

## · 专题笔谈 ·

# 传导性角膜成形术

郝琪华 赵少贞

传导性角膜成形术(Conductive Keratoplasty, CK)是近几年来新出现的一种角膜屈光手术,因为疗效好、安全、简单、结果稳定<sup>[1-4]</sup>而越来越受到眼科屈光医生的重视。2002年美国FDA(Food and Drug Administration)通过了ViewPoint CK系统(Refractec)用于治疗轻、中度远视<sup>[5]</sup>;2004年,CK又成为第一个通过FDA认证的可用于治疗老视的手术<sup>[6]</sup>。

## 一、CK的产生

通过加热使角膜基质的胶原纤维皱缩,从而改变角膜曲率的方法称为角膜热成形术,最初用来治疗圆锥角膜和持续性角膜水肿<sup>[7,8]</sup>,已有100余年的历史。上世纪80年代,俄罗斯外科医生Fyodorov<sup>[9]</sup>首先用放射状角膜热成形术矫正球性远视,他将探针加热到600℃,刺入角膜深约95%,尽管最大能矫正+8.00D的远视,但由于缺乏预测性及屈光回退等原因而未能广泛应用于临床。与此同时,Rowsey<sup>[10]</sup>为了减少直接加热角膜产生的并发症而开始研究用射频能量间接地使角膜产热,然而迅速的屈光回退使这项研究终止。之后,各种激光也开始运用在角膜热成形术上,比如CO<sub>2</sub>激光,Ho:YAG激光等,它们都是通过激光把热量直接传递到角膜基质。以后数十年,各种角膜热成形术不断地得到发展和完善,屈光医生一致认为通过加热角膜基质到一定的深度及温度可以使角膜曲率得到持久的改变,但同时,如何保证效果的稳定性和提高手术的可预测性是大家始终关注的问题。1997年,Mendez<sup>[11]</sup>首先提出CK,不同与以往直接对角膜加热的术式,它是一种通过射频能量(Radio-Frequency),利用角膜电流阻力,使角膜自限性地产热,从而改变角膜曲率的术式。由于并非通过探针直接加热角膜,因此减少了相关的角膜上皮延迟愈合、内皮损伤等并发症,并且可预测性、稳定性和安全性好,因而受到屈光

医生广泛关注,被应用于治疗远视、散光 and 老视。

## 二、CK的原理

角膜热成形术的基本原理是角膜对温度的生物力学特性,基质胶原收缩是温度和时间共同作用的复杂过程<sup>[12]</sup>。当温度在30~50℃时,角膜受到的影响很小,75~80℃时,胶原收缩力最大,但这样高的温度同时会造成胶原的完全变性和不可逆坏死,实验室研究表明,使胶原收缩又不会发生完全变性的温度大约为65℃。理想的温度提升过程应是:角膜基质层温度最高从而最大限度地产生收缩力;上皮层和内皮层温度最小从而避免角膜表面的并发症和内皮细胞的丢失。CK正是运用了上述原理,通过一根极细的探针刺入周边角膜,传递特定频率(350~400KHz)和强度的射频电流,由于角膜对电流的阻力作用而产生热能,形成一个约150~200μm宽,500μm深的圆柱形印迹,使中周部角膜变平,中央角膜变陡。

## 三、CK的设备

ViewPoint CK系统(Refractec)包括<sup>[14]</sup>:便携式的射频能量控制台,手持笔式手柄、控制射频能量释放的脚闸和提供电流回流的开睑器,电极头为直径90μm、长450μm的探针,探针远端部分是表面涂着聚四氟乙烯的不锈钢断流阀以确保穿透深度。

## 四、适应症及手术步骤

医生术前应详细询问患者全身情况和眼病史,进行详细的眼科检查,包括:显然验光和散瞳验光、最佳矫正视力、裂隙灯检查、曲率检查、眼底检查、角膜厚度及角膜地形图检查。配戴角膜接触镜者,需在检查前摘掉眼镜2周(软性)或4周(硬性)。患者术前屈光状态稳定,显然验光和散瞳验光无较大差异。矫正范围:远视:+0.75D~+3.00D,合并散光≤0.75D,年龄>40岁;老视:正视眼老视+1.00D~+2.25D,远视眼老视+0.75D~+3.00D,合并散光≤0.75D,年龄>40岁。

手术步骤:表面麻醉下进行手术。在角膜表面标记6mm、7mm和8mm区,治疗在这些标记区的

作者单位:300070 天津,天津医科大学眼科中心  
通讯作者:赵少贞

8~32 个点上进行治疗, 度数越大, 治疗点越多, 最多可达 32 个点。治疗散光时需根据角膜地形图, 在平坦经线上治疗。探针刺入时应和角膜表面垂直, 完全进针后踩下脚闸, 待一次射频能量完全释放后再将探针垂直于角膜表面拔出, 整个过程最好在 3 分钟内完成。

## 五、临床结果

1. 治疗远视: McDonald 等人<sup>[1]</sup>对接受远视治疗的 355 眼随访一年, 分析 CK 治疗远视的安全性和稳定性, 并对其中的 318 眼进一步分析有效性和可预测性, 患者平均年龄  $55 \pm 6.4$  岁。术前 1% 眼裸眼视力 (UCVA)  $\geq 20/20$ , 26% 眼  $\geq 20/40$ , 99% 眼  $\geq 20/200$ 。术后一年 UCVA: 56% 眼  $\geq 20/20$ , 75% 眼  $\geq 20/25$ , 92% 眼  $\geq 20/40$ , 100% 眼  $\geq 20/200$ 。术后一年显然验光等效球镜度数 (MRSE): 63% 眼在  $\pm 0.5D$  内, 89% 眼在  $\pm 1.00D$  内, 99% 眼在  $\pm 2.00D$  内。散瞳验光等效球镜度数变化: 小于  $0.50D$  的眼术后 3~6 月占 74%, 6~9 月占 83%, 9~12 月占 89%。MRSE 增加: 术后 3~6 月为  $0.25 \pm 0.5D$ , 6~9 月为  $0.11 \pm 0.41D$ , 9~12 月为  $0.11 \pm 0.35D$ 。屈光度在术后 6 月达到稳定。术后一年最佳矫正视力 (BSCVA) 有 7 眼较术前下降两行, 但所有眼术后 BSCVA 都不低于  $20/40$ ; 术前 BSCVA  $\geq 20/20$  的眼术后 BSCVA 无一眼  $\leq 20/25$ 。术后一年 6% 眼散光为  $1.00D$ , 4.2% 眼散光为  $1.00 \sim 2.00D$ , 88% 眼术前术后散光无变化。术后一年, 90% 的患者视力较术前明显或中度提高, 81% 的患者对手术结果满意, 术中及术后未发现严重并发症。CK 手术是一种安全、有效、可预测性好的矫正远视的手术方式。

Lin 等人<sup>[2]</sup>对接受 CK 手术的 25 眼随访两年, 术前平均 MRSE 为  $+1.55D$ 。术后两年发现, UCVA: 64% 眼  $\geq 20/20$ , 95% 眼  $\geq 20/40$ ; MRSE: 64% 眼在  $\pm 0.50D$  内, 91% 眼在  $\pm 1.00D$  内, 100% 眼在  $\pm 2.00D$  内, 平均为  $+0.48D$ 。无一眼 BSCVA 下降超过一行, 无一眼手术源性散光  $\geq 0.75D$ , 患者对术后效果满意。CK 术后的屈光回退较低并随时间逐渐减少, 术后 12~24 月间为  $0.024D/月$ 。

Pallikaris 等人<sup>[14]</sup>随访 26 人 38 眼 30 月的手术效果。手术方法略有不同, 先从 6mm 区开始, 并根据 Nomogram 确定治疗点数。术前平均 UCVA  $20/40$ , 术后一年, 50% 眼 UCVA  $\geq 20/20$ , 89% 眼 UCVA  $\geq 20/40$ 。术后 30 月, 52.5% 眼 UCVA  $\geq 20/20$ , 68% 眼 UCVA  $\geq 20/25$ , 89% 眼 UCVA  $\geq 20/40$ ,

术后一年和术后 30 月之间 UCVA 差别无统计学意义, 术前术后的 BSCVA 差别无统计学意义, 所有眼术后 BSCVA  $\geq 20/40$ , 无一眼散光  $\geq 2.00D$ 。术前平均 MRSE 为  $+1.9 \pm 0.6D$ , 术后一年平均 MRSE 为  $-0.06 \pm 0.8D$ , 术后 30 月平均 MRSE 为  $-0.02 \pm 0.7D$ , 68% 眼 MRSE 在  $\pm 0.5D$  内, 92% 眼在  $\pm 1.00D$  内, 100% 眼在  $\pm 2.00D$  内, 无一眼欠矫  $\geq 1.00D$ , 3 眼过矫  $\geq 1.00D$ 。MRSE 的变化术后 3~6 月为  $0.06D$ , 6~12 月为  $0.01D$ , 12~24 月为  $0.04D$ , 术后 6 月屈光状态达到稳定。术后一年 52% 的患者对视力结果满意, 术后 30 月占 58%。术中和术后亦未发现严重并发症。CK 对于治疗低、中度远视安全、有效并且稳定。

2. 治疗老视: 老视是一种随着年龄增长眼调节力下降所引起的视近物不清的现象, 人眼若在任何时间长度下都不能维持  $3.00D$  的调节力便会出现老视症状<sup>[18]</sup>。目前关于老视的发生机制主要有 Schachar 调节假说和 Helmhoh 理论, 手术方法主要分为两大类: 改善老视症状的屈光手术和增加老视眼调节力的手术, CK 矫正老视正是基于单眼视 (monovision, MV) 理论<sup>[19]</sup>的第一类手术。McDonald 等人<sup>[20]</sup>做了 FDA 的多中心临床试验, 143 人 176 眼接受了 CK 治疗 (其中 33 人的对侧眼接受了远视矫正), 其中治疗老视的 143 眼平均矫正量  $2.00D$ , 平均目标屈光  $-1.46D$ ; 治疗远视的 33 眼平均矫正量  $1.22D$ , 平均目标屈光  $0.00D$ , 随访 6 个月。结果: 术后一月和六月裸眼近视力 (UCVA-N) 在 J2 或以上的分别占 67% 和 64%, J3 或以上的占 78% 和 77%, J5 或以上的占 92% 和 89%。术后双眼裸眼近视力  $\geq J2$  的同时裸眼远视力  $\geq 20/20$  的眼术后一月和六月均为 67%, 而术前仅占 5%。术后六月视近的眼 MRSE 在目标屈光度  $\pm 0.50D$  内的占 89%, 术后 1~3 月平均每月变化  $0.06D$ , 3~6 月平均每月变化  $0.04D$ 。术后六月的 BSCVA 较术前下降二行的仅占 1%, 无一眼下降大于二行。散光在  $1.00 \sim 1.75D$  的眼术后一月占 27%, 术后六月下降到 8%。术后六月的患者满意率为 76%。McDonald 认为 CK 治疗老视至少在术后六月之内是安全、有效的, 患者的满意度也较高, 但她同时指出患者的选择及术前教育对手术的成功非常重要, 尤其是患者的实际期望值, 要向患者说明老视是一个随时间逐渐发展的过程, 以后可能还需要配老花镜, 并且视近的效果会随着照明条件的改变而变化, 最后需要让患者知道 CK 治疗老视并不能恢复老视眼的调节力, 只是一种症状上的补偿。

3. 治疗散光: CK 治疗散光的临床研究较少, 目前主要应用于其他屈光手术后引起的散光。Pallikaris 等人<sup>[17]</sup>报道 CK 矫正 4 例 4 眼(2 例 LASIK 术后、1 例 PRK 术后、1 例圆锥角膜)远视散光, 随访 6 个月, 结果无一眼出现并发症, UCVA 提高  $\geq 3$  行, BSCVA 无下降, 角膜地形图显示角膜中央区散光值减少, Pallikaris 认为 CK 是一种侵袭性很小的治疗不规则散光的方法。

Hersh 等人<sup>[16]</sup>详细报道了 3 例 CK 治疗散光的结果: 例一为 LASIK 术后游离瓣, 术前显然验光  $+3.75 - 5.50 \times 150^\circ$ , 第一次 CK 后三个月显然验光  $+1.25 - 1.75 \times 150^\circ$ , 行第二次 CK 手术, 一年后显然验光  $+0.50 - 1.00 \times 150^\circ$ , UCVA 由术前的 20/50 上升到 20/30, 地形图示角膜形态得到改善。例二为 LASIK 术后瓣皱褶及混合散光, 术前显然验光  $+1.00 - 1.50 \times 135^\circ$ , 患者有明显的眩光和光晕, 第二次 CK 术后一月显然验光  $-0.75C \times 155^\circ$ , UCVA 由术前的 20/25 上升到 20/20, 并且患者的眩光及光晕现象得到解决。例三为 LASIK 术后薄瓣和不规则散光, 患者术前显然验光  $+1.75 - 6.00 \times 155^\circ$ , 并有视物变形的现象, 治疗点位于两条不同经线, 第三次 CK 术后四月显然验光  $+0.75 - 1.00 \times 135^\circ$ , UCVA 由术前的 20/100 上升到 20/40, 并且视物变形得到解决。CK 治疗这种散光有两个特点: 1. 产生的矫正量较大, 因此设计时应特别小心, 开始的治疗点最好选择较周边的治疗区 (8mm 区或 9mm 区); 2. 回退倾向, 因此实际的矫正量往往是所需矫正量的 150% 或 200%。由于 CK 的治疗点能逐个选择, 因此对于中等程度的不规则散光 CK 比 LASIK 更有优势。

4. 治疗其他屈光手术后的并发症 Comaish 等人<sup>[15]</sup>报道 4 例 CK 治疗 LASIK 术后引起远视的病例, 随访至少六个月, 结果所有病例都出现过矫现象。过矫的原因之一, 可能由于 LASIK 术后引起远视的角膜具有特殊的结构和生理特性, 从而对射频能量反应较大; 其二, 可能 LASIK 手术引起角膜变薄, 改变了角膜前后层之间的关系, 因而改变了角膜对射频能量的反应性。Comaish 在做治疗点时没有根据 LASIK 的瓣进行相应的位置调整, 并认为 LASIK 术后再行 CK 手术安全、有效, 但应有不同于标准 Nomogram 的计算方法, 从而提高 CK 对这种病人的可预测性。

Hersh 等人<sup>[16]</sup>观察 CK 治疗 LASIK、PRK 术后出现并发症的 16 眼, 平均随访 143 天。术前平均

UCVA 20/64, 术后 20/37, 平均提高两行, 一眼的 UCVA 由术前 20/30 下降到术后 20/200, 下降超过一行。BSCVA 术前 20/23, 术后 20/24, 3 眼下降一行。MRSE 术前平均为  $+1.09D$ , 术后为  $-0.15D$ 。散光术后较术前平均减少 54%。Hersh 认为 CK 对于治疗已接受过其他屈光手术出现并发症的眼具有独特的优点, 尤其对那些不可能再进行瓣的操作或激光切削的眼, 包括薄角膜、薄瓣、上皮基底膜营养不良或角膜表面异常等。对于术中操作, 由于角膜特性的改变引起 CK 效果增加, 手术医生对首次治疗计划应相对保守, 并在术中角膜进行曲率测定, 随时调节治疗点。CK 在这种情况下往往由于首次效果不佳或屈光回退需行 2~3 次重复治疗, 但整个疗程中并发症还是很少见, 且患者都有较好的满意度。

5. CK 手术的并发症: CK 的并发症包括: 术后早期角膜水肿, 周边上皮缺损、复发性上皮糜烂、异物感、疼痛、重影、光敏感性增强、夜间眩光和由过矫产生的远视力下降等, 但随着技术的不断进步, 这些现象越来越少。Moshirfar 等人<sup>[21]</sup>报道最初接受 CK 手术的 14 眼中, 术后一天 7 眼出现前房反应, 术后一周反应消退。出现这种现象的原因可能有: 1. 进探针时用力过大, 角膜和虹膜接触引起虹膜损伤; 2. 角膜对射频能量的反应, 释放炎性介质; 3. 脱落的角膜内皮细胞形成前房碎屑, 引起炎症反应。这种前房反应可出现在 2/3 的病例中, 尤其是治疗大于 16 点的眼。但前房的炎症反应并不一定代表感染或前房积血。新的 CK 技术 (LightTouch-轻触式 CK) 可能减少这种反应。

Kymionis 等人<sup>[22]</sup>报道一例 CK 术中发生角膜穿孔的病例, 患者行 CK 术前已先后行 AK 及 LASIK。结果术中发生治疗点角膜穿孔, 房水漏出, 而该治疗点恰位于 AK 切口上。术后一天发现与该治疗点相对应的虹膜出现穿孔, 并在其下发现前囊膜混浊, 三天后穿孔愈合。Kymionis 认为在继原角膜手术后的治疗中, CK 治疗点应避免在原手术区域进行。

尽管 CK 被用于矫正散光, 然而其本身却可造成手术源性散光。Haji 等人<sup>[23]</sup>报道了 27 眼在接受 CK 治疗远视的过程中出现的散光, 平均引起散光  $4.25 \pm 0.99D$ , 而术前这些眼的散光都小于  $0.75D$ 。8 个治疗点引起的平均散光  $3.33 \pm 0.14D$ , 16 个点  $4.12 \pm 1.13D$ , 24 个点  $4.43 \pm 0.82D$ , 32 个点  $4.60 \pm 1.08D$ 。作者认为在选择治疗点时, 点数越多、离 6mm 区越近就越容易引起散光。术中测量角膜曲

率,并根据角膜的散光情况额外选择相应治疗点,可有效地减少术后散光。

## 六、展望

目前 CK 正越来越多地被用于治疗老视、远视和散光,同 LASIK、PRK 等激光屈光手术相比,CK 在视轴外进行手术,不直接损伤中央角膜,无与角膜瓣有关的并发症,无对比敏感度损失,术后中央角膜波前像差与术前相比无变化,术后无眩光,视觉质量更好<sup>[24]</sup>。与 LTK 相比,回退发生相对较少。手术操作简单,术者学习时间短。Kymionis 等<sup>[25]</sup>认为用 LASIK 矫正 CK 术后屈光回退仍具有很好的预测性,视力提高较理想,且未发现并发症。Klein 等人<sup>[26]</sup>认为 CK 手术后再进行 LASIK 手术对角膜瓣的影响很小。

CK 存在的问题包括:预测性仍不理想、导致医源性散光、屈光回退、最佳矫正视力下降及角膜无菌性坏死等。用于 CK 手术的 Nomogram 在不断地进行改进以进一步提高可预测性。另一方面,轻触式 CK (LightTouch) 技术的出现将能够治疗更高度的老视和远视,更有利于术后屈光状态的稳定。

目前,CK 被证明是一种安全、有效的矫正轻、中度远视和老视的手术,其更长期的疗效还在进一步观察中。

## 参 考 文 献

- McDonald MB, Hersh PS, Manche EE, et al. Conductive keratoplasty for the correction of low to moderate hyperopia: U.S. Clinical trial 1-year results on 355 eyes. *Ophthalmology*, 2002, 109: 1978-1989
- Lin DY, Manche EE. Two-year results of conductive keratoplasty for the correction of low to moderate hyperopia. *J Cataract Refract Surg*, 2003, 29: 2339-2350
- Huang B. Update on nonexcimer laser refractive surgery technique: conductive keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol*, 2003, 14 (4): 203-206
- Fernandez-Suntay JP, Pineda R II, Azar DT. Conductive keratoplasty. *Int Ophthalmol Clin*, 2004, 44 (1): 161-168
- Edward EM, Weldon WH. Conductive keratoplasty for the treatment of hyperopia. *Review of Ophthalmology*, 2002, June, 99
- Kommehl EW. FDA approves help for aging eyes:conductive keratoplasty may improve vision for people older than 40 who need reading glasses to see "the fine print". *Health News*, 2004, 10: 8-9
- Gassett AR, Kaufman HE. Thermokeratoplasty in the treatment of keratoconus. *Am J Ophthalmol*, 1975, 79: 226-232
- Keates RH, Dingle J. Thermokeratoplasty for keratoplasty. *Oph-*

- thalmic surg, 1975, 6: 89-92
- Neumann A, Fyodorov S, Sanders D. Radio thermokeratoplasty for the correction of hyperopia. *J Refract Corneal Surg*, 1990, 6: 404-412
- Rowsey JJ, Doss JD. Preliminary report of Los Alamos keratoplasty techniques. *Ophthalmology*, 1981, 88: 755-760
- Mendez A, Mendez Noble A. Conductive keratoplasty for the correction of hyperopia. In: Sher N, ed. *Surgery for hyperopia and presbyopia*. Philadelphia: Williams and Wilkins: 1997, 163-171
- Brinkmann R, Radt B, Flamm C, et al. Influence of temperature and time on thermally induced forces in corneal collagen and the effect on laser thermokeratoplasty. *J Cataract Refract Surg*, 2000, 26: 744-754
- Fernandez-Suntay JP, Pineda R 2nd, Azar DT. Conductive keratoplasty. *Int Ophthalmol Clin*, 2004, 44: 161-168
- Pallikaris IG, Naoumidi TL, Astyrakakis NI. Long-term results of conductive keratoplasty for low to moderate hyperopia. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31: 1520-1529
- Comaish IF, Lawless MA. Conductive keratoplasty to correct residual hyperopia after corneal surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2003, 29: 202-206
- Hersh PS, Fry KL, et al. Conductive keratoplasty to treat complications of LASIK and photorefractive keratectomy. *Ophthalmology*, 2005, 112: 1941-1947
- Pallikaris IG, Naoumidi TL, Astyrakakis NI. Conductive keratoplasty to correct hyperopic astigmatism. *J Refract Surg*, 2003, 19 (4): 425-432
- Murube J, Barraquer MJ, Fukasaku H, et al. Treatment of presbyopia. In: Murube J, ed. *Amphimetropia versus presbyopia*. Madrid: Rizal, 2001: 41-63
- Jain S, Indu A, Azar D. Success of monovision in presbyopes: Review of the literature and potential applications to refractive surgery. *Surv Ophthalmol*, 1996, 40: 491-499
- McDonald MB, Durrie D, et al. Treatment of presbyopia with conductive keratoplasty: six-month results of the 1-year United States FDA clinical trial. *Cornea*, 2004, 23(7): 661-668
- Moshirfar M, Feilmeier M, Kumar R. Anterior chamber inflammation induced by conductive keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*, 2005, 31: 1676-1677
- Kymionis GD, Titze P, Markomanolakis MM, et al. Corneal perforation after conductive keratoplasty with previous refractive surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2003, 29: 2452-2454
- Haji SA, Ramonas K, Potapova N, et al. Intraoperative correction of induced astigmatism after spherical correction of hyperopia with conductive keratoplasty. *Eye Contact Lens*, 2005, 31(2): 76-79
- Holladay JT. Optical quality and refractive surgery. *Int Ophthalmol Clin*, 2003, 43: 119-136
- Kymionis GD, Aslanides LA, Khoury AN, et al. Laser in situ keratomileusis for residual hyperopic astigmatism after conductive keratoplasty. *J Refract Surg*, 2004, 20: 276-278
- Klein S, Fry K, Hersh PS. Laser in situ keratomileusis after conductive keratoplasty. *J Cataract Refract Surg*, 2004, 30: 702-705

(收稿时间: 2006-03)