

SMILE 手术与 V4c ICL 植入术治疗高度近视的客观视觉质量比较

陈仪乐, 杨雅童, 陈嘉宝, 黄钦颖, 李金瑛

引用: 陈仪乐, 杨雅童, 陈嘉宝, 等. SMILE 手术与 V4c ICL 植入术治疗高度近视的客观视觉质量比较. 国际眼科杂志 2020; 20(7): 1222-1225

基金项目: 深圳市卫生计生系统科研项目 (No. 201605001)

作者单位: (518036) 中国广东省深圳市, 北京大学深圳医院眼科

作者简介: 陈仪乐, 毕业于中山大学中山眼科中心, 博士, 主治医师, 研究方向: 屈光手术、近视防治。

通讯作者: 李金瑛, 毕业于北京大学医学部, 博士, 主任医师, 眼科主任, 研究方向: 白内障、屈光手术、近视防治. ljyszbddy@126.com

收稿日期: 2019-09-25 修回日期: 2020-06-08

摘要

目的: 比较 SMILE 手术与 V4c ICL 植入术治疗高度近视患者术后的客观视觉质量。

方法: 前瞻性对照研究。选取于我院行 SMILE 手术 38 例 76 眼及 V4c ICL 植入术 32 例 64 眼的高度近视患者, 并按手术方式分为 SMILE 手术组及 V4c ICL 植入术组。术前, 术后 1wk, 1, 3, 6mo 时分别测量所有术眼的屈光度、裸眼视力 (UCVA) 和最佳矫正视力 (BCVA), 同时使用双通道客观视觉质量分析系统 (OQAS II) 获得术眼的客观散射指数 (OSI) 值、斯特列尔比 (SR) 和调制传递函数 (MTF) 截止频率。

结果: 在术后所有随访点, SMILE 手术组和 V4c ICL 植入术组的等效球镜 (SE)、UCVA 和 BCVA 均无差异。术后 1wk, 1mo 时, 两组患者术后 OSI 值与术前相比均升高 ($P < 0.01$), 术后 3, 6mo 时两组 OSI 值恢复至术前水平且组间无差异。术后 1wk 两组患者 MTF 截止频率与术前相比下降 ($P < 0.01$), 至术后 1mo 时恢复至术前水平且所有时间点组间均无差异 ($P > 0.05$)。

结论: SMILE 手术及 V4c ICL 植入术均能获得很好的术后视力及理想的客观视觉质量。

关键词: 全飞秒小切口角膜微透镜取出术; V4c 有晶状体人工晶状体植入术; 高度近视; 客观视觉质量

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2020.7.23

Comparison of objective optical quality between SMILE and V4c ICL implantation for correcting high myopia

Yi-Le Chen, Ya-Tong Yang, Jia-Bao Chen, Qin-Ying Huang, Jin-Ying Li

Foundation item: Shenzhen Healthcare Research Project (No. 201605001)

Department of Ophthalmology, Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen 518036, Guangdong Province, China

Correspondence to: Jin-Ying Li. Department of Ophthalmology, Peking University Shenzhen Hospital, Shenzhen 518036, Guangdong Province, China. ljyszbddy@126.com

Received: 2019-09-25 Accepted: 2020-06-08

Abstract

• **AIM:** To compare the objective optical quality of high myopic patients between SMILE and V4c ICL implantation.

• **METHODS:** This was a prospective control study. Thirty-eight patients underwent SMILE and thirty-two patients underwent V4c ICL implantation with high myopia were chosen for this study. Uncorrected visual acuity (UCVA), best corrected visual acuity (BCVA) and refractive situation were evaluated preoperatively, at 1wk, 1mo, 3mo and 6mo postoperatively. The objective scattering index (OSI), strehl rate (SR) and modulation transfer function (MTF) cut off frequency were measured by the double-pass optical quality system at the same time.

• **RESULTS:** No significant difference of spherical equivalent (SE), UCVA and BCVA was found between SMILE group and V4c ICL implantation group at all time points. At 1wk and 1mo after operation, the OSI values of two groups were significantly higher than pre-operation ($P < 0.01$). OSI values of two groups returned to baseline at 3mo after operation. The MTF cut off frequency of both groups decreased significantly at 1wk after operation ($P < 0.05$) and recovered to baseline at 1mo after operation, no significant difference was found between two group at all time points ($P > 0.05$).

• **CONCLUSION:** Both SMILE and V4c ICL implantation can obtain good visual acuity and objective optical quality.

• **KEYWORDS:** femtosecond laser small incision lenticule extraction; V4c ICL implantation; high myopia; objective optical quality

Citation: Chen YL, Yang YT, Chen JB, et al. Comparison of objective optical quality between SMILE and V4c ICL implantation for correcting high myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2020; 20(7): 1222-1225

0 引言

随着社会的发展, 近视的发病率呈逐年上升的趋势^[1]。因屈光手术理论的不革新及新技术的发展, 屈光手术逐渐受到群众的广泛注意。目前主流的屈光手术包括角膜屈光手术及眼内屈光手术, 角膜屈光手术中全飞秒

表 1 手术前 SMILE 手术组与 V4c ICL 植入术组的基本信息

组别	年龄(岁)	SE(D)	CCT(μm)	角膜曲率(D)	UCVA(LogMAR)	BCVA(LogMAR)	$\bar{x} \pm s$
SMILE 组	26.44 \pm 4.70	7.59 \pm 1.36	571.50 \pm 16.78	43.29 \pm 0.78	1.31 \pm 0.26	0.026 \pm 0.06	
V4c ICL 组	28.03 \pm 4.96	7.59 \pm 1.18	525.44 \pm 31.91	44.89 \pm 1.42	1.27 \pm 0.24	0.020 \pm 0.05	
<i>t</i>	1.367	0.027	10.921	-8.417	0.890	0.598	
<i>P</i>	0.176	0.979	<0.01	<0.01	0.375	0.551	

小切口角膜微透镜取出术(femtosecond laser small incision lenticule extraction, SMILE)因其无需制作角膜瓣的微创性使之一面市就受到大量瞩目。中心孔型有晶状体眼后房型人工晶状体(V4c implantable collamer lens, V4c ICL)植入术是近年来我国主流的眼内屈光手术,因其具有适用范围广及可逆的优点,甚至逐渐成为一部分高度近视患者的首选手术方法。因行屈光手术患者对术后恢复往往要求甚高,故屈光手术后视觉质量亦是术者在患者提供屈光手术方式选择的依据之一。现临床上对于比较高度近视患者 SMILE 手术和 V4c ICL 植入术术后客观散射指数(objective scattering index, OSI)值和调制传递函数(modulation transfer function, MTF)截止频率等方面的研究甚少。为此,本研究拟采用双通道视觉质量分析系统(double-pass optical quality system II, OQAS II)对 SMILE 及 V4c ICL 植入术术后的客观视觉质量进行比较分析。

1 对象和方法

1.1 对象

本研究为前瞻性研究,选取 2017-03/08 我院眼科行 SMILE 手术及 V4c ICL 植入术的高度近视患者。根据手术方式不同分为 SMILE 手术组及 V4c ICL 植入组。SMILE 手术组纳入标准:(1)本人有摘镜意愿且身心健康的高度近视患者,等效球镜(spherical equivalent, SE) $\geq -6.00\text{D}$;(2)连续 2a 每年屈光度改变 $\leq 0.50\text{D}$ 。V4c ICL 植入术组纳入标准:(1)本人有摘镜意愿且身心健康的高度近视患者,SE $\geq -6.00\text{D}$;(2)连续 2a 每年屈光度改变 $\leq 0.50\text{D}$;(3)前房深度 $\geq 2.80\text{mm}$;(4)角膜内皮计数 ≥ 2000 个/ mm^2 。排除标准:(1)圆锥角膜患者;(2)眼部有活动性炎症病变;(3)两组具有可比性,因 SMILE 手术矫正近视时球镜与柱镜度数和不高于一0.0D,本研究 ICL 植入术组内球镜与柱镜度数和高于-10.0D 的患者排除。本研究遵循《赫尔辛基宣言》并经北京大学深圳医院伦理委员会批准。所有的患者均签署了知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前检查

术前检查包括常规屈光检查,包括裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)、屈光度、裂隙灯检查、眼底检查、眼压及 Sirius 眼前节分析系统行三维角膜地形图检查。拟行 ICL 手术的患者还需进行角膜内皮细胞计数及 UBM 检查。

1.2.2 手术方法

SMILE 手术组:手术在 Visumax 飞秒激光系统下进行,术眼移至角膜锥镜正下方,启动负压吸引固定眼球,启动扫描程序完成角膜透镜前后表面、边缘及角膜小切口的扫描。分离透镜上下层后用显微手术镊完整取出角膜层间微透镜,最后使用平衡盐溶液冲洗角膜切口。V4c ICL 植入术组:充分散瞳及表面麻醉后,于术眼颞侧行角膜透明切口,将事先安装好的 V4c ICL 用推注器推入前房,前房注入黏弹剂,使用调位钩将晶状体的襻植入睫状沟处。若植入的为散光型 V4c ICL,则将晶状体旋

至术前标记处。最后使用平衡盐溶液冲洗前房里的黏弹剂并形成前房。本研究所有的手术均由同一名屈光手术医生完成,所有手术术中术后均未发生并发症。

1.2.3 观察指标

术前,术后 1wk, 1, 3, 6mo 复查时采集资料。检查项目包括:(1)一般检查项目:UCVA、BCVA、屈光度、眼压及裂隙灯检查。(2)客观视觉质量检查:应用于双通道技术的客观视觉质量分析系统 OQAS II 进行评估。整个检查过程在暗室下进行,人工设置瞳孔直径为 4mm,检测内容包括 OSI、MTF 截止频率和斯特列尔比(Strehl rate, SR)。

统计学分析:本研究数据采用 SPSS 19.0 统计软件分析,先对计量进行 Kolmogorov-Smirnov 检验,若变量符合正态分布,结果以 $\bar{x} \pm s$ 的形式表示,再进行方差齐性检验,若符合,采用重复测量方差分析。手术组内不同时间差异采用 LSD-*t* 检验进行两两比较。*P*<0.05 表示差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者信息及基线数据

SMILE 手术组共纳入 38 例 76 眼,其中男 16 例,女 22 例,平均年龄 26.44 \pm 4.70 岁;V4c ICL 植入术组共纳入 32 例 64 眼,其中男 14 例,女 18 例,平均年龄 28.03 \pm 4.96 岁。表 1 为术前两组患者信息及基线数据,除角膜厚度(CCT)及前表面曲率两组间具有统计学差异(*P*<0.01)外,余参数两组均具有可比性。

2.2 两组的屈光度及视力比较

两手术组手术后屈光度及视力情况比较见表 2。在术后 1wk 时,SMILE 手术组的 SE、UCVA 和 BCVA 分别为-0.306 \pm 0.405D、0.354 \pm 0.665 和 0.026 \pm 0.056, V4c ICL 植入术组的对应数值分别为-0.328 \pm 0.456D、0.247 \pm 0.474 和 0.017 \pm 0.043。随着时间进展均逐渐恢复,在术后 6mo 时,SMILE 手术组的 SE、UCVA 及 BCVA 分别为-0.003 \pm 0.238D、0.003 \pm 0.026 及-0.002 \pm 0.024,而 V4c ICL 植入术组的对应数值分别为-0.091 \pm 0.209D、0.004 \pm 0.028 及-0.004 \pm 0.030。手术组内不同时间点的屈光度及视力差异有统计学意义(SE: $F_{\text{时间}} = 12.125, P_{\text{时间}} < 0.01$; UCVA: $F_{\text{时间}} = 26.036, P_{\text{时间}} < 0.01$; BCVA: $F_{\text{时间}} = 26.600, P_{\text{时间}} < 0.01$)。但两手术组各时间点组间屈光度及视力差异均无统计学意义(SE: $F_{\text{组间}} = 0.156, P_{\text{组间}} = 0.693$; UCVA: $F_{\text{组间}} = 0.868, P_{\text{组间}} = 0.353$; BCVA: $F_{\text{组间}} = 2.405, P_{\text{组间}} = 0.123$)。两手术组组间与时间点无交互作用(SE: $F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 2.104, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.149$; UCVA: $F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 1.247, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.286$; BCVA: $F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.711, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.474$)。我们进一步对两手术组三组数据时间差异进行了 LSD-*t* 检验两两比较,相应结果见表 3。由此可见,SMILE 手术组术后 3mo 时屈光度及视力情况基本稳定,而 V4c ICL 植入术组在术后 1mo 时屈光度及视力情况基本稳定。

2.3 SMILE 手术与 V4c ICL 植入术后的客观视觉质量比较

两手术组手术前后客观视觉质量的比较见表 4。

表2 术后 SMILE 手术组与 V4c ICL 植入术组屈光度及视力情况比较

指标	组别	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术后 6mo
SE(D)	SMILE 组	-0.306±0.405	-0.118±0.346	-0.081±0.192	-0.003±0.238
	V4c ICL 组	-0.328±0.456	-0.078±0.316	-0.022±0.258	-0.091±0.209
UCVA(LogMAR)	SMILE 组	0.354±0.665	0.020±0.479	0.005±0.026	0.003±0.026
	V4c ICL 组	0.247±0.474	0.011±0.375	0.004±0.078	0.004±0.028
BCVA(LogMAR)	SMILE 组	0.026±0.056	0.013±0.041	0.002±0.023	-0.002±0.024
	V4c ICL 组	0.017±0.043	0.002±0.020	-0.002±0.024	-0.004±0.030

表3 术后两组组内不同时间点屈光度及视力情况两两比较 P 值

两两比较	SMILE 组			V4c ICL 组		
	SE	UCVA	BCVA	SE	UCVA	BCVA
术后 1wk vs 术后 1mo	<0.01	0.034	0.052	<0.01	0.034	<0.01
术后 1wk vs 术后 3mo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
术后 1wk vs 术后 6mo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
术后 1mo vs 术后 3mo	0.449	0.047	0.064	0.322	0.134	0.225
术后 1mo vs 术后 6mo	0.022	0.021	0.017	0.495	0.244	0.268
术后 3mo vs 术后 6mo	0.122	0.750	0.592	0.759	0.859	0.936

表4 两组手术前后不同时间点的 OSI、SR 和 MTF 截止频率值比较

指标	组别	术前	术后 1wk	术后 1mo	术后 3mo	术后 6mo
OSI	SMILE 组	0.445±0.164	0.650±0.187	0.592±0.167	0.450±0.187	0.441±0.184
	V4c ICL 组	0.430±0.171	0.577±0.188	0.523±0.189	0.425±0.184	0.450±0.199
SR	SMILE 组	0.201±0.025	0.204±0.030	0.202±0.029	0.201±0.028	0.201±0.026
	V4c ICL 组	0.205±0.030	0.207±0.035	0.204±0.033	0.204±0.029	0.203±0.031
MTF 截止频率(c/deg)	SMILE 组	30.705±2.238	28.838±2.686	30.013±2.645	30.864±2.449	30.728±2.408
	V4c ICL 组	30.836±2.197	29.157±2.646	30.431±2.663	30.721±2.545	30.798±2.237

SMILE 手术组术前的 OSI 值、SR 和 MTF 频率分别为 0.445±0.164、0.201±0.025 和 30.705±2.238c/deg, 其术后 6mo 时对应数值为 0.441±0.184、0.201±0.026 和 30.728±2.408c/deg。V4c ICL 植入术组术前的 OSI 值、SR 和 MTF 频率分别为 0.430±0.171、0.205±0.030 和 30.836±2.197c/deg, 其术后 6mo 时对应数值为 0.450±0.199、0.203±0.031 和 30.798±2.237c/deg。OSI 和 MTF 截止频率存在时间点差异 ($F_{\text{时间}} = 203.917, P_{\text{时间}} < 0.01$; $F_{\text{时间}} = 65.367, P_{\text{时间}} < 0.01$), OSI 和 MTF 截止频率组间均无差异 ($F_{\text{组间}} = 1.412, P_{\text{组间}} = 0.237$; $F_{\text{组间}} = 0.171, P_{\text{组间}} = 0.680$)。两手术组 OSI 的组间与时间点有交互作用 ($F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 9.564, P_{\text{组间} \times \text{时间}} < 0.01$), MTF 截止频率的组间与时间点无交互作用 ($F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 1.322, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.268$)。SR 各时间点差异均无统计学意义 ($F_{\text{时间}} = 1.819, P_{\text{时间}} = 0.139$; $F_{\text{组间}} = 0.317, P_{\text{组间}} = 0.575$; $F_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.081, P_{\text{组间} \times \text{时间}} = 0.975$)。我们进一步对 OSI 及 MTF 截止频率组内不同时间点进行了 LSD-t 检验两两比较见表 5。结果提示 SMILE 组及 V4c ICL 植入术组的 OSI 在术后 3、6mo 时与术前比较均无统计学差异 ($P > 0.05$), 两组术后 3mo 与术后 6mo 时相比差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。SMILE 组及 V4c ICL 植入术组的 MTF 截止频率在术后 1、3、6mo 时与术前比较均无统计学差异 ($P > 0.05$)。

3 讨论

因现代对视近需求的提高, 高度近视的发病率逐渐上升^[1]。而随着科技的进步, 高度近视的矫正方式亦向多元

表5 两组组内不同时间点 OSI 及 MTF 截止频率两两比较 P 值

两两比较	SMILE 组		V4c ICL 组	
	OSI	MTF 截止频率	OSI	MTF 截止频率
术前 vs 术后 1wk	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
术前 vs 术后 1mo	<0.01	0.088	<0.01	0.354
术前 vs 术后 3mo	0.856	0.695	0.887	0.791
术前 vs 术后 6mo	0.891	0.955	0.538	0.930
术后 1wk vs 术后 1mo	0.046	<0.01	0.108	<0.01
术后 1wk vs 术后 3mo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
术后 1wk vs 术后 6mo	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
术后 1mo vs 术后 3mo	<0.01	0.036	0.003	0.507
术后 1mo vs 术后 6mo	<0.01	0.078	0.027	0.401
术后 3mo vs 术后 6mo	0.750	0.736	0.449	0.860

化及个体化的方向发展。现屈光手术分为角膜屈光手术以及眼内屈光手术, SMILE 手术是现最热门的角膜屈光手术, 已有许多研究证实 SMILE 是一项安全、有效、可预测性高的屈光手术^[2-3]。SMILE 手术与传统 LASIK 手术相比, 对角膜神经影响更小^[4], Wang 等^[5]亦证实其对角膜生物力学的影响更小。但 SMILE 手术与传统角膜屈光手术同样需改变角膜的厚度和形状, 因此对于高度近视而角膜厚度不足的患者具有局限性^[6-7]。ICL 植入术以往是角膜屈光手术的替选方案。近来由于 V4c ICL 在屈光领域的逐渐广泛使用, 已有不少文献证实其安全性及有效性^[8], 加之新型的 V4c ICL 晶状体在传统 ICL 晶状体的基础上中央增加一个直径 360μm 的中心孔, 房水流通更流畅, 免除了以往传统手术需行虹膜周切这一步骤, 减少了相关并

发症。此外 V4c ICL 植入术不改变角膜形状且手术可逆^[9],因此,对于不少高度近视的患者,V4c ICL 植入术甚至成为其首选的手术方式。本研究发现 SMILE 手术与 V4c ICL 植入术术后的视力恢复、稳定性及预测性均非常理想,两组间无统计学差异。

在眼科中的所有手术中,屈光手术患者对术后的视觉质量要求最高,故术后视觉质量的个性化预估对于屈光手术者尤其重要。视觉质量评价指标方面,除了我们结果第一部分的 UCVA、BCVA 外,还有代表主观视觉质量的对比敏感度分析及视觉质量调查表,而客观视觉质量方面的指标以往只局限于波前像差方面。波前像差是使用光线追踪原理来客观评价患者的眼内像差,但其未考虑散射和衍射对视觉质量的影响。本研究使用的 OQAS II 使用双通道技术采集点光源的视网膜成像分析从而获得点扩散函数(point spread function,PSF),再对其进行分析得到测量参数,其具有良好的重复性且能全面客观评价视觉质量^[10-12]。本研究发现 SMILE 手术组及 V4c ICL 植入术组术后 1wk,1mo 的 OSI 值与术前相比均显著升高,而在术后 3mo 时恢复至术前水平。导致 OSI 增加的原因包括眼表及眼内容物透明度增加及眼表炎症、泪膜稳定和眼内炎症,Ye 等^[13]和 Herbaut 等^[14]亦发现在泪膜不稳定的干眼症患者中 OSI 值明显提高。因此,我们认为导致结果的原因可能是 SMILE 手术及 V4c ICL 植入术后角膜轻度水肿及结膜轻度炎症导致术后早期泪膜不稳定所致。在术后一段时间后,随着角膜神经的修复泪膜逐渐趋于稳定,加之眼表炎症的消退,OSI 值逐渐恢复至术前水平。de Juan 等^[15]发现配戴角膜接触镜后角膜轻度水肿亦可导致 OSI 值的升高。在今后的研究中可尝试通过连续测量 OSI 值的变化来评估眼表状况并探讨其诊断价值。此外,本研究发现术后 1wk 时两组患者的 MTF 截止频率较术前水平显著下降,后逐渐上升,在术后 3mo 时亦恢复至术前水平,而所有时间点两组组间的 MTF 截止频率差异均无统计学意义。MTF 截止频率越高,提示视觉质量越好,其综合了高阶像差与散射的影响。Kamiya 等^[16]则发现后房型 ICL 植入术后的 OSI 值、MTF 截止频率和 SR 与对照眼相比均无统计学差异,值得注意的是,虽然他们研究中 ICL 组的 MTF 截止频率与对照组相比较低,但可能由于样本量不足未能达到统计学差异。Miao 等^[17]通过对 V4c ICL 植入术后患者的客观视觉质量进行评估,发现术后 3mo 的 OSI 值、SR、MTF 截止频率、OV 100%、OV 20%和 OV 9%均优于术前。亦有临床研究对于 V4c ICL 植入术后的视觉相关生活质量进行评估,发现高度近视在植入 V4c ICL 后,NEI-VFQ-25 量表中的总体视觉、远近距离工作、精神状态、驾驶、社会角色限制和周边事业均有提高,其视觉相关生活质量得到明显改善^[18]。本研究的局限之一是未同期进行主观视觉质量的检查,将在今后研究中增加主观视觉质量的评估。对于客观视觉质量,既往的研究仅单纯的对某个手术方式手术前后进行比较,而本研究不仅分别对 SMILE 手术及 V4c ICL 植入术手术前和术后各时间点进行随访记录,更重要的是比较了两种手术方式的客观视觉质量,为临床选择提供依据。

综上所述,对于高度近视患者 SMILE 手术及 V4c ICL 植入术均能获得很好的术后视力及理想的屈光状态,且在

术后 3、6mo 时两者均能获得很好的客观视觉质量。然而因本研究随访时间较短,仍有待更长期研究来进一步探讨两种手术方式远期视觉质量。

参考文献

- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123(5):1036-1042
- 王雁, 鲍锡柳, 汤欣, 等. 飞秒激光角膜微小切口基质透镜取出术矫正近视及近视散光的早期临床研究. *中华眼科杂志* 2013;49(4):292-298
- Vestergaard AH, Grauslund J, Ivarsen AR, et al. Efficacy, safety, predictability, contrast sensitivity, and aberrations after femtosecond laser lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(3):403-411
- Demirok A, Ozgurhan EB, Agca A, et al. Corneal sensation after corneal refractive surgery with small incision lenticule extraction. *Optom Vis Sci* 2013;90(10):1040-1047
- Wang D, Liu M, Chen Y, et al. Differences in the corneal biomechanical changes after SMILE and LASIK. *J Refract Surg* 2014;30(10):702-707
- Brenner LF, Alio JL, Vega-Estrada A, et al. Clinical grading of post-LASIK ectasia related to visual limitation and predictive factors for vision loss. *J Cataract Refract Surg* 2012;38(10):1817-1826
- Nuijts RM, Saelens IE. Refractive surgical problem: March consultation #1. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(3):687
- 周妍妍, 郑晓龙. ICL V4c 矫正超高度近视术后视觉质量的短期观察. *国际眼科杂志* 2015;15(9):1615-1617
- 王晓瑛, 周行涛. 从忽视到重视——可植入式眼内镜的最新进展及发展趋势. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2015;17(8):449-452
- Saad A, Saab M, Gatinel D. Repeatability of measurements with a double-pass system. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(1):28-33
- Barrionuevo PA, Colombo EM, Vilaseca M, et al. Comparison between an objective and a psychophysical method for the evaluation of intraocular light scattering. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 2012;29(7):1293-1299
- Artal P, Benito A, Perez GM, et al. An objective scatter index based on double-pass retinal images of a point source to classify cataracts. *PLoS One* 2011;6(2):e16823
- Ye F, Jiang F, Lu Y, et al. Objective optical assessment of tear-film quality dynamics in patients with meibomian gland dysfunction and aqueous-deficient dry eye optical quality changes in different dry eye subtypes. *Indian J Ophthalmol* 2019;67(5):599-603
- Herbaut A, Liang H, Rabut G, et al. Impact of Dry Eye Disease on Vision Quality: An Optical Quality Analysis System Study. *Transl Vis Sci Technol* 2018;7(4):5
- de Juan V, Aldaba M, Martin R, et al. Optical quality and intraocular scattering assessed with a double-pass system in eyes with contact lens induced corneal swelling. *Cont Lens Anterior Eye* 2014;37(4):278-284
- Kamiya K, Shimizu K, Igarashi A, et al. Clinical evaluation of optical quality and intraocular scattering after posterior chamber phakic intraocular lens implantation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(6):3161-3166
- Miao H, Chen X, Tian M, et al. Refractive outcomes and optical quality after implantation of posterior chamber phakic implantable collamer lens with a central hole (ICL V4c). *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):141
- 何吕福, 王晓华, 湛丽莎, 等. 带中心孔植入式透镜(V4c-ICL)矫正高度近视的视觉质量研究. *眼科新进展* 2019;39(9):866-869