

囊袋张力环的临床应用研究

曾维银^{1,2}, 李小禹^{1,2}, 兰长骏^{1,2}, 廖莹^{1,2}

引用:曾维银, 李小禹, 兰长骏, 等. 囊袋张力环的临床应用研究. 国际眼科杂志 2022;22(10):1666-1670

基金项目:四川省医学会科研课题(No.S20016);南充市校科技战略合作项目(No.22SXFWD0003)

作者单位:¹(637000)中国四川省南充市,川北医学院附属医院眼科;²(637000)中国四川省南充市,川北医学院眼视光医学院

作者简介:曾维银,在读硕士研究生,研究方向:白内障。

通讯作者:廖莹,博士,教授,主任医师,博士研究生导师,研究方向:眼视光学与白内障。aleexand@163.com

收稿日期:2021-11-09 修回日期:2022-08-22

摘要

囊袋张力环作为一种囊袋内填充装置,在白内障手术中起着重要的作用。囊袋张力环设计的初衷是维持囊袋的圆形轮廓、提高手术安全性,之后发现它在抑制后囊膜混浊与囊袋收缩、增强人工晶状体稳定性等方面亦有较好效果。经过近30a的改良,囊袋张力环衍生出多种类型,临床应用范围逐渐扩展,尤其是应用于复杂白内障手术,可以降低术中风险及提升术后效果。本文总结了囊袋张力环临床应用的植入时机、适应证和并发症,并对近年来囊袋张力环的临床应用进展进行简要综述。

关键词:囊袋张力环;白内障;适应证;并发症

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.10.14

Clinical application of capsular tension ring

Wei-Yin Zeng^{1,2}, Xiao-Yu Li^{1,2}, Chang-Jun Lan^{1,2}, Xuan Liao^{1,2}

Foundation items: Project of Sichuan Medical Association (No. S20016); Project of City and College Cooperation (No. 22SXFWD0003)

¹Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China;

²Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Xuan Liao. Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China; Medical School of Ophthalmology & Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. aleexand@163.com

Received: 2021-11-09 Accepted: 2022-08-22

Abstract

• As an in-bag filling device, capsular tension ring (CTR) has played an important role in cataract surgery. Maintaining the circular contour of the capsular bag and improving the safety of surgery is the original intention of CTR design, and then it was found to have better effects in inhibiting posterior capsular opacity and capsular bag shrinkage, and enhancing the stability of intraocular lenses. After nearly 30a of improvement and development, CTR has been derived into a variety of types, and its clinical application has gradually expanded. In particular, CTR can be used in complex cataract surgery to reduce intraoperative risk and improve postoperative outcomes. In the present paper, the implantation timing, indications and complications of CTR were summarized, and the progress in clinical application in recent years was briefly reviewed.

• KEYWORDS: capsular tension ring; cataract; indications; complications

Citation: Zeng WY, Li XY, Lan CJ, et al. Clinical application of capsular tension ring. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22(10):1666-1670

0 引言

囊袋张力环(capsular tension ring, CTR)最初是在白内障术中使用的一种囊袋内的填充装置。在1990年代, Hara等^[1]和Nagamoto等^[2]先后设计了闭环式带有内环凹槽的赤道环与开环式的CTR,目的都是在晶状体囊袋中形成环形支撑力,以保持囊袋的圆形轮廓和人工晶状体(intraocular lens, IOL)居中与稳定。CTR应用于复杂白内障手术,如过熟期白内障、高度近视合并白内障、晶状体脱位以及马凡综合征等,减少了手术并发症,提高了手术安全性,成为白内障术中的重要辅助装置。近年来,经过进一步的改良,CTR衍生出多种设计类型,临床使用也更加广泛,本文将对此作一简要综述。

1 囊袋张力环的类型

1.1 常规囊袋张力环 常规CTR是一个具有开口的环形装置,开口处光滑向内弯曲有助于贴合囊袋内侧,末端带有圆孔可作预置缝线;开环式CTR形成了囊袋的环形支撑,减弱其非对称张力,使囊袋的形态和位置更稳定。现在CTR多采用高分子聚合物聚甲基丙烯酸甲酯(polymethyl methacrylate, PMMA)为材料的开环式设计,具有质量轻、韧性高的特点,且价廉易合成。CTR大小型号

可以满足不同需要。生理状态下人的晶状体直径为 9mm 左右,垂直直径略大于水平直径^[3];常规的 CTR 可压缩至 10mm,保证了囊袋的完全撑开。Dong 等^[4]发现晶状体直径与眼轴长度、角膜直径呈正相关,因此,在植入 CTR 时可以根据眼轴长度及角膜直径选择合适的 CTR 型号,如白到白测量结果加上 0.5~1.0mm。Morcher 公司提供了多种尺寸的 CTR,对中短眼轴或轴向近视患者可分别选用开环/压缩直径为 12.3/10.0mm (TYPE 14) 或 13.0/11.0mm (TYPE 14C),超高度轴向近视可选用 14.5/12.0mm (TYPE 14A)。

1.2 改良囊袋张力环 对于严重的晶状体脱位,植入常规 CTR 并不能使偏位的囊袋居中,甚至引起进一步损伤。因此,Cionni 等^[5]在常规 CTR 的两端之间增加了一个指向环中心的弯钩,弯钩从囊袋内拐向前囊膜之前,其末端带有圆孔,可结合缝线使偏位的囊袋居中并固定在巩膜上。而后改良的囊袋张力环(modified capsular tension ring, MCTR)多是以此为基础设计的,如双钩 MCTR 可以应用于更大范围的晶状体脱位;虹膜型 MCTR 带有 60°或 90°扇形遮挡,可以改善虹膜缺损或色素脱失患者的畏光或复视等症状。Tataru 等^[6]设计了“2L Cionni CTR”方法,依靠 MCTR 的 Cionni 弯钩将 Toric IOL 压在后囊膜上,保持其相对固定。与其他术式相比,其操作简便,且不需要缝线。

1.3 囊袋张力段 囊袋张力段(capsular tension segment, CTS)相当于常规 CTR 的一段弧长,中间发出一个弯钩用于固定于巩膜,使用半弓滑结技术^[7]可以在术中调节缝线张力。它设计的目的是为了在白内障超声乳化之前稳定囊袋,可用于更大范围的悬韧带断裂,在晶状体吸除后同样可以植入 CTR 或 MCTR。对于需要植入 CTS 的晶状体脱位,一般是选择在水分离之后将 CTS 插入在脱位的一侧,通过缝线穿过孔眼或无缝线牵引将晶状体居中,以便超声乳化的顺利进行^[8]。CTS 术中可植入多个,术毕可取出或保留。

1.4 囊袋药物环 Molokhia 等^[9]开发了一种囊袋药物环(capsular drug ring, CDR)用于治疗年龄相关性黄斑变性,CDR 具有空心结构可储存贝伐单抗,并通过半透膜逐渐释放药物;基于这种设定,可通过调整半透膜向前房或后房供给各种药物。Lei 等^[10]设计了一种以多孔 PMMA 为骨架,结合 2-甲基丙烯酸羟乙酯(HEMA)和甲基丙烯酸甲酯(MMA)的复合材料,用于 CTR 可以控制多西紫杉醇(docetaxel, DTX)的缓慢释放。在兔眼中,DTX 可以在 CTR 外的房水中持续释放 6wk,抑制晶状体上皮细胞增殖,且对正常组织无明显损伤。这一类 CDR 目前仍在实验阶段,尚未应用于临床。

2 囊袋张力环的作用

2.1 对后囊膜混浊的影响 白内障术后发生的后囊膜混浊(posterior capsule opacification, PCO)是由于晶状体摘除后残余的晶状体上皮细胞移行增殖与纤维增殖共同作用,造成后囊膜的机化混浊,是白内障术后常见并发症。临床常用 Nd:YAG 后囊膜激光治疗,但同时增加了孔源性视网膜脱离等风险^[11]。CTR 可以抑制晶状体上皮细胞的移

行增殖,且撑开囊袋后又避免了前后囊膜的接触,从而最终减少 PCO 的发生^[12]。Zhang 等^[13]在关于 CTR 抑制 PCO 的 Meta 分析中指出,白内障术中使用 CTR 可以显著降低术后 Nd:YAG 激光切开率和 PCO 评分。

2.2 对屈光结果的影响 Olsen^[14]发现白内障术后 42% 的预测误差是由有效晶状体位置(effective lens position, ELP)预测误差造成的。CTR 可以减少白内障患者术后 IOL 的轴向运动,进一步维持 ELP 及屈光状态的稳定。Alió 等^[15]发现,CTR 提供了良好的可预测性,并通过提供良好的 IOL 居中性 and 稳定性,有利于提升多焦点 IOL 的光学性能。研究也表明,在高度近视的白内障超声乳化手术中,同时植入 CTR 和 IOL 较之没有植入 CTR 的患者术后屈光结果往往更准确^[16]。然而, Park 等^[17]在研究 CTR 联合非球面单焦点 IOL 植入对白内障术后视觉质量的影响时发现,CTR 联合组相比于非 CTR 联合组表现出更大的远视漂移,差异具有统计学意义。因此建议计划 CTR 联合非球面单焦点 IOL 植入时,将 IOL 公式计算的目标屈光度降低 0.5D。但两组术前 ACD 存在一定差异,联合组 ACD 小于非联合组,因此手术前后 ELP 变化更大;此外, IOL 襟相对靠前的设计,联合植入可能有助于推动 IOL 光学面向后移动,从而导致术后远视漂移结局。

对于需要矫正散光的白内障患者,CTR 可以增加植入的 Toric IOL 旋转稳定性^[18]。Zhao 等^[19]比较了近视患者中联合 Toric IOL 与 CTR 植入与单纯 Toric IOL 植入,发现前者术后 IOL 旋转度更小,差异具有统计学意义;同时,联合 CTR 组还表现为更少的后囊皱褶与更好的裸眼视力。而在另一项研究 Toric IOL 旋转度的多中心随机非劣性试验中,CTR 联合组与对照组的 IOL 绝对旋转度均在 5°以内,没有表现出统计学上的差异^[20]。

2.3 对囊袋收缩的影响 囊袋内植入 IOL 后,由于晶状体细胞的纤维增殖,发生囊膜机化和囊袋收缩变窄,进而引起 IOL 偏位、视力下降以及眩光等症状。而 CTR 可以为前囊膜提供足够的张力来对抗自身的收缩,防止前囊口缩小与 IOL 移位。在对视网膜色素变性合并白内障患者的回顾性研究中发现,与白内障术中没有联合植入 CTR 的患者相比,CTR 组发生囊袋收缩的比例明显较小^[21]。类似地,Price 等^[22]在 255 只具有悬韧带异常的白内障眼中植入 CTR,仅约 3% 的眼睛发生了严重的前囊口收缩。白内障术后前囊开口(anterior capsule opening, ACO)面积的变化可以作为囊袋收缩的一个衡量指标,在植入丙烯酸 IOL 的眼内常常观察到不同程度的 ACO 面积的缩小^[23-24]。在一项至少随访了 5a 以上的研究中发现,术后 6mo 时 11mm 直径 CTR 组 ACO 面积减小约 23%,12mm 直径 CTR 组减小 8%,显示植入较大直径 CTR 可以降低 ACO 面积的缩小程度^[25]。

3 囊袋张力环的临床应用

已有 CTR 植入的报道包括假性剥脱综合征、外伤性白内障、过熟期白内障和高度近视并发白内障、其他的遗传性疾病以及既往眼科手术(如滤过性手术或玻璃体切

除术)史等。

3.1 植入时机 任何导致悬韧带松弛或部分断裂的原因都可以是植入CTR的指征,手术中植入CTR的具体时机根据具体情况而定。Bardoloi等^[26]通过在水分离之后与超声乳化之前植入CTR来处理Morgagnian白内障,此种方法可防止操作过程中囊袋塌陷与移位,但缺点是皮质容易嵌顿在囊膜与CTR之间;另外,Ahmed等^[27]通过Miyake-Apple视频分析显示,与早期植入CTR相比,摘除晶状体后植入CTR的囊袋移位与应力更小。Koplin等^[28]采用黏弹剂与CTR剥离皮质的方法,即在超声吸除晶状体核后,在核壳及皮质之后,囊膜之前钻孔并注入黏弹剂,则可以将CTR插入在皮质与囊膜之间,稳定囊袋的同时也便于吸除皮质。使用预置缝线牵引CTR孔眼也是一个较稳妥的方法,以便在晶状体悬韧带进一步损伤或囊袋撕裂时将CTR顺利取出。

3.2 适应证

3.2.1 晶状体不全脱位 根据散瞳后脱位的晶状体未覆盖区边缘占瞳孔区周长的比例分为轻度(0~25%,0~90°)、中度(25%~50%,90°~180°)、重度(50%以上,>180°)^[29]。对于轻度和中度晶状体脱位可考虑植入常规CTR,并在虹膜拉钩的辅助下,将IOL的一襻放在晶状体脱位的方向,可尽量保证IOL的居中。但中度及以上的晶状体脱位在不使用固定装置的情况下仍应谨慎。对于中重度的外伤性晶状体脱位,Buttanri等^[30]在悬韧带损伤接近180°(7眼)与超过210°(9眼)的眼内分别植入单孔MCTR与双孔MCTR并缝合固定于巩膜,结果显示术后仅有2眼发生有症状的IOL偏心,平均最佳矫正视力从LogMAR(0.89±0.41)提升到(0.33±0.43)($P=0.001$);尽管仍有4眼因玻璃体脱出行玻璃体切除术,但因保留了囊袋,相比于其他术式,发生并发症更少。

3.2.2 高度近视 高度近视多有眼轴增长,常合并玻璃体液化、囊袋松弛,相比于年龄相关性白内障术后更易发生IOL的偏心与偏位。Yang等^[31]发现,在白内障术后早期(3mo),高度近视患者植入CTR更能有效延缓囊袋的收缩,保持囊袋稳定。此外,高度近视患者常合并散光,Toric IOL植入相较于角膜切口术式矫正散光具有更好的预测性,但其效果与Toric IOL的旋转度密切相关。Sagiv等^[32]采用植入2个CTR或者MCTR联合缝线用于固定Toric IOL。Jiang等^[33]比较高度近视合并散光的患者眼中分别植入4孔与2孔的MCTR及Toric IOL,随访6mo时发现,4孔CTR组Toric IOL旋转度为(1.00±0.73)°,对照组为(3.53±1.46)°($P<0.001$),认为4孔CTR的设计可以将IOL压贴在后囊膜上,为Toric IOL提供更多的接触面积,从而增加IOL稳定性,降低术后旋转的风险。

3.2.3 青光眼 在原发性闭角型青光眼患者中,晶状体悬韧带异常的比例显著高于普通人群^[34]。牛科等^[35]纳入了40例急性闭角型青光眼合并悬韧带松弛的患者,植入不同尺寸的CTR并随访3mo,发现大尺寸组IOL偏心量为 $0.64\pm 0.09\text{mm}$,倾斜度为(1.41±0.07)°;而小尺寸组偏心量

与倾斜度分别为 $0.83\pm 0.14\text{mm}$ 、(1.89±0.07)°,差异均具有统计学意义。此外,Gürelük等^[36]介绍了一种治疗青光眼滤过术后慢性低眼压的方法,即通过透明角膜切口在前房角放置一个CTR来机械性地减少房水的流出,所有患者随访1a眼压较术前明显提升,且没有出现其他的并发症。

3.2.4 遗传性疾病 临床上许多遗传性疾病合并有悬韧带的异常,如马凡综合征、Marchesani综合征、视网膜色素变性、同型胱氨酸尿症等,可考虑植入CTR,以维持囊袋的居中和稳定。Li等^[37]在评价MCTR在白内障手术中的使用情况发现,无论是成人还是儿童,使用MCTR的比例最高的疾病均为马凡综合征。马凡综合征是由于基因异常导致悬韧带变性或断裂,晶状体脱位很常见,且多向鼻上方脱位。Chen等^[38]纳入马凡综合征患者109例187眼,根据晶状体脱位的范围、悬韧带的强度与能否顺利撕囊,选择行单钩或双钩MCTR植入,尽管术前存在弱视,但约90%的患者术后最佳矫正视力改善,超过70%的患者视力达到20/40以上。

3.2.5 假性囊膜剥脱综合征 假性囊膜剥脱综合征(pseudoexfoliation syndrome, PEX)是由眼球的异常碎屑样物质沉积在小梁网、晶状体囊膜、悬韧带、虹膜、玻璃体等部位的一类病因尚不明确的疾病。异常物质在晶状体囊膜及悬韧带的沉积使其变性、断裂,进而引起囊袋松弛、晶状体脱位^[39]。Kandemir Besek等^[40]报道了白内障手术联合CTR植入的PEX 35眼,与未联合CTR的PEX 34眼相比,CTR植入可以稳定PEX的晶状体囊膜,并防止术后晶状体脱位,但也可能阻止IOL的前移而出现远视漂移。然而,Shingleton等^[41]发现CTR不能防止PEX白内障术后的前囊皱缩与IOL偏位,甚至未缝合的CTR也不能阻止将来发生IOL脱位。

3.3 并发症及处理 随着CTR在白内障手术中的应用,一系列新的问题逐渐显现。术中不当的植入CTR将导致虹膜损伤、悬韧带断裂、囊膜撕裂、玻璃体脱出,甚至晶状体掉入玻璃体腔;使用预置缝线则有助于CTR的取出。另外,由于晶状体悬韧带进行性退变或者外伤影响,存在发生IOL-CTR-囊袋复合体脱位的可能。对于囊袋复合体的不全脱位,可在充分散瞳后将其调整至视轴区,并重新固定^[42]。对于囊袋复合体后脱位的患者,Menapace^[43]认为从角膜切口整体取出囊袋复合体是不安全的,因此建议在玻璃体切除后将其切断并取出。如果CTR脱位于前房将堵塞房角,引起眼压升高进而导致青光眼或角膜内皮失代偿的发生,因此必需手术取出CTR;可通过制作巩膜瓣切除小梁网形成的通道将其取出^[44]。此外,Lin等^[45]报道了1例由CTR导致的恶性青光眼,经过保守治疗无效后,考虑到取出CTR非常困难,最终行低剂量睫状体光凝术解除了睫状环阻滞,使眼压得到了控制。

4 小结

自1990年代CTR应用于临床以来,经过材料和设计的更新,已经不局限于悬韧带异常的病例,在降低PCO、维

持 IOL 旋转稳定性以及进行复杂白内障手术等方面有了更深的拓展,CTR 的植入甚至有望治疗慢性眼病。由于一些实验设计可能存在的偏倚,以及特殊病例的样本量受限,导致类似的研究在不同学者之间出现了不一致的结果。尽管标准 CTR 在初期增加了囊袋的稳定性,但进展性的悬韧带变性仍然有可能导致晶状体脱位的发生。同时,即使满足了 CTR 植入的适应证,手术医生仍应根据术中的具体情况选择 CTR 类型和判断植入时机。例如,囊袋撕裂时植入 CTR 更增加囊袋完整性破坏的可能;撕囊过大或严重偏位,可能使 CTR 滑出囊袋;撕囊过小会导致 CTR 的第二个末端植入困难,甚至增加并发症发生的几率,如角膜内皮损伤、悬韧带损伤等,这些情况都应谨慎考虑 CTR 的植入。鉴于眼内的情况各有不同,目前 CTR 的植入尚未达成普遍的共识,有必要进行进一步的探索。

参考文献

- 1 Hara T, Hara T, Yamada Y. Equator ring for maintenance of the completely circular contour of the capsular bag equator after cataract removal. *Ophthalmic Surg* 1991;22(6):358-359
- 2 Nagamoto T, Bissen-Miyajima H. A ring to support the capsular bag after continuous curvilinear capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 1994;20(4):417-420
- 3 Erb - Eigner K, Hirschall N, Hackl C, et al. Predicting lens diameter: ocular biometry with high-resolution MRI. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(11):6847-6854
- 4 Dong EY, Joo CK. Predictability for proper capsular tension ring size and intraocular lens size. *Korean J Ophthalmol* 2001;15(1):22-26
- 5 Cionni RJ, Osher RH. Management of profound zonular dialysis or weakness with a new endocapsular ring designed for scleral fixation. *J Cataract Refract Surg* 1998;24(10):1299-1306
- 6 Tataru CP, Dogaroiu AC, Tataru CI, et al. Enhancing rotational stability of toric intraocular lenses using a type 2L Cionni capsular tension ring in patients with high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(9):1219-1221
- 7 Chee SP. Half-bow sliding knot: modified suture technique for scleral fixation using the corneoscleral pocket. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(9):1576-1580
- 8 Canabrava S, Bernardino L, Batisteli T, et al. Double-flanged-haptic and capsular tension ring or segment for sutureless fixation in zonular instability. *Int Ophthalmol* 2018;38(6):2653-2662
- 9 Molokhia SA, Sant H, Simonis J, et al. The capsule drug device: novel approach for drug delivery to the eye. *Vision Res* 2010;50(7):680-685
- 10 Lei M, Peng ZH, Dong Q, et al. A novel capsular tension ring as local sustained - release carrier for preventing posterior capsule opacification. *Biomaterials* 2016;89:148-156
- 11 Lin JY, Ho WL, Ger LP, et al. Analysis of factors correlated with the development of pseudophakic retinal detachment - a long-term study in a single medical center. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251(2):459-465
- 12 Menapace R, Findl O, Georgopoulos M, et al. The capsular tension ring: designs, applications, and techniques. *J Cataract Refract Surg* 2000;26(6):898-912
- 13 Zhang KK, Dong YC, Zhao MS, et al. The effect of capsule tension

- ring on posterior capsule opacification: a meta-analysis. *PLoS One* 2021;16(3):e0246316
- 14 Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(5):472-485
- 15 Alió JL, Elkady B, Ortiz D, et al. Microincision multifocal intraocular lens with and without a capsular tension ring: optical quality and clinical outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(9):1468-1475
- 16 Schild AM, Rosentreter A, Hellmich M, et al. Effect of a capsular tension ring on refractive outcomes in eyes with high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(12):2087-2093
- 17 Park HJ, Lee H, Kim DOW, et al. Effect of Co-implantation of a capsular tension ring on clinical outcomes after cataract surgery with monofocal intraocular lens implantation. *Yonsei Med J* 2016;57(5):1236-1242
- 18 Rastogi A, Khanam S, Goel Y, et al. Comparative evaluation of rotational stability and visual outcome of toric intraocular lenses with and without a capsular tension ring. *Indian J Ophthalmol* 2018;66(3):411-415
- 19 Zhao Y, Li JX, Yang K, et al. Combined special capsular tension ring and toric IOL implantation for management of astigmatism and high axial Myopia with cataracts. *Semin Ophthalmol* 2018;33(3):389-394
- 20 Hahn U, Krummenauer F, Schmickler S, et al. Rotation of a toric intraocular lens with and without capsular tension ring: data from a multicenter non - inferiority randomized clinical trial (RCT). *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):143
- 21 Chen CX, Wang JD, Zhang JS, et al. Effect of lens capsular tension ring on preventing capsular contraction syndrome in the surgery of retinitis pigmentosa combined with cataract: retrospective case series. *Int J Clin Pract* 2021;75(8):e14272
- 22 Price FW Jr, Mackool RJ, Miller KM, et al. Interim results of the United States investigational device study of the Ophtec capsular tension ring. *Ophthalmology* 2005;112(3):460-465
- 23 Hayashi K, Yoshida M, Hirata A, et al. Anterior capsule relaxing incisions with neodymium: YAG laser for patients at high - risk for anterior capsule contraction. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(1):97-103
- 24 Park TK, Chung SK, Baek NHO. Changes in the area of the anterior capsule opening after intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2002;28(9):1613-1617
- 25 Vanags J, Erts R, Laganovska G. Anterior capsule opening contraction and late intraocular lens dislocation after cataract surgery in patients with weak or partially absent zonular support. *Medicina (Kaunas)* 2021;57(1):35
- 26 Bardoloi N, Sarkar S, Burgute PS, et al. Capsular tension ring assisted phacoemulsification of morgagnian cataract. *Indian J Ophthalmol* 2021;69(7):1781-1785
- 27 Ahmed IJK, Cionni RJ, Kranemann C, et al. Optimal timing of capsular tension ring implantation: Miyake - Apple video analysis. *J Cataract Refract Surg* 2005;31(9):1809-1813
- 28 Koplín RS, Waisbren E, Ritterband DC, et al. Facilitating cortical aspiration after insertion of a capsular tension ring. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(6):810-812
- 29 Hoffman RS, Snyder ME, Devgan U, et al. Management of the subluxated crystalline lens. *J Cataract Refract Surg* 2013;39(12):1904-1915

30 Buttanri IB, Sevim MS, Esen D, *et al.* Modified capsular tension ring implantation in eyes with traumatic cataract and loss of zonular support. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(3):431-436

31 Yang SF, Jiang H, Nie KL, *et al.* Effect of capsular tension ring implantation on capsular stability after phacoemulsification in patients with weak zonules: a randomized controlled trial. CTR implantation in cataract patients with weak zonules. *BMC Ophthalmol* 2021;21(1):19

32 Sagiv O, Sachs D. Rotation stability of a toric intraocular lens with a second capsular tension ring. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(5):1098-1099

33 Jiang HM, Liang K, Tao LM. Comparative evaluation of rotational stability of toric IOLs with four-eyelet vs two-eyelet capsular tension rings in eyes with high myopia. *Int J Ophthalmol* 2021;14(3):378-382

34 Salimi A, Fanous A, Watt H, *et al.* Prevalence of zonulopathy in primary angle closure disease. *Clin Experiment Ophthalmol* 2021;49(9):1018-1026

35 牛科, 刘姗姗, 范晓军, 等. 植入不同尺寸囊袋张力环对合并悬韧带松弛急性闭角型青光眼患者术后疗效的影响. *眼科新进展* 2020;40(9):867-870

36 Gürelik G, Korkmaz S, Disli G, *et al.* A novel surgical method to treat chronic ocular hypotony. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina* 2019;50(3):e56-e60

37 Li B, Wang YJ, Malvankar-Mehta MS, *et al.* Surgical indications, outcomes, and complications with the use of a modified capsular tension ring during cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(11):1642-1648

38 Chen ZX, Zhang M, Deng M, *et al.* Surgical outcomes of modified capsular tension ring and intraocular lens implantation in Marfan syndrome with ectopia lentis. *Eur J Ophthalmol* 2021 [Online ahead of print]

39 Fontana L, Coassin M, Iovieno A, *et al.* Cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome: current updates. *Clin Ophthalmol* 2017;11:1377-1383

40 Kandemir Besek N, Gumus G, Karabulut GO, *et al.* Effect of capsular tension ring on refractive results in cases with pseudoexfoliation syndrome. *Eur J Ophthalmol* 2022;32(1):263-267

41 Shingleton BJ, Neo YN, Cvintal V, *et al.* Outcome of phacoemulsification and intraocular lens implantation in eyes with pseudoexfoliation and weak zonules. *Acta Ophthalmol* 2017;95(2):182-187

42 Guo L, Wang C, Yang X. A novel technique for the surgical management of intraocular lens - capsular bag - capsular tension ring complex dislocation. *Exp Ther Med* 2019;17(4):2785-2788

43 Menapace R. Luxated capsule-IOL complex with capsular tension ring lying upside down on retina: may consultation #1. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(5):798

44 Gala JM, Khanna RC. Misplaced capsular tension ring in anterior chamber: a unique way of explantation. *Indian J Ophthalmol* 2018;66(7):1009-1011

45 Lin HS, Zhou GM, Zhang SD, *et al.* One-year outcome of low dose laser cyclophotocoagulation for capsular tension ring-induced malignant glaucoma: a case report. *Medicine (Baltimore)* 2020;99(6):e18836