸气气泡会使邻近组织破裂。当应用到角膜和晶状体上时,作为一系列相邻的激光点,这些气泡会在组织内进行精确地切割。飞秒激光是一种脉冲形式的红外线激光,可以产生高能瞬时功率^[3],当发射出的红外波长(1053nm)激光不被角膜或晶状体前囊组织吸收时,可以精确地聚焦在角膜或晶状体内的特定深度。由于超短脉冲(10^{-15} s)激光可以产生多个相邻的微量激活气泡,且对组织的损伤最小。这有利于激光以微米级的精度切割组织。激光能量传递和随后微量激活气泡可以与 Scheimpflug 成像或实时前节光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)相结合,从而可以在不损伤重要结构如角膜内皮、虹膜和晶状体后囊的前提下,准确、安全地进行眼前段的手术。在现代白内障手术中,飞秒激光不仅可以辅助完成透明角膜切口的制作、晶状体前囊口切开、晶状体核的预处理,还可以制作角膜松解切口以矫正散光^[4]。

2 FLACS 的手术步骤及优势

飞秒激光在白内障手术中的辅助作用主要分为 4 步:透明角膜切口制作、晶状体前囊口切开、晶状体核预处理和角膜松解切口。在 FLACS 操作之前,首先需要进行的步骤称为对接。对接是指飞秒激光辅助白内障手术过程中固定眼球的操作。Alcon LenSx 飞秒激光使用的是改良的患者接口,它是一个随角膜轮廓弯曲的接触面,直径约 12.5mm。在患者接口表面和角膜之间放置一个软性角膜接触镜,以防直接接触角膜表面及出现角膜表面干燥。有了软性角膜接触镜,不会出现角膜皱褶,而使用第一代患者接口时可能会出现这种情况。角膜皱褶可使晶状体囊膜形态不规则,导致在飞秒手术预处理过程中需要更高的激光能量。其他系统(Victus, Catalys, LensAR)使用的两片式非角膜接触的含液体的患者接触面。使这种含液体的患者接口,制作周边角膜切口相对比较困难。手术中透明角膜切口制作、前囊口切开大小,晶状体核预处理的直径、能量、形状,切口位置、深度、宽度、构型等参数的设置主要根据患者术前瞳孔散大情况、晶状体核硬度、角膜曲率及角膜周边的透明度等。

2.1 透明角膜切口 对于大多数白内障手术医生来说,进入前房的首选方法是自闭性好、对视力恢复好的透明角膜切口。不理想的透明角膜切口可能会导致大的手术源性散光,角膜后弹力层的脱离,角膜切口愈合不良,眼内炎的风险等。FLACS 自动化的一个重要方面就是可以制作质量更高的手术切口,可以选择任何需要的形状、位置以及切口数量,能在完美制作手术切口的时候,最低程度减少手术本身对角膜形态及内部组织结构的损伤^[5],常规超声乳化白内障手术(conventional phacoemulsification surgery, CPS)中医生通常使用穿刺刀来进入前房,影响角膜创面稳定性的重要因素有切口的长度和形状。有研究表明,与使用一次性角膜穿刺刀制作的透明角膜切口相比,飞秒激光制作的透明角膜切口具有更好的结构稳定性和重复性、早期切口愈合更好、稳定性、安全性更高,可有效降低角膜

切口异常构筑的发生^[6]。Donnenfeld 等^[7]研究飞秒激光可以制作真正的三平面角膜切口,具有切口闭合良好,降低眼内炎和低眼压的发生率等作用。也有研究显示,与人工制作的透明角膜切口相比,FLACS 制作的透明角膜切口引起的后弹力层脱离发生率更低^[8]。另一项研究表明使用 FSL 系统制作了一个在正常眼压下可以抵抗渗漏的自闭切口、术后在施加压力的情况下创面渗漏的发生率更低。同时,也更容易实现多平面的稳定结构^[7]。这样,再加上在飞秒激光手术过程中减少对眼睛的机械性损伤,可能会促进切口更快的愈合和产生更少的切口相关并发症。

2.2 晶状体前囊口切开 连续环形居中的正圆形前囊口是每一位白内障超声乳化手术者所追求的目标,它不仅以全周遮盖 IOL 光学面、防止后发性白内障的发生,还能抵抗一定的放射性张力。它既可以维持屈光度稳定,减少偏心、倾斜、高阶像差的增加,又能保证人工晶状体在囊袋内的稳定性,最大限度减少有效晶状体位置的偏差。白内障手术最关键的步骤之一就是撕囊。人工手动撕囊往往是白内障手术中最难掌握的一个方面。飞秒激光在这一步提供了一个明显的优势,与 CPS 相比,FLACS 制作的前囊口更居中、更圆、大小更精准,人工晶状体位置更加稳定,居中性也更好^[9]。特别是对于使用多焦点、可调节的人工晶状体时等晶状体位置比较重要的患者来说这是 FLACS 的主要优点之一。飞秒激光可以制作更精确、居中、圆形、可重复性的前囊口,所以它是更好的选择^[10]。后房型人工晶状体前移时,会导致一定度数的近视漂移。如果后移,则会导致相应的远视漂移值。如果前囊膜撕囊孔径过大,没有完全覆盖人工晶状体光学面边缘,可能发生人工晶状体倾斜、偏位、高阶像差增加、光学像差及后囊膜混浊等问题。如果前囊膜撕囊口过小,植入后房型人工晶状体后可能出现前囊膜纤维化并收缩,改变人工晶状体的有效位置,降低患者的视觉质量。在彭婷婷等^[11]的一项对比研究中发现,对于难度较大的膨胀期白内障,FLACS 相比较 CPS 具有的优势,FLACS 组前囊膜切开的位置精确居中、避免了术后囊袋不对称收缩引起的人工晶状体倾斜和偏心,保证了长期稳定的视觉质量。

2.3 晶状体核预处理 使用过多的超声能量不仅会引起超声乳化过程中角膜内皮细胞的损伤,还会在超乳针头进入处对角膜造成热灼伤。白内障医生减少此类影响的良好做法是采用技术尽可能的减少有效超声乳化时间。飞秒激光系统通过破碎模式切割晶状体核和对晶状体进行预处理坚硬核,这可以减少超声乳化探头的超声能量。从而减少了超声乳化针头在眼内的使用、眼内器械的过多操作。飞秒激光晶状体核预处理可以有效减少术中使用的有效超声时间,降低角膜内皮细胞丢失率^[12]。尽管在一组 134 眼的研究中,术后 3mo FLACS 组和 CPS 组在内皮细胞计数和中央角膜厚度相比较两组无明显的差别^[4],Uy 等^[13]发现不同晶状体预劈核模式可影响超声乳化的手术参数,他通过比较了在不同晶状体预劈核模式进行 FLACS 的手术参数得出的结论。但更多的研究表明,飞秒激光对于晶状体核预处理后可以减少术中超声乳化能量的释放,从而降低术后角膜内皮失代偿和大泡性角膜病变的风险。FLACS 与传统超声乳化术相比较,患者的角膜内皮细胞损伤更小,术后早期可获得更好的视觉质量^[14-15]。何雪洪等^[16]做的一项研究中表明,FLACS 不仅可以用于Ⅲ级以下的晶状体核,其用于成熟期硬核白内障

也可以缩短超声乳化时间,降低超声乳化能量,减少术后的角膜水肿发生率。

2.4 角膜松解切口 白内障手术患者角膜散光并不少见。在一项英国的大型研究中,约78%的白内障患者角膜散光大于0.5D,42%的患者角膜散光大于1D,21%的患者角膜散光大于1.50D,11%的患者角膜散光大于2D^[17]。显而易见的是,白内障手术中未能矫正角膜散光的患者可导致术后视力的显著低于预测视力,这会大大降低患者的生活质量。角膜缘松弛切口可以纠正部分已有的术前角膜散光。然而,由于手工切口所矫正的散光不稳定,只有一小部分患者正在接受这类方法的治疗。飞秒激光可以产生非常精确的角膜松弛切口。对于角膜散光患者来说,根据患者的散光度数和轴向、角膜曲率设定散光性角膜松解切开的位置,在尽可能减少手术源性散光的基础上矫正角膜散光,帮助治疗术前已经存在的散光和手术中引起的手术源性散光,是一种矫正散光的更可靠的方式^[18]。对于合并术前角膜散光的白内障患者来说,飞秒激光角膜缘松解切开手术规划、术中操作简便,仅需要飞秒激光系统设置合适的参数,术中增加简单的操作即可实现,是一种安全、有效地减少角膜散光的方法^[19]。目前,飞秒激光主要用于透明角膜切口及角膜松解切口的制作、前囊膜的切开和晶状体碎裂,都显示出一定的优势^[20],但Ferreira等^[21]比较了传统手动透明角膜切口和飞秒激光制作角膜切口术源性散光情况,发现尽管飞秒激光的颞侧和上斜切口术源性散光均比手动透明角膜切口小,但差异均无统计学意义。除此之外,FLACS对于眼表症状的影响明显低于CPS,患者术后发生眼表不适的情况更少发生^[22]。在糖尿病性白内障中FLACS相较于传统的Phaco优势明显,安全性高,可降低超乳能量的释放和减少有效超声时间,进而减少角膜内皮损伤、改善患者的视力^[23]。在一些特殊类型手术(如晶状体不全脱位手术)中,更加安全、有效,为个性化的手术方案选择和最大限度的恢复患者的视功能提供了更好的保障^[24]。

FLACS对于常规的白内障手术是否更有价值仍存在争议,在最近的一项研究中,Roberts等^[25]在对比CPS和FLACS两者的临床疗效中指出,尽管飞秒激光辅助组后囊膜破裂减少有显著差异,但是在术后视力、屈光度、角膜中央厚度、黄斑中心凹厚度、内皮细胞损伤以及术中和术后并发症的发生率无显著差异。但对于一些特殊类型的白内障,如膨胀期白内障、硬核白内障、角膜条件不佳白内障、晶状体不全脱位白内障和需要联合高端人工晶状体的白内障,飞秒激光在其辅助的手术各步骤独特的优越性已经被越来越多的研究证实^[26-27]。

3 FLACS手术的不足

对于飞秒激光辅助白内障技术的出现,我们在认识到它有很多独特的优势的同时,也应该充分认识到其可能出现的并发症:(1)负压丢失及负压环固定不佳:有研究报道^[28] Alcon LenSx飞秒激光操作过程中发生负压丢失的情况大约为2%,负压环固定不佳会引起系统校准偏差、明显的眼位偏移、囊膜截开不完全、飞秒激光操作时间增加及眼内组织损伤等不良结果。(2)瞳孔缩小和结膜下出血:术中瞳孔缩小会使后续的手术难度大大增加,且易导致术中后囊膜破裂、皮质残留、虹膜损伤等严重并发症,一般结膜下出血虽可在术后2wk内消退,不影响术后视力^[29],但由于其对患者术眼外观的影响会导致患者对手

术满意度的降低,因此需引起更多关注。(3)角膜切口分开不完全:飞秒激光制作的切口均可能出现分开不完全,如角膜主切口、侧切口及散光矫正切口等。王静等^[2]报道约17.0%的患者飞秒激光角膜切口不完全,需角膜刀制作切口。(4)前囊膜撕裂及截囊不完全:FLACS术中前囊膜截开但不连续、前囊膜存在微连接、存在未处理区域等情况均可能会导致前囊膜放射状撕裂、后囊膜破裂甚至玻璃体脱出。飞秒激光截囊最理想的状态是前囊膜的完全游离,有研究报道FLACS术中截囊不完全的发生率约为1.40%~20.00%,囊膜撕裂的发生率约为0.31%~4%。(5)费用高:设备的高昂价格以及一次性耗材费用较高导致目前开展的FLACS费用偏高,且不能经医保报销,也是其本身的不足之一。Schweitzer等^[30]将FLACS与CPS进行了对照研究,发现FLACS尽管具有先进的技术,但在白内障手术中并不优于CPS,而且成本较高,并未为患者或医疗保健系统提供优于超声乳化术的额外益处。(6)其他并发症:FLACS过程中还可能出现囊袋阻滞综合征、后囊膜破裂、晶状体核坠落、玻璃体脱出、激光碎核不完全、角膜内皮损伤、眼压升高等并发症、手术的过程因为机器的转换需要患者更换手术位置、延长手术时间^[31]。这些并发症随着飞秒激光设备的逐渐更新和完善、手术经验的进一步积累、手术技术的不断进步发生率越来越低,但因为这些潜在并发症的存在,白内障医生在实施FLACS过程中需要密切观察保持警惕性、早期发现并及时处理问题,提高手术的安全性。

4 结论

综上所述,目前FLACS的相关研究中,一部分报道认为该手术安全、可靠、无明显的手术并发症出现,这可能与该手术应用于临床时间不长或者手术例数较少、术者的手术经验丰富等有关,另一部分报道认为该手术存在明显的手术并发症,其安全性和有效性与传统超声乳化手术相比并无优势,这可能与仪器本身的参数的设定不合理、术者对这项技术的掌握程度和经验欠缺有关。眼科领域的治疗研究一直处于使用新技术和创新的前沿。超声乳化发明于1967年,30年以后才通过随机研究证实其有效性。飞秒激光在白内障手术中作为一个新的技术平台,有助于屈光性白内障手术的发展,FLACS可能预示着白内障手术某些步骤的精密度、准确性和可重复性进入了新时代。可以肯定的是在白内障手术中,因为飞秒激光的出现,一些步骤可以个性化定制。通过这种个性化定制,提高了安全性和可预测性,眼科医生可以让患者享受到技术发展带来的诸多好处,让更多人术后摆脱对眼镜的依赖。在飞秒激光白内障带来独特优势的同时我们也应考虑到此手术所涉及的操作复杂、高昂设备、推广代价高等方面的问题。飞秒激光技术已经存在了多年时间,但可能还需要更多的研究来更好地判断其优于传统的超声乳化手术。随着FLACS的广泛应用,其效益和长期疗效将在未来更好地被证明。

参考文献

- 1 张敏,刘玉强,黄旭东,等.飞秒激光辅助白内障超声乳化术后眼表微环境变化.山东医药2017;57(36):59-61
- 2 王静,王涵,马立威,等.LenSx飞秒激光辅助白内障手术安全性和有效性的临床研究.国际眼科杂志2016;16(10):1858-1861
- 3 刘铭,曾果,成仲夏.飞秒激光辅助超声乳化手术的效果及预后.国际眼科杂志2016;16(8):1557-1560

4 Dzhaber D, Mustafa O, Alsaleh F, *et al.* Comparison of changes in corneal endothelial cell density and central corneal thickness between conventional and femtosecond laser - assisted cataract surgery: a randomised, controlled clinical trial. *Br J Ophthalmol* 2020; 104(2): 225-229

5 袁媛, 彭华琮, 陈雅琼. 飞秒激光辅助白内障手术与传统超声乳化手术在不同眼轴长白内障患者中对眼高阶相差的对比研究. *临床眼科杂志* 2019; 27(3): 201-205

6 何曼莎, 武哲明, 陈韵, 等. 飞秒激光辅助超声乳化白内障吸除术角膜切口的形态学改变. *国际眼科杂志* 2019; 19(6): 1039-1043

7 Donnenfeld E, Rosenberg E, Boozan H, *et al.* Randomized prospective evaluation of the wound integrity of primary clear corneal incisions made with a femtosecond laser versus a manual keratome. *J Cataract Refract Surg* 2018; 44(3): 329-335

8 Titiyal JS, Kaur M, Ramesh P, *et al.* Impact of clear corneal incision morphology on incision-site descemet membrane detachment in conventional and femtosecond laser - assisted phacoemulsification. *Curr Eye Res* 2018; 43(3): 293-299

9 黎晗, 王勇, 曹丹敏, 等. 飞秒激光前囊膜切开术与手工连续环形撕囊术对人工晶状体居中性的影响. *眼科新进展* 2017; 37(8): 747-750

10 徐凌霄, 宋慧. 飞秒激光截囊术与连续环形撕囊术晶状体前囊瓣超微结构比较. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2016; 38(1): 11-15

11 彭婷婷, 王勇, 鲍先议. 飞秒激光前囊膜切开应用于膨胀期白色白内障吸除手术的初步报告. *中华眼科杂志* 2017; 3(4): 281-287

12 陈卉, 陈婉, 向武, 等. 飞秒激光辅助与常规白内障超声乳化手术的临床疗效比较. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2016; 18(11): 645-649

13 Uy HS, Chan PS, Gil - Cazorla R, *et al.* Comparison of surgical parameters using different lens fragmentation patterns in eyes undergoing laser-assisted cataract surgery. *Int Ophthalmol* 2019; 39(11): 2459-2465

14 周海燕, 王丽丽, 王新川. 飞秒激光辅助超声乳化术对白内障患者角膜内皮细胞、视觉质量及泪液炎性指标的影响. *实用临床医药杂志* 2019; 23(19): 7-11, 16

15 杨波, 袁芳兰, 孙勇, 等. 飞秒激光辅助超声乳化吸除联合多焦点 IOL 植入术治疗白内障. *国际眼科杂志* 2019; 19(9): 1528-1531

16 何雪洪, 陈伟, 张广斌, 等. 飞秒激光辅助超声乳化成熟期硬核白内障手术. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2018; 40(3): 170-175

17 Day AC, Dhariwal M, Keith MS, *et al.* Distribution of preoperative and postoperative astigmatism in a large population of patients undergoing cataract surgery in the UK. *Br J Ophthalmol* 2019; 103(7): 993-1000

18 陈威, 周婧, 杜君, 等. 飞秒激光弧形角膜切开术对白内障合并

角膜散光患者的矫正效果. *眼科新进展* 2019; 39(12): 1137-1140

19 张军涛, 陆勤康, 王惠云, 等. 飞秒激光角膜缘松解切口与 toric 人工晶体植入矫正白内障术前角膜散光的对比研究. *浙江医学* 2019; 41(11): 1197-1200

20 时磊, 袁媛. 飞秒激光辅助超声乳化与微切口超声乳化白内障手术的疗效比较. *国际眼科杂志* 2020; 20(4): 656-659

21 Ferreira TB, Ribeiro FJ, Pinheiro J, *et al.* Comparison of surgically induced astigmatism and morphologic features resulting from femtosecond laser and manual clear corneal incisions for cataract surgery. *J Refract Surg* 2018; 34(5): 322-329

22 陈炳衡, 柯妍, 李康, 等. 飞秒激光辅助白内障手术与白内障超声乳化手术对眼表症状影响的对比分析. *重庆医学* 2019; 48(15): 2603-2605, 2610

23 黄飞, 刘利娟, 赵广愚. 飞秒激光辅助白内障手术治疗糖尿病性白内障疗效观察. *临床眼科杂志* 2019; 27(6): 514-517

24 莒瑞红, 陈韵, 杨威, 等. 飞秒激光技术在晶状体不全脱位手术中的应用. *南方医科大学学报* 2019; 39(7): 843-849

25 Roberts HW, Wagh VK, Sullivan DL, *et al.* A randomized controlled trial comparing femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg* 2019; 45(1): 11-20

26 Titiyal JS, Kaur M, Singh A, *et al.* Comparative evaluation of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in white cataract. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 1357-1364

27 Chee SP, Wong MHY, Jap A. Management of severely subluxated cataracts using femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2017; 173: 7-15

28 Nagy ZZ, Takacs AI, Filkorn T, *et al.* Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40(1): 20-28

29 张广斌, 陈伟, 毛祖红, 等. 飞秒激光辅助白内障手术并发症及处理. *中国实用眼科杂志* 2016; 34(3): 236-240

30 Schweitzer C, Brezin A, Cochener B, *et al.* Femtosecond laser-assisted versus phacoemulsification cataract surgery (FEMCAT): a multicentre participant-masked randomised superiority and cost-effectiveness trial. *Lancet* 2020; 395(10219): 212-224

31 段琼, 王飞, 马波. 飞秒激光辅助白内障手术后患者远期视力恢复情况角膜内皮细胞变化及相关因素探讨. *河北医学* 2020; 26(8): 1324-1329