

矢量法评价 SMILE 术中眼球静态旋转和微透镜偏心对散光矫治效果的影响

王树林 庞辰久 张波 顾宇伟 李金

河南省人民医院眼科 河南省眼科研究所 河南省立眼科医院 河南省眼科学与视觉科学重点实验室 郑州大学人民医院 河南大学人民医院, 郑州 450003

通信作者: 庞辰久, Email: pangcj999@sohu.com

【摘要】 **目的** 采用标准化的散光矢量分析法评价飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)术中眼球静态旋转角度和微透镜中心偏心值对散光矫治效果的影响。 **方法** 采用系列病例观察研究。选取 2019 年 1—4 月在河南省立眼科医院行 SMILE 的近视合并散光患者 73 例 128 眼, 术前等效球镜屈光度为 $-2.25 \sim -7.75$ DS, 柱镜度为 $-0.25 \sim -3.75$ DC。采用 WASCA 像差仪、CRS master 和 MEL80 准分子激光系统测量术中眼球静态旋转角度的绝对值, 根据 Pentacam 角膜地形图和手术录像测量并计算微透镜中心的偏心值。记录和计算术前和术后 1 周、1 个月和 3 个月的裸眼视力、电脑验光、主观验光、目标散光矢量(TIA), 根据术后 3 个月时的主观验光结果来计算手术引起的散光矢量(SIA)、误差的幅度(ME)、误差角度的绝对值(|AE|)、差异矢量的绝对值(|DV|)、矫正指数(CI)和成功指数(IS)。比较不同散光度、眼球静态旋转角度、微透镜偏心值患者间各矢量分析参数, 并分析微透镜偏心值与眼球静态旋转角度以及各矢量分析参数间的相关性。 **结果** 所有患者手术均顺利完成。术后 3 个月时, 94.5% 患眼(121/128)裸眼视力 ≥ 1.0 。术前患者瞳孔直径为 (3.24 ± 0.48) mm, 明显大于术中的 (2.61 ± 0.38) mm, 差异有统计学意义($t = 17.53, P < 0.01$)。术中眼球静态旋转角度为 $2.75^\circ (1.26^\circ, 4.48^\circ)$, 微透镜偏心值为 (172 ± 87) μm , TIA 为 $0.69 (0.44, 1.35)$; 术后 3 个月时 SIA 为 $0.67 (0.42, 1.10)$, ME 为 $0.10 (0.00, 0.26)$ DC, |AE| 为 $0.35^\circ (0.00^\circ, 9.47^\circ)$, |DV| 为 $0.25 (0.00, 0.50)$, CI 为 $0.91 (0.72, 1.00)$, IS 为 $0.23 (0.00, 0.56)$ 。不同程度散光组患者间眼球静态旋转角度、ME、|DV|、CI 比较, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$); 不同程度静态旋转角度组患者微透镜偏心值比较, 差异有统计学意义($P < 0.05$); 不同程度偏心组患者眼球静态旋转角度、ME、|AE|、|DV|、CI 和 IS 比较, 差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。偏心值与眼球静态旋转角度和 |DV| 均呈正相关($r_s = 0.39, 0.31$, 均 $P < 0.01$)。 **结论** SMILE 对散光的矫治效果较好, 术中眼球静态旋转和微透镜偏心轻微, 微透镜偏心值可能与眼球的静态旋转和散光的差异矢量有关。

【关键词】 散光; 矢量分析; 飞秒激光; 旋转; 偏心

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190831-00378

Vector analysis for evaluating the effects of static eyeball rotation and decentration of lenticule on astigmatism correction in SMILE

Wang Shulin, Pang Chenjiu, Zhang Bo, Gu Yuwei, Li Jin

Department of Ophthalmology, Henan Provincial People's Hospital, Henan Eye Institute, Henan Eye Hospital, Henan Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, People's Hospital of Zhengzhou University, People's Hospital of Henan University, Zhengzhou 450003, China

Corresponding author: Pang Chenjiu, Email: pangcj999@sohu.com

[Abstract] **Objective** To evaluate the effects of static eyeball rotation and decentration of lenticule on astigmatism correction in femtosecond small incision lenticule extraction (SMILE) by using standardized vector analysis. **Methods** A series of case observation study was performed. A total of 128 eyes from 73 myopic astigmatism patients undergoing SMILE from January to April 2019 in Henan Eye Hospital were enrolled. The preoperative spherical equivalent was -2.25 to -7.75 DS, and the astigmatism was -0.25 to -3.75 DC. The absolute value of the static rotation intraoperatively was measured by WASCA aberrometer, CRS master and MEL80 excimer laser system. The decentration of lenticule was measured and calculated according to Pentacam corneal topography and operation video. The visual acuity, refraction, corneal topography, and target induced astigmatism vector (TIA) were measured and calculated preoperatively and 1 week, 1 month and 3 months postoperatively. The results of manifest

refraction were used to calculate surgically induced astigmatism vector (SIA), magnitude of error (ME), absolute value of angle of error ($|AE|$), absolute value of difference vector ($|DV|$), correction index (CI) and index of success (IS) three months postoperatively. Written informed consent was obtained from each patient before the surgery. This study protocol was approved by Ethic Committee of Henan Eye Hospital. **Results** The absolute value of intraoperative static rotation was 2.75° ($1.26^\circ, 4.48^\circ$), decentration of lenticule was $(172 \pm 87) \mu\text{m}$ and TIA was 0.69 ($0.44, 1.35$) preoperatively. The SIA was 0.67 ($0.42, 1.10$), ME was 0.10 ($0.00, 0.26$) DC, $|AE|$ was 0.35° ($0.00^\circ, 9.47^\circ$), $|DV|$ was 0.25 ($0.00, 0.50$), CI was 0.91 ($0.72, 1.00$), IS was 0.23 ($0.00, 0.56$) three months postoperatively. The differences of static eyeball rotation angle, ME, $|DV|$, CI between different astigmatism groups, the difference of decentration of lenticule between different static eyeball rotation groups, and the differences of static eyeball rotation angle, ME, $|AE|$, $|DV|$, CI and IS between different decentration groups were statistically significant (all at $P < 0.05$). The decentration of lenticule was positively correlated with static eyeball rotation ($r_s = 0.39, P < 0.01$), and with $|DV|$ ($r_s = 0.31, P < 0.01$). **Conclusions** SMILE is effective procedure in correcting astigmatism. The static eyeball rotation and the decentration of lenticule are slight. The decentration of lenticule may have a relationship with static eyeball rotation and the difference vector of astigmatism.

[Key words] Astigmatism; Vector analysis; Femtosecond laser; Rotation; Decentration

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190831-00378

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (femtosecond small incision lenticule extraction, SMILE) 矫治近视合并散光具有良好的安全性、有效性和可预测性^[1-2]。SMILE 术中锥镜负压吸引固定眼球后用飞秒激光进行微透镜切削, 可避免眼球的旋转和晃动, 由于无角膜瓣且采用整体化的角膜基质内激光切削模式, 使得术后愈合反应轻微, 并可最大限度地避免角膜瓣蒂和激光能量分布不均匀对散光矫治效果的影响^[3]。SMILE 术后有效光学区较准分子激光角膜原位磨镶术 (laser in situ keratomileusis, LASIK) 稍大^[4], 还可通过手术录像对微透镜的实际偏心情况进行精确测量^[5]。SMILE 目前尚未实现眼球静态旋转补偿、瞳孔主动跟踪, 以及地形图或像差引导等功能。术中微透镜偏心值和眼球静态旋转角度的精准测量, 是否需要对手眼静态旋转进行补偿, 以及偏心和旋转对散光矫治效果的影响等问题尚存在较广泛地争论^[6-10]。鉴于此, 本研究拟观察并测量 SMILE 术中眼球静态旋转的角度和微透镜中心的偏心值, 并采用标准化的散光矢量分析法评价其对散光矫治效果的影响, 以期为临床提供参考依据。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用系列病例观察研究。连续纳入 2019 年 1—4 月在河南省立眼科医院拟行 SMILE 的近视合并散光患者 73 例 128 眼, 其中男 40 例, 女 33 例; 年龄 17~37 岁, 平均 (21.60 ± 7.13) 岁; 术前等效球镜度 $-2.25 \sim -7.75$ D, 平均 (-5.00 ± 1.24) D; 柱镜度 $-0.25 \sim -3.75$ DC, 平均 (-1.06 ± 0.74) DC; 角膜厚度为 $512 \sim 596 \mu\text{m}$ 。所有患者均签署知情同意书, 本研究方案已通过河南省立眼科医

院伦理委员会批准 [批文号: HNEECKY-2019(11) 号]。

1.2 方法

1.2.1 术前检查和手术方法 术前行视力、裂隙灯显微镜、眼压、验光、眼底、Pentacam 角膜地形图 (德国 OCULUS 公司)、WASCA 波前像差仪 (德国蔡司公司) 和角膜厚度等检查。采用 VisuMax 飞秒激光系统 (德国蔡司公司) 行 SMILE, 散光的手术预期屈光度为 0 D, 微透镜光学区 + 散光过渡区的总直径为 $6.1 \sim 6.9$ mm; 微透镜光学区的中央厚度为 $72 \sim 133 \mu\text{m}$, “角膜帽”的厚度设为 $120 \mu\text{m}$, 边切口的长度设为 2.00 mm; 术中微透镜中心尽量定位在瞳孔中心或参考“共轴注视定位法”^[11], 即术前和术中与患者充分沟通, 术中摆正患者头位, 确认术眼能注视锥镜白色环形灯光的中心且可随之上下左右追视, 行表面麻醉后, 将 S 号负压吸引锥镜缓慢靠近角膜, 嘱患者注视绿色闪烁的瞄准灯, 达到术者和术眼稳定的共轴注视; 若患者主动注视配合欠佳, 则需尽量将绿色闪烁的瞄准光对准术眼的瞳孔中心, 然后继续将锥镜靠近角膜, 锥镜与角膜贴合的水印达 80% 时启动负压吸引以固定眼球, 按既定手术程序完成透镜取出。

1.2.2 眼球静态旋转角度测量 利用 WASCA 波前像差仪先后采集暗视和明视状态下显示为 “Image OK!” 的图像。检查在暗室进行, 但不需要暗适应。先在暗视状态下, 再在明视状态下进行检查。然后将暗视-明视组合 OK 的登记图像导出至 CRS master 软件系统 (德国蔡司公司) 生成登记图像, 再将登记图像导入 MEL 80 准分子激光系统 (德国蔡司公司), 利用该系统的对位功能自动检测术中仰卧位时眼球静态旋转的角度 (图 1), 每眼重复测量 3 次, 取平均值。

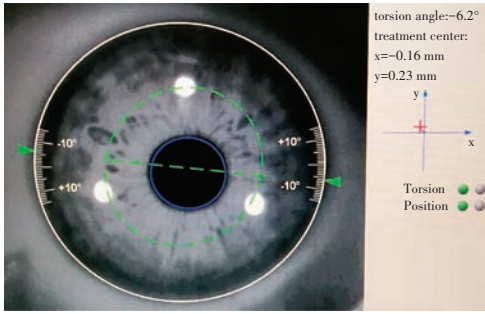


图 1 术中仰卧位时眼球静态旋转角度的检测 利用 WASCA 波前像差仪、CRS master 软件和 MEL 80 准分子激光系统联合检查和测量仰卧位时术中眼球静态旋转的角度

Figure 1 The measurement of static eyeball rotation in supine position intraoperatively The value of the static eyeball rotation was measured by WASCA aberrometer, CRS master and MEL80 excimer laser system

1.2.3 微透镜中心偏心值测量 根据 Pentacam 角膜地形图系统提供的以角膜顶点 Apex 为坐标原点的坐标图(图 2A)计算瞳孔中心偏离 Apex 的矢量距离, 每眼测量 3 次, 取平均值。将该坐标图旋转 180° 后即转换为以瞳孔中心为坐标原点的坐标图(图 2B)。截取手术录像中微透镜光学区的边缘、微透镜中心(绿色瞄准注视指示灯)和瞳孔缘均较清晰时的图像, 利用环形透明作图工具拟合术中的瞳孔缘, 透明环的中心即可作为术中的瞳孔中心。建立以瞳孔中心为坐标原点的直角坐标系, 根据透镜光学区直径的数值和作图工具的标尺测量并计算出术中微透镜中心偏离瞳孔中心的矢量距离, 进而间接计算出术中仰卧位时微透镜中心偏离术前坐位时 Apex 的矢量距离, 作为微透镜中心的偏心值, 简称微透镜偏心值^[10](图 2C)。每眼重复测量 3 次, 取平均值。

1.2.4 散光矢量分析 根据散光度将患者分为 2 个组, 低度散光组为 -0.25 ~ -0.75 DC, 中高度散光组为 -1.00 ~ -3.75 DC。根据眼球静态旋转的角度分为 2 个组, 轻度旋转组旋转角度的绝对值 ≤ 3°, 中高度旋转组 > 3°。根据微透镜偏心值分为 2 个组, 轻度偏心组微透镜偏心值 ≤ 200 μm, 中重度偏心组 > 200 μm^[9]。

采用标准化的散光矢量分析法^[12-13]记录和计算目标散光矢量(target induced astigmatism vector,

TIA)、术后 3 个月术源性散光矢量(surgically induced astigmatism vector, SIA)、误差幅度(magnitude of error, ME)、误差角度绝对值(absolute value of angle of error, |AE|)、差异矢量绝对值(absolute value of difference vector, |DV|)、矫正指数(correction index, CI)及成功指数(index of success, IS)。ME(计量单位为 DC)、|AE|(计量单位为圆周度)、|DV|和 IS 越接近 0, CI 越接近 1 则散光矫正效果越理想。ME 为正值表示欠矫, ME 为负值表示过矫。具体计算公式如下:

$$X_{preop} = C_{preop} \times \cos(2 \times A_{preop});$$

$$Y_{preop} = C_{preop} \times \sin(2 \times A_{preop});$$

$$X_{postop} = C_{postop} \times \cos(2 \times A_{postop});$$

$$Y_{postop} = C_{postop} \times \sin(2 \times A_{postop});$$

$$TIA = \sqrt{(X_{preop} - X_n)^2 + (Y_{preop} - Y_n)^2};$$

$$|DV| = \sqrt{(X_{postop} - X_n)^2 + (Y_{postop} - Y_n)^2};$$

其中 C 为柱镜屈光度, A 为轴向, n 为预留屈光度, preop 代表术前, postop 代表术后。若预期矫正至正视, 即 n = 0, 则 X_n = Y_n = 0; 若手术需预留屈光度, 即 n ≠ 0, 则 X_n、Y_n 需进行矢量转换后代入上述公式进行计算, 本研究散光的目标屈光度为 n = 0。

$$SIA = \sqrt{(X_{preop} - X_{postop})^2 + (Y_{preop} - Y_{postop})^2};$$

$$CI = \frac{SIA}{TIA};$$

$$IS = \frac{|DV|}{TIA};$$

$$ME = TIA - SIA;$$

$$\text{如 } |A_{SIA} - A_{TIA}| < 90^\circ, AE = A_{SIA} - A_{TIA};$$

$$\text{如 } A_{SIA} - A_{TIA} > 90^\circ, AE = A_{SIA} - A_{TIA} - 180^\circ;$$

$$\text{如 } A_{SIA} - A_{TIA} < -90^\circ, AE = A_{SIA} - A_{TIA} + 180^\circ;$$

$$\text{如 } A_{SIA} - A_{TIA} = \pm 90^\circ, AE = 0^\circ.$$

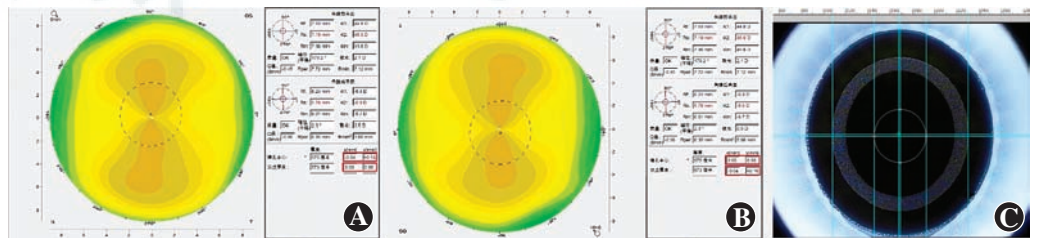


图 2 微透镜中心偏心值的测量 A: 根据地形图的结果计算瞳孔中心偏离角膜顶点 Apex 的距离 B: 将图 A 旋转 180° 后, 建立以瞳孔中心为原点的直角坐标系 C: 取手术录像截图, 建立与图 B 相同的直角坐标系, 测量并计算出术中透镜中心偏离瞳孔中心的距离, 进而间接计算出透镜的偏心值

Figure 2 The measurement of lenticule decentration A: The distance between the pupil center and corneal reflex point of visual axis was calculated according to topography B: Rectangular coordinate with the pupil center as the origin after rotating figure A for 180 degrees was established C: The same rectangular coordinate on the capture of surgical video was established as figure B, the distance between the lenticule center and the pupil center was measured and calculated, and then the value of lenticule decentration was calculated

1.2.5 术后处理和随访 手术后当天开始点用质量分数 0.1% 氟米龙滴眼液和质量分数 0.1% 左氧氟沙星滴眼液, 每日 4 次; 每周减量 1 次, 第 4 周后减至每日 1 次, 术后 1 个月时停药。分别于术后 1 周、1 个月和 3 个月时进行视力、验光、裂隙灯显微镜、眼压检查。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 20.0 统计学软件进行统计分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 检验对测定指标的定量资料数据进行正态性检验, 正态分布数据以 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示, 偏态分布数据资料以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。术前和术中瞳孔直径比较采用配对样本 t 检验, 组间两两比较采用 Wilcoxon 符号秩和检验。如数据符合正态分布, 采用 Pearson 线性相关分析; 如数据不符合正态分布, 则采用 Spearman 秩相关分析。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患者手术情况

手术均顺利完成, 术中无失吸及微透镜残留等现象。术后第 1 天, 5 眼发生 I 级弥漫性层间角膜炎 (diffuse lamellar keratitis, DLK), 未予特殊处理。术后 1 周, DLK 均消退, 无 II 级及以上 DLK 发生。术后 3 个月时, 121 眼裸眼视力 ≥ 1.0 , 占 94.5%, 所有术眼裸眼视力均 ≥ 0.8 ; 46 眼的最佳矫正视力较术前增加 1 行, 占 35.9%, 14 眼最佳矫正视力较术前增加 2 行, 占 10.9%, 63 眼最佳矫正视力无变化, 占 49.3%, 5 眼的最佳矫正视力较术前下降 1 行, 占 3.9%。

2.2 瞳孔直径、眼球静态旋转角度与微透镜偏心值相关性分析

术前患者瞳孔直径为 (3.24 ± 0.48) mm, 明显大于术中的 (2.61 ± 0.38) mm, 差异有统计学意义 ($t = 17.53, P < 0.01$)。术前与术中瞳孔直径呈正相关 ($r = 0.56, P < 0.01$) (图 3)。术中眼球静态旋转角度范围为 $0.10^\circ \sim 10.23^\circ$, 平均 $2.75^\circ (1.26^\circ, 4.48^\circ)$ 。微透镜偏心值范围为 $14 \sim 381 \mu\text{m}$, 平均 $(172 \pm 87) \mu\text{m}$; 微透镜中心偏离瞳孔中心值为 $149 (67, 229) \mu\text{m}$ 。微透镜偏心值与微透镜中心偏离瞳孔中心的值呈正相关 ($r_s = 0.38, P < 0.01$) (图 4A)。微透镜偏心值与眼球静态旋转角度呈正相关 ($r_s = 0.39, P <$

0.001) (图 4B)。

2.3 各组散光矢量分析结果比较

微透镜偏心值与 $|DV|$ 呈正相关 ($r_s = 0.31, P < 0.001$) (图 5)。TIA 为 $0.69 (0.44, 1.35)$; 术后 3 个月时的 SIA 为 $0.67 (0.42, 1.10)$; ME 为 $0.10 (0.00, 0.26) \text{DC}$; $|AE|$ 为 $0.35^\circ (0.00^\circ, 9.47^\circ)$; $|DV|$ 为 $0.25 (0, 0.50)$; CI 为 $0.91 (0.72, 1.00)$; IS 为 $0.23 (0.00, 0.56)$ 。各个分组的矢量分析结果中, 低度散光组患者眼球静态旋转角度、ME、 $|DV|$ 、CI 均明显低于中高度散光组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 1); 轻度旋转组患者微透镜偏心值明显小于中高度旋转组, 差异有统计学意义 ($P < 0.05$) (表 2); 轻度偏心组患者静态旋转角度、ME、 $|AE|$ 、 $|DV|$ 和 IS 明显低于中重度偏心组, CI 明显高于中重度偏心组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$) (表 3)。

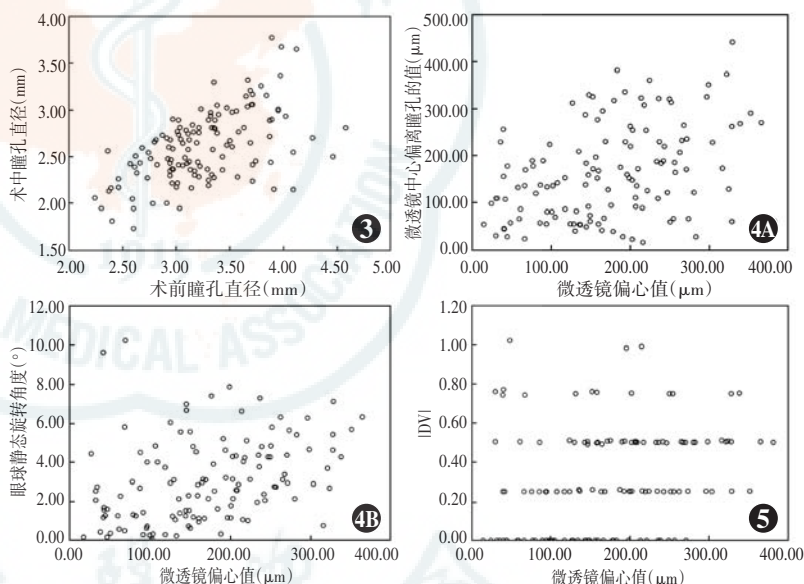


图 3 术前与术中瞳孔直径相关性散点图 (Pearson 线性相关分析, $n = 128$) 术前与术中瞳孔直径呈正相关 ($r = 0.56, P < 0.01$) **图 4 微透镜偏心值与微透镜中心偏离瞳孔中心值和眼球静态旋转角度相关性散点图** (Spearman 秩相关分析, $n = 128$) A: 微透镜偏心值与微透镜中心偏离瞳孔中心的值呈正相关 ($r_s = 0.38, P < 0.01$) B: 微透镜偏心值与眼球静态旋转角度呈正相关 ($r_s = 0.39, P < 0.001$) **图 5 微透镜偏心值与 $|DV|$ 相关性散点图** (Spearman 秩相关分析, $n = 128$) 微透镜的偏心值与 $|DV|$ 呈正相关 ($r_s = 0.31, P < 0.001$) $|DV|$: 差异矢量绝对值

Figure 3 The scatter plot between the preoperative and intraoperative pupil diameters (Pearson linear correlation analysis, $n = 128$) The preoperative and intraoperative pupil diameter was positively correlated ($r = 0.56, P < 0.01$) **Figure 4 The scatter plots between the decentration of lenticule and the deviation of lenticule from pupil center or the static eyeball rotation** (Spearman rank correlation analysis, $n = 128$) A: The decentration of lenticule was positively correlated with the deviation of lenticule from pupil center ($r_s = 0.38, P < 0.01$) B: The decentration of lenticule was positively correlated with the static eyeball rotation ($r_s = 0.39, P < 0.001$) **Figure 5 The scatter plot between the decentration of lenticule and $|DV|$** (Spearman rank correlation analysis, $n = 128$) The decentration of lenticule was positively correlated with the $|DV|$ ($r_s = 0.31, P < 0.001$) $|DV|$: absolute value of difference vector

表 1 不同程度散光组的矢量分析计算结果比较
Table 1 Comparison of the results of vector analysis between different astigmatism groups

组别	眼数	静态旋转角度 [$M(Q_1, Q_3), ^\circ$] ^a	偏心值 (mean±SD, μm) ^b	ME [$M(Q_1, Q_3), \text{DC}$] ^a	AE [$M(Q_1, Q_3), ^\circ$] ^a	DV [$M(Q_1, Q_3)$] ^a	CI [$M(Q_1, Q_3)$] ^a	IS [$M(Q_1, Q_3)$] ^a
低度散光组	66	2.28(1.06, 4.26)	164±85	0.00(0.00, 0.17)	0.00(0.00, 25.03)	0.25(0.00, 0.50)	1.00(0.65, 1.00)	0.39(0.00, 1.11)
中高度散光组	62	3.11(1.76, 4.70)	180±90	0.25(0.05, 0.49)	1.36(0.00, 5.31)	0.26(0.25, 0.50)	0.81(0.72, 0.95)	0.23(0.14, 0.37)
Z/t 值		-2.47	-0.99	-5.70	-1.52	-3.06	-3.30	-1.01
P 值		<0.05	>0.05	<0.05	>0.05	<0.05	<0.05	>0.05

注:(^a:Wilcoxon 符号秩和检验;^b:独立样本 t 检验) ME:误差幅度;|AE|:误差角度的绝对值;|DV|:差异矢量的绝对值;CI:矫正指数;IS:成功指数
Note:(^a:Wilcoxon signed rank sum test;^b:Independent sample t test) ME:magnitude of error;|AE|:absolute value of angle of error;|DV|:absolute value of difference vector;CI:correction index;IS:index of success

表 2 不同程度静态旋转角度组的矢量分析计算结果比较
Table 2 Comparison of the results of vector analysis between different static eyeball rotation groups

组别	眼数	散光度 [$M(Q_1, Q_3), \text{DC}$] ^a	偏心值 (mean±SD, μm) ^b	ME [$M(Q_1, Q_3), \text{DC}$] ^a	AE [$M(Q_1, Q_3), ^\circ$] ^a	DV [$M(Q_1, Q_3)$] ^a	CI [$M(Q_1, Q_3)$] ^a	IS [$M(Q_1, Q_3)$] ^a
轻度旋转组	72	-0.75(-0.50, -1.44)	145±85	0.00(0.00, 0.25)	0.00(0.00, 12.12)	0.25(0.00, 0.50)	1.00(0.76, 1.00)	0.22(0.00, 0.59)
中高度旋转组	56	-1.00(-0.50, -1.50)	206±82	0.16(0.00, 0.37)	1.90(0.00, 7.64)	0.25(0.00, 0.50)	0.88(0.68, 1.00)	0.28(0.00, 0.53)
Z/t 值		-1.05	-3.89	-0.94	-0.65	-1.18	-0.83	-0.65
P 值		>0.05	<0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

注:(^a:Wilcoxon 符号秩和检验;^b:独立样本 t 检验) ME:误差幅度;|AE|:误差角度的绝对值;|DV|:差异矢量的绝对值;CI:矫正指数;IS:成功指数
Note:(^a:Wilcoxon signed rank sum test;^b:Independent sample t test) ME:magnitude of error;|AE|:absolute value of angle of error;|DV|:absolute value of difference vector;CI:correction index;IS:index of success

表 3 不同程度偏心组的矢量分析计算结果比较 [$M(Q_1, Q_3)$]
Table 3 Comparison of the results of vector analysis between different decentration groups [$M(Q_1, Q_3)$]

组别	眼数	散光度(DC)	静态旋转角度($^\circ$)	ME(DC)	AE ($^\circ$)	DV	CI	IS
轻度偏心组	79	-0.75(-0.50, -1.50)	1.78(1.13, 3.90)	0.00(0.00, 0.25)	0.00(0.00, 7.17)	0.25(0.00, 0.50)	1.00(0.80, 1.00)	0.19(0.00, 0.55)
中重度偏心组	49	-1.00(-0.50, -1.63)	4.03(2.71, 4.97)	0.25(0.01, 0.49)	2.89(0.00, 14.21)	0.50(0.25, 0.50)	0.78(0.60, 1.00)	0.37(0.19, 0.62)
Z 值		-1.44	-4.03	-3.30	-2.00	-3.29	-3.46	-2.83
P 值		>0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

注:(Wilcoxon 符号秩和检验) ME:误差幅度;|AE|:误差角度的绝对值;|DV|:差异矢量的绝对值;CI:矫正指数;IS:成功指数
Note:(Wilcoxon signed rank sum test) ME:magnitude of error;|AE|:absolute value of angle of error;|DV|:absolute value of difference vector;CI:correction index;IS:index of success

3 讨论

屈光手术,尤其 SMILE 术中的眼球旋转和微透镜偏心现象一直被人们所关注^[14-15]。然而目前同时评估 SMILE 术中眼球静态旋转和微透镜偏心对散光矫治效果影响的研究鲜有报道^[16]。准分子激光手术时的眼球旋转包括静态旋转和动态旋转,SMILE 可避免

动态旋转。虹膜识别系统所检测的眼球静态旋转角度包括从直立位到仰卧位的眼球自旋,还包括从坐位检查时的下颌托位到手术时的头枕位之间的眼位差异等^[17]。本研究结果显示,SMILE 手术时眼球静态旋转的角度较小,与 Xu 等^[8]报道的眼球旋转值相近。理论上,8°的旋转可导致 25%的散光矫治不足^[7]。然而,在术后 3 个月时,本研究总样本和亚组中的眼球静

态旋转角度与 SMILE 矫治散光效果均未发现有相关性,这与 Xu 等^[8]研究 132 眼 SMILE 术中的眼球旋转较小,不足以影响散光结果或术后视觉质量的结果相一致。究其原因,首先,大多数文献报道和本研究所检测的静态眼球旋转角度均较小,不足以对散光矫正产生影响;其次,散光矫治效果还可能受主观验光是否准确、散光是否规则和开睑器是否引起眼球变形等诸多因素的影响,加上 SMILE 具有无瓣、有效光学区较大、整体化和可避免静态旋转等方面的优势,使得因眼球旋转所导致的散光矢量差异并不明显。

目前,SMILE 相关设备尚无偏心调整或中心定位装置,手术医师在术中多采用瞳孔中心定位法或注视定位法对透镜中心进行定位。角膜屈光手术理想的矫正中心应该是视轴与角膜的交点,但由于视轴与角膜的交点在角膜上难以实现精确且稳定的定位,因此在患者有良好注视的情况下,可将视轴角膜反光点,即术前坐位时的角膜顶点 Apex 视为最理想的矫正中心的解剖位点。根据微透镜中心和术前坐位时角膜顶点 Apex 相对于瞳孔中心的方位和距离,间接定量计算出了微透镜的偏心值,其较以 Kappa 角作为偏移量的定量指标应更为精准^[17]。相对于眼球旋转,SMILE 术中偏心测量的干扰因素较少^[18]。本研究所测得的微透镜偏心值为 $(172 \pm 87) \mu\text{m}$,与 Liu 等^[10]研究测得的微透镜偏心值相近。Reinstein 等^[19]研究显示,Pentacam 检测结果的可重复性和可再现性较好,并且因其测量时的光线环境与 SMILE 术中的光线环境相似,其瞳孔直径测量结果之间的差异应很小;而且 SMILE 术中锥镜吸引所采用的负压较低,使得术眼眼压升高的量较小,因此引起的瞳孔大小变化也应较小。本研究所测得的术前瞳孔直径大于术中瞳孔直径(约为 1.2 倍),其可能与 Pentacam 检测时所采集图像的放大倍数约为锥镜接触角膜时所采集图像的放大倍数的 1.2 倍有关。因此,推测术中和术中所测得的瞳孔直径结果均较可靠。综上所述,本研究所测得的微透镜偏心值较可靠和准确。

本研究结果显示,术后 3 个月患者 CI 值接近 1,IS 值接近 0,提示 SMILE 对散光的矫正效果较好。微透镜偏心值与|DV|呈正相关,提示微透镜的偏心值可能与散光的矫正效果有关。而且,微透镜偏心值还与眼球静态旋转的角度呈正相关,其原因可能是眼球旋转的角度越大时,术中的眼位越不稳定,从而可能更容易引起微透镜偏心。本研究结果未发现微透镜偏心值与 AE 具有明显的相关性,也未发现眼球静态旋转角度与散光矫正效果具有明显相关性,可能与散光轴向的检

测和眼球静态旋转角度测量的干扰因素较多有关。因此,对于散光矫正来说,由于旋转检测结果的相对不确定性,加之目前 SMILE 术中尚无成熟、高效的旋转测量和补偿方法,根据术前角膜顶点 Apex 相对于瞳孔中心的方位和距离,如在术中尽量避免微透镜偏心,可能比在术中单纯进行眼球的旋转补偿更精准、安全和高效。据悉,具有偏心和旋转补偿功能的 SMILE 手术操作系统已研发成功,有望近期在市场上出现。

总之,SMILE 对散光的矫治效果较好,术中眼球静态旋转角度和微透镜偏心轻微;微透镜偏心值可能与眼球的静态旋转角度以及散光的差异矢量有关。因此,与单纯采取眼球旋转补偿的措施相比,术中进行微透镜中心定位时尽量靠近角膜顶点(apex)可更有效地改善散光的矫治效果。本研究样本量较小、随访时间较短,而且眼球静态旋转角度测量受到的干扰因素较多,加之复杂的散光矢量分析计算,使得本研究的大部分数据为偏态分布,未来仍需进行更大样本量的长期研究进行验证。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Moshirfar M, McCaughey MV, Reinstein DZ, et al. Small-incision lenticule extraction [J]. J Cataract Refract Surg, 2015, 41 (3) : 652-665. DOI:10.1016/j.jcrs.2015.02.006.
- [2] Zhang Y, Shen Q, Jia Y, et al. Clinical outcomes of SMILE and FS-LASIK used to treat myopia: a Meta-analysis [J]. J Refract Surg, 2016, 32(4) : 256-265. DOI:10.3928/1081597X-20151111-06.
- [3] Luft N, Schumann RG, Dirisamer M, et al. Wound healing, inflammation, and corneal ultrastructure after SMILE and femtosecond laser-assisted LASIK: a human *ex vivo* study [J]. J Refract Surg, 2018, 34(6) : 393-399. DOI:10.3928/1081597X-20180425-02.
- [4] Damgaard IB, Ang M, Mahmoud AM, et al. Functional optical zone and centration following SMILE and LASIK: a prospective, randomized, contralateral eye study [J]. J Refract Surg, 2019, 35(4) : 230-237. DOI:10.3928/1081597X-20190313-01.
- [5] Wong JX, Wong EP, Htoon HM, et al. Intraoperative centration during small incision lenticule extraction (SMILE) [J/OL]. Medicine (Baltimore), 2017, 96(16) : e6076 [2019-12-14]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28422822>. DOI:10.1097/MD.0000000000006076.
- [6] Ganesh S, Brar S, Pawar A. Results of intraoperative manual cyclotorsion compensation for myopic astigmatism in patients undergoing small incision lenticule extraction (SMILE) [J]. J Refract Surg, 2017, 33(8) : 506-512. DOI:10.3928/1081597X-20170328-01.
- [7] Chen P, Ye Y, Yu N, et al. Correction of astigmatism with smile with axis alignment: 6-month results from 622 eyes [J]. J Refract Surg, 2019, 35(3) : 138-145. DOI:10.3928/1081597X-20190124-02.
- [8] Xu J, Liu F, Liu M, et al. Effect of cyclotorsion compensation with a novel technique in small incision lenticule extraction surgery for the correction of myopic astigmatism [J]. J Refract Surg, 2019, 35(5) : 301-308. DOI:10.3928/1081597X-20190402-01.
- [9] Li M, Zhao J, Miao H, et al. Mild decentration measured by a Scheimpflug camera and its impact on visual quality following SMILE in the early learning curve [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(6) : 3886-3892. DOI:10.1167/iov.13-13714.
- [10] Liu M, Sun Y, Wang D, et al. Decentration of optical zone center and its

- impact on visual outcomes following SMILE[J]. *Cornea*, 2015, 34(4): 392-397. DOI: 10.1097/ICO.0000000000000383.
- [11] 王树林, 庞辰久, 张波, 等. 共轴注视定位法测量 SMILE 术透镜偏心值及偏心对视觉质量的影响[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2018, 20(11): 653-658. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2018.11.003.
- Wang SL, Pang CJ, Zhang B, et al. Measurement of lenticular decentration with the coaxial subject-fixation alignment method in SMILE and its impact on visual quality[J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2018, 20(11): 653-658. DOI: 10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2018.11.003.
- [12] Eydelman MB, Drum B, Holladay J, et al. Standardized analyses of correction of astigmatism by laser systems that reshape the cornea[J]. *J Refract Surg*, 2006, 22(1): 81-95.
- [13] Reinstein DZ, Archer TJ, Randleman JB. JRS standard for reporting astigmatism outcomes of refractive surgery[J]. *J Refract Surg*, 2014, 30(10): 654-659. DOI: 10.3928/1081597X-20140903-01.
- [14] Reinstein DZ, Gobbe M, Gobbe L, et al. Optical zone centration accuracy using corneal fixation-based smile compared to eye tracker-based femtosecond laser-assisted LASIK for myopia[J]. *J Refract Surg*, 2015, 31(9): 586-592. DOI: 10.3928/1081597X-20150820-03.
- [15] Jun I, Kang D, Reinstein DZ, et al. Clinical outcomes of smile with a triple centration technique and corneal wavefront-guided transepithelial PRK in high astigmatism[J]. *J Refract Surg*, 2018, 34(3): 156-163. DOI: 10.3928/1081597X-20180104-03.
- [16] Alió Del Barrio JL, Vargas V, Al-Shymali O, et al. Small incision lenticule extraction (SMILE) in the correction of myopic astigmatism: outcomes and limitations-an update[J/OL]. *Eye Vis(Lond)*, 2017, 4: 26 [2019-12-13]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29167808>. DOI: 10.1186/s40662-017-0091-9.
- [17] Prickett AL, Bui K, Hallak J, et al. Cyclotorsional and non-cyclotorsional components of eye rotation observed from sitting to supine position[J]. *Br J Ophthalmol*, 2015, 99(1): 49-53. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2014-304975.
- [18] 张佳媚, 王雁, 陈晓琴, 等. SMILE 与 LASIK 矫正低中度散光效果的矢量分析和比较[J]. *中华实验眼科杂志*, 2016, 34(5): 432-437. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.05.010.
- Zhang JM, Wang Y, Chen XQ, et al. Vector analysis and comparison of small incision lenticule extraction versus laser in-situ keratomileusis for low to moderate myopic astigmatism[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2016, 34(5): 432-437. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.05.010.
- [19] Reinstein DZ, Gobbe M, Archer TJ. Anterior segment biometry: a study and review of resolution and repeatability data[J]. *J Refract Surg*, 2012, 28(7): 509-520. DOI: 10.3928/1081597X-20120620-02.

(收稿日期: 2020-02-12 修回日期: 2020-05-05)

(本文编辑: 张宇)

读者·作者·编者

本刊对稿件的学术要求

文稿须有较高的学术价值, 具有创新性、科学性、导向性和实用性。文稿要求资料翔实、实事求是、立论新颖、方法学正确、论据充分、图表恰当、结果客观、结论可靠、论述严谨、符合逻辑、层次清晰、数据准确、语句通顺。

本刊稿件处理流程

本刊实行以同行审稿为基础的三级审理制度(编辑初审、专家外审、编委会终审)稿件评审。编辑部在稿件审理过程中坚持客观、公平、公正的原则, 郑重承诺审稿过程中尊重和保护审稿专家、作者及稿件的私密权。专家审理认为不宜刊用的稿件, 编辑部将告知作者专家的审理意见, 对稿件处理有不同看法的作者有权向编辑部申请复议, 但请写出申请理由和意见。

稿件审理过程中作者可通过“中华医学会杂志社远程稿件管理系统”查询稿件的审理结果。作者如需要采用通知或退稿通知可与编辑部联系。编辑部发给作者修改再修的稿件, 如 2 个月没有修回, 视为作者自行撤稿。编辑部的各种通知将通过 Email 发出, 投稿后和稿件审理期间请作者留意自己的电子信箱。作者自收到采用通知之日起, 即视为双方建立合约关系, 作者如撤稿必须向编辑部申诉理由并征得编辑部同意。一旦稿件进入编排阶段, 作者不应提出自撤稿件, 在此期间因一稿两投或强行撤稿而给本刊造成不良影响和/或经济损失者, 编辑部有权给以公开曝光、通报并实施经济赔偿, 作者自行承担一切责任和后果。

根据《中华人民共和国著作权法》的相关条文, 本刊编辑可对待发表的来稿按照编辑规范和专业知识进行文字加工、修改和删减, 修改后的稿件作者须认真校对核实, 修改涉及文章的核心内容时双方应进行沟通并征得作者同意。除了编辑方面的技术加工以外, 作者对已经发表论文的全部内容文责自负。稿件编辑流程中编辑退回作者修改的稿件逾期 2 个月不修回者, 视作自行撤稿。

本刊对论文中关键词的著录要求

本刊投稿的论文请分别在中英文摘要下方标引 3~5 个关键词以便于编制文献索引。关键词应选取能反映文章主题概念的词或词组, 中英文关键词应一致。投稿作者可登陆 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh> 或 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=mesh> 网站从美国国立医学图书馆的 MeSH 数据库中选取关键词, 其中文译名可参照中国医学科学院信息研究所编译的《医学主题词注释字顺表》。未被词表收录的新的专业术语(自由词)可直接作为关键词使用, 但应排序在最后。中医药关键词应从中国中医科学院中医药信息研究所编写的《中医药主题词表》中选取。关键词中的缩写词应按《医学主题词注释字顺表》还原为全称, 各关键词之间用“;”分隔。

(本刊编辑部)