

引文格式:陆燕,朱小敏,曹谦,段娴艺,陈祥菲,杨丽萍,等. 飞秒激光辅助的两种深板层角膜移植治疗圆锥角膜疗效比较[J]. 眼科新进展,2015,35(1):35-38. doi:10. 13389/j. cnki. rao. 2015. 0010

【应用研究】

飞秒激光辅助的两种深板层角膜移植治疗圆锥角膜疗效比较[△]

陆燕 朱小敏 曹谦 段娴艺 陈祥菲 杨丽萍 黄振平

作者简介:陆燕,女,1981年8月出生,博士,主治医师。联系电话:15996267515; E-mail: luyan366@126.com

About LU Yan: Female, born in August, 1981. Medical doctor, attending physician. Tel: 15996267515; E-mail: luyan366@126.com

收稿日期:2014-08-24
修回日期:2014-10-29
本文编辑:方红玲

△基金项目:国家自然科学基金面上项目(编号:81270979);江苏省自然科学基金面上项目(编号: BK2012777)

作者单位:210002 江苏省南京市,南京军区南京总医院眼科

通讯作者:黄振平, E-mail: huangzhenping1963@163.com

Received date: Aug 24, 2014
Accepted date: Oct 29, 2014

Foundation item: National Natural Science Foundation Grant of China (No: 81270979); Jiangsu Province Natural Science Foundation Grant (No: BK2012777)

From the Department of Ophthalmology, Nanjing General Hospital of Nanjing Military Command PLA, Nanjing 210002, Jiangsu Province, China

Responsible author: HUANG Zhen-Ping, E-mail: huangzhenping1963@163.com

Comparison of two surgical techniques of femtosecond laser-assisted deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus

LU Yan, ZHU Xiao-Min, CAO Qian, DUAN Xian-Yi, CHEN Xiang-Fei, YANG Li-Ping, HUANG Zhen-Ping

【Key words】 deep anterior lamellar keratoplasty; keratoconus; femtosecond laser

【Abstract】 Objective To compare the outcomes of femtosecond laser-assisted deep anterior lamellar keratoplasty (DALK), in which more than 75% of the stroma is removed (pre-Descemet DALK) and the femtosecond laser-assisted DALK performed with the big bubble technique, in which all of the stroma is removed, leaving only the Descemet membrane and endothelium (Descemet DALK) in cases of keratoconus.

Methods Retrospective comparative case series. Twenty eyes of 17 patients were diagnosed as keratoconus. Femtosecond laser-assisted pre-Descemet DALK was performed in 10 eyes of 9 patients and Femtosecond laser-assisted Descemet DALK using Anwar big bubble technique in 10 eyes of 8 patients. Mean follow-up was one year. The postoperative best-corrected visual acuity (BCVA), refractive status, keratometry, endothelial cell loss, and central corneal thickness between the two surgical techniques were compared.

Results All surgeries were completed successfully. At one year postoperative examination, BCVA was 0.52 ± 0.24 in pre-Descemet DALK group and 0.49 ± 0.19 in Descemet DALK group ($P=0.758$). The myopia were (-9.43 ± 7.44) D and (-1.03 ± 1.13) D in the pre-Descemet DALK and Descemet DALK groups, respectively ($P=0.002$). Topographic astigmatism were (3.73 ± 2.58) D and (3.21 ± 3.10) D in the pre-Descemet DALK and Descemet DALK groups, respectively ($P=0.684$). The keratometry were (44.30 ± 4.18) D and (42.21 ± 2.82) D in the pre-Descemet DALK and Descemet DALK groups, respectively ($P=0.208$). The endothelial cell loss were 4.6% and 6.4% in the pre-Descemet DALK and Descemet DALK groups, respectively ($P=0.258$). The central corneal thickness were (483.40 ± 53.70) μm and (471.5 ± 41.68) μm in the pre-Descemet DALK and Descemet DALK groups, respectively ($P=0.587$).

Conclusion The patients who underwent the Descemet femtosecond laser-assisted DALK technique show postoperative low myopia, and can be considered as the better surgical technique for moderate and advanced keratoconus.

【关键词】 深板层角膜移植;圆锥角膜;飞秒激光

【摘要】 目的 比较飞秒激光辅助的切除75%以上基质层的深板层角膜移植(deep anterior lamellar keratoplasty, DALK) (pre-Descemet DALK)和飞秒激光联合Anwar大气泡技术切除全部基质层DALK(Descemet DALK)治疗圆锥角膜的临床效果。**方法** 17例20眼圆锥角膜患者,9例10眼行飞秒激光辅助的pre-Descemet DALK,8例10眼行飞秒激光辅助的Anwar大气泡Descemet DALK,术后随访1 a,比较2组术后最佳矫正视力(best-corrected visual acuity, BCVA)、屈光状态、角膜曲率、内皮细胞丢失率及中央角膜厚度。**结果** 所有手术顺利完成。术后1 a, pre-Descemet DALK组BCVA为 0.52 ± 0.24 , Descemet DALK组BCVA为 0.49 ± 0.19 , 差异无统计学意义($P=0.758$); pre-Descemet DALK组近视度数为(-9.43 ± 7.44) D, 地形图测量角膜散光度数为(3.73 ± 2.58) D, Descemet DALK组近视度数为(-1.03 ± 1.13) D, 角膜散光度数为(3.21 ± 3.10) D, 两组间近视度差异显著($P=0.002$), 散光度数差异无统计学意义($P=0.684$); 角膜曲率 pre-Descemet DALK组为(44.30 ± 4.18) D, Descemet DALK组为(42.21 ± 2.82) D, 差异无统计学意义($P=0.208$), 内皮细胞丢失率分别为4.6%和6.4%, 差异无统计学意义($P=0.258$)。术后中央角膜厚度 pre-Descemet DALK组为(483.40 ± 53.70) μm , Descemet DALK组为(471.50 ± 41.68) μm , 差异无统计学意义($P=0.587$)。**结论** 飞秒激光辅助的大气泡Descemet DALK术后屈光状态显示近视度数小,可作为治疗中晚期圆锥角膜的更好术式。

深板层角膜移植 (deep anterior lamellar keratoplasty, DALK) 属于外眼手术, 避免了内皮型排斥反应发生的风险, 是中晚期拥有健康内皮层的圆锥角膜患者的首选术式。DALK 包括两种术式: 切除病变角膜 75% 以上的基质层 (pre-descemetec DALK) 或全部基质层 (descemetec DALK)^[1]。飞秒激光辅助的角膜移植可精确切割角膜, 控制深度和直径, 切面光滑, 具有无与伦比的优势^[2]。前期研究中, 我们利用对飞秒激光辅助的切除 75% 以上基质层的 DALK 治疗圆锥角膜进行了初步的临床研究, 取得较好的临床效果^[3-5]。Anwar 大气泡技术是切除全部基质层 DALK 最常用的方法之一^[6], 飞秒激光辅助的大气泡 DALK 可切除圆锥角膜全部病变的基质层。本文回顾性对比分析飞秒激光辅助的 10 眼切除 75% 以上基质层的圆锥角膜与 10 眼大气泡技术切除全部基质层的圆锥角膜患者临床效果, 现将结果报告如下。

1 资料与方法

1.1 一般资料 选择 2012 年 4 月至 2013 年 8 月在我院眼科临床确诊为中晚期圆锥角膜患者 20 眼。其中飞秒激光辅助的 pre-Descemetec DALK 组患者 9 例 10 眼, 男 8 例, 女 1 例, 年龄 20 ~ 42 (29.4 ± 8.8) 岁, 所有患者角膜厚度 $> 300 \mu\text{m}$ 。飞秒激光联合大气泡技术的 Descemetec DALK 组患者 8 例 10 眼, 均为男性, 年龄 15 ~ 32 (20.6 ± 6.4) 岁, 所有患者角膜厚度 $> 280 \mu\text{m}$ 。两组排除标准均为急性角膜水肿、后弹力层破裂、怀孕、糖尿病、青光眼眼部细菌感染及角膜穿孔者。供体角膜来自意外死亡青壮年的新鲜尸体, 眼球摘除后冰块内保存, 24 h 内用于手术, 排除传染病及恶性肿瘤等。随访时间为 1 a, 所有患者均签署手术知情同意书。本研究严格遵守赫尔辛基宣言关于使用人体试验材料的基本原则。

1.2 术前检查 患者术前检查包括: 裸眼视力 (uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力 (best-corrected visual acuity, BCVA)、裂隙灯检查、角膜地形图、角膜曲率、眼前节光学相干断层扫描 (optical coherence tomography, OCT) 结合 A 超测量厚度及角膜最薄处厚度、内皮细胞密度 (endothelial cell density, ECD)、眼压等。供体角膜术前进行前节 OCT 检查测量角膜厚度。术后随访时患者均进行以上检查。pre-Descemetec DALK 组 10 眼患者术前 UCVA: $0.01 \sim 0.2$ (0.09 ± 0.07), BCVA 为 $0.12 \sim 1.0$ (0.40 ± 0.30), 角膜曲率: $40.62 \sim 70.60$ (56.06 ± 10.91) D, 角膜地形图测量角膜散光为 $1.92 \sim 18.46$ (6.87 ± 5.50) D; 角膜最薄点厚度为 $319 \sim 454$ (393.90 ± 49.85) μm , ECD: $2196.9 \sim 3294.5$ (2711.5 ± 300.9) mm^{-2} 。Descemetec DALK 组 10 眼患者术前 UCVA 为数指 ~ 0.1 , BCVA 为数指 ~ 0.12 , 角膜曲率为 $48.56 \sim 75.58$ (63.78 ± 10.31) D, 角膜地形图测量角膜散光为 $1.83 \sim 25.46$ (8.91 ± 6.92) D;

角膜最薄点厚度为 $280 \sim 430$ (361.90 ± 51.54) μm , ECD: $2400.0 \sim 3636.6$ (3010.25 ± 352.97) mm^{-2} 。

1.3 手术方法 首先在激光室采用德国 Ziess 公司 VisuMax 飞秒激光辅助的角膜移植软件进行供体及受体角膜切削; 然后转移至手术室, 将供体板层角膜缝合到受体植床上。两组手术具体步骤如下: 飞秒激光辅助的 pre-Descemetec DALK 组术前先设置飞秒激光切割供体及受体的直径及厚度; 植片的制作: 供体眼球置于眼球固定器上, 一次性负压吸引环置于角巩膜缘, 按照预设的直径及厚度进行飞秒激光切割, 切割直径为 $7.3 \sim 8.0$ (7.73 ± 0.21) mm, 切割厚度为 $300 \sim 510$ (399.00 ± 55.27) μm 。植床的制作: 患者术眼在表面麻醉下, 角巩膜缘使用一次性负压吸引环固定眼球, 按照预设的参数进行飞秒切割, 植床切割直径为 $7.3 \sim 7.8$ (7.54 ± 0.16) mm, 切割厚度为 $230 \sim 380$ (309.50 ± 53.87) μm , 基质床剩余厚度为 $74 \sim 105$ (84.40 ± 8.67) μm 。VisuMax 飞秒激光参数设置: 角膜基质床切割能量 $46 \mu\text{J}$, 角膜边缘切割角度 90° , 飞秒激光扫描线距 $1.5 \mu\text{m}$, 光斑点距 $1.5 \mu\text{m}$ 。然后将患者转移到内眼手术室, 给予球后麻醉, 虹膜铲辅助下, 镊子掀开供体及受体角膜瓣, 行连续缝合或间断 16 针缝合。

飞秒激光联合大气泡技术的 Descemetec DALK 组植片的制作: 供体角膜切割直径为 $7.4 \sim 7.8$ (7.52 ± 0.14) mm, 关于切割厚度选择穿透性角膜移植模式进行周边垂直穿透切割, 撕去后弹力层及内皮层后剩余的植片备用。植床的制作: 植床切割直径为 $7.2 \sim 7.5$ (7.38 ± 0.10) mm, 切割深度为 (369.00 ± 58.77) μm 。VisuMax 飞秒激光的参数设置: 角膜周边切割能量 300 nJ , 切割方向为 90° , 飞秒激光扫描线距 $1.5 \mu\text{m}$, 飞秒激光光斑点距 $1.5 \mu\text{m}$ 。然后将患者转移到手术室, 给予球后麻醉及面神经麻醉。通过已进行飞秒激光垂直边切的角膜插入注气针头, 在基质层及后弹力层之间注入气泡, 15° 刀前房穿刺减压后, 在巩膜隧道刀及角膜剪辅助下逐层分离角膜, 直至暴露清晰的后弹力层, 将已去除后弹力层及内皮层的供体全板层角膜植片移植在含完整弹力膜的植床上, 10-0 尼龙线间断缝合 16 针。以上两组所有手术均由同一经验丰富的医师完成。

1.4 术后处理 全身用药: 糖皮质激素与抗生素静脉滴注 3 d; 术眼局部用药: 妥布霉素地塞米松眼膏涂眼, 术后加压包扎术眼, 第 2 天开放滴药, 妥布霉素地塞米松滴眼液每天 6 次, 左旋氧氟沙星眼液每天 4 次, 术后 2 周将妥布霉素地塞米松滴眼液改为氟米龙滴眼液, 每天 3 次, 同时使用环孢素 A 眼液, 每天 3 次, 逐渐减量。

1.5 统计学处理 本研究采用 SPSS 17.0 统计软件, 术后 BCVA、屈光度、角膜曲率、角膜厚度、ECD 等比较采用两独立样本 t 检验, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 术中及术后早期情况 20 眼患者手术全部顺利完成。飞秒激光切割供体及受体角膜过程顺利,切割后角膜瓣分离顺利,切割界面光滑。pre-Descemet DALK 组术中 1 眼发生后弹力层微小穿孔,未作任何处理,未影响手术进行。Descemet DALK 组术中大气泡均形成,后弹力层清晰完整暴露,无后弹力层穿孔破裂等并发症。术后早期角膜植片透明,植片与植床匹配良好,界面光滑,对合紧密,前节 OCT 显示 Descemet DALK 组植片与植床对合(图 1)较 pre-Descemet DALK 组(图 2)更加完美。

Figure 1 Anterior segment OCT imaging of Descemet femtosecond laser-assisted DALK at postoperative 2 days, showing full excellent apposition of Descemet membrane to the donor tissue 前节 OCT 显示术后 2 d 飞秒激光联合大气泡技术 Descemet DALK,可见植片与植床后弹力层贴合完美

Figure 2 Anterior segment OCT imaging of pre-Descemet femtosecond laser-assisted DALK at postoperative 2 days, showing full apposition of Descemet membrane to the donor tissue and the interface between them 前节 OCT 显示术后 2 d 飞秒激光辅助的 pre-Descemet DALK,可见植片与植床后弹力层贴合,可见对合界面分界线

2.2 术后视力及角膜屈光情况 两组患者术后视力恢复均良好,较术前提提高。术后 pre-Descemet DALK 组 BCVA 为 0.52 ± 0.24 , Descemet DALK 组 BCVA 为 0.49 ± 0.19 , 差异无统计学意义 ($t = 0.313, P = 0.758$)。pre-Descemet DALK 组的近视度数为 $(-9.43 \pm 7.44) D$, 地形图测量角膜散光度数为 $(3.73 \pm 2.58) D$, Descemet DALK 组的近视度数为 $(-1.03 \pm 1.13) D$, 角膜散光度数为 $(3.21 \pm 3.10) D$; 两组近视度差异有统计学意义 ($t = 3.529, P = 0.002$), 散光度数差异无统计学意义 ($t = 0.414, P = 0.684$)。pre-Descemet DALK 组角膜曲率为 $(44.30 \pm 4.18) D$, Descemet DALK 组为 $(42.21 \pm 2.82) D$, 差异无统计学意义 ($t = 1.305, P = 0.208$)。pre-Descemet DALK 组角膜厚度为 $(483.40 \pm 53.70) \mu m$, Descemet DALK 组为 $(471.50 \pm 41.68) \mu m$, 差异也无统计学意义 ($t = 0.554, P = 0.587$)。

2.3 术前术后角膜 ECD 变化情况 pre-Descemet DALK 组术后 ECD 为 $(2587.08 \pm 398.34) mm^{-2}$, 与术前相比,内皮细胞丢失率为 4.6%。Descemet

DALK 组术后 ECD 为 $(2817.72 \pm 493.42) mm^{-2}$, 与术前相比,内皮细胞丢失率为 6.4%。两组间差异无统计学意义 ($t = -1.168, P = 0.258$)。

2.4 术后并发症及处理 pre-Descemet DALK 组 1 例患者术后早期出现伤口哆开,拆除原来的连续缝线后,进行再次间断缝合;1 例患者术后 3 个月出现一过性基质层排斥反应,给予球结膜下注射地塞米松及复方妥布霉素地塞米松眼液频繁滴眼 ($1 次 \cdot h^{-1}$), 3 d 后排斥反应消失,余患者无明显并发症。Descemet DALK 组 1 例患者因忘记停用典必殊滴眼液,术后 1.5 个月出现激素性高血压,停药后眼压恢复正常,未影响视力,余患者未见排斥反应等并发症。

3 讨论

对于圆锥角膜患者,除了在急性期发生后弹力层破裂时需行穿透性角膜移植术 (penetrating keratoplasty, PKP), 中晚期圆锥角膜行板层角膜移植术很早已有共识^[7], 板层角膜移植最大的优势在于避免了内皮型排斥反应发生的风险。但由于板层的分离很难达到光滑、透明的界面,术后视力提高不明显。飞秒激光的出现解决了这一难题,飞秒激光可精确切割角膜,切面光滑,控制深度和直径。然而,由于圆锥角膜患者整个基质层是不健康的,我们将手术方式改成了飞秒激光辅助下联合 Anwar 大气泡技术切除全部基质层,只保留后弹力层和内皮层的手术方式,大气泡技术 DALK 是由 Anwar 等^[8]首先报道,使用环钻对植床进行 60% ~ 80% 的厚度切割等,然后在基质层和后弹力层之间注入气泡,逐层去除整个基质层,暴露清晰的后弹力层,这种手术方式最大程度地切除了病变的圆锥角膜基质,且植片与植床交界面光滑。与 Anwar 使用环钻对周边植床进行切割不同的是,我们采用 500 kHz VisuMax 飞秒激光代替传统环钻,进行垂直 90° 方向的周边植床切割,比传统环钻切割更加规则整齐、光滑。植片也是采用了飞秒激光辅助垂直 90° 方向穿透性切割,撕去后弹力层及内皮层后,剩余的整个全板层角膜置于植床上缝合,植片与植床达到最完美的匹配。

本研究将 10 眼行飞秒激光联合 Anwar 大气泡技术 DALK 的圆锥角膜患者与 10 眼行飞秒激光辅助的切除 75% 以上基质层的 DALK 进行了对比。研究表明两种手术方式对患者术后的 BCVA、角膜散光、角膜曲率、角膜厚度及内皮细胞丢失率等方面的差异均无统计学意义 (均为 $P > 0.05$), 但患者术后的近视度数存在显著差别 ($P < 0.05$), pre-Descemet DALK 组近视度数为 $(-9.43 \pm 7.44) D$, 8 例患者 (80%) 屈光度 $\geq -6.0 D$, 呈现高度近视状态。Descemet DALK 组近视度数为 $(-1.03 \pm 1.13) D$, 未出现 $\geq -6.0 D$ 患者,近视度数全部 $< -3.0 D$, 这与 Buzzonetti 等^[9] 研究结果一致。两者

术式导致的术后近视度数差别大,是一个值得注意的问题。

那么,影响术后屈光状态的因素有哪些呢?既往研究表明,圆锥角膜患者行 PKP 术后的近视度数主要和角膜植片的大小有关,当植片比植床小 0.25 mm 时,术后近视明显减少^[10];而当植片比植床直径大 0.25 mm 时,术后近视增加 -2.2 D ^[11];目前国内普遍的观点是供体植片直径根据患眼眼轴长度确定,眼轴 $>24.5\text{ mm}$ 者,植床与植片等大,眼轴 $<24.5\text{ mm}$ 者,植片较植床大 0.25 mm,植片较小或缝线较紧,术后患者容易处于远视状态;相反,如植片较大或缝线较松,患者容易处于近视状态^[12-13]。Shimmura 等^[14]研究发现眼轴较长的圆锥角膜患者采用等大的植片进行移植,患者术后的视力恢复较植片大于植床 0.25 mm 组好。本研究中,我们在设置植片与植床直径大小的参数时,未考虑到眼轴长度这一因素,而是根据文献报道^[15]将植片直径设置成比植床平均大 0.20 mm 左右(植片与植床直径差: pre-Descemet DALK 组 0.19 mm、pre-Descemet DALK 组 0.14 mm)。但排除两组患者都未考虑眼轴长度这一因素,术后仍出现了近视度数的显著差别,这说明不同的手术方式可能是造成这一结果的主要原因。Descemet DALK 组由于去除了全部病变的圆锥基质层,术后角膜更趋于正常的角膜生理解剖结构。

与以往传统手工进行的两种深板层角膜移植治疗圆锥角膜结果不同的是,后者认为两种手术之间的近视度数差异无统计学意义^[16]。Ardjomand 等^[17]认为当剩余植床的厚度小于 $20\text{ }\mu\text{m}$ 时, DALK 术后视力和穿透性角膜移植相当,当剩余植床的厚度大于 $80\text{ }\mu\text{m}$ 时,将影响术后视力的提高。但本研究中, pre-Descemet DALK 组基质床剩余厚度为 $(84.40 \pm 8.67)\text{ }\mu\text{m}$, Descemet DALK 组因只保留了后弹力层和内皮层,基质床平均剩余厚度可认为是 $15\text{ }\mu\text{m}$ (后弹力层厚度 $10\text{ }\mu\text{m}$, 内皮层厚度 $5\text{ }\mu\text{m}$),发现两组之间术后 BCVA 和 UCVA 比较,两组间均无显著差异。我们推测这可能由于飞秒激光的辅助、植片大小或样本量大小等因素造成了不同的研究结果。另外, pre-Descemet DALK 组术后的并发症相对 Descemet DALK 组较多,前者术后出现伤口哆开 1 例,基质层排斥反应 1 例,而后者只出现 1 例因患者忘记停用典必殊滴眼液导致的激素性高眼压,未见其他并发症。

本研究初步显示飞秒激光辅助的大气泡 Descemet DALK 术后效果优于飞秒激光辅助的 Descemet DALK。但由于患者术前的屈光状态、眼轴长度等未纳入研究,以及受样本量大小、随访时间等因素限制,仍需要进一步观察研究,以便更加客观地评价两种手术方式的术后效果,从而为圆锥角膜患者提供最佳的手术治疗方案。

参考文献

- 1 Tan DT, Dart JK, Holland EJ, Kinoshita S. Corneal transplantation[J]. *Lancet*, 2012, 379(9827): 1749-1761.
- 2 谢立信, 高华. 正确认识飞秒激光在眼科临床应用中的优势与局限性[J]. *中华眼科杂志*, 2013, 49(4): 289-291.
- 3 陆燕, 杨丽萍, 葛轶睿, 薛春燕, 陈祥菲, 王春红, 等. 飞秒激光辅助的深板层角膜移植治疗圆锥角膜及角膜扩张症[J]. *眼科新进展*, 2013, 33(10): 942-945.
- 4 陆燕, 段娴艺, 陈祥菲, 葛轶睿, 杨丽萍, 黄振平. 飞秒激光辅助的深板层角膜移植术治疗圆锥角膜的初步临床研究[J]. *中华眼科杂志*, 2014, 50(4): 267-272.
- 5 Lu Y, Shi YH, Yang LP, Ge YR, Chen XF, Wu Y, et al. Femtosecond laser-assisted deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus and keratectasia[J]. *Int J Ophthalmol*, 2014, 7(4): 638-643.
- 6 Baradaran-Rafii A, Eslani M, Sadoughi MM, Esfandiari H, Karimian F. Anwar versus Melles deep anterior lamellar keratoplasty for keratoconus; a prospective randomized clinical trial[J]. *Ophthalmology*, 2013, 120(2): 252-259.
- 7 Brierly SC, Izquierdo L, Mannis MJ. Penetrating keratoplasty for keratoconus[J]. *Cornea*, 2000, 19(3): 329-332.
- 8 Anwar M, Teichmann KD. Deep lamellar keratoplasty surgical techniques for anterior lamellar keratoplasty with and without baring of the Descemet membrane[J]. *Cornea*, 2002, 21(4): 374-383.
- 9 Buzzonetti L, Laborante A, Petrocelli G. Refractive outcome of keratoconus treated by combined femtosecond laser and big-bubble deep anterior lamellar keratoplasty[J]. *J Refract Surg*, 2011, 27(3): 189-194.
- 10 Girard LJ, Eguez I, Esnaola N, Barnett L, Maghraby A. Effect of penetrating keratoplasty using grafts of various sizes on keratoconic myopia and astigmatism[J]. *J Cataract Refract Surg*, 1988, 14(5): 541-547.
- 11 Doyle SJ, Harper C, Marcyniuk B, Ridgway AE. Prediction of refractive outcome in penetrating keratoplasty for keratoconus[J]. *Cornea*, 1996, 15(5): 441-445.
- 12 李绍伟, 谢立信, 高华, 肖凤枝, 张立军, 范玉香, 等. 部分板层角膜移植治疗圆锥角膜多中心研究的初步报告[J]. *食品与药品*, 2005, 7(5A): 37-40.
- 13 谢立信, 蒋华, 史伟云, 董晓光, 黄钰森. 穿透性角膜移植术治疗急性圆锥角膜水肿的效果评价[J]. *眼科研究*, 2001, 19(5): 449-451.
- 14 Shimmura S, Ando M, Ishioka M. Same-size donor Corneas for myopic keratoconus[J]. *Conrea*, 2004, 23(4): 345-349.
- 15 Mosca L, Fasciani R, Tamburelli C, Buzzonetti L, Guccione L, Mandarò E, et al. Femtosecond laser-assisted lamellar keratoplasty: early results[J]. *Cornea*, 2008, 27(6): 668-672.
- 16 王向华, 赵宏, 丁相奇. 两种深板层角膜移植术治疗圆锥角膜的比较研究[J]. *眼科新进展*, 2012, 32(4): 384-386.
- 17 Ardjomand N, Hau S, McAlister JC, Bunce C, Galaretta D, Tuft SJ, et al. Quality of vision and graft thickness in deep anterior lamellar and penetrating corneal allografts[J]. *Am J Ophthalmol*, 2007, 143(2): 228-235.