

# 晶状体悬韧带的研究进展

刘若武, 张 晗\*

山东大学齐鲁医学院, 山东 济南

收稿日期: 2023年4月28日; 录用日期: 2023年5月21日; 发布日期: 2023年5月30日

## 摘 要

晶状体悬韧带是连接着睫状体和晶状体的带状纤维组织, 凭借纤维组织间共同张力, 将晶状体悬挂于视轴解剖位置。晶状体悬韧带是一个复杂的细胞外纤维系统, 在生理状态下是透明的, 难以观测。临床医生经常通过裂隙灯显微镜检查间接观察悬韧带异常, 如虹膜震颤和周边浅前房, 当悬韧带出现部分或全部断裂时, 通常会伴随晶状体不全脱位或全脱位。然而, 一些临床症状可能是隐匿性或轻微的, 在临床上很容易被忽视。因此对于接受眼科手术的患者, 术前仔细评估晶状体悬韧带情况是十分必要的。本文就晶状体悬韧带解剖结构、功能及悬韧带异常的机制及治疗综述如下。

## 关键词

晶状体悬韧带, 闭角型青光眼, 白内障

# Research Progress of Suspensory Ligaments of Lens

Ruowu Liu, Han Zhang\*

Cheeloo College of Medicine, Shandong University, Jinan Shandong

Received: Apr. 28<sup>th</sup>, 2023; accepted: May 21<sup>st</sup>, 2023; published: May 30<sup>th</sup>, 2023

## Abstract

The suspensory ligaments of lens are a banded fibrous tissue connecting the ciliary body and the lens. By virtue of the common tension between the fibrous tissues, the lens is suspended in the anatomical position of the optic axis. The suspensory ligaments of lens are a complex extracellular fiber system, which is transparent and difficult to observe under physiological conditions. Clinicians often observe zonule abnormalities indirectly through slit-lamp microscopy, such as iris tremor and peripheral superficial anterior chamber. When the suspensory ligaments of lens are par-

\*通讯作者。

tially or completely broken, it is usually accompanied by incomplete dislocation or total dislocation of the lens. However, some clinical symptoms may be insidious or mild and can be easily overlooked clinically. Therefore, it is necessary to carefully evaluate the suspensory ligaments of lens before surgery for patients undergoing eye surgery. In this paper, the anatomical structure, function, mechanism and treatment of zonule abnormalities are summarized as follows.

## Keywords

Suspensory Ligaments of Lens, Angle-Closure Glaucoma, Cataract

Copyright © 2023 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. 晶状体悬韧带的组成及结构

晶状体悬韧带大部分纤维起源于睫状体平坦部无色素上皮细胞, 这些带状纤维几乎全部由 10~12 nm 宽的微纤维组成[1] [2]。数百或数千个微纤维聚集成微米级别宽的纤维束, 许多这样的束聚集在一起形成纤维带。微纤维相对坚硬的结构使悬韧带纤维结构具有一定的韧性, 为支撑晶状体提供足够的拉力, 同时微纤维间横向相互作用使悬韧带纤维具有足够的弹性[3], 使得晶状体随调节的需要而改变曲率, 从而使物体光线形成的焦点聚集在视网膜层面。悬韧带纤维起源于睫状体平坦部, 向睫状突方向延伸并逐渐聚合成带状纤维, 最终固定于睫状突, 继而分别附着于晶状体前表面和后表面[4]。另外, 还有部分纤维连接于玻璃体处, 其功能是在晶状体发生变形时调节玻璃体位置, 维持屈光介质的协调性, 确保晶状体、睫状体和玻璃体的同步运动[5] [6]。

带状纤维的主要成分是蛋白和多糖。带状纤维被一层蛋白聚糖包裹, 主成分是硫酸软骨素蛋白聚糖和透明质酸, 它可以使带状纤维免受蛋白酶的影响。对悬韧带蛋白组的研究表明, 纤维带蛋白主要由非胶原酸性糖蛋白组成主要成分包括原纤维蛋白 1 (FBN1)、潜在型 TGF $\beta$  结合蛋白 2 (LTBP2)、微纤维相关蛋白 2 (MFAP2)、弹性蛋白微纤维、界面蛋白(EMIL-1)等[7]。其中 FBN1 含量最高[1] [7] [8], FBN1 和 LTBP2 两种蛋白质占纤维蛋白质总量的 70%~80%。基因突变疾病患者(如马凡氏综合征)体内编码悬韧带纤维蛋白的基因发生突变, 导致部分悬韧带异常, 维持晶状体位置力的不平衡可能导致晶状体脱位。

## 2. 晶状体悬韧带异常的检测方法

对于发生晶体脱位的悬韧带异常, 我们可以通过裂隙灯直接观察, 但受限于虹膜遮挡, 裂隙灯检查无法直接评估细微的悬韧带异常。多种检测设备可以辅助我们对悬韧带进行评估。

超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy, UBM)是一种利用 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  $\mu$ m, 为眼前节组织提供了高分辨率图像, 多用于测量眼前节参数[9]。晶状体悬韧带松弛表现为晶状体某一侧悬韧带的长度增大、悬韧带紧张度增加, 而对侧悬韧带长度变短。UBM 可以扫描各个方位悬韧带形态, 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。当悬韧带发生断裂时, 睫状突与晶状体赤道部之间表现出无回声区域, 睫状体变平、晶状体赤道部变圆[10]。目前 UBM 以其较高的分辨率成为观察晶状体悬韧带异常最主要的方法, 但受限于悬韧带的构成和扫描深度, UBM 对于极细微的悬韧带损伤尤其是赤道后的晶状体悬韧带难以清晰显示[11], 对隐匿性悬韧带损伤诊断的准确性仍有待提高。期待更高分辨率的设备得以投入临床

应用。

眼前节相干断层扫描(anterior segment optical coherence tomography, AS-OCT)是一种利用低相干光波扫描的成像设备。AS-OCT 优点是操作简便、成像速度快、非接触设计,分辨率高等。由于相干光波无法透过虹膜组织,AS-OCT对虹膜色素上皮后的组织成像不如UBM,尤其是睫状体的细微结构难以辨认。

### 3. 晶状体悬韧带异常相关疾病的机制

多种原因都可能通过影响带状纤维的完整性导致悬韧带的异常,包括外伤、年龄、遗传和眼轴过长等。睫状体纤维的断裂,导致悬韧带纤维蛋白的张力不足,晶状体解剖位置发生改变。常见的晶状体悬韧带异常相关疾病叙述如下。

#### 3.1. 悬韧带异常与闭角型青光眼

欧洲青光眼协会指南指出,晶状体相关异常是闭角型青光眼的发病机制之一[12]。2019年中华医学会眼科学分会青光眼学组在原发性闭角型青光眼分类中也增加晶状体位置异常型[13]。异常的悬韧带可能使晶状体向前运动,晶状体-虹膜隔前移,前房容积减小,导致前房角关闭,从而促使闭角型青光眼的发生。晶状体悬韧带异常包括悬韧带松弛、断裂和数量减少。

Salimi 等人在一项队列研究中通过比较术中悬韧带不稳定体征的发生率,如囊袋松弛,悬韧带断裂等,发现相较于普通人群,原发性闭角型青光眼患者(primary angle-closure glaucoma, PACG)中悬韧带异常的比例更高,其患病率为7.3%,而这一比例在正常人群中仅为0.46%~2.6% [14]。另一项针对白内障合并 PACG 患者悬韧带稳定性的前瞻性研究中,手术中发现悬韧带异常患者高达54% [15]。这些结果提示我们,对 PACG 患者的检查不应局限于对房角的观察,仔细评估悬韧带状态可能对 PACG 的病因诊断及术前准备有所帮助。Ma [16]等人比较了50只可疑原发性房角关闭(suspicious primary angle closure, PACS)眼与50只正常患者眼的眼前节 UBM 参数,研究发现中央前房深度、晶状体前顶点至睫状突两端最大横径的垂直距离、悬韧带距离均有显著差异,UBM可预测 PACS 患者是否合并小带松弛,为疾病诊断提供临床影像学依据。但 UBM 缺乏客观评估悬韧带强度的方法。另外,对于细微的带状纤维异常,其分辨率欠佳,使得一些异常改变在术前难以被观察。

然而晶状体悬韧带异常与 PACG 发病的因果关系仍存在争议。一种观点认为急性高眼压引起了睫状体缺血,缺血导致了悬韧带发生病理损伤,悬韧带功能下降,引起晶状体变厚、晶状体虹膜隔前移,前房角关闭[17]。另一种观点则认为悬韧带异常是 PACG 发病的始发因素, PACG 患者本身可能存在悬韧带功能异常,这些异常引起上述晶状体生理位置改变,眼压因房角关闭而异常升高。晶状体悬韧带异常与 PACG 发病机制仍需进一步研究。

#### 3.2. 晶状体悬韧带异常与白内障

白内障是全球首位致盲性眼病[18],随着我国人口老龄化加剧,白内障也将导致更大的社会和经济负担。目前,手术是治疗白内障的唯一方法,白内障超声乳化摘除术凭借其手术切口小,手术效果好,安全性高,术后并发症少的优点成为白内障手术最主要的手术方式。然而悬韧带异常增加了白内障手术操作的复杂性,晶体不稳定的风险提升,增加了术中及术后并发症的发生率。术前检查中,临床医师可以通过裂隙灯下检查是虹膜震颤、前房变浅、晶状体脱位等体征间接评估悬韧带紧张度,由于缺乏有效的方法来客观评估睫状体稳定性,目前无法完全避免术中发生晶状体悬韧带异常相关并发症,常见术中相关并发症包括囊膜皱褶、水分离后晶状体旋转困难、劈核或吸除皮质过程中囊袋不稳定。如果悬韧带脱离范围过大,还可能出现晶状体脱位、后囊破裂等。

术后悬韧带的异常还可能导致有效晶体位置偏移, 人工晶体脱位或半脱位。迟发型人工晶体脱位常为自发性脱位, 大多发生在白内障手术后 3 个月后, 是由睫状体稳定性的缓慢下降导致囊袋支撑力不足引起的常见人工晶体术后并发症。假性剥脱综合征是最常见的原因[19] [20], 此外高度近视、创伤、衰老、结缔组织疾病、色素性视网膜炎、葡萄膜炎、糖尿病和色素性视网膜炎都可能引起悬韧带异常[21] [22]。

### 3.3. 晶状体悬韧带异常与遗传性疾病

一些基因突变疾病患者可能伴有悬韧带发育异常。突变基因转录合成的悬韧带纤维蛋白发生变异, 合成的悬韧带小带的弹力或形态异常, 导致悬韧带纤维小带减少或张力不足, 晶状体因悬韧带的不稳定可能发生异位。

#### 3.3.1. 马凡综合征

多表现为常染色体显性遗传病, 患者全身结缔组织均可受累, 一半以上患者表现为晶体脱位。过 90% 的患者可检测到 FBN1 基因突变, FBN1 基因突变使悬韧带异常拉伸、缺失导致晶体脱位, 目前已报道的与 FBN1 基因突变超过 3000 种[23] [24] [25]。

#### 3.3.2. Weill-Marchesani 综合征

患者眼部表现主要为高度近视、小球形晶状体、晶体脱位。由于 FBN1、LTBP2 编码基因突变导致微纤维合成障碍, 悬韧带异常松弛或断裂导致晶体脱位[26]。

## 4. 晶状体悬韧带异常相关疾病的治疗

针对已经发生悬韧带断裂的患者, 手术治疗虽然无法修复断裂的悬韧带纤维, 但是在缓解眼压升高、防止晶状体进一步脱位有显著效果。晶状体摘除解除了晶体异位导致房角关闭, 房水回流受阻进而眼压升高的解剖学因素。由于悬韧带部分松弛或断裂, 手术操作者需要更加精细的操作, 防止术中出现悬韧带脱离范围或脱离程度增大。

对于白内障合并晶状体悬韧带异常的患者, 要求术者在进行超声乳化时术时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准则。对于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。撕囊应从悬韧带完整区域开始[27], 晶状体悬韧带异常导致悬韧带对囊膜张力不均匀, 可能影响撕囊的连续性, 撕囊口尽量大, 利于晶体吸除。飞秒激光辅助前囊切开术[28] [29] (Femtosecond laser-assisted cataract surgery, FLACS) 避免了人工撕囊对悬韧带的作用力, 减少了晶体进一步脱位的风险。另外应尽可能不行水分离, 采用劈核技术原位乳化晶状体核, 乳化吸除的晶体核与晶体皮质分离, 未被超乳的皮质可作为支撑壳维持囊袋形状, 避免悬韧带断裂。避免反复进出前房造成眼压波动以免造成悬韧带损, 从主切口退出超乳头前应注意在侧切口及时补充黏弹剂以保持囊袋平衡。植入人工晶体前应注入足够的黏弹剂, 黏弹剂过少会增加前房波动风险, 囊袋不稳定性增加会进一步损伤悬韧带, 黏弹剂过多会使前房压力过高, 悬韧带受力增加, 进而加重悬韧带断裂范围。植入 IOL 时应先使 IOL 一襻在植入悬韧带薄弱处, 再植入人工晶体另一襻, 在保证 IOL 位置适中的前提下尽量避免旋转 IOL。

囊袋张力环(capsular tension ring, CTR)是一种囊袋内填充装置, 它通过环状支撑襻对囊袋形成环形支撑力, 维持囊袋形状, 保持 IOL 位置居中, 减少 IOL 的偏心 and 移位[30] [31]。Yang [32] 等人前瞻性研究了 22 只悬韧带松弛或部分断裂眼植入 CTR 的术后屈光状态、眼压、人工晶状体偏心度、后囊膜混浊程度和囊膜收缩情况, 在两年的随访研究中, 21 眼(90.9%) CTR 位于囊袋内, 且 1 眼在植入的 IOL 术后 1 个月未居中, 术后 24 个月 5 只眼未居中。术后 1、6、12 和 24 个月的平均 IOL 倾斜度没有显示出统计学

上的显著差异( $P = 0.220$ )。3 只眼(13.6%)表现为重度后发性白内障(Posterior capsular opacity, PCO)。这些结果提示 CTR 在悬韧带功能不全患者白内障手术中具有良好的安全性和独特优势, 包括维持囊袋轮廓、降低 PCO 风险以及减少不对称囊袋收缩引起的晚期 IOL 偏心的发生。对于晶体脱位范围大于 120 度的患者, 可以植入改良型囊袋张力环。CTR 植入联合 IOL 睫状沟缝线固定术主要用于治疗植入 CTR 后囊袋无法正常 IOL 植入的患者。

晶状体悬韧带异常患者的手术治疗方式选择与悬韧带脱离的范围, 悬韧带松弛断裂的严重程度及囊袋的稳定性密切相关。术中及时评估悬韧带状态, 综合考虑悬韧带和其他眼部结构完整性, 选择合适的手术方式和人工晶体有助于提高手术成功率, 减少术中和术后并发症的发生。

## 5. 结论

随着科技的发展, 人们对晶状体悬韧带的研究不断加深, 晶状体悬韧带异常越来越受到临床医师的关注。但受限于现有的设备及技术, 轻微悬韧带异常仍然难以被发现, 因此悬韧带异常的发病率可能远高于目前的流行病学统计。年龄、遗传、手术史、眼轴过长、感染等多种因素均可导致晶状体悬韧带纤维减少或断裂, 其对纤维蛋白的作用机制及病理研究仍不明确。晶状体悬韧带异常与多种疾病的发生密切相关, 完善的术前检查有助于我们更好地进行手术规划、减少并发症的发生率。此外, 晶状体悬韧带异常为晶状体摘除手术操作带来了挑战, 根据悬韧带状态选择合适的手术操作和辅助装置可以减少并发症的发生, 避免悬韧带异常进一步恶化。悬韧带微纤维蛋白合成、变异、衰老的机制需要人们更深入研究, 这些机制的阐明可能成为未来治疗和预防悬韧带异常的重要靶点。

## 参考文献

- [1] Bassnett, S. (2021) Zinn's Zonule. *Progress in Retinal and Eye Research*, **82**, Article ID: 100902. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100902>
- [2] Goldfischer, S., Coltoff-Schiller, B. and Goldfischer, M. (1985) Microfibrils, Elastic Anchoring Components of the Extracellular Matrix, Are Associated with Fibronectin in the Zonule of Zinn and Aorta. *Tissue and Cell*, **17**, 441-450. [https://doi.org/10.1016/0040-8166\(85\)90023-0](https://doi.org/10.1016/0040-8166(85)90023-0)
- [3] Godwin, A.R., Starborg, T., Smith, D.J., Sherratt, M.J., Roseman, A.M. and Baldock, C. (2018) Multiscale Imaging Reveals the Hierarchical Organization of Fibrillin Microfibrils. *Journal of Molecular Biology*, **430**, 4142-4155. <https://doi.org/10.1016/j.jmb.2018.08.012>
- [4] Canals, M., Costa-Vila, J., Potau, J., et al. (1996) Scanning Electron Microscopy of the Human Zonule of the Lens (*Zonula ciliaris*). *Cells Tissues Organs*, **157**, 309-314. <https://doi.org/10.1159/000147893>
- [5] Lütjen-Drecoll, E., Kaufman, P.L., Wasielewski, R., et al. (2010) Morphology and Accommodative Function of the Vitreous Zonule in Human and Monkey Eyes. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **51**, 1554-1564. <https://doi.org/10.1159/000147893>
- [6] Goldberg, D.B. (2011) Computer-Animated Model of Accommodation and Theory of Reciprocal Zonular Action. *Clinical Ophthalmology*, **5**, 1559-1566. <https://doi.org/10.2147/OPHT.S25983>
- [7] de Maria, A., Wilmarth, P.A., David, L.L. and Bassnett, S. (2017) Proteomic Analysis of the Bovine and Human Ciliary Zonule. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **58**, 573-585. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-20866>
- [8] Hubmacher, D., Reinhardt, D.P., Plesec, T., Schenke-Layland, K. and Apte, S.S. (2014) Human Eye Development Is Characterized by Coordinated Expression of Fibrillin Isoforms. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **55**, 7934-7944. <https://doi.org/10.1167/iovs.14-15453>
- [9] 王适宜, 任珏. 超声生物显微镜及其在眼科临床中的应用[J]. 国际眼科杂志, 2012, 12(10): 1915-1918.
- [10] 董红颜, 王秀娟, 董丽, 等. 超声生物显微镜对晶状体悬韧带异常的观察[J]. 国际眼科杂志, 2009, 9(1): 175-176.
- [11] Pavlin, C.J., Buys, Y.M. and Pathmanathan, T. (1998) Imaging Zonular Abnormalities Using Ultrasound Biomicroscopy. *Archives of Ophthalmology*, **116**, 854-857. <https://doi.org/10.1001/archophth.116.7.854>
- [12] Square, T. and London, W.C.H. (2021) European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 5th Edition. *British Journal of Ophthalmology*, **105**, 1-169.
- [13] 中华医学会眼科学分会青光眼学组. 中国原发性闭角型青光眼诊治方案专家共识(2019 年) [J]. 中华眼科杂志,

- 2019, 55(5): 325-328.
- [14] Salimi, A., Fanous, A., Watt, H., *et al.* (2021) Prevalence of Zonulopathy in Primary Angle Closure Disease. *Clinical & Experimental Ophthalmology*, **49**, 1018-1026. <https://doi.org/10.1111/ceo.13983>
- [15] 崔冬梅, 吴小宏, 贺严. UBM 对白内障合并原发性闭角型青光眼前晶状体悬韧带及术后房角形态的观察[J]. 河北医学, 2020, 26(6): 980-983.
- [16] Ma, J., Jiang, N., Jiang, Z., Lin, J., Li, C. and Zhao, G. (2022) Ultrasound Biomicroscopy Observation of Suspicious Primary Angle Closure Combined with the Relaxation of Zonule. *Journal of Ophthalmology*, **2022**, Article ID: 1614678. <https://doi.org/10.1155/2022/1614678>
- [17] Lee, B.W., Lau, F.S., Wong, E.L., *et al.* (2021) Lessons from Management: Perioperative Phacoemulsification Planning Following Resolution of Acute Angle Closure. *Cureus*, **13**, e14331. <https://doi.org/10.7759/cureus.14331>
- [18] Pascolini, D. and Mariotti, S.P. (2012) Global Estimates of Visual Impairment: 2010. *British Journal of Ophthalmology*, **96**, 614-618. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-300539>
- [19] Jehan, F.S., Mamalis, N. and Crandall, A.S. (2001) Spontaneous Late Dislocation of Intraocular Lens within the Capsular Bag in Pseudoexfoliation Patients. *Ophthalmology*, **108**, 1727-1731. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(01\)00710-2](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(01)00710-2)
- [20] Shingleton, B.J., Neo, Y.N., Cvintal, V., *et al.* (2017) Outcome of Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation in Eyes with Pseudoexfoliation and Weak Zonules. *Acta Ophthalmologica*, **95**, 182-187. <https://doi.org/10.1111/aos.13110>
- [21] Dureau, P. (2008) Pathophysiology of Zonular Diseases. *Current Opinion in Ophthalmology*, **19**, 27-30. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e3282f29f01>
- [22] Yasuda, A., Ohkoshi, K., Orihara, Y., Kusano, Y., Sakuma, A. and Yamaguchi, T. (2000) Spontaneous Luxation of Encapsulated Intraocular Lens onto the Retina after a Triple Procedure of Vitrectomy, Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation. *American Journal of Ophthalmology*, **130**, 836-837. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(00\)00630-9](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(00)00630-9)
- [23] Meng, B., Li, H., Yang, T., *et al.* (2011) Identification of a Novel FBN1 Gene Mutation in a Chinese Family with Marfan Syndrome. *Molecular Vision*, **17**, 2421-2427.
- [24] Xiao, Y., Liu, X., Guo, X., *et al.* (2017) A Novel FBN1 Mutation Causes Autosomal Dominant Marfan Syndrome. *Molecular Medicine Reports*, **16**, 7321-7328. <https://doi.org/10.3892/mmr.2017.7544>
- [25] Beene, L.C., Wang, L.W., Hubmacher, D., *et al.* (2013) Nonselective Assembly of fibrillin 1 and Fibrillin 2 in the Rodent Ocular Zonule and in Cultured Cells: Implications for Marfan Syndrome. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, **54**, 8337-8344. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-13121>
- [26] Wirtz, M., Samples, J., Kramer, P., *et al.* (1996) Weill-Marchesani Syndrome-Possible Linkage of the Autosomal Dominant form to 15q21.1. *American Journal of Medical Genetics*, **65**, 68-75. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8628\(19961002\)65:1<68::AID-AJMG11>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8628(19961002)65:1<68::AID-AJMG11>3.0.CO;2-P)
- [27] Crandall, A.S. (2018) Exfoliation Syndrome and Cataract Surgery. *Journal of Glaucoma*, **27**, S102-S104. <https://doi.org/10.1097/IJG.0000000000000925>
- [28] Teshigawara, T., Meguro, A., Sanjo, S., *et al.* (2019) The Advantages of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery for Zonulopathy. *International Medical Case Reports Journal*, **12**, 109-116. <https://doi.org/10.2147/IMCRJ.S189367>
- [29] Dryjski, O., Awidi, A. and Daoud, Y.J. (2019) Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery in Patients with Zonular Weakness. *American Journal of Ophthalmology Case Reports*, **15**, Article ID: 100483. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2019.100483>
- [30] Lee, D.H., Lee, H.-Y., Lee, K.H., *et al.* (2001) Effect of a Capsular Tension Ring on the Shape of the Capsular Bag and Opening and the Intraocular Lens. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **27**, 452-456. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(00\)00610-6](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(00)00610-6)
- [31] Alió, J.L., Elkady, B., Ortiz, D., *et al.* (2008) Microincision Multifocal Intraocular Lens with and without a Capsular Tension Ring: Optical Quality and Clinical Outcomes. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, **34**, 1468-1475. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.05.042>
- [32] Yang, J., Lu, Y., Luo, Y. and Wang, L. (2007) Clinical Efficacy of Management of Zonular Abnormalities with Capsular Tension Ring: A Two-Year Follow-Up Study. *Chinese Journal of Ophthalmology*, **43**, 519-524.