

# 角膜地形图引导与波前像差优化的 FS-LASIK 术后高阶像差比较的 Meta 分析

范浩博<sup>1,2</sup>, 宋唯琦<sup>1,2</sup>, 唐秀平<sup>1,2</sup>, 王 英<sup>1,2</sup>, 陈思宇<sup>1,2</sup>, 谢 娟<sup>1,2</sup>, 邹云春<sup>1,2</sup>

引用: 范浩博, 宋唯琦, 唐秀平, 等. 角膜地形图引导与波前像差优化的 FS-LASIK 术后高阶像差比较的 Meta 分析. 国际眼科杂志 2021;21(10):1757-1763

基金项目: 四川省科技厅计划项目 (No.2015JY0263); 四川省医学科研课题 (No.S18034); 南充市科技项目市校合作战略合作专项 (No.18SXHZ0386)

作者单位: <sup>1</sup>(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院附属医院眼科; <sup>2</sup>(637000) 中国四川省南充市, 川北医学院眼视光学系

作者简介: 范浩博, 川北医学院眼科学在读硕士研究生, 研究方向: 屈光不正、小儿斜弱视。

通讯作者: 邹云春, 毕业于四川大学, 博士, 教授, 川北医学院眼视光学系副主任, 硕士研究生导师, 研究方向: 斜视弱视的基础与临床研究、近视防控. zychun03@163.com

收稿日期: 2021-03-12 修回日期: 2021-09-07

## 摘要

**目的:** 系统评价经角膜地形图引导与波前像差优化的 FS-LASIK 术后屈光度与高阶像差的增幅。

**方法:** 检索 PubMed、the Cochrane Library、Medline、CNKI、CBM、VIP 和 WanFang Data 数据库中的 RCT 与 CT 研究, 语言限定为中文或英文, 语言限定为中文或英文。对纳入的 RCT 与 CT 文献分别采用《Cochrane 干预措施系统评价手册》中偏倚风险评价工具与《NOS 量表》进行质量评价; 对纳入文献的发表偏倚采用 Egger 检验进行检测; 采用 Review Manager 5.4 软件进行 Meta 分析。

**结果:** 共有 8 篇文献符合纳入和排除标准, 包含 987 例研究对象 (角膜地形图引导组 482 例, 波前像差优化组 505 例)。Meta 分析结果显示: 地形图引导组术后等效屈光度高于波前优化组 [WMD = 0.11, 95% CI (0.07, 0.14),  $P < 0.00001$ ]; 与波前优化组相比, 地形图引导组术后能够获得更低的 HOAs [WMD = -0.09, 95% CI (-0.13, -0.05),  $P < 0.0001$ ]; 球差 [WMD = -0.05, 95% CI (-0.09, -0.01),  $P = 0.008$ ]; 彗差 [WMD = -0.08, 95% CI (-0.12, -0.05),  $P < 0.00001$ ] 增幅。

**结论:** 经角膜地形图引导的 FS-LASIK 手术方式能使患者获得更高的屈光度, 并有效降低术后 HOAs、球差、彗差增幅。

**关键词:** 角膜地形图引导; 波前像差优化; 像差; 飞秒激光; 角膜磨镶术

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.10.19

## Meta - analysis of corneal topography - guided and wavefront aberration - optimized comparison of higher - order aberrations after FS-LASIK

Hao-Bo Fan<sup>1,2</sup>, Wei-Qi Song<sup>1,2</sup>, Xiu-Ping Tang<sup>1,2</sup>, Ying Wang<sup>1,2</sup>, Si-Yu Chen<sup>1,2</sup>, Juan Xie<sup>1,2</sup>, Yun-Chun Zou<sup>1,2</sup>

**Foundation items:** Scientific Research Project of Science and Technology Department of Sichuan Province (No. 2015JY0263); Scientific Research Project of Health and Family Planning Commission of Sichuan Province (No.S18034); Special Project of City - School Science and Technology Strategic Cooperation of Nanchong (No.18SXHZ0386)

<sup>1</sup>Department of Ophthalmology, the Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China; <sup>2</sup>Department of Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China

**Correspondence to:** Yun-Chun Zou. Department of Ophthalmology, the Affiliated Hospital of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China; Department of Optometry, North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, Sichuan Province, China. zychun03@163.com

Received: 2021-03-12 Accepted: 2021-09-07

## Abstract

• **AIM:** To evaluate the effect of higher-order aberrations (HOAs) after topography - guided and wavefront - optimized femtosecond laser - assisted *in situ* keratomileusis (FS-LASIK).

• **METHODS:** We searched on PubMed, the Cochrane Library, Medline, CNKI, CBM, VIP and WanFang Data database for randomized controlled trials (RCTs) and comparative studies (CTs). The published languages were limited to Chinese and English. The risk bias tool provided by the Cochrane cooperation scale and Newcastle-Ottawa Scale were used to assess the risk bias of included studies of RCTs and CTs. The published biases of included studies were assessed by the Egger test. Meta-analysis was performed with Review Manager 5.4.

• **RESULTS:** Two randomized controlled trials and six comparative studies with a total of 987 subjects were included (482 in the topography-guided FS-LASIK group, 505 in the wavefront optimized FS - LASIK group). The Meta-analysis showed that the topography-guided group has a better effect than the wavefront-optimized group in

spherical equivalent, the difference between the two groups was statistically significant [  $WMD = 0.11$ , 95%  $CI$  (0.07, 0.14),  $P < 0.00001$  ]. And the results also indicated that there was a significant difference between the two groups with HOAs [  $WMD = -0.09$ , 95%  $CI$  (-0.13, -0.05),  $P < 0.0001$  ], spherical aberrations [  $WMD = -0.05$ , 95%  $CI$  (-0.09, -0.01),  $P = 0.008$  ] and coma [  $WMD = -0.08$ , 95%  $CI$  (-0.12, -0.05),  $P < 0.00001$  ].

• **CONCLUSION:** Based on the available evidence, topography-guided FS-LASIK has higher diopter and lower HOAs, spherical aberrations and coma than wavefront-optimized FS-LASIK.

• **KEYWORDS:** topography-guided; wavefront-optimized; aberration; femtosecond laser; keratomileusis

**Citation:** Fan HB, Song WQ, Tang XP, *et al.* Meta-analysis of corneal topography-guided and wavefront-aberration-optimized comparison of higher-order aberrations after FS-LASIK. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(10):1757-1763

## 0 引言

随着技术的发展,屈光手术因其安全性、可靠性正逐渐成为更多近视患者的选择<sup>[1]</sup>。有调查显示<sup>[2]</sup>,屈光手术除能使患者获得更好的裸眼视力外,还能够有效提升其生活质量。我国作为近视高发国家,研究显示2018年我国儿童青少年总体近视率为53.6%<sup>[3]</sup>。可预计未来一段时间内,我国青壮年近视患者人数会持续增加,屈光手术总量也将呈现持续上升状态。

如今,角膜激光类手术方式已从早期单一术式转变为多种不同术式。飞秒激光制瓣的准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond LASIK, FS-LASIK)在手术设计上可以与患者眼部特点进行结合,如通过Q值引导、波前像差优化(wavefront-optimized)、地形图引导(topography-guided)等方式实施个性化手术方案,以实现进一步提升其术后视觉质量而被广泛应用。其中,波前像差优化<sup>[4]</sup>与地形图引导<sup>[5]</sup>分别通过处理全眼高阶像差与角膜前表面不规则性来降低术源性高阶像差的增幅,继而提升视觉质量<sup>[6]</sup>。目前,关于波前像差优化与地形图引导在术后高阶像差改善方面,何种方案存在优势,尚存在一定争议<sup>[7-9]</sup>。鉴于这一研究现状,本文将通过Meta分析,旨在探究两种手术方案在术后高阶像差的增幅情况,为临床工作中的手术选择与应用提供参考。

## 1 资料和方法

**1.1 资料** 搜集各数据库从建库起至2021-03角膜地形图引导与波前像差优化的FS-LASIK术后视觉质量对比的相关研究。纳入标准:(1)研究对象:1)近视屈光度0~-10.00D;2)年龄18~49岁;3)术前两组患者最佳矫正视力、等效屈光度、高阶像差(higher-order aberrations, HOAs)等无统计学意义;4)排除患有圆锥角膜、角膜变性、角膜营养不良、青光眼等眼部疾病以及有眼外伤、眼部手术史者;(2)干预措施:将行角膜地形图引导的FS-LASIK和波前像差优化的FS-LASIK的术眼分别分为角膜地形图引导组(TG组)、波前像差优化组(WFO组),两组术前、术后处理相同;(3)结局指标:术后等效屈光度、术后HOAs增幅、术后球差增幅、术后彗差增幅、术后三叶草像

差增幅;(4)研究设计:随机对照试验(randomized controlled trials, RCT)、对照试验(controlled trials, CT)。排除标准:(1)不符合纳入标准的文献;(2)无法获取全文、无法提取完整资料的文献;(3)重复发表的文献;(4)中文或英文以外的文献。

## 1.2 方法

**1.2.1 检索策略** 检索数据库为PubMed、the Cochrane Library、Medline、CNKI、CBM、VIP和WanFang Data。检索语言为中文或英文;英文关键词包括topography-guided、wavefront-optimized、LASIK、Higher-order aberrations;中文关键词包括地形图引导、波前像差优化、准分子激光原位角膜磨镶术、高阶像差。根据不同数据库与网站适当调整检索词,同时阅读已纳入文章或相关系统评价的参考文献,补充并纳入相关研究。

**1.2.2 文献筛选及资料提取** 所有文献筛选与资料提取均有2名研究员独立完成,并交叉核对;当出现2名研究员意见不一致时,则同第3名研究员讨论并取得结果;当文章信息不全时,尽可能与原作者取得联系并予以补充。文献相关资料提取完成后录入自制的资料提取表中,提取表内容包括第一作者名称、出版年份、国家和地区、研究类型、研究时长、研究对象的基线特征、主要结局指标等信息。

**1.2.3 纳入研究的偏倚风险评估** 由2名研究员完成偏倚风险评估。针对RCT采用《Cochrane 干预措施系统评价手册》中偏倚风险评估工具评价,针对CT采用Newcastle-Ottawa Scale(NOS)评价表进行评价,将偏倚结果纳入文献偏倚风险程度表中。

**统计学分析:**采用Review Manager 5.4软件进行Meta分析。应用均值、标准差,计算加权均数差(weighted mean differences, WMDs)和95%可信区间(confidence intervals, CI),将之作为TG组和WFO组的术后等效屈光度、HOAs、球差、彗差及相应增幅量的效应指标。对于研究间异质性采用 $I^2$ 检验。若各研究结果间无统计学异质性,则采用固定效应模型进行Meta分析;若存在异质性,则采用随机效应模型进行Meta分析,并通过逐一排除的方法分析其结果的异质性来源与其结果的敏感性。对于所纳入文献采用Egger检验评估其发表偏倚。

## 2 结果

**2.1 文献纳入结果** 经过初筛后得到共计592篇文献,去重后剩余365篇。通过阅读标题与摘要排除337篇不相关文献。余下文献阅读全文,最终得到8篇<sup>[10-17]</sup>符合Meta分析的研究。文献筛选流程及结果见图1。

**2.2 纳入研究的基本特征与偏倚风险评价** 纳入研究的基本特征见表1;文献质量评价结果见表2,图2。

## 2.3 Meta分析结果

**2.3.1 术后等效屈光度** 纳入文献中,有8篇文献通过术后等效屈光度作为主要结局指标进行测量。Meta分析结果显示,这8篇以术后等效屈光度作为结局指标的研究间无异质性( $P = 0.37$ ,  $I^2 = 7\%$ ),采用固定效应模型。结果显示角膜地形图引导的LASIK组在术后等效屈光度方面高于波前像差优化的LASIK组,差异有统计学意义[  $WMD = 0.11$ , 95%  $CI$  (0.07, 0.14),  $P < 0.00001$  ],见图3。

**2.3.2 术后HOAs增幅** 对比纳入文献中,有6篇文献通

表 1 纳入文献的基本信息

作者与年份	国家	年龄(岁)	研究类型	例数 TG 组/ WFO 组	术前等效屈光度(D)		随访时长	检测方式	主要结局指标
					TG 组	WFO 组			
Arun Kumar Jain 2016 <sup>[10]</sup>	美国	18~35	CT	35/35	-4.19±-1.92	-3.89±1.85	1d, 1wk, 1, 3, 6mo	WASCA	术后等效屈光度、HOAs、球差、彗差、三叶草像差
Kemal Ozulken 2019 <sup>[11]</sup>	土耳其	27.5±4.9	CT	32/32	-2.64±1.56	-2.65±1.64	3mo	WaveLight Oculyzer II	术后等效屈光度、球差
Kim Jaeryung 2019 <sup>[12]</sup>	韩国	18~45	RCT	43/43	-4.17±1.77	-4.12±1.84	2wk, 1, 3mo	WaveLight Topolyzer Vario	术后等效屈光度、HOAs、球差、彗差、三叶草像差
Kim Jaeryung 2020 <sup>[13]</sup>	韩国	-	CT	40/70	-4.45±1.75	-4.81±1.95	1d, 1wk, 1, 3mo	WaveLight Topolyzer Vario	术后等效屈光度、HOAs、球差、彗差、三叶草像差
Rohit Shetty 2017 <sup>[14]</sup>	印度	27.2±5.6	CT	30/30	-4.93±2.47	-5.08±2.50	1, 6mo	Pentacam	术后等效屈光度、HOAs、球差
Yu Zhang 2019 <sup>[15]</sup>	中国	28±6.9	RCT	216/216	-6.17±1.62	-6.09±1.68	6mo	WaveLight Topolyzer Vario	术后等效屈光度、HOAs、彗差
Zhang Li 2016 <sup>[16]</sup>	中国	TG 组:24.7±7.0 WFO 组:23.7±5.7	CT	44/43	-5.19±1.77	-5.39±1.34	6mo	WaveLight Topolyzer Vario	术后等效屈光度、球差
Zhang Li 2019 <sup>[17]</sup>	中国	TG 组:27.09±5.20 WFO 组:26.94±5.55	CT	42/36	-5.94±1.99	-5.49±1.91	6mo	VISX Wavescan Wavefront system	术后等效屈光度、HOAs、球差、彗差、三叶草像差

注: TG 组: 角膜地形图引导的 LASIK 组; WFO 组: 波前像差优化的 LASIK 组; -: 表示数据缺失。

表 2 NOS 评价表

作者与年份	研究对象选择	组间可比性	结果测量	总分
Arun Kumar Jain 2016	4	2	3	9
Kemal Ozulken 2019	4	2	3	9
Kim Jaeryung 2020	3	2	3	8
Rohit Shetty 2017	4	2	3	9
Zhang Li 2016	4	2	3	9
Zhang Li 2019	4	2	3	9

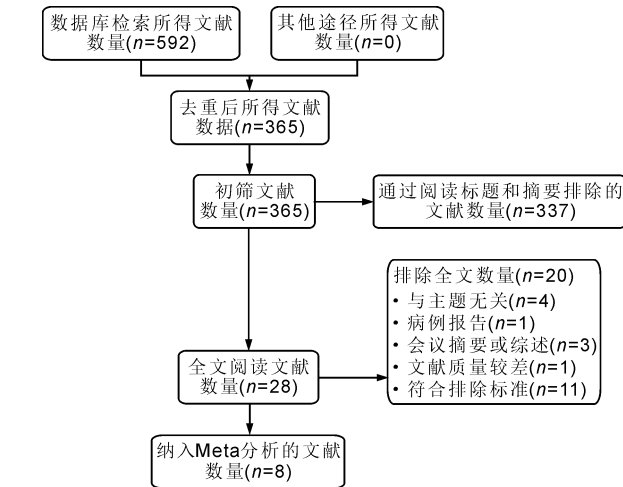


图 1 文献筛选流程及结果。

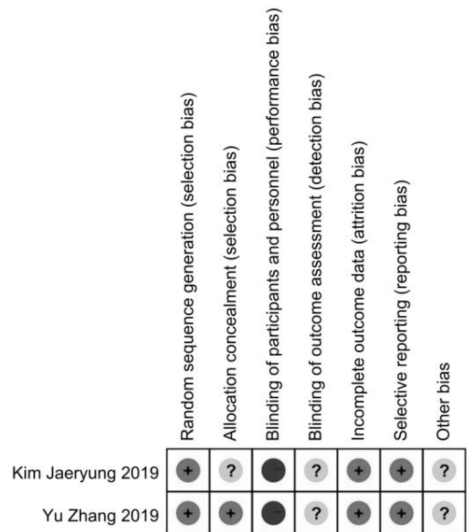


图 2 RCT 文献偏倚风险图。

过术后 HOAs 增幅作为主要结局指标进行测量。Meta 分析结果显示,这 6 篇以术后 HOAs 增幅为结局指标的研究间无异质性( $P=0.62, I^2=0\%$ ),采用固定效应模型。结果显示角膜地形图引导的 LASIK 组在术后 HOAs 增幅方面小于波前像差优化的 LASIK 组,差异有统计学意义 [ $WMD=-0.09, 95\%CI(-0.13, -0.05), P<0.0001$ ],见图 4。

**2.3.3 术后球差增幅对比** 纳入文献中,有 7 篇文献通过术后球差增幅作为主要结局指标进行测量。Meta 分析结果显示,这 7 篇以术后球差增幅为结局指标的研究间无异质性( $P=0.35, I^2=10\%$ ),采用固定效应模型,结果显示角膜地形图引导的 LASIK 组在术后球差增幅方面小于波前

像差优化的 LASIK 组,差异有统计学意义 [ $WMD=-0.05, 95\%CI(-0.09, -0.01), P=0.008$ ],见图 5。

**2.3.4 术后彗差增幅对比** 纳入文献中,有 5 篇文献通过术后彗差增幅作为主要结局指标进行测量。Meta 分析结果显示,这 5 篇以术后彗差增幅为结局指标的研究间无异质性( $P=0.09, I^2=50\%$ ),采用固定效应模型。结果显示角膜地形图引导的 LASIK 组在术后彗差增幅方面小于波前像差优化的 LASIK 组,差异有统计学意义 [ $WMD=-0.08, 95\%CI(-0.12, -0.05), P<0.00001$ ],见图 6。

**2.3.5 术后三叶草像差增幅对比** 纳入文献中,有 4 篇文



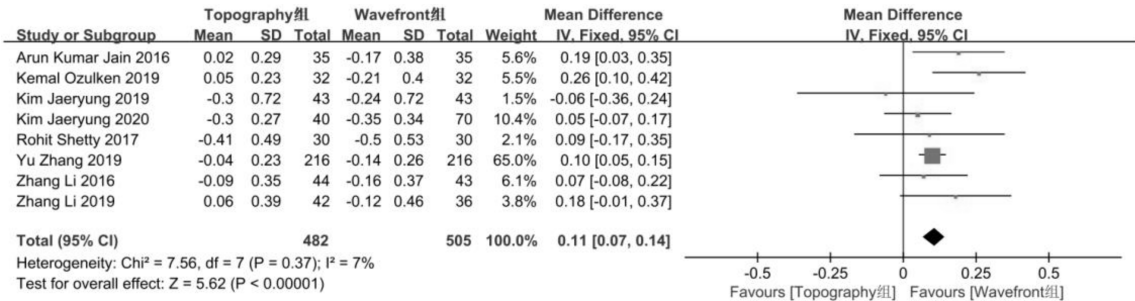


图3 术后等效屈光度森林图。

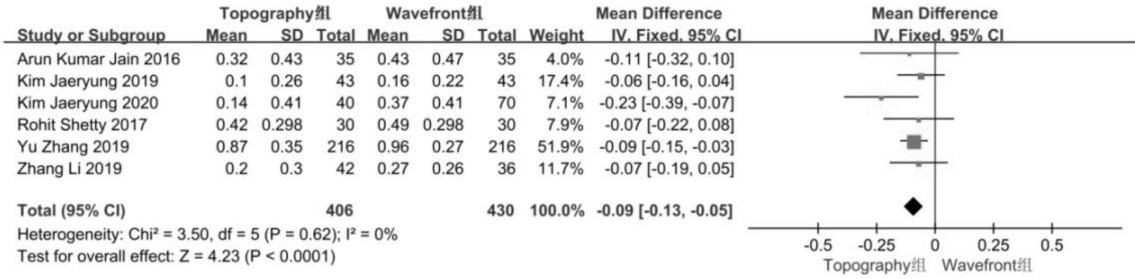


图4 术后HOAs增幅森林图。

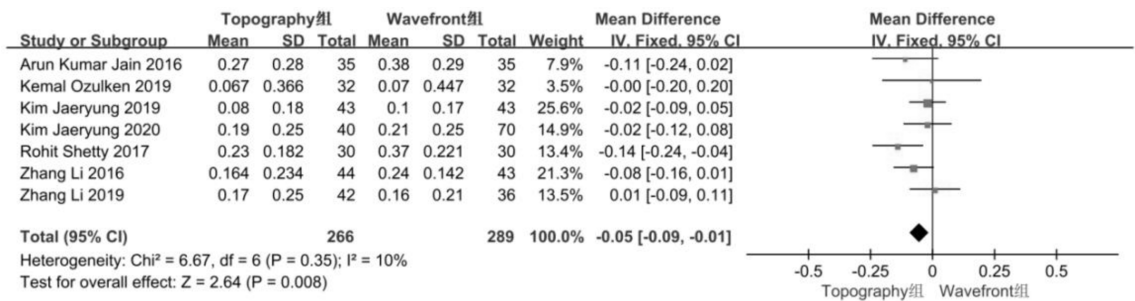


图5 术后球差增幅森林图。

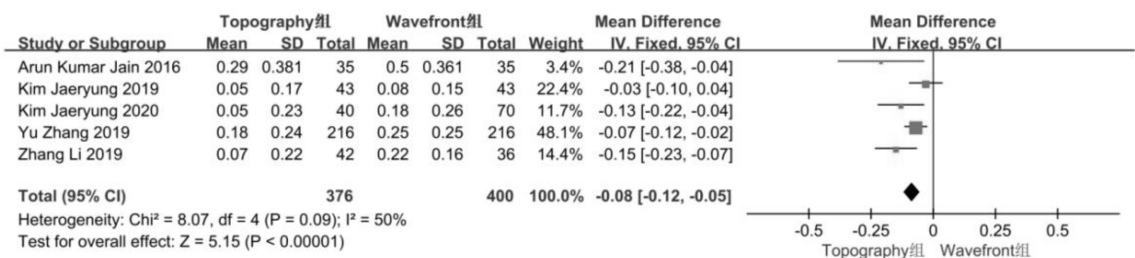


图6 术后彗差增幅森林图。

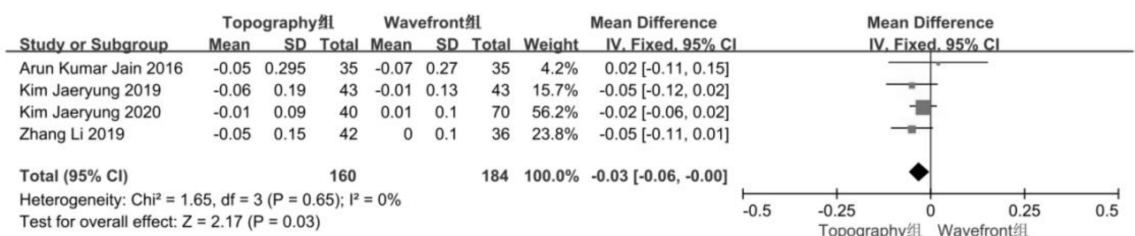


图7 术后三叶草像差增幅森林图。

献通过术后三叶草像差增幅作为主要结局指标进行测量。Meta分析结果显示,这4篇以术后三叶草像差增幅为结局指标的研究间无异质性( $P = 0.65, I^2 = 0\%$ ),采用固定效应模型。结果显示角膜地形图引导的LASIK组在术后三叶草像差增幅方面小于波前像差优化的LASIK组,差异有统计学意义 [ $WMD = -0.03, 95\% CI (-0.06, 0.00), P = 0.03$ ],见图7。

**2.3.6 敏感性与发表偏倚分析** 对各项结局指标采用逐一排除法进行敏感性分析,采用 Egger 检验检测发表偏倚,

见表3。结果显示术后等效屈光度、HOAs增幅、球差增幅与彗差增幅的合并效应结果在剔除文献前后统计学意义基本一致,提示上述四项合并效应结果具有良好的稳定性。而三叶草像差增幅则受剔除文献的影响较大,提示该项研究的合并效应结果稳定性较差,分析原因可能是由于目前纳入的研究数量较少所致,该项合并效应量有待后期研究进一步证实。对发表偏倚采用 Egger 检验后,结果显示各项结局指标均存在发表偏倚的可能性较低。

表 3 基于不同 Meta 分析指标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
		$I^2$	WMD	95%CI	Z	P	Egger 检验(P)
术后等效屈光度	Arun Kumar Jain 2016	7	0.10	0.06,0.14	5.22	<0.00001	0.6993
	Kemal Ozulken 2019	0	0.10	0.06,0.14	5.02	<0.00001	
	Kim Jaeryung 2019	6	0.11	0.07,0.15	5.71	<0.00001	
	Kim Jaeryung 2020	8	0.11	0.07,0.15	5.65	<0.00001	
	Rohit Shetty 2017	20	0.11	0.07,0.15	5.58	<0.00001	
	Yu Zhang 2019	18	0.12	0.06,0.18	3.74	0.0002	
	Zhang Li 2016	18	0.11	0.07,0.15	5.57	<0.00001	
	Zhang Li 2019	14	0.10	0.07,0.14	5.37	<0.00001	
HOAs 增幅	Arun Kumar Jain 2016	0	-0.09	-0.13,-0.05	4.11	<0.0001	0.5938
	Kim Jaeryung 2019	0	-0.10	-0.14,-0.05	4.12	<0.0001	
	Kim Jaeryung 2020	0	-0.08	-0.13,-0.04	3.61	0.0003	
	Rohit Shetty 2017	0	-0.09	-0.14,-0.05	4.14	<0.0001	
	Yu Zhang 2019	0	-0.09	-0.15,0.03	2.99	0.003	
	Zhang Li 2019	0	-0.09	-0.14,-0.05	4.10	<0.0001	
球差增幅	Arun Kumar Jain 2016	14	-0.05	-0.08,-0.01	2.28	0.02	0.8243
	Kemal Ozulken 2019	22	-0.05	-0.09,-0.01	2.68	0.007	
	Kim Jaeryung 2019	14	-0.06	-0.10,-0.02	2.75	0.006	
	Kim Jaeryung 2020	20	-0.06	-0.10,-0.02	2.69	0.007	
	Rohit Shetty 2017	0	-0.04	-0.08,0.00	1.78	0.07	
	Zhang Li 2016	19	-0.04	-0.09,-0.00	2.02	0.04	
	Zhang Li 2019	2	-0.06	-0.10,-0.02	2.91	0.004	
彗差增幅	Arun Kumar Jain 2016	50	-0.08	-0.11,-0.05	4.80	<0.00001	0.1336
	Kim Jaeryung 2019	39	-0.10	-0.14,-0.06	5.38	<0.0001	
	Kim Jaeryung 2020	57	-0.08	-0.11,-0.04	4.49	<0.00001	
	Yu Zhang 2019	59	-0.10	-0.14,-0.05	4.30	<0.0001	
	Zhang Li 2019	44	-0.07	-0.11,-0.04	4.15	<0.0001	
三叶草增幅	Arun Kumar Jain 2016	0	-0.03	-0.06,0.00	2.28	0.02	0.9618
	Kim Jaeryung 2019	0	-0.03	-0.06,0.00	1.74	0.08	
	Kim Jaeryung 2020	0	-0.04	-0.08,0.00	2.05	0.04	
	Zhang Li 2019	0	-0.02	-0.06,0.01	1.50	0.13	

### 3 讨论

本研究共纳入 8 篇文献,共计 987 例研究对象(TG 组 482 例,WFO 组 505 例)。Meta 分析结果显示:(1)与波前优化的方式相比,经地形图引导的方式能够获得更高的等效屈光度 [0.11, 95% CI (0.07, 0.14)]; (2) 两组术后 HOAs、球差与彗差均较术前有所增加;(3)与波前优化的方式相比,经地形图引导的方式能够获得更低的 HOAs [-0.09, 95% CI (-0.13, -0.05)]、球差 [-0.05, 95% CI (-0.09, -0.01)]、彗差 [-0.08, 95% CI (-0.12, -0.05)]、三叶草像差 [-0.03, 95% CI (-0.06, 0.00)] 增幅。同时,敏感性分析显示经逐一排除纳入研究后,除三叶草像差增幅外,其余结局指标受排除因素的影响较小,说明 Meta 分析的结果稳定、可信。因此,我们认为地形图引导的 FS-LASIK 在等效屈光度、HOAs、球差与彗差方面具有一定的优势。

如今已有大量研究证明,LASIK 手术可以对低阶像差 (lower-order aberrations, LOAs) 进行安全、有效地矫正<sup>[18-20]</sup>。随着技术发展,飞秒激光在替代板层刀的同时,也使得角膜瓣的厚度更加均匀、定位更加准确,为手术带来了更加可靠的预测性<sup>[21-22]</sup>。尽管如此,仍有部分患者表示术后产生了视物重影、眩光以及暗视力下降等问题<sup>[23-24]</sup>,这主要是由于术眼的高阶像差改变所致。如何

有效降低术源性高阶像差增幅,是解决并提升屈光手术术后视觉质量的重要问题。

Mrochen 等<sup>[25]</sup>于 2000 年提出采用波前像差引导作为个性化手术的方案。经过多年发展,波前优化技术的应用则为进一步提升对比敏感度、改善视觉质量、增加患者满意度提供了有力支撑<sup>[26]</sup>。它是一种利用球差数据进行的非球面切削方式<sup>[27]</sup>,而人眼的波阵面数据主要受角膜、晶状体、瞳孔及玻璃体形态等的影响<sup>[28]</sup>。

受年龄等因素影响,波阵面数据并非绝对稳定<sup>[10]</sup>。与波前优化不同的是,地形图引导并非考虑全眼像差。地形图引导则更多关注到人眼角膜,有研究显示角膜约占全眼总像差的 80%,是人眼像差的主要来源<sup>[29]</sup>,通过对人眼角膜进行多次重复采集进而获得角膜表面影像数据<sup>[30]</sup>。在检测过程中,地形图检测由于其自身特点,可以获得较波前像差检测更大的范围,并且可以有效涵盖周边角膜<sup>[17]</sup>。此外,因检测过程中仅涉及角膜,故不受瞳孔大小、眼调节、晶状体状况等因素影响<sup>[31]</sup>,检测稳定性较波前像差更高<sup>[10]</sup>。

同时,两者在切削中心点的选择上也有一些差异。波前优化的切削中心通常设计在瞳孔中心,而地形图引导的切削中心则是设计在视轴角膜反光点<sup>[7-32]</sup>。以视轴角膜反光点为中心的切削方式在减少切削中心术后偏心、降低

术源性高阶像差增幅等方面均有良好效果<sup>[33]</sup>。个性化方式与切削中心选择的差异也反映在切削深度方面, Ozulken 等<sup>[11]</sup>通过比较两组手术时切削深度的差异发现,波前优化会比地形图引导的切削深度更深。值得注意的是,在我们对术后等效屈光度进行 Meta 分析后发现,两组间术后等效屈光度存在一定差异,结合两种优化方式的不同,我们推测可能是由于波前像差优化的过程中对周边角膜的影响所致。

此外,Shetty 等<sup>[14]</sup>研究发现,在术后像差、球差与垂直彗差方面,地形图引导的 FS-LASIK 方式更为优异,而 El Awady 等<sup>[27]</sup>的研究也表明,地形图引导较波前优化的方式引入的垂直彗差与水平彗差更低。我们 Meta 分析的结论也显示了地形图引导在针对术源性高阶像差、球差与彗差增幅方面具有一定优势。

不过,也不能因此认为地形图引导的 FS-LASIK 可以完全取代波前优化方式,当患者内眼高阶像差过大时,仅关注角膜像差对患者术后视觉质量的提升是远远不够的。因此,在针对患者进行个性化方案的选择时,一定要根据其自身眼部情况。近期一项研究的发表<sup>[34]</sup>,则为个性化屈光手术方案作出了新的探索,这种采用波前像差与地形图相结合的新方式,能否取得更好的手术效果,仍需未来更多的研究验证。

本次纳入的 8 篇文献中,6 篇为 CT,另外 2 篇为 RCT。由于纳入的 RCT 研究均有不同程度的偏倚风险,因此本文存在一定的局限性,主要表现为:(1)本次 Meta 分析中纳入文献数量较少、缺乏设计完善的大样本 RCT 研究;(2)对于发表语言为非中英文的文献可能存在遗漏;(3)各研究间随访时间存在差异;(4)纳入研究均为已发表的文献,有存在发表偏倚的可能。

综上所述,经地形图引导的 FS-LASIK 手术方式能使患者获得更高的屈光度,并有效降低术后高阶像差增幅,但这一手术方式并不适用于所有屈光手术患者。对不同的患者而言,术后视力虽是屈光手术中最为关键的一点,但也应当关注到由于高阶像差变化所带来的潜在视觉质量改变。如何准确地选择个性化的手术方案,并提供最佳的视觉质量,将是深入开展屈光手术研究的未来发展方向。

#### 参考文献

- Kim TI, Alió del Barrio JL, Wilkins M, et al. Refractive surgery. *Lancet* 2019;393(10185):2085-2098
- Sugar A, Hood CT, Mian SI. Patient-reported outcomes following LASIK: quality of life in the PROWL studies. *JAMA* 2017;317(2):204-205
- 邓希泉,李健,周宇香.中国青年发展统计报告(2020年).当代青年研究 2021;1:26-32
- Manche E, Roe J. Recent advances in wavefront-guided LASIK. *Curr Opin Ophthalmol* 2018;29(4):286-291
- Aboalayem F, Hosny M, Zaazou C, et al. Primary topography-guided LASIK: a comparative study comparing treating the manifest versus the topographic astigmatism. *Clin Ophthalmol Auckl N Z* 2020;14:4145-4153
- Moshiifar M, Shah TJ, Skanchy DF, et al. Comparison and analysis of FDA reported visual outcomes of the three latest platforms for LASIK: wavefront guided Visx iDesign, topography guided WaveLight Allegro Contoura, and topography guided Nidek EC - 5000 CATz. *Clin Ophthalmol* 2017;11:135-147

- Schallhorn JM, Seifert S, Schallhorn SC. SMILE, topography-guided LASIK, and wavefront-guided LASIK: review of clinical outcomes in premarket approval FDA studies. *J Refract Surg* 2019;35(11):690-698
- Toda I, Ide T, Fukumoto T, et al. Visual outcomes after LASIK using topography-guided vs wavefront-guided customized ablation systems. *J Refract Surg* 2016;32(11):727-732
- Taskov G, Taskov T. Higher order aberrations (HOA) changes after femto-LASIK in topography and wavefront-guided treatments. *Folia Med* 2020;62(2):331-337
- Jain AK, Malhotra C, Pasari A, et al. Outcomes of topography-guided versus wavefront-optimized laser *in situ* keratomileusis for myopia in virgin eyes. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(9):1302-1311
- Ozulken K, Yuksel E, Tekin K, et al. Comparison of wavefront-optimized ablation and topography-guided contoura ablation with LYRA protocol in LASIK. *J Refract Surg* 2019;35(4):222-229
- Kim J, Choi SH, Lim DH, et al. Topography-guided versus wavefront-optimized laser *in situ* keratomileusis for myopia: Surgical outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2019;45(7):959-965
- Kim J, Choi SH, Lim DH, et al. Comparison of outcomes after topography-modified refraction versus wavefront-optimized versus manifest topography-guided LASIK. *BMC Ophthalmol* 2020;20(1):192
- Shetty R, Shroff R, Deshpande K, et al. A prospective study to compare visual outcomes between wavefront-optimized and topography-guided ablation profiles in contralateral eyes with myopia. *J Refract Surg* 2017;33(1):6-10
- Zhang Y, Chen YG. A randomized comparative study of topography-guided versus wavefront-optimized FS-LASIK for correcting myopia and myopic astigmatism. *J Refract Surg* 2019;35(9):575-582
- 张丽,周跃华,徐雯,等.角膜地形图引导与波前像差优化的飞秒 LASIK 术后角膜地形图比较.中华眼视光学与视觉科学杂志 2016;18(7):399-403
- 张丽,翟长斌,周跃华,等.近视患者角膜地形图引导与波前像差优化的 FS-LASIK 术后视觉质量比较.中华实验眼科杂志 2019;28(11):914-920
- Shen Z, Shi K, Yu Y, et al. Small incision lenticule extraction (SMILE) versus femtosecond laser-assisted *in situ* keratomileusis (FS-LASIK) for myopia: a systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2016;11(7):e0158176
- Ang RE, Cruz EM, Pisig AU, et al. Safety and effectiveness of the SUPRACOR presbyopic LASIK algorithm on hyperopic patients. *Eye Vis (Lond)* 2016;3:33
- Sugar A, Rapuano CJ, Culbertson WW, et al. Laser *in situ* keratomileusis for myopia and astigmatism: safety and efficacy: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2002;109(1):175-187
- Issa A, Al Hassany U. Femtosecond laser flap parameters and visual outcomes in laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2011;37(4):665-674
- Zhou YH, Zhang J, Tian L, et al. Comparison of the ziemer FEMTO LDV femtosecond laser and Moria M2 mechanical microkeratome. *J Refract Surg* 2012;28(3):189-194
- Bühren J, Pesudovs K, Martin T, et al. Comparison of optical quality metrics to predict subjective quality of vision after laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(5):846-855
- Chalita MR, Chavala S, Xu M, et al. Wavefront analysis in post-LASIK eyes and its correlation with visual symptoms, refraction, and topography. *Ophthalmology* 2004;111(3):447-453
- Mrochen M, Kaemmerer M, Seiler T. Wavefront-guided laser *in situ* keratomileusis: early results in three eyes. *J Refract Surg* 2000;16(2):116-121

26 Hammond SD, Puri AK, Ambati BK. Quality of vision and patient satisfaction after LASIK. *Curr Opin Ophthalmol* 2004;15(4):328-332  
27 El Awady HE, Ghanem AA, Saleh SM. Wavefront-optimized ablation versus topography-guided customized ablation in myopic LASIK: comparative study of higher order aberrations. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2011;42(4):314-320  
28 Broderick KM, Sia RK, Ryan DS, et al. Wavefront-optimized surface retreatments of refractive error following previous laser refractive surgery: a retrospective study. *Eye Vis (Lond)* 2016;3:3  
29 Wei RH, Lim L, Chan WK, et al. Higher order ocular aberrations in eyes with myopia in a Chinese population. *J Refract Surg* 2006;22(7):695-702  
30 Stulting RD, Fant BS, T-CAT Study Group, et al. Results of

topography-guided laser *in situ* keratomileusis custom ablation treatment with a refractive excimer laser. *J Cataract Refract Surg* 2016;42(1):11-18  
31 全薇, 高博宇, 王炜晨, 等. 人眼波前像差的动态特性研究. *光子学报* 2015;44(1):107-113  
32 Stonecipher K, Parrish J, Stonecipher M. Comparing wavefront-optimized, wavefront-guided and topography-guided laser vision correction. *Curr Opin Ophthalmol* 2018;29(4):277-285  
33 刘彦为, 宋伟, 许幸燕. 不同切削中心对近视眼患者 LASIK 手术疗效的影响. *国际眼科杂志* 2017;17(7):1320-1322  
34 Uceda-Montañés A, Rogers M, Piñero DP. Visual and refractive outcomes with a new topography-integrated wavefront-guided lasik procedure. *Curr Eye Res* 2021;46(5):615-621

### 国际眼科杂志中文版 (IES) 近 5 年影响因子趋势图

