

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术中旋转补偿对散光矫正疗效的 Meta 分析

陆志峰^{1,2}, 王子辰^{1,2}, 陆嘉君^{1,2}, 周佳佳^{1,2}, 俞莹^{1,2}, 梁舒^{1,2}

引用:陆志峰,王子辰,陆嘉君,等. 飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术中旋转补偿对散光矫正疗效的 Meta 分析. 国际眼科杂志 2023;23(5):797-803

基金项目:江苏省卫健委医学科研面上项目(No.H2019083);南通市科技计划项目(No. MSZ19061)

作者单位:¹(226001)中国江苏省南通市,南通大学附属医院眼科;²(226001)中国江苏省南通市,南通大学医学院

作者简介:陆志峰,在读硕士研究生,研究方向:屈光与视光。

通讯作者:梁舒,博士,主任医师,副教授,硕士研究生导师,研究方向:屈光与眼表疾病. maggie7766@163.com

收稿日期:2022-09-06 修回日期:2023-04-13

摘要

目的:比较飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(SMILE)术中旋转补偿对散光矫正的疗效。

方法:检索 PubMed、Web of Science、EMBASE、Cochrane 以及 CNKI、VIP、CBM 和 Wan Fang Data 数据库,纳入 2010-01/2022-08 试验组为 SMILE 术中进行旋转补偿;对照组为 SMILE 术中不进行旋转补偿的临床对照研究。由两名研究员独立进行文献筛选、质量评价和数据提取后,使用 Stata16.0 软件对术后裸眼远视力(UDVA)、残余散光、矢量分析法用于衡量散光矫正效果的指标[包括误差角度的绝对值(|AE|):手术矫正散光的轴向与预期的误差绝对值;误差大小(ME):手术矫正散光与预期的算数差值]和术后总高阶像差、球差、彗差进行 Meta 分析。

结果:最终纳入 7 篇文献,共 846 眼(试验组 442 眼,对照组 404 眼),Meta 分析结果显示,两组患者在残余散光 $\geq 1.00D$ 的眼所占百分比 ($OR = 0.17, 95\% CI: 0.06 \sim 0.49, P < 0.01$)、|AE| ($WMD = -1.56, 95\% CI: -2.68 \sim -0.45, P < 0.01$)、彗差 ($WMD = 0.06, 95\% CI: -0.08 \sim -0.04, P < 0.01$) 和总高阶像差 ($WMD = -0.04, 95\% CI: -0.06 \sim -0.02, P < 0.01$) 均有差异,但在术后 UDVA ($WMD = 0.00, 95\% CI: -0.02 \sim 0.01, P = 0.54$)、残余散光度数 ($WMD = 0.08, 95\% CI: -0.02 \sim 0.18, P = 0.10$)、ME ($WMD = -0.01, 95\% CI: -0.14 \sim 0.12, P = 0.85$) 及球差 ($WMD = 0.03, 95\% CI: -0.07 \sim 0.13, P = 0.52$) 均无差异。

结论:SMILE 术中进行旋转补偿能有效减少散光矫正时因眼球旋转所致的角度误差、降低术后残余散光,在精确矫正散光的临床疗效上更具优势。

关键词:飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术;散光;旋转补偿;Meta 分析

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.5.16

Meta - analysis of the efficacy of small incision lenticule extraction for astigmatism correction after cyclotorsion compensation

Zhi-Feng Lu^{1,2}, Zi-Chen Wang^{1,2}, Jia-Jun Lu^{1,2}, Jia-Jia Zhou^{1,2}, Ying Yu^{1,2}, Shu Liang^{1,2}

Foundation items: Medical Research Project of Jiangsu Commission of Health (No. H2019083); Nantong Municipal Science and Technology Project (No. MSZ19061)

¹Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China; ²Medical School of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Shu Liang. Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China; Medical School of Nantong University, Nantong 226001, Jiangsu Province, China. maggie7766@163.com

Received:2022-09-06 Accepted:2023-04-13

Abstract

• AIM: To compare the efficacy of and without small incision lenticule extraction (SMILE) with cyclotorsion compensation for astigmatism correction.

• METHODS: PubMed, Web of Science, EMBASE, Cochrane and CNKI, VIP, CBM, and Wan Fang Data were searched for clinically controlled studies from January 2010 to August 2022, including an experimental group with cyclotorsion compensation during SMILE and a control group without cyclotorsion compensation during SMILE. After literature screening, quality evaluation, and data extraction by two researchers independently, the Meta-analysis of uncorrected distance visual acuity (UDVA), residual astigmatism, vector analysis indicators for measuring the astigmatism correction including absolute value of angle of error (|AE|) and magnitude error (ME), and post-operative total higher order aberrations, spherical aberration and coma was carried out with Stata 16.0 software.

• RESULTS: Seven studies with a total of 846 eyes (442 in the experimental group, 404 in the control group) were finally included. The Meta-analysis showed that there were significant differences in the percentage of eyes with residual astigmatism $\geq 1.00D$ ($OR = 0.17, 95\% CI: 0.06 \sim 0.49, P < 0.01$), |AE| ($WMD = -1.56, 95\% CI: -2.68 \sim -0.45, P < 0.01$), the coma ($WMD = 0.06, 95\% CI: -0.08 \sim -0.04, P < 0.01$), and the total higher order aberrations ($WMD = -0.04, 95\% CI: -0.06 \sim -0.02, P < 0.01$). However, there were no differences in the postoperative UDVA ($WMD = 0.00,$

95%CI: -0.02~0.01, $P=0.54$), residual astigmatism ($WMD=0.08$, 95%CI: -0.02~0.18, $P=0.10$), ME ($WMD=-0.01$, 95%CI: -0.14~0.12, $P=0.85$), and the spherical aberration ($WMD=0.03$, 95%CI: -0.07~0.13, $P=0.52$).

• **CONCLUSION:** Cyclotorsion compensation in SMILE can reduce the angular error caused by eye rotation during astigmatism correction. It also decreases postoperative residual astigmatism. Overall, the SMILE with cyclotorsion compensation is superior in clinical efficacy of the precise correction of astigmatism.

• **KEYWORDS:** small incision lenticule extraction; astigmatism; cyclotorsion compensation; Meta analysis

Citation: Lu ZF, Wang ZC, Lu JJ, et al. Meta-analysis of the efficacy of small incision lenticule extraction for astigmatism correction after cyclotorsion compensation. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(5):797-803

0 引言

飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术 (small incision lenticule extraction, SMILE) 自 2011 年首次应用于临床以来,其在矫正近视和近视散光中展现出良好的安全性、有效性和可预测性^[1-3]。然而,不同于目前大多数准分子激光手术平台所拥有的瞳孔主动追踪或虹膜定位等功能, VisuMAX 飞秒激光系统缺乏眼球识别系统,无法对患者手术过程中由于体位或头位变化所引起的眼球旋转进行补偿^[4],这一点被认为是 SMILE 手术的局限性。研究表明,当眼球的旋转超过 2° 且并未进行补偿时,可能会导致严重的散光欠矫、增加角膜像差等影响^[5-6],因此如何补偿眼球的旋转误差以实现精确的散光矫正仍是 SMILE 手术面临的一个困境。在眼球识别系统出现之前,人工角膜缘标记辅助的旋转补偿已经在准分子激光原位角膜磨镶术 (laser-assisted *in situ* keratomileusis, LASIK) 中进行了精确的轴向对齐和散光矫正,并为术后患者提供了更好的视觉效果^[7]。Ganesh 等^[8]在 2017 年首次评估了这一旋转补偿法在 SMILE 手术中的应用,并认为是安全有效的,但其未设立非旋转补偿的 SMILE 对照组进行比较。本文将通过 Meta 分析,进一步明确旋转补偿的应用在 SMILE 手术后矫正散光的疗效,为临床工作中的手术治疗方案提供参考。

1 资料和方法

1.1 资料

1.1.1 检索策略 检索 PubMed、Web of Science、EMBASE、Cochrane 数据库中的英文文献,以及 CNKI、VIP、CBM 和 Wan Fang Data 数据库中的中文文献,收集国内外期刊发表的关于 SMILE 中有无旋转补偿对散光矫正疗效的临床对照研究,检索时间为 2010-01/2022-08。英文关键词为“SMILE”“astigmatism”“cyclotorsion compensation”“limbal making”,中文关键词为“飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术”“散光”“旋转补偿”“角膜缘标记”。检索完成后阅读已纳入文章的参考文献,补充并纳入相关研究。

1.1.2 纳入标准 (1) 研究对象:近视散光患者(术前散光度数 ≥ -0.25 DC);(2) 年龄 ≥ 18 岁;(3) 试验组:SMILE 术中进行旋转补偿;对照组:SMILE 术中未进行旋转补偿;(4) 研究设计:随机对照试验(randomized controlled trials, RCT)或对照试验(controlled trials, CT);(5) 研究中至少包括以下结局指标之一:术后裸眼远视力(uncorrected

distance visual acuity, UDVA);术后残余散光度数;矢量分析法用于衡量散光矫正效果的指标,包括误差角度的绝对值(angle of error, |AE|);手术矫正散光的轴向与预期的误差绝对值;误差大小(magnitude error, ME);手术矫正散光与预期的算数差值;术后总高阶像差(higher-order aberrations, HOAs)、术后球差、术后彗差。

1.1.3 排除标准 (1) 会议、综述和病例报告等相关文献;(2) 内容相同的文献;(3) 研究中未设立对照组;(4) 非中英文文献;(5) 结局指标无法提取或推算。

1.2 方法

1.2.1 文献筛选及质量评估 两名研究者按照纳入标准和排除标准独立完成所有文献的筛选和质量评估,当出现疑义时,通过阅读全文并讨论达成一致或由第 3 名研究者进行评判。对本研究中的随机对照试验使用“Cochrane 偏倚风险评估工具”进行质量评估,对于对照试验使用 Newscaster Ottawa Scale (NOS) 量表进行评估,满分为 9 分,低质量:0~3 分;中等质量:4~6 分;高质量:7~9 分。

1.2.2 数据提取 两名研究者独立完成纳入文献数据的提取并录入表格,内容包括第一作者、发表时间、国家和地区、研究设计类型、研究对象的基线特征、干预措施、相关结局指标、随访时间,必要时需联系原作者以获取原始数据,交叉比较后若存在分歧则由第 3 名研究者协调处理。

统计学分析:使用 Stata16.0 进行统计学分析。连续性变量效应值使用加权均数差(weighted mean difference, WMD),二分类变量使用比值比(odds ratio, OR),计算 95% 置信区间(confidence intervals, CI)并制作森林图。使用 I^2 检验来定量评估纳入研究的异质性。对异质性低($I^2 \leq 50\%$, $P \geq 0.1$)的研究使用固定效应模型进行分析,对异质性高($I^2 > 50\%$, $P < 0.1$)的研究使用随机效应模型,并设立亚组进一步分析异质性来源。Egger 检验用于评估所纳入文献的发表偏倚。检验水准: $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 文献筛选流程 经过初筛后共计得到 142 篇文献,去重后剩余 86 篇。阅读标题和摘要后排除 54 篇不相关文献。余下文献进行全文阅读后,排除 25 篇文献,最终得到 7 篇^[9-15]文献。文献筛选流程见图 1。

2.2 纳入文献的基本特征和质量评价 纳入文献^[9-15]的基本特征见表 1。对纳入的 4 篇随机对照研究使用 Cochrane 偏倚风险评估工具进行质量评估,均具有较高质量,见图 2。对纳入的 3 篇非随机对照研究采用 NOS 量表进行质量评估,均为高质量,见表 2。

2.3 Meta 分析结果

2.3.1 两组患者术后 UDVA 比较的 Meta 分析结果 纳入的 7 篇文献^[9-15]报道 UDVA, Meta 分析结果显示各研究结果之间异质性较高($I^2 = 57.24\%$, $P = 0.03$),采用随机效应模型,两组患者术后 UDVA 比较差异无统计学意义($WMD = 0.00$, 95%CI: -0.02~0.01, $P = 0.54$)。根据随访时间不同分为随访 3mo^[10,12-15]和随访 6mo 亚组^[9,11]进行分析,异质性下降。随访 3mo 亚组间^[10,12-15]无异质性($I^2 = 20.97\%$, $P = 0.28$),两组患者术后 UDVA 比较差异无统计学意义($WMD = 0.00$, 95%CI: -0.01~0.02, $P = 0.46$)。随访 6mo 亚组间^[9,11]无异质性($I^2 = 0\%$, $P = 0.59$), Meta 分析结果显示试验组术后 UDVA 优于对照组,差异具有统计学意义($WMD = -0.05$, 95%CI: -0.08~-0.01, $P = 0.01$),见图 3。

表 1 纳入文献的基本特征

作者	国家	研究设计	眼数		年龄(岁)		术前柱镜度数($\bar{x}\pm s, D$)		随访时间(mo)	结局指标
			试验组	对照组	试验组	对照组	试验组	对照组		
Chen 等 ^[9]	中国	RCT	54	30	24.2±2.6	23.5±4.3	-1.72±0.71	-1.67±0.54	6	1,2,3
Kang 等 ^[10]	韩国	CT	55	55	27.5±6.2	28.6±6.4	-1.09±0.97	-0.90±0.66	3	1,2,4,5,6
Köse 等 ^[11]	土耳其	CT	62	62	26.7±3.6	24.8±3.8	-1.87±0.90	-1.97±1.02	6	1,2,3
Wang 等 ^[12]	中国	RCT	120	120	22±4	23±5	-1.55±0.61	-1.57±0.66	3	1,2,3
Xu 等 ^[13]	中国	RCT	66	66	18~39		-1.52±0.81	-1.57±0.82	3	1,2,3,4
高萌蔓等 ^[14]	中国	CT	34	24	20.2±3.3	21.4±5.5	-2.03±0.41	-1.84±0.35	3	1,2,3
汪涛等 ^[15]	中国	RCT	52	47	18~45		N/A	N/A	3	1,4,5,6

注:试验组;SMILE 术中不进行旋转补偿;对照组;SMILE 术中不进行旋转补偿;1:UDVA;2:残余散光度数;3:矢量分析术后散光参数;4:球差;5:彗差;6:HOAs。

表 2 NOS 量表质量评价

作者	研究对象选择	组间可比性	结果测量	总分
Kang 等 ^[10]	3	2	3	8
Köse 等 ^[11]	3	2	3	8
高萌蔓等 ^[14]	4	2	3	9

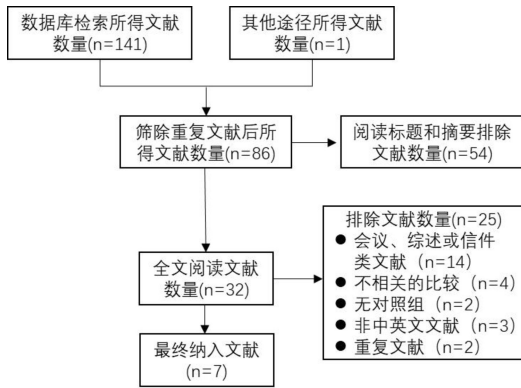


图 1 文献筛选流程。

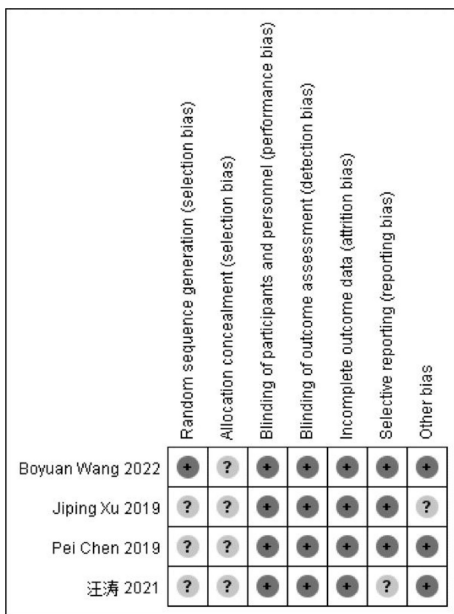


图 2 RCT 文献偏倚风险图。

2.3.2 两组患者术后残余散光比较的 Meta 分析结果

2.3.2.1 两组患者术后残余散光度数比较的 Meta 分析结果 纳入文献中有 6 篇文献^[9-14]报道术后残余的散光度数,结果显示各研究之间异质性较高($I^2 = 78.77\%$, $P <$

0.01),采用随机效应模型,Meta 分析结果显示两组患者术后残余散光度数比较差异无统计学意义($WMD = 0.08$, $95\% CI: -0.02 \sim 0.18$, $P = 0.10$)。根据随访时间不同分为随访 3mo^[10,12-14]和随访 6mo 亚组^[9,11]进行分析,异质性下降。随访 3mo 亚组间^[10,12-14]异质性仍较高($I^2 = 51.41\%$, $P = 0.10$),两组患者术后残余散光度数比较差异无统计学意义($WMD = 0.02$, $95\% CI: -0.05 \sim 0.09$, $P = 0.55$)。随访 6mo 亚组间^[9,11]无异质性($I^2 = 0\%$, $P = 0.69$),Meta 分析结果显示试验组术后残余散光低于对照组,差异具有统计学意义($WMD = 0.27$, $95\% CI: 0.17 \sim 0.37$, $P < 0.01$),见图 4。

2.3.2.2 两组患者术后残余散光 $\geq 1.00D$ 患者比例比较的 Meta 分析结果 纳入 5 篇文献^[9-13]报道术后残余散光 $\geq 1.00D$ 患者比例,结果显示各研究之间无异质性($I^2 = 0\%$, $P = 0.74$),采用固定效应模型,Meta 分析结果显示试验组术后残余散光 $\geq 1.00D$ 的比例低于对照组,差异有统计学意义($OR = 0.17$, $95\% CI: 0.06 \sim 0.49$, $P < 0.01$),见图 5。

2.3.3 两组患者术后矢量分析散光比较的 Meta 分析结果

2.3.3.1 两组患者术后 |AE| 比较的 Meta 分析结果 纳入文献中,有 5 篇文献^[9,11-14]报道了 |AE|,结果显示各研究之间异质性较高($I^2 = 62.51\%$, $P = 0.03$),采用随机效应模型,试验组 |AE| 小于对照组,差异有统计学意义($WMD = -1.56$, $95\% CI: -2.68 \sim -0.45$, $P = 0.01$)。根据随访时间不同分为随访 3mo^[12-14]和随访 6mo 亚组^[9,11]进行分析,异质性下降。随访 3mo 亚组间^[12-14]无异质性($I^2 = 0\%$, $P = 0.46$),Meta 分析结果显示试验组 |AE| 小于对照组,差异具有统计学意义($WMD = -0.85$, $95\% CI: -1.44 \sim -0.25$, $P = 0.01$)。随访 6mo 亚组间^[9,11]无异质性($I^2 = 0\%$, $P = 0.61$),Meta 分析结果显示试验组 |AE| 小于对照组,差异具有统计学意义($WMD = -2.67$, $95\% CI: -3.71 \sim -1.63$, $P < 0.01$),见图 6。

2.3.3.2 两组患者术后 ME 比较的 Meta 分析结果 纳入文献中,有 4 篇文献^[9,11-13]报道了 ME,结果显示各研究之间异质性较高($I^2 = 83.15\%$, $P < 0.01$),采用随机效应模型,两组患者术后 ME 比较差异无统计学意义($WMD = -0.01$, $95\% CI: -0.14 \sim 0.12$, $P = 0.85$),见图 7。

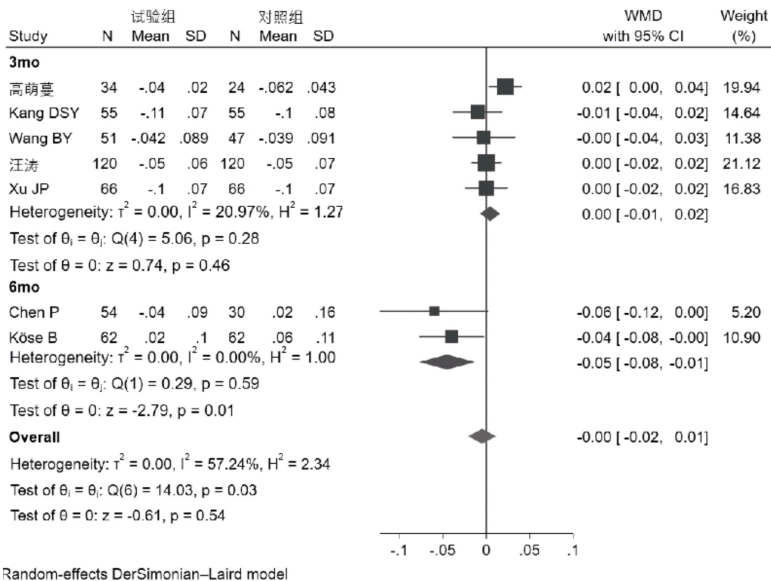


图3 两组患者术后UDVA比较的Meta分析结果。

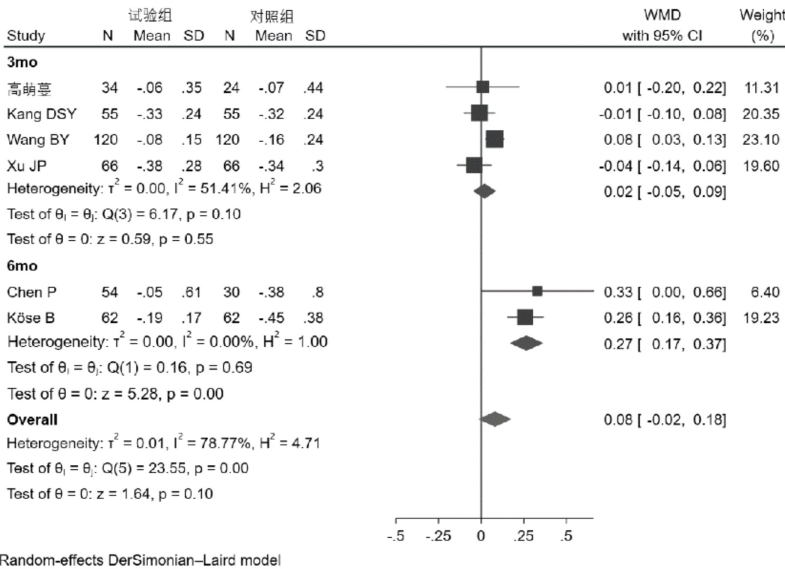


图4 两组患者术后残余散光度数比较的Meta分析结果。

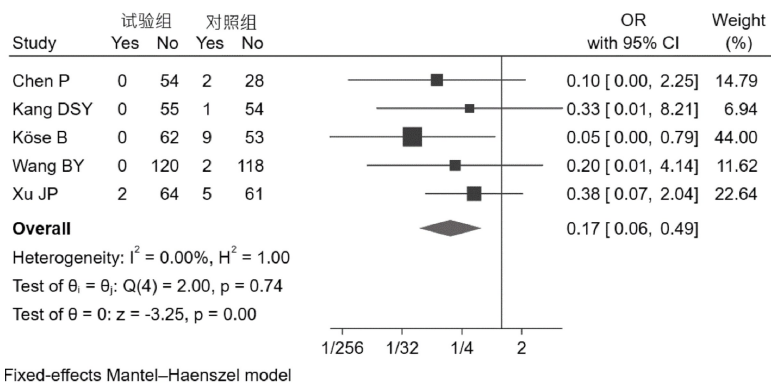


图5 两组患者术后残余散光≥1.00D患者比较的Meta分析结果。

2.3.4 两组患者术后高阶像差比较的Meta分析结果

2.3.4.1 两组患者术后球差比较的Meta分析结果 纳入文献中,有3篇文献^[10,13,15]报道术后球差,各研究之间异质性较高($I^2 = 98.40\%, P < 0.01$),采用随机效应模型,两组患者术后球差比较差异无统计学意义($WMD = 0.03, 95\% CI: -0.07 \sim 0.13, P = 0.52$),见图8。通过逐一剔除每篇文献进行敏感性分析,结果显示剔除任一文献后两组间差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表3,分析其异质性来源可

能与检查设备不同有关。

2.3.4.2 两组患者术后彗差比较的Meta分析结果 纳入文献中,有2篇文献^[10,15]报道术后彗差,结果显示各研究之间无异质性($I^2 = 0\%, P = 0.56$),采用固定效应模型,试验组患者术后彗差小于对照组,差异有统计学意义($WMD = -0.06, 95\% CI: -0.08 \sim -0.04, P < 0.01$),见图9。

2.3.4.3 两组患者术后总高阶像差比较的Meta分析结果 纳入文献中,有2篇文献^[10,15]报道了术后总高阶像差,

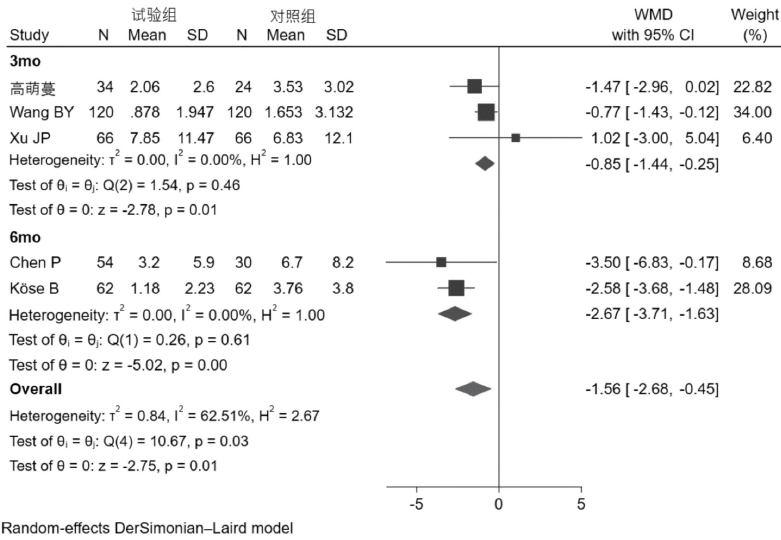


图 6 两组患者术后|AEI|比较的 Meta 分析结果。

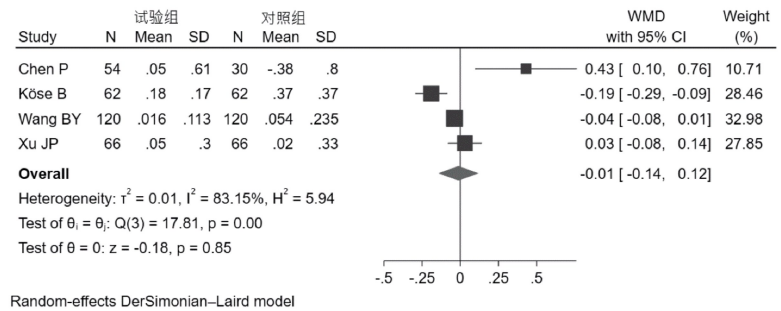


图 7 两组患者术后 ME 比较的 Meta 分析结果。

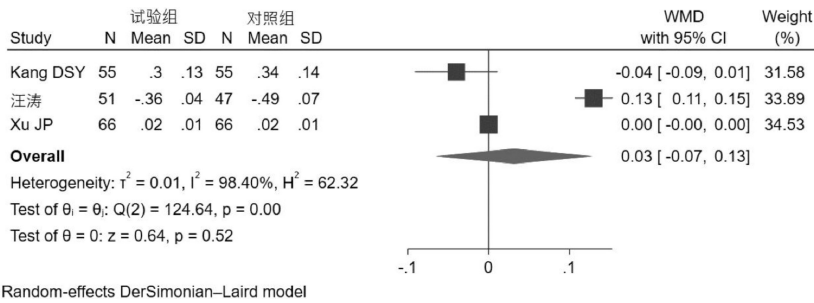


图 8 两组患者术后球差比较的 Meta 分析结果。

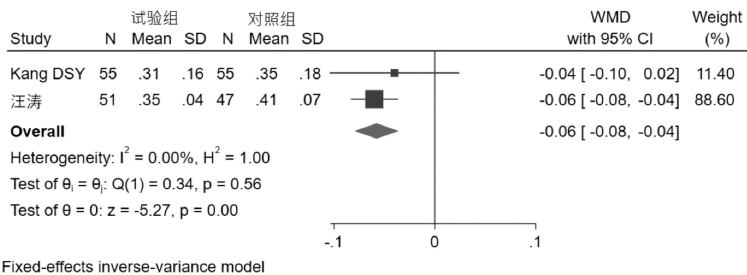


图 9 两组患者术后彗差比较的 Meta 分析结果。

结果显示各研究之间无异质性 ($I^2 = 0\%, P = 0.53$), 采用固定效应模型, 试验组患者术后总高阶像差小于对照组, 差异有统计学意义 ($WMD = -0.04, 95\% CI: -0.06 \sim -0.02, P < 0.01$), 见图 10。

2.3.5 敏感性分析与发表偏倚 对纳入文献数超过 2 篇的研究进行敏感性分析, 结果显示术后 UDVA、残余散光度数、残余散光 $\geq 1.00D$ 的百分比、|AEI|、ME、球差的合并效应结果在剔除文献前后统计学意义基本一致, 提示上述 6 项合并效应结果具有较好的稳定性, 见表 3。采用 Egger 检验对纳入文献超过 2 篇的研究进行发表偏倚检验, 发现

术后 UDVA 存在一定的发表偏倚, 该合并效应量需后期研究进一步证实, 其余指标存在发表偏倚的可能性小, 见表 3。

3 讨论

本研究通过所纳入的 7 篇文献对 SMILE 术中应用旋转补偿法对于散光矫正的疗效进行评价, 结果显示与对照组相比, 术后 UDVA、残余散光度数均无明显差异, 将这两项结局指标以随访时长进行亚组分析发现, 异质性下降明显。术后 3mo 两组间无差异, 而在术后 6mo 时试验组优于对照组, 提示 SMILE 术中旋转补偿可提高 UDVA 和降

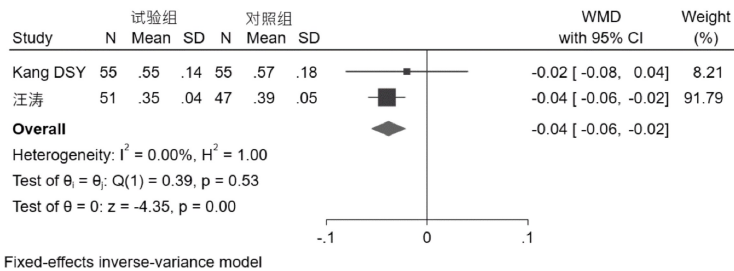


图 10 两组患者术后总高阶像差比较的 Meta 分析结果。

表 3 基于不同 Meta 分析的敏感性分析和发表偏倚检验

Meta 分析指标	剔除文献	敏感性分析				发表偏倚
		WMD/OR	95% CI	Z	P	Egger 检验 (P)
UDVA	Chen 等 ^[9]	0.00	-0.02~0.01	0.17	0.87	0.044
	Kang 等 ^[10]	0.00	-0.02~0.01	0.51	0.61	
	Köse 等 ^[11]	0.00	-0.01~0.01	0.08	0.94	
	Wang 等 ^[12]	-0.01	-0.03~0.01	0.75	0.45	
	Xu 等 ^[13]	-0.01	-0.03~0.01	0.72	0.47	
	高萌蔓等 ^[14]	-0.01	-0.02~0.00	1.33	0.18	
	汪涛等 ^[15]	-0.01	-0.02~0.01	0.64	0.52	
残余散光度数	Chen 等 ^[9]	0.06	-0.03~0.16	1.28	0.20	0.788
	Kang 等 ^[10]	0.11	-0.01~0.22	1.77	0.08	
	Köse 等 ^[11]	0.03	-0.04~0.11	0.83	0.40	
	Wang 等 ^[12]	0.09	-0.06~0.23	1.20	0.23	
	Xu 等 ^[13]	0.11	-0.00~0.22	2.00	0.05	
	高萌蔓等 ^[14]	0.09	-0.02~0.20	1.67	0.10	
	汪涛等 ^[15]	-0.01	-0.02~0.01	0.64	0.52	
残余散光度数 ≥ 1.00D 的眼百分比	Chen 等 ^[9]	0.18	0.06~0.56	2.94	0.003	0.272
	Kang 等 ^[10]	0.16	0.05~0.49	3.18	0.001	
	Köse 等 ^[11]	0.26	0.08~0.88	2.17	0.03	
	Wang 等 ^[12]	0.16	0.02~0.46	3.08	0.002	
	Xu 等 ^[13]	0.10	2.17~42.11	2.99	0.003	
	高萌蔓等 ^[14]	0.18	0.06~0.56	2.94	0.003	
	汪涛等 ^[15]	-0.01	-0.02~0.01	0.64	0.52	
AE	Chen 等 ^[9]	-1.38	-2.53~-0.24	2.36	0.02	0.636
	高萌蔓等 ^[14]	-1.60	-3.11~-0.10	2.08	0.04	
	Köse 等 ^[11]	-1.06	-1.97~-0.15	2.28	0.02	
	Wang 等 ^[12]	-2.02	-3.19~-0.84	3.36	0.0008	
	Xu 等 ^[13]	-1.74	-2.89~-0.59	2.96	0.003	
ME	Chen 等 ^[9]	-0.06	-0.17~0.04	1.19	0.24	0.615
	Köse 等 ^[11]	0.05	-0.09~0.20	0.72	0.47	
	Wang 等 ^[12]	0.04	-0.21~0.29	0.32	0.75	
	Xu 等 ^[13]	-0.01	-0.20~0.17	0.12	0.91	
球差	Kang 等 ^[10]	0.06	-0.06~0.19	0.99	0.32	0.624
	汪涛等 ^[15]	-0.01	-0.05~0.02	0.64	0.52	
	Xu 等 ^[13]	0.05	-0.12~0.21	0.55	0.58	

低残余散光,在术后长期可能优于未进行补偿的 SMILE,但考虑到亚组分析后的纳入文献数量减少,该结论仍需更多长期的研究进行验证。

目前,SMILE 手术是一项较为成熟的角膜屈光手术技术,多项研究已经证明其对于矫正近视及近视散光的有效性和安全性^[1,2,16]。然而,其在矫正散光时存在矫正不足的倾向,且当术前散光较大时这种欠矫更为明显^[17-19]。散光矫正不足的原因与眼球旋转导致的散光轴位偏移有关,当人从直立位到平卧位时由于前庭系统的生理功能会引起眼球不自愿的旋转,称之为静态旋转,Ganesh 等^[8]研究中高达 82% 的患者在体位变化时会出现这一现象。此

外术中固视不佳也会引起散光轴位的偏移,称之为动态旋转^[20]。与目前多数准分子激光平台相比,VisuMax 飞秒激光系统由于缺乏眼球识别、追踪系统,无法在术中对眼球的静态旋转进行补偿,只能依靠术者的经验进行主观的调整,而眼球在负压环的吸引固定下,动态旋转对散光矫正的影响理论上而言微乎其微^[21]。研究表明,散光患者矫正过程中眼球旋转 4° 会产生 14% 的欠矫,并且随着旋转度数增加,散光矫正不足和轴位偏差会成比例增加^[6,22]。Köse 等^[11] 研究发现了 74.8% 患眼产生 3.52° ± 2.23° 的旋转误差,以及 11.3% 的患眼超过 5° 的误差,这与 Ganesh 等^[8] 研究相似。因此若不对产生的旋转误差进行补偿,则

可能无法实现散光的精确矫正。

在本次 Meta 分析中,我们通过矢量分析中的|AE|评估散光矫正的角度误差大小,发现经过旋转补偿后 SMILE 的|AE|小于对照组,说明主动旋转补偿有效改善了因眼球旋转引起的散光轴位的偏差。然而误差大小 ME 以及残余散光度数在两组之间并未表现出差异,Wang 等^[12]研究也认为虽然 SMILE 中进行旋转补偿能够减少残余散光,但其减少的幅度很小。我们推测是由于眼球旋转误差的补偿对于低度散光的矫正效果影响较小,对于高度散光影响较大有关,而各项研究均纳入了不同程度的散光患者,从而导致这两项结局指标的合并效应值未出现差异。此外,在残余散光度数 $\geq 1.00D$ 的百分比这个二分类指标中,经旋转补偿后的患者要少于未进行补偿的患者,这说明 SMILE 术中进行旋转补偿能有效降低术后残余散光 $\geq 1.00D$ 的比例,提升了手术的疗效,同时也从另一角度验证了上述推测。

Arba-Mosquera 等^[6]在先前的研究中报道了眼球旋转会引入像差的增加,以 4° 为例的旋转误差会增加 7%的彗差,21%的三叶草差以及更高阶的像差。在本研究中我们发现经旋转补偿的 SMILE 术后在彗差、总高阶像差方面要优于未经补偿的 SMILE,但在球差上无差异。然而由于报道像差的文献较少,容易导致研究结果产生误差,因此该结论仍需高质量的研究进一步分析。

本次 Meta 分析的研究结果存在一定的局限性:(1)本次搜索文献的语种限制为中文和英文,对于其他语种的文献可能存在遗漏;(2)由于纳入文献较少,且均为已发表的文献,因此存在一定的发表偏倚;(3)纳入研究的随访时长为 3~6mo,缺乏术后散光矫正的长期疗效评估。因此,未来需要更多设计完善的大样本随机对照试验进行长期的评估。

综上所述,对比未进行旋转补偿的 SMILE 手术,术中进行旋转补偿对于改善眼球旋转所致的角度误差、降低术后残余散光 $\geq 1D$ 眼的比例具有更好的效果,研究结果可为 SMILE 手术精确矫正散光提供建议和指导。

参考文献

- 1 Kim TI, Alió Del Barrio JL, Wilkins M, et al. Refractive surgery. *Lancet* 2019;393(10185):2085-2098
- 2 Ağca A, Tülü B, Yaşa D, et al. Long-term (5 years) follow-up of small-incision lenticule extraction in mild-to-moderate myopia. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(4):421-426
- 3 魏新龙,吕洋,郑鑫,等. SMILE 术后视觉质量的研究进展. *国际眼科杂志* 2022;22(7):1113-1117
- 4 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. *Eye Vis (Lond)* 2017;4:26
- 5 Lucena AR, Mota JA, Lucena DR, et al. Cyclotorsion measurement in laser refractive surgery. *Arq Bras Oftalmol* 2013;76(6):339-340
- 6 Arba-Mosquera S, Merayo-Llodes J, de Ortueta D. Clinical effects of pure cyclotorsional errors during refractive surgery. *Invest Ophthalmol Vis*

- Sci* 2008;49(11):4828-4836
- 7 Shen EP, Chen WL, Hu FR. Manual limbal markings versus iris-registration software for correction of myopic astigmatism by laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(3):431-436
- 8 Ganesh S, Brar S, Pawar A. Results of intraoperative manual cyclotorsion compensation for myopic astigmatism in patients undergoing small incision lenticule extraction (SMILE). *J Refract Surg* 2017;33(8):506-512
- 9 Chen P, Ye YM, Yu N, et al. Comparison of small incision lenticule extraction surgery with and without cyclotorsion error correction for patients with astigmatism. *Cornea* 2019;38(6):723-729
- 10 Kang DSY, Lee H, Reinstein DZ, et al. Comparison of the distribution of lenticule decentration following SMILE by subjective patient fixation or triple marking centration. *J Refract Surg* 2018;34(7):446-452
- 11 Köse B. Detection of and compensation for static cyclotorsion with an image-guided system in SMILE. *J Refract Surg* 2020;36(3):142-149
- 12 Wang BY, Wang Y, Zhang JM. Comparison of astigmatic correction with and without limbal marking during small incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2022;48(8):924-928
- 13 Xu JP, Liu F, Liu ML, et al. Effect of cyclotorsion compensation with a novel technique in small incision lenticule extraction surgery for the correction of myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2019;35(5):301-308
- 14 高萌萌,时钟,马月磊,等. 矢量分析法比较 SMILE 与波前像差引导的 FS-LASIK 矫正中高度散光的临床效果. *眼科新进展* 2020;40(11):1079-1083
- 15 汪涛,韩欣言. 角膜标记法飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术对角膜像差的影响. *眼科新进展* 2021;41(7):647-650
- 16 Kim JR, Bin Hwang H, Mun SJ, et al. Efficacy, predictability, and safety of small incision lenticule extraction: 6-months prospective cohort study. *BMC Ophthalmol* 2014;14:117
- 17 Pedersen IB, Ivarsen A, Hjortdal J. Changes in astigmatism, densitometry, and aberrations after SMILE for low to high myopic astigmatism: a 12-month prospective study. *J Refract Surg* 2017;33(1):11-17
- 18 Kanellopoulos A. Topography-guided LASIK versus small incision lenticule extraction (SMILE) for myopia and myopic astigmatism: a randomized, prospective, contralateral eye study. *J Refract Surg Thorofare N J* 1995 2017;33(5):306-312
- 19 Khalifa MA, Ghoneim AM, Shaheen MS, et al. Vector analysis of astigmatic changes after small-incision lenticule extraction and wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2017;43(6):819-824
- 20 Tjon-Fo-Sang MJ, de Faber JT HN, Kingma C, et al. Cyclotorsion: a possible cause of residual astigmatism in refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2002;28(4):599-602
- 21 张鹏程,江文珊,刘银. SMILE 术中眼球移位对角膜切削精度和屈光状态的影响. *国际眼科杂志* 2022;22(7):1178-1182
- 22 Alió JL, Pachkoria K, El Aswad A, et al. Laser-assisted *in situ* keratomileusis in high mixed astigmatism with optimized, fast-repetition and cyclotorsion control excimer laser. *Am J Ophthalmol* 2013;155(5):829-836