

波士顿 I 型人工角膜移植术治疗中国严重角膜盲患者的长期临床观察

祝磊 王丽娅 张月琴 贺焱 李家臣 赵东卿 杨纪忠 李冰

【摘要】 **背景** 角膜盲的原因主要是严重的角膜组织结构的破坏,常规的角膜移植术常无法达到复明的目的。人工角膜移植术适用于常规角膜移植术无法治疗的严重角膜盲,目前全球使用最为广泛的人工角膜是波士顿 I 型人工角膜,但其在中国的临床应用尚少,其在中国患者中的临床应用疗效、并发症及其处理的报道少见。**目的** 研究波士顿 I 型人工角膜用于中国严重角膜盲患者后的长期疗效和安全性。**方法** 采用前瞻性系列描述性病例观察研究,纳入 2008 年 8 月至 2015 年 8 月于河南省眼科研究所、山西省眼科医院就诊的不适合行常规角膜移植术的严重角膜盲患者 15 例 16 眼,包括眼表烧伤 7 例 8 眼、病毒性角膜炎 3 例 3 眼、Stevens-Johnson 综合征 1 例 1 眼、眼外伤 2 例 2 眼、真菌性和细菌性角膜溃疡接受角膜移植术后血管化角膜白斑各 1 例 1 眼,所有患者均为男性,平均年龄(50.4±13.0)岁。纳入的患眼中 14 眼接受过治疗性角膜移植术 1 次或以上,有明确青光眼病史者 7 眼,人工晶状体(IOL)植入术后 5 眼,无晶状体眼 4 眼。术前最佳矫正视力(BCVA)为 0.05 者 1 眼,数指/眼前者 7 眼,手动/眼前者 8 眼。所有患眼均行波士顿 I 型人工角膜移植术,术后定期观察术眼 BCVA、并发症和人工角膜在位眼数。患者随访 19~84 个月,平均(47.5±23.8)个月。**结果** 术中根据术眼病变进行波士顿人工角膜移植术或联合手术,包括联合晶状体或 IOL 摘出术、虹膜切除术、前部玻璃体及增生膜切割术,波士顿人工角膜移植术过程均顺利,未见术中并发症发生。术后 1 个月 14 眼视力提高,其中 3 眼 BCVA≥1.0,4 眼 0.5≤BCVA<1.0,7 眼 0.1≤BCVA<0.5,而其他 2 眼因术前有青光眼视神经损伤,故视力无提高。末次复诊时视力保持在 0.1 以上者 9 眼。术后常见并发症为人工角膜后膜(RMP)形成 7 眼,角膜溶解 6 眼,青光眼 4 眼;发生严重真菌性角膜溃疡、细菌性眼内炎和人工角膜脱出各 1 眼,为保留眼球均行穿透角膜移植术,取出人工角膜。术后 13 眼人工角膜在位。**结论** 波士顿 I 型人工角膜可用于治疗不适合常规角膜移植术的严重角膜盲,术后长期随访、及时发现并有效处理并发症是保持人工角膜移植术成功和保存患者视力的关键。

【关键词】 角膜移植术;角膜疾病/手术;假体植入;疗效;术后并发症;视力;中国人;前瞻性研究

Long-term outcomes of Boston type I keratoprosthesis for Chinese severe corneal blindness Zhu Lei, Wang Liya, Zhang Yueqin, He Yi, Li Jiachen, Zhao Dongqing, Yang Jizhong, Li Bing. Henan Eye Institute, Henan Eye Hospital, Zhengzhou 450003, China

Corresponding author: Wang Liya, Email: wangliya55@126.com

【Abstract】 **Background** Corneal blindness is associated with the change of corneal structure, and conventional keratoplasty cannot regain vision in these eyes. Keratoprosthesis is well used for patients unsuitable for standard keratoplasty. Boston type I keratoprosthesis is one of the most commonly employed in the world, but it has not been well used in China. **Objective** This study was to evaluate the long-term outcome and safety of Boston type I keratoprosthesis in China. **Methods** A pilot study was carried out for a descriptive prospective clinical trial under the approval of Ethic Committee of Henan Provincial People's Hospital and Henan Eye Institute. Sixteen eyes of 15 patients with severe corneal blindness which were not suitable for usual management were recruited, with the gender being males and ages of (50.4±13.0) years. The causes of blindness included thermal and chemical injury in 8 eyes of 7 patients, herpes simplex keratitis in 3 eyes of 3 patients, Stevens-Johnson syndrome in 1 eye of 1 patient, mechanical trauma in 2 eyes of 2 patients and infectious keratitis in 2 eyes of 2 patients. Fourteen of the 16 eyes received therapeutic keratoplasty once or more before, and 7 eyes had glaucoma history, pseudophakia was in 5 eyes and aphakia was in 4 eyes. The best corrected visual acuity (BCVA) is 0.05 in 1 eye, finger counting in 7 eyes and hand motion in 8 eyes. Implantation of Boston type I keratoprosthesis was performed on the 16 eyes and followed-up for (47.5±23.8) months (ranged from 19 throughout 84 months) after obtaining of written informed consent from each patient. The postoperative BCVA, postoperative complication and eye numbers of keratoprosthesis in

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.10.014

作者单位:450003 郑州,河南省眼科研究所 河南省立眼科医院(祝磊、王丽娅、张月琴、贺焱、李家臣、赵东卿);030002 太原,山西省眼科医院(杨纪忠、李冰)

通信作者:王丽娅,Email:wangliya55@126.com

site were recorded. **Results** The surgeries of Boston type I keratoprosthesis or combination procedures, such as lens or intraocular lens (IOL) extraction, iridectomy, cyclitic membrane removal and vitrectomy were successful in all the eyes. One month after surgery, the postoperative BCVA was obviously improved in 14 eyes, with the BCVA ≥ 1.0 in 3 eyes, $0.5 \leq \text{BCVA} < 1.0$ in 4 eyes and $0.1 \leq \text{BCVA} < 0.5$ in 7 eyes, the vision was unchanged in 2 eyes due to end-stage glaucoma before operation. BCVA remained ≥ 0.1 in 9 eyes at the end of following-up duration. Postoperative complications included retromembrane proliferation in 7 eyes, corneal melting in 6 eyes and glaucoma in 4 eyes. Severe postoperative complications were fungal keratitis, endophthalmitis and device extrusion respectively and keratoprosthesis prolapse, so penetrating keratoplasty was carried out to replace the keratoprosthesis. Implanted Boston type I keratoprosthesis was in site in 13 eyes at the end of following-up. **Conclusions** The Boston type I keratoprosthesis might be a viable method to provide visual recovery for the eyes with severe corneal blindness unsuitable for standard keratoplasty. It is mandatory for long-term follow-up and prevention and management of postoperative complications.

[Key words] Corneal transplantation; Corneal diseases/surgery; Prosthesis implantation; Treatment outcome; Postoperative complications; Visual acuity; Chinese; Prospective studies

人工角膜主要用于不适合行常规角膜移植术的严重角膜盲患者,也是目前这类患者恢复视力的主要手段^[1]。波士顿 I 型人工角膜由 Dohlman 研究小组于 1974 年研发,1992 年经美国 FDA 批准使用于临床,是目前世界范围内使用较为广泛的一种人工角膜^[2-3]。随着人工角膜及其手术技术的持续改进,Dohlman 等依据不断丰富的研究成果,编写了《The Boston Keratoprosthesis: International Protocol 2009》临床手册(http://www.masseyeandear.org/gedownload!/KPro%20International%20Protocol12.pdf?item_id_5816015),这一规范化、可操作性强的临床手册使得波士顿 I 型人工角膜移植技术得以较快推广^[4]。河南省眼科研究所于 2008 年 10 月在中国率先应用波士顿 I 型人工角膜治疗角膜盲患者,并联合山西省眼科医院共同开展该项工作,对波士顿 I 型人工角膜的疗效及安全性进行评价。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采取前瞻性描述性病例观察研究设计,收集 2008 年 8 月至 2015 年 8 月在河南省眼科研究所、山西省眼科医院就诊的不适合行常规角膜移植术的严重角膜盲患者 15 例 16 眼。所有患者均符合临床手册中波士顿 I 型人工角膜移植术的适应证,包括眼表烧伤 7 例 8 眼、病毒性角膜炎 3 例 3 眼、眼外伤 2 例 2 眼、Stevens-Johnson 综合征 1 例 1 眼及真菌性和细菌性角膜溃疡接受角膜移植术后血管化角膜白斑各 1 例 1 眼。纳入的患者中均为男性;年龄 25 ~ 71 岁,平均(50.4±13.0)岁。纳入患者中术前最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)为 0.05 者为 1 眼,数指/眼前者 7 眼,手动/眼前者 8 眼。所有患者均接受过多次眼部手术,12 例患者眼前节结构异常。14 例患者曾经接受

过 1 ~ 4 次治疗性角膜移植术,平均(1.8±1.1)次。其他手术包括白内障摘出联合人工晶状体(intraocular lens, IOL)植入术、羊膜移植术、结膜移植术、穹隆再造术、引流阀植入术、小梁切除术等。患者术前平均接受各种手术(2.5±1.1)次。7 眼术前有青光眼病史,包括热烧伤 5 眼,碱烧伤 1 眼,病毒性角膜炎 1 眼;其中 1 眼曾接受小梁切除术,1 眼接受过引流阀植入术,所有患者均接受 2 种降眼压滴眼液局部应用,眼压基本正常。IOL 植入术后 5 眼,无晶状体眼 4 眼。所有患者均对本研究知情同意,并签署知情同意书。本研究经河南省人民医院和河南省眼科研究所伦理委员会批准。

1.2 方法

1.2.1 术前检查 根据临床手册要求,术前系统检查和评价患者眼部情况,包括眼压、光定位、色觉、眼睑功能、泪液分泌、泪膜破裂时间(breakup time of tear film, BUT)、结膜细胞学检查、眼部 B 型超声、眼轴长度、超声生物显微镜(ultrasound biomicroscopy, UBM)和眼前节 OCT 等检查。

1.2.2 波士顿 I 型人工角膜的准备 波士顿 I 型人工角膜由美国马萨诸塞州眼耳诊所提供。人工角膜的屈光度根据患者有无晶状体和眼轴长度进行计算。人工角膜由中央光学镜柱、后板、载体角膜植片和金属锁环 4 部分组成,按照标准的 4 步法安装备用(图 1)。

1.2.3 手术方法 参照临床手册的标准进行手术;根据瞳孔定位植床的角膜中心,虹膜窥不见者可参照角巩缘进行定位;行晶状体摘出、IOL 取出、前部玻璃体增生膜切割、玻璃体切割术者需缝合 Flieringa 环,以支撑巩膜,防止其塌陷;用直径大于人工角膜载体植片 0.5 mm 的环钻在植床上划界,再次确定角膜中心位置后钻切至病变角膜的 3/4 深度,如有活动性出血,进入前房前需充分止血;进入前房,有晶状体眼应行晶状体囊外摘出术,尽量保留

后囊;已植入 IOL 眼若 IOL 位置良好,可以保留,IOL 位置异常者应取出;分离粘连的虹膜,晶状体后囊不完整时需行前部玻璃体切割术,彻底清除前房和玻璃体的纤维增生膜;术前评估有后部玻璃体视网膜病变需要手术者可在临时人工角膜下进行;将安装好的人工角膜按穿透角膜移植术的方法间断缝合到角膜植床上,用 BSS 重建前房,以达到切口水密状态;检查眼压,确定术毕眼压正常或稍低于正常值。术后配戴直径 16~18 mm 的角膜接触镜(美国 Kontur Kontakt Lens 公司)。

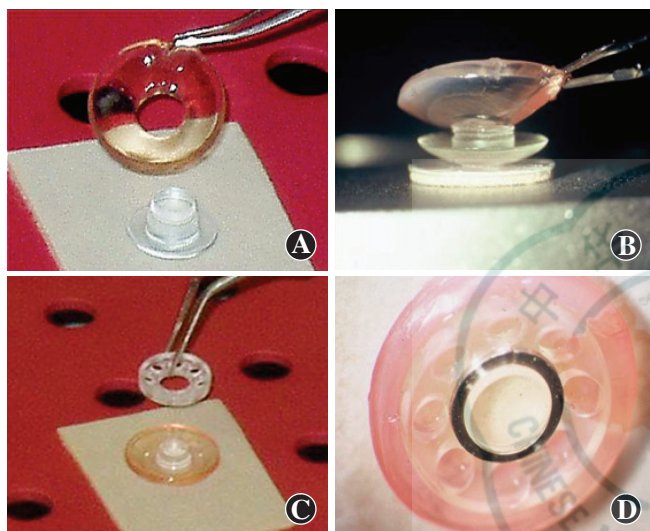


图 1 人工角膜安装方法(图片来自于《The Boston keratoprosthesis: International Protocol 2009》临床手册) A:人工角膜镜柱前表面向下倒置,供体角膜中央钻取直径为 3 mm 的孔 B:供体角膜中央孔正对镜柱干滑入 C:安置后板,使其紧贴供体角膜 D:放置金属锁环,下压使其卡入镜柱干的凹槽

1.2.4 术后处理 术后质量分数 1% 醋酸泼尼松滴眼液点眼,每日 4~6 次,眼部炎症减轻后可逐渐减少剂量,炎症消退后可停药;左氧氟沙星滴眼液点眼,每日 6 次,或 14 mg/ml 万古霉素滴眼液(河南省眼科研究所药物研究室制)点眼,每日 2~4 次,2 周后减至每日 2~3 次,长期维持点眼。分别于术后 1 d、3 d、7 d、1 个月、3 个月复查,之后每 3 个月复查 1 次。角膜接触镜每 2 个月更换 1 次。患者随访 19~84 个月,平均(47.5±23.8)个月。术后定期检查患者的视力、眼压、眼前节及眼底情况,如出现并发症,及时处理。

2 结果

2.1 术中情况

所有患者均接受波士顿 I 型人工角膜移植术,术中无并发症发生。同时施行的手术包括晶状体囊外摘出术 8 眼,其中 4 眼保留晶状体后囊。5 眼由于虹膜

粘连、前房纤维膜牵引导致 IOL 位置异常,行 IOL 取出术,10 眼行前部玻璃体及增生膜切割术,2 眼术前检查发现玻璃体视网膜牵引病变,行临时人工角膜下后部玻璃体切割术,解除玻璃体和视网膜的增生及牵引。

2.2 术眼术后 BCVA 改变

术后 1 个月 14 眼 BCVA 有明显提高,其中 3 眼 BCVA \geq 1.0,4 眼 0.5 \leq BCVA<1.0,7 眼 0.1 \leq BCVA<0.5。有青光眼病史的 2 眼术后 BCVA 仍为手动/眼前,眼底检查发现视神经萎缩。由于术后并发症的发生,部分患者 BCVA 有所下降,末次复查时 2 眼 BCVA 为 1.0,3 眼 0.5 \leq BCVA<1.0,4 眼 0.1 \leq BCVA<0.5,眼部长处于稳定状态,人工角膜在位(图 2A~C)。影响视力恢复的主要原因是眼压控制不良和严重并发症的发生。

2.3 术后并发症及处理

2.3.1 人工角膜后膜形成 7 眼术后形成人工角膜后膜(retromembrane proliferation, RMP),发生于术后 2~15 个月。根据 Aquavella-Chak 分级标准^[5],3 眼形成 III 级 RMP,其中眼表烧伤 2 眼,Stevens-Johnson 综合征 1 眼,均行手术切除(图 2D)。1 眼 RMP 为 II 级,患眼为眼表碱烧伤,行 YAG 激光切除术(图 2E),其他 3 眼 RMP 为 I 级以下,不影响患者视力和眼底观察,未作处理。

2.3.2 人工角膜周围角膜组织溶解 6 眼术后发生人工角膜周围角膜组织溶解,有房水渗漏和继发感染的可能,需要及时手术修补(图 2F,G),其中眼表烧伤 3 眼,病毒性角膜炎 2 眼,Stevens-Johnson 综合征 1 眼。角膜组织溶解发生于术后 1~53 个月,次数不等,最多发生 4 次,平均(2.5±1.1)次,分别行羊膜覆盖或移植术、自体结膜和板层角膜移植术,均治愈。

2.3.3 术后青光眼 4 眼手术后眼压升高,均为术前有青光眼病史的患者,其中 3 眼药物控制不良,于术后 2 个月行青光眼滤过手术。通过指测法来评价患眼眼压,并观察患者视野和视神经的杯盘比变化。长期观察发现有 2 眼视杯持续扩大,BCVA 下降,判断为眼压控制不良,增加药物用量以进一步降低眼压。

2.3.4 其他严重并发症和人工角膜保存率 本研究中有 3 例 3 眼发生感染性角膜炎、眼内炎和人工角膜脱出。人工角膜在位者 13 眼,1 例早期常规角膜移植术失败的病毒性角膜炎患者于波士顿 I 型人工角膜移植术术后 1 年发生真菌性角膜溃疡,检查发现患者连续 3 个月未配戴角膜接触镜;给予抗真菌药物治疗无效,为保留眼球,取出人工角膜,行常规穿透角膜移植术,末次随访患者 BCVA 为手动/眼前。另 1 例病毒性角膜炎患者术后 6 个月发生脉络膜脱离,BCVA 由 0.5

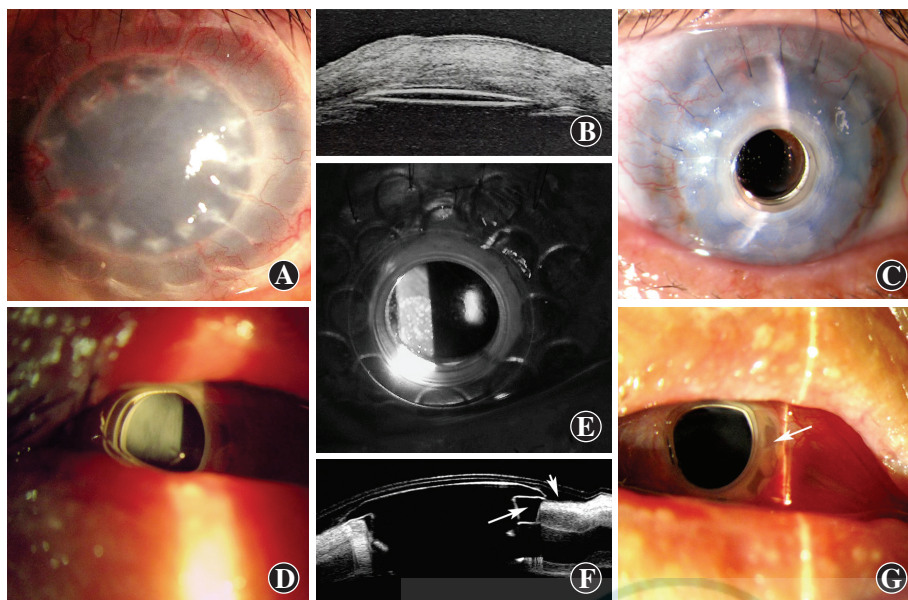


图 2 严重角膜盲眼手术前后裂隙灯显微镜和眼前节 OCT 检查 A: 热烧伤患者 2 次角膜移植术后形成血管化角膜白斑, 人工角膜移植术需参照角膜缘确定瞳孔位置 B: 眼前节 OCT 显示人工角膜移植术前 IOL 位置异常, 部分接触角膜, 虹膜前粘连, 房角关闭 C: 人工角膜移植术后 3 年, 人工角膜位置良好 D: Stevens-Johnson 综合征患者术后 10 个月形成 Aquvaella-Chak III 级 RMP E: 眼表碱烧伤患者术后 3 个月形成 Aquvaella-Chak II 级 RMP F: 眼前节 OCT 显示术后人工角膜周围组织溶解 (短箭头), 镜片周围组织收缩产生空隙 (长箭头), 有房水渗漏和继发感染的风险, 需要及时手术修补 G: 裂隙灯显微镜检查可见人工角膜镜片周围组织溶解, 镜片前板下部分组织缺损

下降至 0.1; 给予更昔洛韦和糖皮质激素滴眼液治疗 1 周无好转, 行脉络膜腔放液术, 并继续药物治疗; 1 个月后脉络膜炎症得到控制, 脉络膜脱离复位, BCVA 恢复至 0.3; 2 个月后患者因未按医嘱点眼出现眼痛、视力急剧下降等症状, 检查发现患者角膜接触镜已丢失, 并发生细菌性角膜溃疡、细菌性眼内炎; 行玻璃体切割联合常规角膜移植术取代人工角膜, 保留眼球, 患者 BCVA 为光感; 患者角膜病灶和玻璃体标本培养鉴定为肺炎链球菌感染。1 例眼表碱烧伤患者, 术后未遵医嘱, 连续 6 个月未复查, 在术后 10 个月复查时检查发现人工角膜大部分脱出, 玻璃体部分脱出; 行玻璃体切割联合常规角膜移植术取代人工角膜, 保留眼球, BCVA 为手动/眼前。

3 讨论

对手术适应证的要求直接影响患者的预后状况^[6]。本研究中适应证主要为眼表烧伤、常规角膜移植失败、病毒性角膜炎、Stevens-Johnson 综合征和眼外伤, 与美国和国际多中心波士顿 I 型人工角膜研究 (Multicenter Boston Type I Keratoprosthesis Study, MBTKS) 基本一致。

美国和国际 MBTKS 中术后 BCVA>0.1 的患者分别为 57% 和 70%, 术后 12 个月为 56% 和 68%, 术后 24 个月国际 MBTKS 中 BCVA>0.1 的患者比例已降至 59%^[7-8]。本研究中末次随访时 BCVA>0.1 者占 56.3%, 与美国和国际 MBTKS 结果基本相同。

波士顿 I 型人工角膜移植术后引起视力下降的主要原因为术后眼压控制不良、视网膜脱离、年龄相关性黄斑变性、感染性眼内炎等。随着波士顿 I 型人工

角膜的持续改进和治疗、护理过程的完善和规范化, 患者的预后有很大改善, 但术后并发症的预防和处理以及对患者的长期随访直接影响患者的预后, 依然面临很大的挑战。本研究中发生率最高的术后并发症是 RMP 形成。美国和国际 MBTKS 中 RMP 发生率分别为 25.0% 和 26.7%, Chew 等^[9] 研究报道 RMP 发生率高达 65%。RMP 发生机制尚不明确, 目前研究表明 RMP 为增生纤维组织, 与眼组织对人工角膜炎症反应、内眼手术、眼前节炎症等有关。多种因素参与 RMP 的形成, 这可能是不同研究报道中 RMP 发生率差别较大的原因。本研究中 2 例 2 眼术后发生眼内炎患者和 1 例 1 眼 Stevens-Johnson 综合征患者均形成 III 级 RMP, 需手术切除, 占总 RMP 的 42.8%, 提示 RMP 的形成和严重程度与术后炎症有密切关系。

人工角膜周围组织溶解是另一种常见并发症, 该并发症的发生有多种因素参与, 如眼险及眼表结构异常、眼表和角膜的慢性炎症、泪液异常、角膜上皮缺损和组织收缩等^[10], Lee 等^[11] 报道其发生率为 2.4% ~ 30.4%。本研究中人工角膜周围组织溶解的发生率为 37.5%。本研究中慢性炎症的高危患者占人工角膜周围组织溶解患者总数的 75%, Aldave 等^[8] 临床研究表明该并发症的发生率为 16%, 但另有 36% 的患者发生持续上皮缺损 (persistent epithelial defect, PED)。及时发现和治疗 PED 可阻止组织溶解的发生, 本研究中可能未及时发现和处理已存在的 PED, 或由于患者佩戴角膜接触镜掩盖了 PED 的症状导致未及时治疗, 错过了治疗时机, 患者复诊时已出现组织溶解。提示对于这类高危患者, 需要加强复诊, 控制眼部慢性炎症和改

善泪液分泌。及时发现和处理该并发症对其预后较好,药物治疗无好转时应及时手术修补^[12]。本研究中采用羊膜覆盖或移植术、自体结膜移植术和板层角膜移植术进行治疗,人工角膜周围组织溶解症状全部消失。

波士顿 I 型人工角膜移植术后青光眼是视功能损害的重要原因之一,其在自身免疫性疾病、眼表烧伤以及术前有青光眼病史者中发生率高。文献报道该并发症的发生率为 2.4% ~ 64.0%^[11]。Panarelli 等^[13]研究认为,术后持续发展的房角关闭是该并发症产生的主要原因。由于现行的眼压测量仪器不能在硬质的人工角膜镜柱和后板上测得准确的眼压值,因此多数研究还是采用粗略的指测法,影响了术后青光眼的诊断和眼压监测。目前可靠的评价的方法是患者视野和视神经的杯盘比变化。本研究中 43.7% 的患者术前有青光眼病史,经药物和手术治疗眼压基本控制。

感染性角膜炎和眼内炎是波士顿 I 型人工角膜移植术后的严重并发症,可能导致严重的视力损伤甚至丧失。文献报道感染性角膜炎和眼内炎的发生率分别为 ≤17.8% 和 ≤12.5%,主要发生于 Stevens-Johnson 综合征、眼类天疱疮和眼表烧伤患者^[14-17]。该类并发症发生的主要原因是人工角膜与其周围组织界面完整性受到破坏,如支撑人工角膜的组织收缩,人工角膜周围眼表泪液蒸发较强导致上皮缺损、组织溶解,进而眼表微生物侵入导致感染。因此建议术后长期佩戴角膜接触镜,预防性使用抗生素滴眼液,眼部有炎症时加用糖皮质激素滴眼液。临床研究表明,这些措施可明显减少角膜移植术后感染性角膜炎和眼内炎的发生^[11,14-17]。本研究中 1 例 1 眼发生真菌性角膜溃疡;1 例 1 眼发生细菌性角膜溃疡,由于未及时治疗,最终发展为细菌性眼内炎。该 2 例患者均未按医嘱点眼,角膜接触镜未配戴或丢失,患者均行常规角膜移植术取代人工角膜,保留眼球,最终视力为数指/眼前和光感。人工角膜脱出是很少见的并发症,本研究中 1 例眼表碱烧伤患者角膜组织溶解,人工角膜后板大部分脱出,玻璃体部分脱出,主要原因是患者连续 6 个月未复查,自觉视力急剧下降后才复诊,角膜组织溶解未及时发现和修补,造成人工角膜脱出。以上结果表明严格和长期地遵从术后处理规范至关重要。本研究中人工角膜保存率为 81.2%,与国际 MBTKS 的 82.2% 基本相同。

综上所述,波士顿 I 型人工角膜移植术适用于行常规角膜移植术失败率较高的严重角膜盲患者,并要求患者泪腺和眼睑功能相对正常,能够遵医嘱,按时复查。随着研究的深入,在适应证选择、术前评价、手术规范化和简化、术后处理等实用技术方面有了很大改

进,使得波士顿 I 型人工角膜成为临床使用较普遍和安全的人工角膜。本研究的长期观察结果表明这项技术在中国的临床应用是安全、有效的。波士顿 I 型人工角膜移植手术的成功只是良好的开端,术后按时随访、发现问题并由多个眼科亚专业密切配合妥善处理并发症是长期维持患者视力的保障。因此,波士顿 I 型人工角膜移植是一项系统工程,需要团队的长期合作,同时在患者就近区域应有熟悉该项技术的眼科医师定期随访和指导,及时发现并处理。

参考文献

- [1] Hicks CR, Fitton JH, Chirila TV, et al. Keratoprotheses; advancing toward a true artificial cornea[J]. *Surv Ophthalmol*, 1997, 42(2): 175-189.
- [2] Dohlman CH, Schneider HA, Doane MG. Prosthokeratoplasty[J]. *Am J Ophthalmol*, 1974, 77(5): 694-700.
- [3] Klufas MA, Colby KA. The Boston keratoprosthesis[J]. *Int Ophthalmol Clin*, 2010, 50(3): 161-175. doi:10.1097/IIO.0b013e3181e20cca.
- [4] Robert MC, Harissi-Dagher M. Boston type 1 keratoprosthesis: the CHUM experience[J]. *Can J Ophthalmol*, 2011, 46(2): 164-168. doi:10.3129/i10-103.
- [5] Chak G, Aquavella JV. A safe Nd:YAG retroprosthetic membrane removal technique for keratoprosthesis[J]. *Cornea*, 2010, 29(10): 1169-1172. doi:10.1097/ICO.0b013e3181e3181e2001.
- [6] Avadhanam VS, Smith HE, Liu C. Keratoprotheses for corneal blindness: a review of contemporary devices[J]. *Clin Ophthalmol*, 2015, 9: 697-720. doi:10.2147/OPHT.S27083.
- [7] Zerbe BL, Belin MW, Ciolino JB. Boston Type 1 Keratoprosthesis Study Group. Results from the multicenter Boston Type 1 Keratoprosthesis Study[J/OL]. *Ophthalmology*, 2006, 113(10): 1779. e1-7 [2015-06-30]. [http://www.aaajournal.org/article/S0161-6420\(06\)00676-2/fulltext](http://www.aaajournal.org/article/S0161-6420(06)00676-2/fulltext).
- [8] Aldave AJ, Sangwan VS, Basu S, et al. International results with the Boston type 1 keratoprosthesis[J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(8): 1530-1538. doi:10.1016/j.ophtha.2012.02.015.
- [9] Chew HF, Ayres BD, Hammersmith KM, et al. Boston keratoprosthesis outcomes and complications[J]. *Cornea*, 2009, 28(9): 989-996. doi:10.1097/ICO.0b013e3181a186dc.
- [10] Magalhães FP, Hirai FE, de Sousa LB, et al. Boston type 1 keratoprosthesis outcomes in ocular burns[J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2013, 91(6): e432-436 [2015-07-10]. <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/aos.12083/epdf>. doi:10.1111/aos.12083.
- [11] Lee WB, Shtein RM, Kaufman SC, et al. Boston keratoprosthesis: outcomes and complications: a report by the American Academy of Ophthalmology[J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(7): 1504-1511. doi:10.1016/j.ophtha.2015.03.025.
- [12] Tay E, Utine CA, Akpek EK. Crescentic amniotic membrane grafting in keratoprosthesis-associated corneal melt[J]. *Arch Ophthalmol*, 2010, 128(6): 779-782. doi:10.1001/archophthol.2010.95.
- [13] Panarelli JF, Ko A, Sidoti PA, et al. Angle closure after Boston keratoprosthesis[J]. *J Glaucoma*, 2013, 22(9): 725-729. doi:10.1097/IJG.0b013e318259b2fe.
- [14] Dohlman CH, Dudenhofer EJ, Khan BF, et al. Protection of the ocular surface after keratoprosthesis surgery: the role of soft contact lenses[J]. *CLAO J*, 2002, 28(2): 72-74.
- [15] Chan CC, Holland EJ. Infectious keratitis after Boston type 1 keratoprosthesis implantation[J]. *Cornea*, 2012, 31(10): 1128-1134. doi:10.1097/ICO.0b013e318245c02a.
- [16] Nouri M, Terada H, Alfonso EC, et al. Endophthalmitis after keratoprosthesis: incidence, bacterial causes, and risk factors[J]. *Arch Ophthalmol*, 2001, 119(4): 484-489.
- [17] Ramchandran RS, Diloreto DA Jr, Chung MM, et al. Infectious endophthalmitis in adult eyes receiving Boston type 1 keratoprosthesis[J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(4): 674-681. doi:10.1016/j.ophtha.2011.10.009.

(收稿日期:2015-07-29)

(本文编辑:刘艳 张宇)