

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2014.28.047

后发性白内障的发生机制及防治研究现状*

马海燕 刘红玲[△] 傅少颖 孙冰 张春梅

(哈尔滨医科大学附属第一医院眼科医院 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘要:后囊膜混浊(posterior capsule opacification, PCO)又称后发性白内障,是现代白内障囊外摘除术后最常见的并发症。后发性白内障的发生与患者手术时的年龄,囊袋的大小,囊口的连续性,血房水屏障破坏释放的炎症介质,残留的晶状体上皮细胞及晶状体皮质的多少,以及所植入的人工晶状体的材质等。研究者对手术方式的改进及人工晶体材料设计进行研究,以降低白内障囊外摘除术后后囊膜混浊的发生率,但它仍然是一个重大的没有解决的难题。Nd:YAG激光后囊膜切开术是目前治疗PCO最常用的有效方法,但仍会出现一定的并发症,并且治疗费用较高。研究者进一步改进手术技术,人工晶体材料设计和使用药物治疗方面,选择即安全有效和较少的费用消除PCO。

关键词:后发性白内障;晶状体上皮细胞;人工晶体材料;手术方法

中图分类号:R776.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2014)28-5576-03

The Occurrence Mechanism and Present Situation of Prevention and Treatment of after Cataract*

MA Hai-yan, LIU Hong-ling[△], FU Shao-ying, SUN Bing, ZHANG Chun-mei

(The Ophthalmology Hospital of The First Clinical College of Harbin Medical University, Harbin, Heilongjiang, 150001, China)

ABSTRACT: Posterior capsular opacification (PCO) is the most frequent complication of cataract surgery. The occurrence of the after-cataract and the patient's age of undergoing surgery; the size of the capsular bag; continuity of capsule mouth; blood aqueous humor barrier damages released inflammation medium; residual lens epithelial cell migration differentiation and the amount of lens cortex; other factors of the artificial lens implantation, such as material. Advances in surgical techniques, intraocular lens materials, and designs have reduced the PCO rate, but it is still a significant problem. The only effective treatment for PCO, Nd:YAG laser capsulotomy carries vision-related complications and risks and puts a significant financial burden on the health care system. We also describe advances and improvements in surgical techniques, intraocular lens materials, and the designs and use of therapeutic agents leading to safe, effective, and less expensive strategies to eradicate PCO.

Key words: After-cataract; Lens epithelial cell; IOL materials; Surgical techniques

Chinese Library Classification (CLC): R776.1 **Document code:** A

Article ID: 1673-6273(2014)28-5576-03

前言

白内障手术是非常普遍被很好掌握的眼科手术,手术通过囊外摘除混浊的晶状体以及眼内植入人工晶体来提高视力。然而,后发性白内障又称为继发性白内障是白内障手术后一个普遍的、长期存在的并发症^[1-6]。第一枚人工晶体植入手术是在1949年著名的英国眼科医生 Harold Ridley 先生完成的,从此以后,白内障手术技术在不断的提高和改进,从而降低了PCO的发生。但至今,PCO仍然是临床上一个没有完全解决的难题。白内障手术后2~5年由于后发障的发生而引起视力下降的占20~40%,PCO的发生与年龄有关,年龄越大,发生率越低,而对于年轻人尤其是青少年和儿童,PCO的发病率更高^[7-9]。目前,治疗PCO唯一有效的方法是通过Nd:YAG激光后囊膜切开术,该项技术是通过在后囊膜的中央打洞,再次提供一个透明的视轴^[10]。尽管该项操作简单而快速,但仍然存在较多并发症,包括:视网膜脱离;人工晶体损伤;黄斑囊样水肿;角膜水肿;虹

膜炎;眼内压增高;人工晶体半脱位等^[11]。并且会造成视力损害,且需要很好的自主配合。因此,只有深入研究PCO发生的病理机制,才能降低PCO的发生,从而更好地提高白内障手术后的治疗效果。

实验人员正在努力研究PCO的防治,主要涉及以下几个方面:提高手术技术;人工晶体材料和设计改进;药物干预及各种治疗方案的综合应用。这些方法尽管没有杜绝PCO的发生,但却延缓了PCO发生的时间。

1 PCO发生发展机制

白内障囊外摘除术后残留于囊袋内的晶状体上皮细胞是PCO发生的最主要原因,晶状体上皮细胞的增殖、迁移、上皮-间质细胞转化、胶原沉积、晶状体纤维的再生是引起后囊膜混浊的主要因素。白内障手术引起了晶状体的伤口愈合反应,残余的晶状体上皮细胞围绕后囊膜增殖、迁移,同时发生晶状体纤维的再生和上皮-间质细胞的转化^[12]。临床上将PCO分为

* 基金项目:国家自然科学基金项目(30970749);黑龙江省自然科学基金项目(D200924);中国博士后基金项目(20100481025)

作者简介:马海燕,女,硕士研究生,E-mail:mahaiyan198512@163.com

[△] 通讯作者:刘红玲,女,医学博士,副主任医师,硕士研究生导师,E-mail:hydlu@tom.com

(收稿日期:2014-04-17 接受日期:2014-05-12)

两种类型:再生型和纤维化型。最常见的是再生型,也是造成术后视力下降的主要原因,其发病机理为晶状体上皮细胞沿后囊迁移形成多层晶状体样纤维和 Elschnig 珠。而纤维化型是由于前囊下的晶状体上皮细胞转化为成纤维细胞纤维化并引起囊袋收缩,蔓延到后囊可引起视力进一步下降^[13]。PCO 的组织形态学特征已经明确,但是影响白内障手术后残留的晶状体上皮细胞分子机制尚未完全清楚。PCO 的离体和动物模型研究证实几种细胞因子及生长因子在 PCO 病理发生过程中起到重要作用。

研究发现白内障手术后,房水内的几种细胞因子和生长因子水平增高,进而影响残留的晶状体上皮细胞。这些因子包括:转化生长因子 β ;成纤维细胞生长因子 2;肝细胞生长因子;白细胞介素 1 和白细胞介素 6;上皮生长因子等。Wormstone 等^[14]与 Duncan 等研究晶状体上皮细胞在无蛋白介质条件的人囊袋培养模型上的生长状况,通过自身分泌的生长因子进行自我调控。转化生长因子 β 在 PCO 发生的形态学上起着重要作用,它是一类具有影响细胞功能的多功能生长因子,转化生长因子 β 诱导上皮-间质细胞的转化,已有研究证实还具有抑制晶状体上皮细胞增殖的作用。实验研究一种富含半胱氨酸的酸性分泌蛋白通过调节基质与细胞的相互作用调节转化生长因子 β 激活途径,进而影响 PCO 的发生^[15]。FGF 家族在正常晶状体结构和功能维持中起到重要作用,离体实验证实 FGF-2 在正常晶状体上皮细胞的增殖、迁移和纤维化方面起到影响,FGF-2 通过诱导晶状体上皮细胞的增殖参与 PCO 发展过程,FGF-2 起到与 TGF- β 相反的作用。肝细胞生长因子在无蛋白人囊袋动物模型中高表达,研究发现肝细胞生长因子通过诱导晶状体上皮细胞的增殖在 PCO 形成过程中起到重要作用^[16]。白细胞介素 -1 (IL-1)刺激人晶状体上皮细胞合成前列腺素 -E2 合成,而前列腺素 -E2 起到增加白内障手术后炎症反应,IL-1 可诱导 IL-6 分泌的作用,提示 IL-1 对晶状体上皮细胞的作用可能是通过 IL-6 发挥的。Jiang^[17]等研究发现晶状体上皮细胞的迁移是通过上皮细胞生长因子诱导参与 PCO 的进展。

人晶状体上皮细胞的迁移过程有基质金属蛋白酶的参与,基质金属蛋白酶是一类蛋白水解酶,在外伤修复过程中起到重要作用,是细胞迁移和细胞介导收缩必需的因子^[18]。在 PCO 发展过程中,可能通过基质金属蛋白酶重新调节细胞基质而改变晶状体的囊袋结构。

2 防止后囊膜混浊

后囊膜混浊仍是白内障囊外摘除术后最主要的并发症之一^[19],PCO 在儿童中发病率较高较快,是造成儿童弱视的最主要原因。研究表明后发性白内障发生多由赤道部周边向后囊中央发展,因后囊中央部混浊对视力影响最显著。在儿童白内障术后,后发性白内障的发生率高达 100%,方腾等认为有选择性行后囊撕囊技术能有效控制后发性白内障的发展。因为儿童的晶状体上皮细胞活性较成人强,易发生后囊混浊,在行连续后囊环形撕囊后,切除了晶状体上皮细胞增生的支架,后发性白内障的发生率仍高。有研究认为儿童的晶状体上皮细胞可以利用完整的玻璃体前界膜作为支架,继续增生和移行,同时儿童患者术后炎症反应重,完整的玻璃体前界膜易形成渗出性纤维膜为晶状体上皮细胞增生提供增殖条件而形成后发性白内障,有研究认为儿童白内障囊外摘除+连续后囊环形撕囊+前部玻璃体切割技术较行白内障囊外摘除+连续后囊环形撕囊

术式的后发性白内障发生率明显降低。另外,YAG 激光后囊膜切开术,是治疗后囊膜混浊的有效方法,但激光后囊膜切开术价格昂贵且有多种并发症。因此,研究人员在不断的努力,以推进和完善以下几个方面来寻找更安全和有效的方法来消除后囊膜混浊。

3 手术方式的改进

白内障囊外摘除术后,残留的晶状体上皮细胞是导致后囊膜混浊的主要原因。不少研究者都试图在晶状体摘除的同时除去这些晶状体上皮细胞,如在白内障手术中,广泛的抽吸清洗前囊,药物分散在前囊膜上和手术中行晶状体前囊膜和后囊膜抛光,可消除残留的晶状体上皮细胞对后囊膜混浊的长期影响。白内障超声乳化术后后囊膜混浊经激光治疗后,囊膜上的晶状体细胞虽然减少了,但仍不能完全杜绝后囊膜混浊的发生。Khalifa 认为清除后囊的晶状体上皮细胞,并没有消除后囊膜混浊,因此,囊膜抛光可能延迟后囊膜混浊但长期效果不好。Davidson 等^[20]建议在白内障手术中除去 100%残留的晶状体上皮细胞可能会阻止 LEC 增殖,以防止后囊膜混浊的发生,在白内障手术中彻底清除残留的晶状体上皮细胞和皮质已被证实是重要的防止后发性白内障的方法。研究表明,强力水分离技术能使晶状体皮质彻底清除,减少了上皮细胞的残留。Malloof 等^[21]和其他研究者报道了一种密闭囊袋冲洗系统,可密封前囊口,使药物靶向作用于被隔离的 LEC 而避免接触其他组织,其边缘两个相邻的通道可分别供灌洗液进出囊袋,此密闭囊袋冲洗系统在白内障手术中切口小既节省时间又便于使用,并且在防止 PCO 中起着重大作用。Hara 等^[22]报导的囊膜张力环也可阻止后囊膜混浊的进展。目前,在儿童白内障手术中前段玻璃体切除可有效的降低 PCO 的发生。

4 人工晶体材料和外观设计

自第一枚人工晶体植入之后,研究者不断的改进手术方式以防止后囊膜混浊。其中,在人工晶体材料和设计上提高生物相容性,已取得了很大进展。评估对人工晶体眼的异物反应(葡萄膜生物相容性)和人工晶体与囊袋内残留的晶状体上皮细胞相互作用,从而影响 LEC 的增殖、迁移,延缓了后囊膜混浊(囊生物相容性)^[23]。

人工晶体材料主要有 2 种类型:一种是硬度较高的丙烯酸树脂晶体疏水性材料制成,另一种是可折叠的聚甲基丙烯酸甲酯亲水性材料制成。实验研究表明改进人工晶体材料和设计,可以减少后囊膜混浊的发病率,材料的类型可能会影响后囊膜混浊的发展速度,疏水性材料和亲水性材料相比较,亲水性丙烯酸材料有生物相容性,这种材料制成的人工晶体可抑制 LEC 的粘附、迁移和增殖,从而防止后囊膜混浊。相比之下,疏水性丙烯酸树脂材料修饰人工晶体表面,它可以抑制晶状体上皮细胞和蛋白质的粘附,从而防止后囊膜混浊。表面修饰聚甲基丙烯酸甲酯人工晶体由碳和肽,肝素和聚四氟乙烯硅人工晶体,由氧气和二氧化碳等离子化合物包含有聚合体^[24],有报告显示在预防后囊膜混浊上有较高的生物相容性和有效性。

近年来,人工晶体表面修饰离子体和聚乙二醇已被证明影响 LEC 的活性和防止后囊膜混浊,人工晶体设计有效的降低后囊膜混浊的发生率,已取得了很大进展。Ursell 等通过临床观察发现植入 Acrysof 型 IOL 的 PCO 发生率较植入其它类型

IOL 低。后囊膜上晶状体上皮细胞的退变程度与术后后囊膜混浊发生率有很大关系,而晶状体上皮细胞的退变程度取决于人工晶体材料与后囊膜间黏附的差异,随着黏附性增强后囊膜混浊发生率降低。基于晶状体囊和人工晶状体间紧密接触可减少后囊膜混浊发生的观点,Nishi^[25]等设计了一种由聚甲基丙烯酸甲酯材料制成的张力环,这个环有一个锐利的边缘,可以在晶状体囊的穹窿部形成一个锐利的不连续的弯曲,这个环在植入人工晶体前放入囊袋内,它可以使晶状体后囊膜与人工晶体接触更加紧密,从而抑制后囊膜混浊的发生。近年来,Zemaitiene 等表明,三片式与单片式的疏水性丙烯酸酯 IOL 之间 PCO 没有显著区别。后囊膜混浊的发生机制复杂,影响因素主要有三个:一是与病人相关的,例如:年龄和眼部疾病;二是与手术相关的,例如:囊膜冲洗清除大量的皮质、密闭囊袋冲洗、撕囊的大小及人工晶状体的固定;三是与人工晶状体相关的,例如:人工晶状体材料和晶体设计;这些因素都对后囊膜混浊有很大影响。

5 药物治疗

在手术方法以及人工晶体材料和设计上的改进,降低了后囊膜混浊的发展速度,但是并没有彻底消除 PCO。尽管 Nd:YAG 激光价格昂贵且有多种并发症但它仍然是治疗术后囊膜混浊最常用的方法。因此,研制一种药物治疗后囊膜混浊是最重要的,药物有选择地破坏残留的晶状体上皮细胞,而避免眼内其他组织不被破坏,眼内应用药物以防止 PCO,实验研究调查除了冲洗或浸润人工晶体外,最常使用的方法是药物直接注入前房。有学者将肝素通过加入灌洗液在较短时间内进行前房冲洗,用这种给药方式来抵制后发性白内障的发生,发现肝素有减轻术后炎症反应;减轻血-房水屏障破坏作用;术后不加重出血;对眼压无明显影响,及对角膜无毒性作用等优点。在药物治疗上,抗晶状体上皮增生和分化的药物包括:阿霉素、柔红霉素、骆驼蓬总碱、氨甲蝶呤、5-氟尿嘧啶等均不同程度地抑制 LEC 增殖和移行,但对角膜内皮细胞,虹膜睫状体上皮细胞和视网膜,都存在副作用很难应用于临床。测试细胞毒性和药物治疗,研究表明双氯芬酸钠,皂草素,米诺地尔,基质金属蛋白酶抑制剂和环氧化酶抑制剂,都有抑制残余晶状体上皮细胞的黏附、增殖、迁移和分化的作用,但对周围眼组织有副作用,限制了在临床的应用。王俊等提供在囊袋内晶状体上皮细胞的基因治疗方法,通过诱导细胞凋亡治疗过度凋亡的基因。Walker 等^[26]显示阻断晶状体囊袋中酪氨酸激酶抑制剂,防止后囊膜混浊。

后囊膜混浊是一种多因素疾病,是细胞因子和生长因子水平的增长,包括 TGF- β , FGF-2, 肝细胞生长因子, IL-6 和上皮生长因子, 这些细胞因子和生长因子的差异影响残留的 LEC 的性能,导致后囊膜混浊。生长因子与后发性白内障之间的关系已逐渐引起人们的关注。研究表明,一个可逆的肽醛蛋白酶抑制剂可以同时阻止 EMT 的增殖和晶状体上皮细胞迁移^[27],董仰曾等发现将组织型纤维蛋白溶酶原激活酶前房内注射,能使残留晶状体皮质迅速吸收并能有效抑制前房内的纤维渗出物。这表明蛋白酶抑制后囊膜混浊可能是一个很好的预防治疗方法。Malooof 等开发先进装置使药物传递到囊袋内,从而选择性地除去残留的晶状体上皮细胞,预防后囊膜混浊。Kim 等^[28]表明丝裂霉素比蒸馏水更有效减少 PCO,密闭囊袋冲洗时应用丝裂霉

素保护眼内周围组织。

6 问题和展望

近年来,后囊膜混浊有所增加,因此,要提高白内障手术技巧,人工晶体材料和设计及药物治疗方面的应用,由于多种方法的不断改进,后囊膜混浊的发生率已下降或至少已经被推迟。但是,后囊膜混浊仍然是白内障手术最常见的并发症。所以,在手术方面,我们应力求最小创伤,在白内障囊外摘除的同时消除在囊膜上的晶状体上皮细胞;在人工晶体植入方面,力求最有效设计、最佳的生物相容性;在药物治疗方面,力求探索出高效低毒的抑制 LEC 增殖移行的药物;防止 PCO 的发生仍需要眼科医生不懈的努力与探索。

参考文献(References)

- [1] Beebe DC. The lens. In: Kaufman PL, AlmA, eds. *Adler's Physiology of the Eye: Clinical Application* [M]. 10th ed. St Louis, MO: Mosby-Year Book, 2003:117-158
- [2] Apple DJ, Solomon KD, Tetz MR, et al. Posterior capsule opacification [J]. *Surv Ophthalmol*, 1992,37:73-116
- [3] Pandey SK, Apple DJ, Werner L, et al. Posterior capsule opacification: a review of the aetiopathogenesis, experimental and clinical studies and factors for prevention [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2004,52:99-112
- [4] Spalton DJ. Posterior capsular opacification after cataract surgery [J]. *Eye*, 1999,13:489-492
- [5] Duncan G, Wang L, Neilson GJ, et al. Lens cell survival after exposure to stress in the closed capsular bag [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007, 48:2701-2707
- [6] Clark DS. Posterior capsule opacification [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2000,11:56-64
- [7] Schaumberg DA, Dana MR, Christen WG, et al. A systematic overview of the incidence of posterior capsule opacification [M]. *Ophthalmology*, 1998,105:1213-1221
- [8] Yazici AT, Bozkurt E, Kara N, et al. Long-term results of phacoemulsification combined with primary posterior curvilinear capsulorhexis in adults [J]. *Middle East Afr J Ophthalmol*, 2012,19:115-119
- [9] Varga A, Sacu S, Vecsei-Marlovits PV, et al. Effect of posterior capsule opacification on macular sensitivity [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2008,34:52-56
- [10] Apple DJ, Peng Q, Visessook N, et al. Eradication of posterior capsule opacification: documentation of a marked decrease in Nd:YAG laser posterior capsulotomy rates noted in an analysis of 5416 pseudophakic human eyes obtained postmortem [J]. *Ophthalmology*, 2001, 108:505-518
- [11] Aslam TM, Devlin H, Dhillon B. Use of Nd:YAG laser capsulotomy [J]. *Surv Ophthalmol*, 2003,48:594-612
- [12] Wormstone IM. Posterior capsule opacification: a cell biological perspective [J]. *Exp Eye Res*, 2002,74:337-347
- [13] Saika S. Relationship between posterior capsule opacification and intraocular lens biocompatibility [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2004,23: 283-305
- [14] Wormstone IM, Liu CS, Rakic JM, et al. Human lens epithelial cell proliferation in a protein-free medium [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1997,38:396-404
- [15] Gotoh N, Perdue NR, Matsushima H, et al. An in vitro model of posterior capsular opacity: SPARC and TGF-2 minimize epithelial to mesenchymal transition in lens epithelium [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007,48:4679-4686

(下转第 5585 页)

- 医学院学报, 2007, (1): 117-118
- Run Bin, Li Mao-ming, Deng Yi-ming. 70 cases of acute gouty arthritis treated by electro-acupuncture [J]. Journal of Kunming Medical College, 2007, (1): 117-118
- [25] 刘滨, 王红梅, 士风艳. 电针合局部封闭治疗急性痛风性关节炎疗效观察[J]. 中国针灸, 2008, 28(9): 659-661
- Liu Bin, Wang Hong-mei, Shi Feng-yan. Observation on treatment of acute gouty arthritis by electro-acupuncture and partially closed method [J]. Chinese Acupuncture and moxibustion, 2008, 28 (9): 659-661
- [26] 顾煜, 王伟明. 隔百合冰片饼灸治疗痛风性关节炎临床观察[J]. 上海中医药杂志, 2008, 42(4): 44-45
- Gu Yu, Wang Wei-ming. Clinical observation of lily borneol cake separated moxibustion for treatment of gouty arthritis [J]. Shanghai Journal of traditional Chinese medicine, 2008, 42 (4): 44-45
- [27] 朱其广. 点刺放血配合拔罐治疗急性痛风性关节炎 42 例[J]. 中医外治杂志, 2008, 17(2): 43
- Zhu Qi-guang. Prick blood with cupping in treating 42 cases of acute gouty arthritis [J]. Journal of external therapy of traditional Chinese medicine, 2008, 17 (2): 43
- [28] 李扬缜. 刺络治疗痛风性关节炎 32 例[J]. 中国针灸, 2006, 26(2): 150
- Li Yang-zhen. Pricking for treatment of 32 cases of gouty arthritis [J]. Chinese Acupuncture and moxibustion, 2006, 26 (2): 150
- [29] 王爱民. 痛风消配合中药外敷治疗急性痛风性关节炎例[J]. 陕西中医, 2007, 28(8): 1011
- Wang Ai-min. Gout decoction combined with external application of Chinese herbs in the treatment of acute gouty arthritis [J]. Shaanxi Journal of Traditional Chinese Medicine, 2007, 28 (8): 1011
- [30] 杨泽红, 周春东. 中药内外合治痛风 20 例[J]. 云南中医中药杂志, 2008, 29(1): 19
- Yang Ze-hong, Zhou Chun-dong. 20 cases of gout arthritis treated by internal and external treatment of traditional Chinese medicine [J]. Yunnan Journal of traditional Chinese medicine, 2008, 29 (1): 19
- [31] 林朝海. 四妙散加减配合双柏散外敷治疗急性痛风性关节炎 42 例[J]. 湖南中医杂志, 2009, 29(7): 711-712
- Lin Chao-hai. Simiao powder combined with external application of shuangbai powder in treating 42 cases of acute gouty arthritis [J]. Hunan Journal of traditional Chinese medicine, 2009, 29 (7): 711-712
- [32] 王育东. 消痰止痛法治疗痛风性关节炎 78 例. [J] 中国中医骨伤科杂志, 2007, 15(4): 50
- Wang Yu-dong. Treatment of 78 cases of gouty arthritis by Xiao Yu Zhi Tong method [J]. Chinese Journal of traditional Chinese orthopedic and Traumatology, 2007, 15 (4): 50
- [33] 刘挺, 刘元禄, 高岱, 等. 痛风定胶囊对实验性骨髓组织 IL-8 和 TNF- α 影响的研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2005, 13(1): 24-26
- Liu Ting, Liu Yuan-lu, Gao Dai, et al. study on effects of experimental periosteal tissue IL-8 and TNF-alpha by Gout capsule [J]. Chinese Journal of traditional Chinese orthopedic and Traumatology, 2005, 13 (1): 24-26
- [34] 李靖. 朱良春治疗痹证验案 2 则[J]. 江苏中医药, 2012, 1(10): 51-52
- Li Jing. Pro 2 of Zhu Chunliang on treating rheumatism diseases [J]. Jiangsu Journal of Traditional Chinese Medicine, 2012, 1 (10): 51-52

(上接第 5578 页)

- [16] Choi J, Park SY, Joo CK. Hepatocyte growth factor induces proliferation of lens epithelial cells through activation of ERK1/2 and JNK/SAPK [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2004, 45: 2696-2704
- [17] Jiang Q, Zhou C, Wan Y. EGF-induced cell migration is mediated by ERK and PI3K/AKT pathways in cultured human lens epithelial cells [J]. J Ocul Pharmacol Ther, 2006, 22: 93-102
- [18] Lemaire V, D'Armiento J. Matrix metalloproteinases in development and disease [J]. Birth Defects Res C Embryo Today, 2006, 78: 1-10
- [19] Wilson ME Jr, Trivedi RH. The ongoing battle against posterior capsular opacification [J]. Arch Ophthalmol, 2007, 125: 555-556
- [20] Davidson MG, Morgan DK, McGahan MC. Effect of surgical technique on in vitro posterior capsule opacification [J]. J Cataract Refract Surg, 2000, 26: 1550-1554
- [21] Maloof AJ, Pandey SK, Neilson G, et al. Selective death of lens epithelial cells using demineralized water and Triton X-100 with Perfect Capsule sealed capsule irrigation: a histological study in rabbit eyes [J]. Arch Ophthalmol, 2005, 123: 1378-1384
- [22] Hara T. Preventing posterior capsular opacification with an endocapsular equator ring in a young human eye: 2-year follow-up [J]. Arch Ophthalmol, 2007, 125: 483-486
- [23] Werner L. Biocompatibility of intraocular lens materials [J]. Curr Opin Ophthalmol, 2008, 19: 41-49
- [24] Yammine P, Pavon-Djavid G, Helary G, et al. Surface modification of silicone intraocular implants to inhibit cell proliferation [J]. Biomacromolecules, 2005, 6: 2630-2637
- [25] Nishi O, Nishi K, Akura J. Speed of capsular bend formation at the optic edge of acrylic, silicone, and poly (methyl methacrylate) lenses [J]. J Cataract Refract Surg, 2002, 28: 431-437
- [26] Walker JL, Wolff IM, Zhang L, et al. Activation of SRC kinases signals induction of posterior capsule opacification [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2007, 48: 2214-2223
- [27] Awasthi N, Wang-Su ST, Wagner BJ. Downregulation of MMP-2 and -9 by pro tease inhibition: a possible mechanism to decrease LEC migration and prevent posterior capsular opacification [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2008, 49: 1998-2003
- [28] Kim SY, Kim JH, Choi JS, et al. Comparison of posterior capsular opacification in rabbits receiving either mitomycin-C or distilled water for sealed capsule irrigation during cataract surgery [J]. Clin Experiment Ophthalmol, 2007, 35: 755-758