

波士顿 I 型人工角膜临床研究进展

陈家祺, 翟嘉洁

作者单位: (510040) 中国广东省广州市, 广东省视觉眼科学研究所

作者简介: 陈家祺, 男, 俄罗斯自然科学院外籍院士, 中山大学中山眼科中心教授, 广东省视觉眼科学研究所所长, 研究方向: 波士顿 I 型人工角膜的临床研究。

通讯作者: 陈家祺. chenjq1469@gmail.com

收稿日期: 2014-08-08 修回日期: 2014-12-22

Clinical research progress of Boston type I keratoprosthesis

Jia-Qi Chen, Jia-Jie Zhai

Guangdong Provincial Institute of Ophthalmology Vision, Guangzhou 510040, Guangdong Province, China

Correspondence to: Jia-Qi Chen. Guangdong Provincial Institute of Ophthalmology Vision, Guangzhou 510040, Guangdong Province, China. chenjq1469@gmail.com

Received: 2014-08-08 Accepted: 2014-12-22

Abstract

• Boston Type I keratoprosthesis is currently widely used. In this article, the indication, number of cases, best-corrected visual acuity (BCVA), retention, and complications in all the international published case reports will be sum up; then the main post-operative complications and their respective treatments one by one, which include retrospective membrane, glaucoma, infection will be introduced.

• **KEYWORDS:** keratoprosthesis; corneal transplantation; complication

Citation: Chen JQ, Zhai JJ. Clinical research progress of Boston type I keratoprosthesis. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2015; 15(1):1-5

摘要

波士顿 I 型人工角膜是目前最被眼科医生接受的一款人工角膜。我们将首先对目前国际上已发表的关于波士顿 I 型人工角膜的适应证、植入例数、术后随访期内最佳矫正视力和解剖保留率与并发症的发生率等作归纳, 然后逐一介绍波士顿 I 型人工角膜影响术后视力的几个主要术后并发症, 包括后增殖膜、青光眼、术后感染的最新研究进展及处理方法。

关键词: 人工角膜; 角膜移植; 并发症

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2015.1.01

引用: 陈家祺, 翟嘉洁. 波士顿 I 型人工角膜临床研究进展. 国际眼科杂志 2015; 15(1):1-5

0 引言

波士顿 I 型人工角膜是目前世界范围内使用得最广泛的一款人工角膜。它主要适用于多次常规角膜移植失败并移植排斥且眼表情况正常的患眼等非免疫性角膜病(如: 泪液、泪膜正常, 眼睑及瞬目功能正常), 主要包括以下三类: (1) 角膜移植排斥高危病例或不能实行常规角膜移植的患者; (2) 多次移植失败; (3) 严重角膜新生血管。波士顿 I 型人工角膜由几个部分构成, 作为载体的角膜供体植片, 像三明治一样被夹在 PMMA 前板和 PMMA 或钛后板之间。前板有一个中央镜柱, 是整个装置的光学部分。后板上有很多小孔, 使房水可以通过小孔营养载体角膜。人工角膜复合体用标准穿透性角膜移植的方式植入受体眼中。

在过去 20a 中, 波士顿 I 型人工角膜在非自身免疫性疾病患者中的临床疗效相当显著, 这主要得益于片型上的改进以及术后护理的完善, 术后感染以及角膜溶解等曾经发病率很高的术后并发症显著减少。目前全球有 56 个国家开展了波士顿型 I 型人工角膜植入术, 累计进行了近 7000 例植入手术。我们首先对目前国际上已发表的关于波士顿 I 型人工角膜的适应证、植入例数、术后随访期内最佳矫正视力和解剖保留率与并发症的发生率等作归纳; 然后逐一介绍波士顿 I 型人工角膜植入术中影响术后视力的几个主要术后并发症, 包括后增殖膜、青光眼、术后感染的最新研究进展及处理方法。

1 预后汇总

近几年关于波士顿 I 型人工角膜的临床观察研究见表 1。2007/2014 年共有 19 篇文献汇报了关于波士顿 I 型人工角膜植入的回顾性研究, 共有 678 个病例。其中反复角膜移植排斥的病例最多, 共有 372 例; 其次是化学伤/热烧伤病例, 共 111 例; 自身免疫性疾病 74 例; 无虹膜 43 例; 感染 63 例; 大泡性角膜病变 26 例, 其他病例还有硅油引起的角膜病变、严重春季卡他性结膜炎、蚕食性角膜溃疡、带状疱疹神经营养性角膜病变、角膜严重新生血管、黏膜天疱疮、角膜完全混浊、角膜缘干细胞衰竭等。术前视力介于光感~20/100 之间, 术后视力在光感~20/20, 总体来说大于 50% 的患者术后视力有提高; 这些研究的平均随访期在 12~33.6mo 之间, 解剖保留率介乎 84%~100%。在术后并发症方面, 发生率最高的是形成后增殖膜, 共有 139 例, 占总病例数的 20.5%; 其次是青光眼, 共发病 66 例, 占总病例数的 9.7%; 上皮缺损 25 例, 占总病例数的 3.7%; 其他术后并发症还有角膜溶解、感染、渗漏、视网膜脱离、后囊混浊等。

2 后增殖膜的治疗进展

后增殖膜是波士顿型人工角膜最常见的术后并发症, 发生率高达 65%^[1-6](图 1), 一般在人工角膜植入后 6mo

表1 病例汇总

作者/发表年度	总病例数(眼)	术前诊断							术前平均视力	平均随访期(范围)	术后平均视力	解剖保留率	术后并发症			
		反复角膜移植排斥(例)	化学伤/热烧伤	自身免疫性疾病	无虹膜	感染	大泡性角膜病变	其他					后膜	青光眼	上皮缺损	其他
Aldave 2009	50	42	2	2				4	≤20/200, 88% 患眼视力介乎数指、手动和光感之间	平均18(4~49)mo	6mo内67% 术眼≥20/100, 1a内比率达75%, 2a 69%, 3a 100%	84%	22	1	19	
de la Paz 2014	67		12	16		7	6			26mo		1a内95%, 4.5a内78%	21			
Iyer 2011	8							硅油引起的角膜炎8例	数指~光感	12(1~30)mo	75% 提高到20/200	87.50%	1			角膜溶解1例
Chan 2011	13	3	1		7			2	≤20/200	24(5~66)mo	77%有提高, 15%稳定, 8%下降		7			角膜溶解1例, 感染1例, 渗漏1例, 网脱1例
Basu 2011	2							春季卡他性角结膜炎1例, 蚕食性角膜溃疡1例		12mo	20/30	100%				
Bradley 2009	30	26	3	1					20/150~光感	19(1~48)mo	77% ≥20/200	83.30%	13	20		角膜溶解5例, 感染性角膜炎5例, 眼内炎3例, 脉络膜溢出或出血2例
Magalhaes 2013	10		10						数指~光感	25.7mo	90% ≥20/200, 60% ≥20/60	90%	5	4	4	角膜变薄1例, 网脱1例, 感染性角膜炎1例
Ament 2010	82	59	4		1	10	1	7		24mo			26	13		炎症14例, 后囊浑浊7例
Pavan-Langston 2008	1							带状疱疹神经营养性角膜病变1例	光感	15mo	20/400					
Harissi-Dagher 2007	79		13	17		15			非炎症性病损34例		14a					8例角膜溶解
Hou 2012	7	7							手动~20/400	19.5mo	手动~20/25	85.70%				角膜溶解1例, 人工角膜脱出1例
Akpek 2007	16				16				光感~20/300	17(2~85)mo	手动~20/60	100%	2			
Guell 2011	54	49		1		2		角膜新生血管1例, 黏膜天疱疮1例	光感~20/200	20.15(1~56)mo	33% ≥20/200, 7.4% ≥20/50	96%				
Utine 2010	3							角膜完全浑浊3例	光感~数指	11~13mo	手动~20/800	100%				
Zerbe 2006	141	74	20			9	19									
Greiner 2011	40	19	10		5				光感~20/150	33.6(5~72)mo	≥20/200		22	20		眼内炎5例, 6例角膜溶解
Bakhtiari 2012	9				9				数指~手动	26.1(6~48)mo	90% ≥20/200	100%	7			
Khan 2007	17					17				14(6~72)mo	88% 20/25~20/70	100%	3			1例角膜溶解
Harissi-Dagher 2007	30		30						光感~数指		20/20~光感	88%		8		3例眼内炎, 1例脱出, 1例网脱
Kang 2012	19	279	6	37	5	3		LSCD	光感~20/100	14.6(6~36.3)mo			10	8	2	

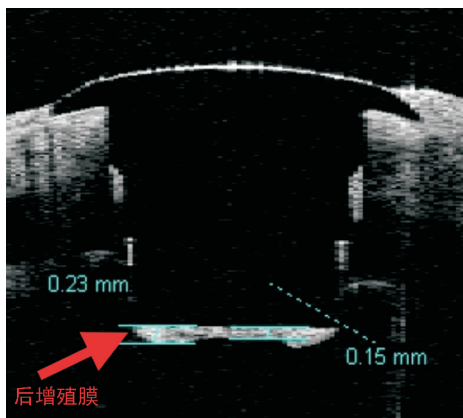


图1 后增殖膜的OCT影像。

内开始出现^[7]。并非所有的后膜都需要治疗。不断变大的增厚的后增殖膜会影响视力,目前临床上通常用YAG激光治疗^[3,8],Dohlman课题组推荐使用YAG激光时,为避免人工角膜被激光破坏,激光的能量不应超过2mJ。厚度大或者有新生血管的后膜需要手术切除或者摘除人工角膜。

2.1 后增殖膜的病理学特性 后增殖膜明确的病理学机制仍然未知。很多潜在因素能影响后增殖膜的形成,包括人工角膜植入术中进行的同时合并其他眼内手术^[1]、炎症的增多^[2,9]、感染性角膜病^[5]、无虹膜^[5]、糖尿病、高血压以及种族差异^[10]。

文献报道,穿透性角膜移植术后出现的角膜后膜起源于角膜基质细胞^[11]。在角膜创伤发生后,大部分创伤愈合型成纤维细胞由附近的角膜基质细胞中分化形成。这其中的一些角膜细胞迁移到创伤处,再分化成表达 α -SM肌动蛋白的肌纤维细胞^[11]。最近的一些研究提示,人工角膜术后后增殖膜的形成是因为植片-植床接合处的不完全接合。在植片-植床接口处后方的后弹力层膜隙隙让活化的角膜细胞得以从植床上迁移到前房^[11]。研究者推断当植床肿胀时,它能覆盖在人工角膜后板的外缘,然后纤维细胞的向内生长可以到达这个边缘,覆盖了后板的后面,形成后增殖膜(图2)。

2.2 钛后板的应用 Todani等^[7]的多中心研究结果发现,钛后板相比PMMA后板在随访期为6mo的研究中更能预防后增殖膜的形成。该研究有78例患眼入选,其中植入PMMA后板的患眼有55例,钛后板者23例。术后6mo,出现后增殖膜的患眼数分别为PMMA后板组23例(41.8%),钛后板组3例(13.0%),两组的后增殖膜发病率存在显著差异($P=0.014$)。用钛作为后板的波士顿I型人工角膜是马萨诸州眼耳研究所2005年开始推出的一款片型,至今已植入超过145例,到目前为止仅有3例自身免疫性疾病患者需要更换人工角膜(图3)。

2.3 大直径(9.5mm)钛后板的应用 形成后增殖膜的病理原因的发现,促使了Dohlman教授团队开发出大直径钛后板的波士顿I型人工角膜。大直径钛后板,是指后板直径为9.5mm,比标准的片型直径大1mm,目的在于使植片-植床接合处的后方并置得更整齐,形成一个防止活化角膜细胞长出的屏障,从而减少后膜的生成,研究者们称这种效应为“夹紧效应”。

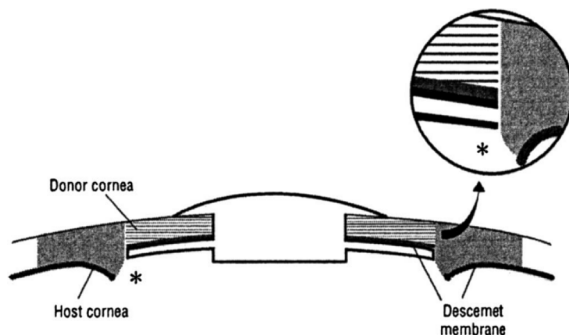


图2 植片-植床后方的不完全拼接使受体角膜出现肿胀,导致角膜组织有一小块突起,伸入前房中,结果是后弹力层(图中*号所示)之间的间隙使活化的角膜细胞得以从受体角膜中迁移出来,然后在后板的后面形成一层膜,这层膜逐渐长到人工角膜的镜柱后方,影响视力。

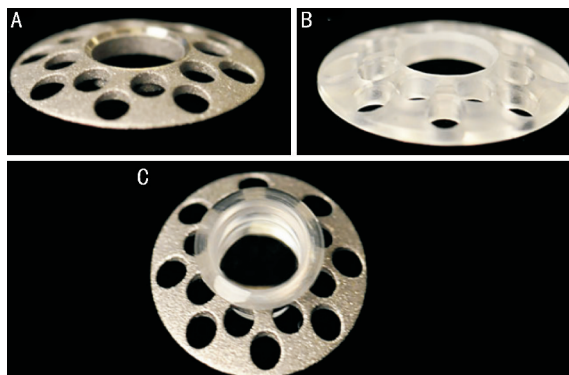


图3 波士顿型人工角膜的三种后板 A:钛后板;B:PMMA后板;C:装好的钛后板波士顿I型人工角膜。

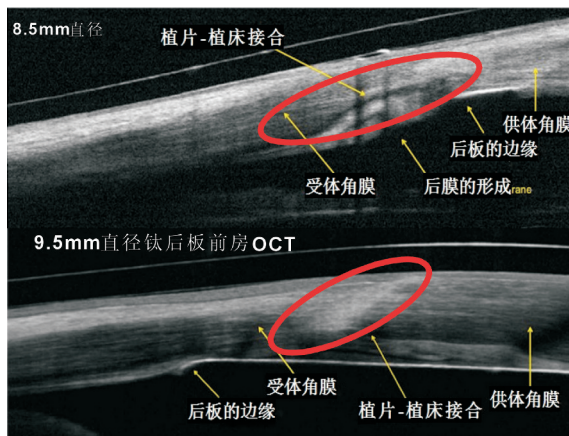


图4 8.5mm 钛后板植片-植床接合处周围角膜组织的前房OCT影像可见植片-植床接合处肿胀。后膜已形成但目前因未阻挡后板,因此未清晰可见。9.5mm 钛后板前房OCT影像可见植片-植床接合处完全拼接,防止了角膜肿胀以及后膜的生成。

Cruzat等^[12]为6例患者植入9.5mm钛后板,10例患者植入8.5mm钛后板(图4)。在人工角膜植入后6~12mo用光学相干断层扫描仪(OCT)拍摄前房角影像。主要测量目标为植片植床结合点的位置与后板的关系、植片植床接合处的角膜厚度以及前房角的大小。实验结果表明标准尺寸(8.5mm)的后板只覆盖了供体角膜的后表面,没有覆盖植片-植床接合处,因此植片植床接合处的伤口较厚。在长达12mo的随访中,所有植入超大尺寸后板人工角膜的患者均无显著后膜的发生。但其中1例患者在由于长期暴露人工角膜镜柱附近出现角膜溶解。

Cruzat 等的这项研究初步解决了人工角膜术后形成后增殖膜影响预后视力的问题。

3 波士顿 I 型人工角膜植入术后并发青光眼的治疗进展

3.1 发病率 波士顿 I 型人工角膜可以大幅度提升患者的视力。但是,令角膜医生和青光眼医生痛心的是,尽管很多专家致力研究,植入术后青光眼的长期治疗仍然是最大的挑战。文献报道波士顿 I 型人工角膜植入术后青光眼的发病率在 36%~76% 之间^[13-19],I 型人工角膜植入术后出现的继发性青光眼发生率在 2%~28% 之间^[20,21]。波士顿 I 型人工角膜植入后青光眼出现频率高、发病快,已成为护理这类患者的一大难题。引用 1988 年一位专家的评论:尽管波士顿 I 型人工角膜的研究已有如此大的进展,且患者有清晰的视窗,青光眼仍然可以严重损害术后视力的恢复^[22]。

3.2 发病机制及诊断标准 波士顿 I 型人工角膜植入术后并发青光眼的发生机制是多方面的。虹膜-角膜粘连使前房角不断变窄是原因之一。在其他无房角粘连的病例中,炎症带来的细胞残骸可能堵塞小梁网。实验曾揭示角膜碱烧伤的患眼,视网膜神经节细胞在 24h 内可见大面积的凋亡,可能是由于炎症因子从受伤的前段扩散到后段的原因。支持这一推断的证据是,早期玻璃体腔内注射英夫利昔单抗(肿瘤坏死因子- α 抑制剂)对视神经有显著的保护作用^[23]。

I 型人工角膜植入术后青光眼的诊断和随访往往比较困难,因为人工角膜后板的存在,很难用常用的眼压测量仪测量眼压。最常用的替代方法是把手指压在巩膜上测量,但这个方法只能粗略估算眼压^[24]。此外,视野、眼底照相和其他造影检查有时也会因为后膜的存在或玻璃体混浊等,介质变得不透明而难于施行。目前,世界上比较公认的评价青光眼用视神经的杯盘比(C/D)和测定鼻侧视野作为诊断青光眼存在及进展程度的指标^[22]。

3.3 治疗时机及治疗方案 在术前无任何青光眼病史或症状的患者,在人工角膜植入术中缺乏同时植入青光眼引流阀的理由。但例外的情况是患者在术前已有前房角严重的病变,如无虹膜的患者。如果术后出现青光眼而药物治疗无效,那就应该进行青光眼引流阀植入或睫状体冷凝。如果人工角膜手术前已发现青光眼,而未进行有效的青光眼手术,本课题组认为应该在人工角膜手术前或手术中植入 Ahmed 引流阀^[22]。根据 Dohlman 课题组的经验,在严重创伤的患眼中,青光眼往往进展得很急,因此青光眼药物治疗需要早开始、效用强,青光眼手术也应该早于普通开角型青光眼病例的时机。

在严重瘢痕化如自身免疫性疾病(如 Stevens-Johnson 综合征、眼部天疱疮等)和化学伤后,青光眼出现得特别多。在这些病例中,通常在引流阀后,会在引流阀小盘周围形成一个非常厚的囊而严重阻碍了房水向其他组织的引流,因而导致高眼压。Dohlman 的课题组提出^[25],把房水引流到另外一些不容易纤维化的组织也许是解决问题的一个办法。由于植入人工角膜有控制眼内压的迫切需要,他们延续了上述的研究,把房水引流到上皮化的空穴中(上颌骨窦、筛窦、泪囊和下盖穹隆)。他们进行了一个回顾性研究:从 2001~2005 年已在 34 例严重患者(31 例植入了人工角膜)中植入此类装置,其中 2 例小管与泪囊连接,6 例与筛窦连接,16 例与上颌窦连接,10 例与下盖穹隆连接。随访期内只出现了 1 例急性细菌性眼内炎。出现了 1 例患者因感染分支杆菌而导致角膜溶解,还有 1

例患者细菌性上颌窦炎,两例患者均患有自身免疫性疾病。3 例患者阀门暴露因此需要移除(其中 1 例进行了替换)。4 例出现了张力过低,可能是因为阀门失效。上述研究中,植入分流小管,使前房与潜在的微生物填充腔或下盖穹隆及其菌群相连接,可能造成了这些感染性物质的回流,引起眼内炎。然而,在本研究中的人工角膜植入病例中,严重感染的发生率非常低,实际上发病率与常规分流管植入术相似,但着实明确地解决了人工角膜植入术后青光眼的问题。在这类手术中,需要注意的是把房水分流到开放的上皮化空腔中的手术概念,只有在感染的机会相对较低的情况下才可以应用。在这一点上,是需要保持谨慎的态度的。因此,结膜由于在其正常的情况下有丰富的细菌寄生,即使是鼻窦在其正常的情况下也不能认为是绝对无菌,更别说是在患有鼻窦炎的时候。此外,一些病例中,人工角膜加上分流管植入的适应证是非常严重的眼病(如自身免疫性疾病),这些患眼对病菌的抵抗力很弱。如果一小团的微生物到达眼内,人工角膜术后常规预防性应用的抗生素(氟喹诺酮和万古霉素每天 1~2 次)很可能不能有效防止眼内炎的发生。这在应用于终末期天疱疮和 Stevens-Johnson 综合征(SJS)的 II 型波士顿人工角膜(穿透眼睑型)尤为突出,因为抗生素滴眼液不能到达眼内。

4 波士顿 I 型人工角膜植入术后感染的治疗进展

4.1 人工角膜植入后眼部菌群的变化 1990 年以前,人工角膜植入术发展缓慢,原因主要是感染性炎症的风险太高,患者可能在一夜之间丧失视力。但过去几十年,在感染率的降低上突破很大,原因主要在于:(1)全天配戴大直径软性接触镜,以保护角膜,保持角膜湿润,避免角膜上皮缺损;(2)眼部使用万古霉素和广谱氟喹诺酮类抗生素,尤其是自身免疫性患者,导致细菌性眼内炎发病率大幅下降。虽然有这些预防措施,最近一篇 meta 分析报告^[26]人工角膜植入术后眼内炎的发生率为 5.4%(范围 0~12.5%)。大部分眼内炎的感染与革兰氏阳性菌有关,虽然革兰氏阴性菌和真菌也有可能造成感染。

Lee 等^[27]报道了 15 例 17 眼患者植入波士顿型人工角膜后的前瞻性研究,观察期为 2005-09/2011-06。术前诊断包括角膜移植失败、角膜缘干细胞缺损、化学伤和 Stevens-Johnson 综合征。患者术后局部应用的抗生素包括氟喹诺酮类、多黏菌素-甲氧苄氨嘧啶、万古霉素或 3 种药物合并使用。术眼的结膜囊用棉签擦拭并进行培养,对侧眼也用棉签擦拭并培养。结果发现 53% 的患者(9 例)结膜囊样本培养结果为阳性。在阳性的样本中,78%(7 例)长出革兰氏阳性细菌。1 例(11%)标本长出肺炎克雷伯菌以及 1 例(11%)长出多种微生物。对侧眼对照组的棉签有 2 例(15%)培养结果为阳性,1 例革兰氏阳性菌,1 例多种微生物。浸泡在平衡盐溶液中的接触镜有 1 例(8%)长出克雷伯菌。硫乙醇酸钠溶液中细菌长出率为 33%(4 例)。2 例是凝固酶阴性葡萄球菌,1 例芽孢杆菌属,还有 1 例肺炎克雷伯菌。

4.2 预防性应用抗生素的用药方案 目前最佳的人工角膜术后预防性抗生素治疗方案仍有待确定,而且具体方案需要根据区域和患者的因素而改变。在真菌性角膜炎更流行的地区,需要提倡预防性抗真菌药物的局部使用,特别是在高危的患眼中,如持续性上皮缺损或长时间使用万古霉素的病例中。文献报道^[28]在感染性角膜炎发生的时候,患者并没有使用万古霉素,而且培养出的 3 种致病菌

表2 预防性抗生素用药方案(选择1为首选)

分类	选择1	选择2	选择3
低风险(炎症程度低)	甲氧苄啶0.1%+多黏菌素B,每天1次	万古霉素1.4%+氟喹诺酮类,每天1~2次	氯霉素1%+氟喹诺酮类,每天1~2次
高风险(自身免疫性疾病、化学烧伤、独眼、上皮缺损)	万古霉素1.4%+多黏菌素B,每天1~2次	万古霉素1.4%+氟喹诺酮类或甲氧苄啶0.1%+多黏菌素B加氟喹诺酮类,每天1~2次	氯霉素1%+氟喹诺酮类或甲氧苄啶0.1%+多黏菌素B+氯霉素1%,每天1~2次

均对万古霉素敏感,提示了长时间万古霉素的使用可能预防这些感染。然而,另有文献报道^[29],长时间局部使用万古霉素提高了革兰氏阴性菌所致眼内炎的风险。因此,虽然长时间使用万古霉素可能可以降低术后革兰氏阳性菌导致的细菌性角膜炎发生率,但它也可能提高真菌感染以及眼内革兰氏阴性菌的感染机会。人工角膜植入后局部使用聚维酮碘可减少眼表的细菌群落以及种类,清除真菌菌落,提示了它的周期性应用可以预防感染。由于研究发现术后应用聚维酮碘比广谱抗生素在控制细菌菌落单位形成上更有效,聚维酮碘可以成为一个方便易得及容易使用的预防人工角膜植入术后细菌和真菌感染的方法^[29]。此外,Dohlman课题组^[26]也提出了一系列的每天使用预防性抗生素的用药方案,并指出为防止出现耐药菌推荐联合使用两种抗生素(表2)。

5 总结

波士顿I型人工角膜特别适合于穿透性角膜移植难以成功的复杂性高危角膜盲患者。虽然,目前世界上各课题组对波士顿I型人工角膜的片型、术式、术后并发症的处理作了很多优化,但此型人工角膜的植入还面临很多问题,如每次植入均需要消耗一片载体角膜、置换人工角膜的适应证及术式仍未确立标准等。人工角膜植入术仍是一项风险较大的手术,术者应具有足够丰富的眼前后段显微手术经验,术后应长期密切观察术眼的变化,以及时发现并处理术后并发症。

参考文献

- 1 Aquavella JV, Qian Y, McCormick GJ, et al. Keratoprosthesis: the Dohlman-Doane device. *Am J Ophthalmol* 2005;140(6):1032-1038
- 2 Bradley JC, Hernandez EG, Schwab IR, et al. Boston type 1 keratoprosthesis: the university of california davis experience. *Cornea* 2009;28(3):321-327
- 3 Chew HF, Ayres BD, Hammersmith KM, et al. Boston keratoprosthesis outcomes and complications. *Cornea* 2009;28(9):989-996
- 4 Greiner MA, Li JY, Mannis MJ. Longer-term vision outcomes and complications with the Boston type 1 keratoprosthesis at the University of California, Davis. *Ophthalmology* 2011;118(8):1543-1550
- 5 Rudnisky CJ, Belin MW, Todani A, et al. Risk factors for the development of retroprosthetic membranes with Boston keratoprosthesis type 1: multicenter study results. *Ophthalmology* 2012;119(5):951-955
- 6 Yaghouti F, Nouri M, Abad JC, et al. Keratoprosthesis: preoperative prognostic categories. *Cornea* 2001; 20(1): 19-23
- 7 Todani A, Ciolino JB, Ament JD, et al. Titanium back plate for a PMMA keratoprosthesis: clinical outcomes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249(10): 1515-1518
- 8 Aldave AJ, Kamal KM, Vo RC, et al. The Boston type 1 keratoprosthesis: improving outcomes and expanding indications. *Ophthalmology* 2009;116(4):640-651
- 9 Sayegh RR, Ang LP, Foster CS, et al. The Boston keratoprosthesis in Stevens-Johnson syndrome. *Am J Ophthalmol* 2008;145(3):438-444
- 10 Hicks CR, Hamilton S. Retroprosthetic membranes in AlphaCor patients: risk factors and prevention. *Cornea* 2005;24(6):692-698

- 11 Stacy RC, Jakobiec FA, Michaud NA, et al. Characterization of retrokeratoprosthesis membranes in the Boston type 1 keratoprosthesis. *Arch Ophthalmol* 2011;129(3):310-316
- 12 Cruzat ASA, Dohlman CH, Colby K. Wound anatomy after type 1 Boston KPro using oversized back plates. *Cornea* 2013;32(12):1531-1536
- 13 Robert MC, Pomerleau V, Harissi-Dagher M. Complications associated with Boston keratoprosthesis type 1 and glaucoma drainage devices. *Br J Ophthalmol* 2013;97(5):573-577
- 14 Patel S, Takusagawa H, Shen L, et al. Long-term complications associated with glaucoma drainage devices and Boston keratoprosthesis. *Am J Ophthalmol* 2012;154(1):207-208
- 15 Kamyar R, Weizer JS, de Paula FH, et al. Glaucoma associated with Boston type I keratoprosthesis. *Cornea* 2012;31(2):134-139
- 16 Cortina MS, Vajaranant T, de la Cruz J. Long-term complications associated with glaucoma drainage devices and Boston keratoprosthesis. *Am J Ophthalmol* 2011;152(6):1078-1079
- 17 Moussally K, Harissi-Dagher M. Long-term complications associated with glaucoma drainage devices and Boston keratoprosthesis. *Am J Ophthalmol* 2011;152(5):883-884
- 18 Li JY, Greiner MA, Brandt JD, et al. Long-term complications associated with glaucoma drainage devices and Boston keratoprosthesis. *Am J Ophthalmol* 2011;152(2):209-218
- 19 Netland PA, Terada H, Dohlman CH. Glaucoma associated with keratoprosthesis. *Ophthalmology* 1998;105(4):751-757
- 20 Patel AP, Wu EI, Ritterband DC, et al. Boston type 1 keratoprosthesis: the New York Eye and Ear experience. *Eye (Lond)* 2012;26(3):418-425
- 21 Rivier D, Paula JS, Kim E, et al. Glaucoma and keratoprosthesis surgery: role of adjunctive cyclophotocoagulation. *J Glaucoma* 2009;18(4):321-324
- 22 Crnej A, Paschalis EI, Salvador-Culla B, et al. Glaucoma progression and role of glaucoma surgery in patients with Boston keratoprosthesis. *Cornea* 2014;33(4):349-354
- 23 Kang JJ, Allemann N, de la Cruz J, et al. Serial analysis of anterior chamber depth and angle status using anterior segment optical coherence tomography after Boston keratoprosthesis. *Cornea* 2013 [Epub ahead of print]
- 24 Banitt M. Evaluation and management of glaucoma after keratoprosthesis. *Curr Opin Ophthalmol* 2011;22(2):133-136
- 25 Dohlman CH, Grosskreutz CL, Chen TC, et al. Shunts to divert aqueous humor to distant epithelialized cavities after keratoprosthesis surgery. *J Glaucoma* 2010;19(2):111-115
- 26 Behlau I, Martin KV, Martin JN, et al. Infectious endophthalmitis in Boston keratoprosthesis: incidence and prevention. *Acta Ophthalmol* 2014;92(7):e546-e555
- 27 Lee SH, Mannis MJ, Shapiro B, et al. Evaluation of microbial flora in eyes with a Boston type 1 Keratoprosthesis. *Cornea* 2013;32(12):1537-1539
- 28 Ramchandran RS, Diloreto DA Jr, Chung MM, et al. Infectious endophthalmitis in adult eyes receiving Boston type I keratoprosthesis. *Ophthalmology* 2012;119(4):674-681
- 29 Kim MJ, Yu F, Aldave AJ. Microbial keratitis after Boston type I keratoprosthesis implantation: incidence, organisms, risk factors, and outcomes. *Ophthalmology* 2013;120(11):2209-2216