

综 述

后弹力层角膜内皮移植术的研究进展

施昀青综述, 贾桂祯, 王林农审校

【摘要】 随着眼科手术技术的不断发展, 角膜内皮移植术取得了很大进展, 已经代替穿透性角膜移植术成为了治疗角膜内皮病变的首选术式。后弹力层角膜内皮移植术仅用供体 Descemet 膜与内皮层替换患者损伤的内皮细胞, 保留了患者健康的角膜上皮层、前弹力层和基质层, 尽可能维持了眼表的完整性, 且植片无缝线, 手术损伤小, 视力恢复快, 是角膜内皮移植手术的发展趋势。文章主要就后弹力层角膜内皮移植术的发展进程、手术方式、并发症等方面进行综述。

【关键词】 角膜内皮移植术; 后弹力层内皮移植术; 后弹力层(Descemet 膜)

【中图分类号】 R772.2 **【文献标志码】** A **【文章编号】** 1672-271X(2019)02-0180-05

【DOI】 10.3969/j.issn.1672-271X.2019.02.015

New progress of corneal descemet membrane endothelial keratoplasty

SHI Yun-qing reviewing, JIA Gui-zhen, WANG Lin-nong checking

(Department of Ophthalmology, Nanjing First Hospital, Nanjing Medical University, Nanjing 210006, Jiangsu, China)

【Abstract】 With the continuous development of the ophthalmic surgical techniques, great progress has been made in corneal endothelial keratoplasty, which has become the preferred surgical method for treating corneal endothelial lesions instead of penetrating keratoplasty. Among all the advanced technologies, descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) replaces injured endothelial cells with only healthy donor endothelium and descemet membrane, which retains the patients' healthy corneal epithelium, Bowman's membrane and the stroma. So it can maintain the integrity of the ocular surface as far as possible. Also, with the sutureless suture, DMEK provides small surgical injury and rapidly visual recovery, it is the development trend of corneal endothelial keratoplasty. In this paper, we review the development course, operation methods, complications and so on of DMEK.

【Key words】 endothelial keratoplasty; descemet membrane endothelial keratoplasty; descemet membrane

0 引 言

角膜内皮功能失代偿导致角膜水肿混浊, 严重影响视力, 是主要的致盲眼病之一, 而角膜移植手术是恢复角膜盲患者视力的唯一有效手段。在 20 世纪 90 年代, 穿透性角膜移植术 (penetrating keratoplasty, PKP) 曾是角膜移植的金标准, 21 世纪以来, 国内外研究逐渐转向角膜成分移植, 此后角膜内皮

移植术 (endothelial keratoplasty, EK) 问世并逐渐取代 PKP 成为治疗各种角膜内皮功能不良的首选术式^[1]。目前, 后弹力层角膜内皮移植术 (descemet membrane endothelial keratoplasty, DMEK) 作为 EK 的最新技术, 从解剖学的角度恢复了角膜组织的正常结构, 更好更快的恢复视力, 术后排斥反应率显著降低, 同时减少了术后局部激素的使用, 虽因操作难度大、学习曲线长暂未大范围开展, 但已受到了广泛关注和认可。

1 DMEK 的发展现状

目前广泛使用的角膜内皮移植术均行后弹力层撕除, 以植片制作方式不同分为自动角膜板层刀

基金项目: 南京市医学科技发展项目 (ZKX14034)

作者单位: 210006 南京, 南京医科大学附属南京医院 (南京市第一医院) 眼科 (施昀青、贾桂祯、王林农)

通信作者: 王林农, E-mail: linnongwang@aliyun.com

取材的后弹力层撕除角膜内皮移植术(descemet stripping automated endothelial keratoplasty, DSAEK)^[2]、飞秒激光辅助的后弹力层撕除角膜内皮移植术(femtosecond laser assisted descemet stripping endothelial keratoplasty, FS-DSEK)^[3]以及 DMEK^[4]。DSAEK 优势显著,在推行初期即成为治疗内皮病变的黄金标准。随后 Busin 等引入超薄 DSAEK,临床结果进一步改善^[5]。2007-2008 年 Cheng 等^[3]在 DSEK 中引入飞秒激光,报道了首例 FS-DSEK;2014 年,Trinh 等^[6]在 8 例角膜供体上对比使用 4 种植片制作方式,结果显示飞秒激光保证了板层切割的准确性和安全性,而准分子激光能使切割面更加光滑,激光的应用为 DSEK 的发展提供了新思路。2006 年, Melles 等^[7-8]成功实施第 1 例 DMEK 手术,很快就显现出其对角膜解剖结构的近完美修复和前所未有的视觉效果,内皮免疫排斥反应的风险也更低。与 DSAEK/FS-DSEK 相比,DMEK 具有好的临床疗效,无需昂贵的手术器械,且在供体准备后,前部角膜植片可继续用于前板层角膜移植术,这使得供体组织利用度更高。如今,DMEK 已经和 DSAEK/FS-DSEK 同为角膜移植手术治疗的第一线选择^[9]。

2 手术适应证及禁忌证

2.1 DMEK 适应证 目前,DMEK 可作为单纯手术开展或与白内障等行联合手术,各种尚未导致角膜基质层新生血管和瘢痕形成的角膜内皮失代偿都是 DMEK 的手术适应证,主要包括 Fuchs 角膜内皮营养不良,各种因外伤、手术或房角关闭等造成的角膜内皮失代偿,人工晶体眼的大泡性角膜病变,先天性角膜内皮营养不良,后部多形性角膜营养不良,虹膜-角膜内皮综合征,PKP、DSEK 及 DSAEK 内皮失功后的替代治疗^[4,10]。

2.2 DMEK 禁忌证 随着手术技术的发展,许多禁忌证已变为相对禁忌证,如无晶状体眼及虹膜大部切除术后、玻璃体切除术后等。另外,高抗凝状态也是一种相对禁忌证,会使眼内出血和再注空气的风险增加^[11]。

3 手术方式

3.1 供体选择标准 年轻捐赠者植片的后弹力膜(descemet membrane, DM)相比年长者更脆弱且与基质结合更紧密,植入眼内后会紧紧卷曲,难以展开。因此,来自较年老捐赠者(60 岁以上)的角膜组织作为供体更易处理^[12]。此外,角膜材料采集后 5

天内,DM 与基质的黏附强度逐渐降低,5~21 d 黏附强度无显著变化,低黏附强度下提取植片较为容易。糖尿病患者的角膜组织由于慢性高血糖的糖基化产物沉积在后基质和 DM 之间会产生强粘连,且 DM 中的宽间隔胶原也会使得组织的张力变差,植片准备过程中更易发生撕裂,因此制作植片也相对更难^[13]。

3.2 供体制备 自 Melles 描述直接剥离技术^[4]之后,植片制备方法不断改进创新,目前常用有:直接剥离法、气泡分离法和液体分离法,其中直接剥离法以其高成功率和低内皮损伤率而被更广泛的使用。

3.2.1 直接剥离法 现广泛使用的直接剥离技术为 SCUBA 技术,由 Art Giebel 开发并首次使用^[14]。将供体内皮面向上固定,于小梁网内进行初步刻痕^[15],台盼蓝染色后从刻痕边缘处提起剥离,平衡盐溶液冲洗,形成内皮侧向外的内皮卷并浸于保存液中备用。为方便使用时确定植片的前后面,保存时可沿着植片边缘做不对称标记。

3.2.2 气泡分离法 与直接剥离法相比,气泡分离法操作更为简单且耗时更短,最先由 Anwar 在描述一种深板层角膜移植术时提出。注气时可能产生两种类型的大泡:气体进入后弹力层前膜和基质层之间形成边缘白色,由中央向边缘扩张的 I 型大泡;气体突破后弹力层前膜进入 DM 前部条带层与后弹力层前膜之间形成边缘透明,由周边向中央扩张的 II 型大泡。大泡分离法需要 II 型大泡,然而实践中形成 I 型气泡的几率高于 II 型气泡,且内皮细胞丢失率较高,许多植片上仍有残余基质层^[16],因此,人们开始逐渐将目光转向液体分离技术。

3.2.3 液体分离法 由 Parekh 等介绍,将植片浸没于组织培养液中进行浸没式液体分离,是一种能有效保护内皮细胞的分离方法^[17]。除了以液体为分离介质外,具体操作方法与气泡分离法相同。Ruzza 等^[18]对两种方法进行了比较研究,发现液体分离与气泡分离法相比可操作性更强,可提供更大直径的植片,并能有效减少注射次数和内皮细胞丢失。

3.3 手术过程

3.3.1 切口 2.8 mm 角膜刀做一个用于植入的主切口,75°穿刺刀制作两个用于 DM 去除和眼内操作的穿刺口(侧切口),穿刺口应在主切口 45°开外且不能被植片覆盖,以便更好地进行操作。

3.3.2 去除受者 DM 标记后先以角膜后弹力膜钩划开后弹力膜,再以钝性角膜后弹力膜钩剥离后

弹力膜,直径约 8 mm。标记和剥离可以在粘弹剂、平衡盐溶液或空气输注下进行,相比较而言,空气输注是最具性价比的方法^[8,19]。剥除后将 DM 展开平铺于角膜表面以确保剥除完全。

3.4 植入过程 用台盼蓝将植片 DM 卷染色,内皮细胞死亡率在染色 4 min 内无显著差异,而 6 min 后趋于增加^[20-21]。装载植片可用玻璃移液管,IOL 植入器或定制注射器。其中 IOL 植入器更可控,但要注意控制眼压,并避免植入时倒吸和不必要的植片损伤。内皮卷植入后需立即缝合主切口,此时植片呈内皮面朝外的卷曲状态,依靠之前所做的不对称性标记或使用手持裂隙灯、术中 OCT 来确定植片方向。确定内皮侧面向下后,前房内缓慢注入空气或 SF6 来进一步控制植片展开,充气量可达 95%。与空气填充相比,使用 SF6 更有助于植片与植床黏连^[22]。

4 术后并发症及处理

4.1 植片脱位与再注气 植片脱位是 DMEK 术后最常见的并发症。脱位易发生在植片和受者 DM 重叠区域,大多数脱位会自行缓解,但较大的脱离则需从已贴附的部位进行再注气治疗。随着手术技术的提高和经验的积累,多中心研究报告显示总植片脱位率约为 34.6%^[23],数据差异主要在于干预的时机。

4.2 排斥反应 术后第一个两年内排斥反应发生率约为 1%,相比之下,DSEK 和 PKP 术后植片排斥率分别高出 DMEK 15 倍和 20 倍^[8]。当排斥反应控制后如果内皮细胞功能不能恢复,需尽快进行再次 DMEK 以避免角膜溃疡、感染及穿孔。再次 DMEK 术后视力与初次 DMEK 相比稍差,且术后并发症发生的风险更高^[24],这意味着患者需要更密切的术后随访。

4.3 囊样黄斑水肿 术后 6 个月内囊样黄斑水肿发生率高,在 DMEK 联合白内障摘除术后高达 13.3%,单独 DMEK 术后为 12.5%。虽然整体预后良好,但长期水肿可能并发明显的视力缺损,甚至致盲^[25],密切监测和术后第 1 周高剂量高频激素点眼可显著降低囊样黄斑水肿的发生率^[26]。

4.4 术后高眼压 术后高眼压是 DMEK 术后早期特异性并发症,发生率约为 2.8%。若为眼内气体堵塞虹膜切口,应在术后第 1 天局部用毛果芸香碱,给药持续时间取决于堵塞的气体类型(SF6 与空气相比吸收慢约 20%)^[27],碳酸酐酶抑制剂要慎用。若

为虹膜切口封闭,可通过 YAG 激光来重建虹膜切口。若眼压持续升高,则需局麻下通过原辅助切口放气。约有 20% 左右的 DMEK 术后患者可看到类固醇相关性眼压峰,因此术后要密切监测眼压变化,青光眼患者更应特别注意早期监测。

4.5 内皮细胞(endothelial cell, EC)丢失 Ham 等^[28]对 209 位患者共计 250 只眼进行了 DMEK 术后 4-7 年的随访,结果表明术后 6 个月 EC 密度显著下降,从 1 年起下降趋势相对稳定。Feng 等^[29]对原发病相似的 DMEK、DSEK 及 PKP 术后患者分别进行随访,相比 DSEK 和 PKP,DMEK 术后 5 年内皮细胞丢失率较低,综上,尽管 DMEK 术后初始 EC 丢失率较大,但长期丢失率更低。

4.6 DMEK 术后其他并发症 主要包括上皮缺损(3.0%)及植片折叠(1.9%)等,发生率<1%的并发症有虹膜前黏连、低眼压、瞳孔阻滞、上皮下混浊和内皮下色素沉积等^[30]。总之,要降低 DMEK 术后并发症发生率,需要严密的术前规划,标准化的手术过程和仔细的术后随访观察^[31]。

5 术后视力和屈光度变化

Dirisamer 等^[32]对 200 例 Fuchs 内皮营养不良及大泡性角膜病患者进行角膜内皮移植术,并评估术后 1、3、6 个月最佳矫正视力,屈光结果和稳定性。结果显示,术后 3 个月时,约 67% 的患者在表现出屈光稳定性;术后 6 个月时,94% 的患者最佳矫正视力可达 0.5 及以上,47% 的患者最佳矫正视力达 1.0 及以上。相比术前,术后 6 个月时球镜度数会有轻度远视转移,一般在 +0.50D 以下,平均为 +0.38D,考虑远视转移与中央角膜厚度变化相关。

6 DMEK 的改良与发展

6.1 带基质环的后弹力层角膜内皮移植术 Matthew 等^[33]提出带基质环的后弹力层角膜内皮移植术(descemet membrane endothelial keratoplasty with a stromal rim, DMEK-S),植片由中央区后弹力层、内皮层和带有基质支撑边缘的 DM 组成。目前国内已开展类似术式,由陈蔚等^[34]首次实施,称为自动板层刀辅助的后弹力层前膜角膜内皮移植术(pre-descemet automated endothelial keratoplasty, PDAEK),植片中央区为 DMEK,周边区为 DSAEK,结合了 DMEK 和 DSAEK 的优点,提高了植片制备的安全性和手术的可操作性,且对供体材料的年龄无限制,适宜我国供体材料缺乏的国情,具有广泛的

应用潜力。

6.2 飞秒激光辅助后弹力层角膜内皮移植术 由 Pilger 等^[35]提出,是一种使用飞秒激光辅助 DMEK 手术的新技术。该团队对 6 例 Fuchs 内皮营养不良症患者进行飞秒激光辅助后弹力层角膜内皮移植术(femtosecond laser assisted descemet membrane endothelial keratoplasty, FS-DMEK)。用 OCT 测量参数,使用飞秒激光辅助分离后弹力层与后部基质,然后用直接剥离法获取 DM。患者术后随访 1 个月,平均视力从术前的 0.4 增加到 0.6。平均内皮细胞丢失为 22%。FS-DMEK 更易操作,且剥离 DM 具有良好的质量和准确性,患者耐受良好,是一种安全有效的 DMEK 手术方法。

6.3 铰链技术 铰链技术是对液体分离法的改进,由 Muraine 等^[36]提出,用预处理的带有 3~4 mm 缺损片段的环钻在供体内皮面进行刻痕,产生 330 度左右的连续刻痕边缘。自中心向外周使用平衡盐溶液分离 DM 与后部基质。此后,该公司还开发出一种带有 2 个缺口的环钻,可形成 2 个相对的、宽 3.0 mm 的“双铰链”样结构,提高了制备的成功率^[37]。

7 结 语

DMEK 作为目前最具前景的术式,正逐渐应用于临床,并在角膜内皮移植方面发挥着越来越大的作用。DMEK 既弥补了传统角膜移植术的缺陷,又能提供更好更快的视觉恢复效果,是一种高效的移植技术。但是由于供体缺乏^[38]、植片制备技术难度高、手术操作难度大等原因,DMEK 的推广受到限制。且由于开展时间有限,目前的长期随访与研究资料尚不足,手术资料也均来自少数几个团队,要确切评价其远期疗效还需要长期、大样本量的临床观察和实验。虽然 DMEK 的探索与推广任重而道远,但是有研究显示,当经验丰富的医师按照标准化技术操作 DMEK,经过约 25 例的学习曲线时,并发症低且临床结果显著改善^[39-40]。我们有理由相信,随着技术的不断进步及相关研究的不断深入,DMEK 终将获得更好的发展。

[参考文献]

- [1] Anshu A, Price MO, Tan DTH, *et al.* Endothelial keratoplasty: a revolution in evolution [J]. *Surv Ophthalmol*, 2012, 57(3): 236-252.
- [2] Gorovoy, Mark S. Descemet-Stripping Automated Endothelial Keratoplasty [J]. *Cornea*, 2006, 25(8):886-889.
- [3] Cheng Y, Pels ER. Femtosecond-laser-assisted Descemet's stripping endothelial keratoplasty [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2007, 33(1):152-155.
- [4] Melles GRJ, Ong TS, Ververs B, *et al.* Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) [J]. *Cornea*, 2006, 25(8): 987-990.
- [5] Busin M, Madi S, Santorum P, *et al.* Ultrathin Descemet's Stripping Automated Endothelial Keratoplasty with the Microkeratome Double-Pass Technique: Two-Year Outcomes [J]. *Ophthalmology*, 2013, 120(6):1186-1194.
- [6] Trinh L, Saubaméa, B, Auclin F, *et al.* Femtosecond and excimer laser-assisted endothelial keratoplasty (FELEK): A new technique of endothelial transplantation [J]. *J Fr Ophtalmol*, 2014, 37(3):211-219.
- [7] Melles GR. Posterior lamellar keratoplasty: DLEK to DSEK to DMEK [J]. *Cornea*, 2006, 25(8):879-881.
- [8] Anshu A, Price MO, Price FW. Risk of corneal transplant rejection significantly reduced with Descemet's membrane endothelial keratoplasty [J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(3):536-540.
- [9] 张章,周如侠,王林农.角膜内皮移植术新进展[J].医学研究生学报, 2015, 28(8):889-892.
- [10] Anshu A, Price MO, Price FW. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty and Hybrid Techniques for Managing Failed Penetrating Grafts [J]. *Cornea*, 2013, 32(1):1-4.
- [11] Dapena I, Ham L, Droutsas K, *et al.* Learning Curve in Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty [J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(11):2147-2154.
- [12] Heinzelmann S, Hütthner S, Böhringer D, *et al.* Influence of Donor Characteristics on Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty [J]. *Cornea*, 2014, 33(6):644-648.
- [13] Vianna LMM, Stoecker CG, Galloway JD, *et al.* Risk Factors for Eye Bank Preparation Failure of Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Tissue [J]. *Am J Ophthalmol*, 2015, 159(5):829-834.e2.
- [14] Price MO, Giebel AW, Fairchild KM, *et al.* Descemet's Membrane Endothelial Keratoplasty: Prospective Multicenter Study of Visual and Refractive Outcomes and Endothelial Survival [J]. *Ophthalmology*, 2009, 116(12):2361-2368.
- [15] Tenkman LR, Price FW, Price MO. Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Donor Preparation: Navigating Challenges and Improving Efficiency [J]. *Cornea*, 2014, 33:319-325.
- [16] Dua HS, Faraj LA, Saidpullicino D, *et al.* Human corneal anatomy redefined: a novel pre-Descemet layer (Dua's layer) [J]. *Ophthalmology*, 2013, 120(9):1778-1785.
- [17] Parekh M, Ruzza A, Salvalaio G, *et al.* Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty Tissue Preparation from Donor Corneas Using a Standardized Submerged Hydro-separation Method [J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 158(2):277-285.e1.
- [18] Ruzza A, Parekh M, Salvalaio G, *et al.* Bubble technique for Descemet membrane endothelial keratoplasty tissue preparation in an eye bank: air or liquid? [J] *Acta Ophthalmologica*,

- 2015, 93(2): e129-e134.
- [19] Gabbay IE, Bahar I, Nahum Y, *et al.* Comparison of Descemet stripping under continuous air flow, manual air injection and balanced salt solution for DMEK: a pilot study[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2017, 255(8):1605-1611.
- [20] Kim EY, Kim SY. Effects of trypan blue on corneal endothelial cell viability; Optimal time of Trypan Blue Dye Application to DMEK donor tissue [J]. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 2017, 95: S259.
- [21] Majmudar PA, Johnson L. Enhancing DMEK Success by Identifying Optimal Levels of Trypan Blue Dye Application to Donor Corneal Tissue[J]. *Cornea*, 2017; 36(2): 217-221.
- [22] Philipp VM, Julia MW, Friedrich EK, *et al.* Air versus SF6 in DMEK: a fellow eye comparison of side effects[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017;58(8):5701.
- [23] Maier AK, Gundlach E, Schroeter J, *et al.* Influence of the difficulty of graft unfolding and attachment on the outcome in descemet membrane endothelial keratoplasty[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2015, 253: 895.
- [24] Baydoun L, Van DK, Dapena I, *et al.* Repeat Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty after Complicated Primary Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty [J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(1):8-16.
- [25] 陈丽华, 莫纯坚. 抗 VEGF 药物治疗糖尿病黄斑水肿的临床应用[J]. *东南国防医药*, 2015, 17(4):414-417.
- [26] Heinzelmann S, Maier P, Bohringer D, *et al.* Cystoid macular oedema following Descemet membrane endothelial keratoplasty [J]. *Br J Ophthalmol*, 2015, 99(1):98-102.
- [27] Stanzel TP, Ersoy L, Sansanayudh W, *et al.* Immediate Postoperative Intraocular Pressure Changes After Anterior Chamber Air Fill in Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty [J]. *Cornea*, 2015, 35(1):14.
- [28] Ham L, Dapena I, Liarakos VS, *et al.* Mid-term results of Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK): 4 to 7 years clinical outcome [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 171: 113-121.
- [29] Feng MT, Price MO, Miller JM, *et al.* Air reinjection and endothelial cell density in Descemet membrane endothelial keratoplasty: Five-year follow-up[J]. *J Cataract Refract Surg*, 2014, 40(7):1116-1121.
- [30] Monnereau C, Quilendrino R, Dapena I, *et al.* Multicenter study of descemet membrane endothelial keratoplasty: first case series of 18 surgeons[J]. *JAMA Ophthalmol*, 2014, 132(10): 1192.
- [31] 叶 婷, 卢玉文, 张 利, 等. 飞秒激光辅助的角膜深板层移植术围手术期的护理 1 例[J]. *东南国防医药*, 2012, 14(4):364-365.
- [32] Dirisamer M, Ham L, Dapena I, *et al.* Efficacy of descemet membrane endothelial keratoplasty: Clinical outcome of 200 consecutive cases after a learning curve of 25 cases [J]. *Arch Ophthalmol*, 2011, 129(11):1435-1443.
- [33] Mccauley MB, Price FW, Price MO. Descemet membrane automated endothelial keratoplasty: Hybrid technique combining DSAEK stability with DMEK visual results [J]. *J Cataract Refract Surg*, 2009, 35(10):1659-1664.
- [34] 陈 蔚. 自动板层刀辅助的后弹力层前膜角膜内皮移植术 [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2017, 19(5):257-260.
- [35] Pilger D, Von SC, Bertelmann E, *et al.* Femtosecond Laser-Assisted Descemetorhexis[J]. *Cornea*, 2016, 35(10):1274-1278.
- [36] Muraine M, Gueudry J, He Z, *et al.* Novel Technique for the Preparation of Corneal Grafts for Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty[J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 156(5):851-859.
- [37] Brissette A, Conlon R, Teichman JC, *et al.* Evaluation of a New Technique for Preparation of Endothelial Grafts for Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty [J]. *Cornea*, 2015, 34(5):557-559.
- [38] 褚 婷, 王林农, 于 浩, 等. 南京市 3 所高校学生角膜捐献意识调查[J]. *医学研究生学报*, 2013, 26(1):57-62.
- [39] Silke O, Lamis B, Jack P, *et al.* Multicenter Study on Descemet membrane endothelial keratoplasty (DMEK) [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017, 58(8):4783.
- [40] Phillips PM, Phillips LJ, Muthappan V, *et al.* Experienced DSAEK Surgeon's Transition to DMEK: Outcomes Comparing the Last 100 DSAEK Surgeries With the First 100 DMEK Surgeries Exclusively Using Previously Published Techniques[J]. *Cornea*, 2017, 36(3):275-279.

(收稿日期:2018-05-17; 修回日期:2018-06-23)

(责任编辑:刘玉巧; 英文编辑:朱一超)