

角膜荧光素钠染色对 iTrace 视觉功能分析仪检查的影响

尹欣, 刘庆言, 绍校, 薛敏, 陆瑶, 马书营, 史春生

引用: 尹欣, 刘庆言, 绍校, 等. 角膜荧光素钠染色对 iTrace 视觉功能分析仪检查的影响. 国际眼科杂志, 2025, 25(4):680-684.

作者单位: (230011) 中国安徽省合肥市, 安徽省第二人民医院 (安徽省眼科医院) 眼科

作者简介: 尹欣, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 屈光及角膜。

通讯作者: 史春生, 学士, 主任医师, 科室主任, 研究方向: 屈光及角膜. 65362308@qq.com

收稿日期: 2024-08-20 修回日期: 2025-02-27

摘要

目的: 研究角膜荧光素钠 (NaF) 染色对 iTrace 视觉功能分析仪 (简称 iTrace) 检查结果的影响。

方法: 前瞻性队列研究。招募 2024-04/11 于安徽省眼科医院门诊就诊的屈光不正患者 100 例 100 眼, 分成试验组和对照组各 50 例 50 眼 (均选取右眼纳入研究), 试验组行角膜荧光素钠染色试纸染色, 对照组予以 0.9% 生理盐水 1 滴滴眼, 分别于干预前, 干预后 5、10、20 min 进行 iTrace 检查, 记录并比较各时间检查的角膜总高阶像差、球差、彗差、三叶草差、最佳球面值 (RO 值)、非球面因子 (Q 值)、角膜上下屈光力差 (IS 值)。

结果: 两组患者的基线水平比较无差异 (均 $P > 0.05$)。组内比较发现试验组 NaF 染色后 5 min 测量的总高阶像差、球差、彗差、三叶草差较染色前明显增加 (均 $P < 0.05$); 组间比较发现, 试验组干预后 5 min 时 iTrace 测量的角膜总高阶像差、球差、彗差、三叶草差变化 (与基线差值) 明显大于对照组 (均 $P < 0.05$), 两组干预后 10、20 min 时测量的 iTrace 各参数变化量 (与基线差值) 比较无差异 (均 $P > 0.05$)。两组 RO 值、Q 值、IS 值比较无差异 (均 $P > 0.05$)。

结论: 角膜 NaF 染色后会使得 iTrace 测量的波前像差数值 (角膜总高阶像差、球差、彗差、三叶草差) 短时间内增加, 随着时间的延长这种影响逐渐消失; 而对角膜地形图参数 (RO 值、Q 值、IS 值) 的测量无影响。

关键词: 角膜荧光素钠染色; iTrace 检查; 波前像差

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.4.29

Influence of corneal fluorescein sodium staining on test results of iTrace visual function analyzer

Yin Xin, Liu Qingyan, Shao Xiao, Xue Min, Lu Yao, Ma Shuying, Shi Chunsheng

Department of Ophthalmology, Anhui No. 2 Provincial People's Hospital (Anhui Eye Hospital), Hefei 230011, Anhui Province, China

Correspondence to: Shi Chunsheng. Department of Ophthalmology, Anhui No. 2 Provincial People's Hospital (Anhui Eye Hospital), Hefei 230011, Anhui Province, China. 65362308@qq.com

Received: 2024-08-20 Accepted: 2025-02-27

Abstract

• **AIM:** To investigate the impact of corneal fluorescein sodium (NaF) staining on the examination results of iTrace visual function analyzer (iTrace).

• **METHODS:** Prospective cohort study. Totally 100 patients (100 eyes) with ametropia who visited the outpatient department of Anhui Eye Hospital from April to November 2024 were recruited. They were divided into an experimental group and a control group, with 50 patients (50 eyes, and only the right eyes were selected for inclusion) in each group. In the experimental group, corneal staining was performed using fluorescein sodium staining test strips, while in the control group, 1 drop of 0.9% normal saline was instilled into the eyes. The iTrace examination was conducted before the intervention and at 5, 10, and 20 min after the intervention. The total corneal higher-order aberrations, spherical aberration, coma aberration, trefoil aberration, best sphere value (RO value), asphericity factor (Q value), and corneal vertical refractive power difference (IS value) at each time of examination were recorded and compared.

• **RESULTS:** There was no statistically significant difference in the baseline levels between the two groups (all $P > 0.05$). Intra-group comparison revealed that the total higher-order aberrations, spherical aberration, coma aberration, and trefoil aberration measured 5 min after NaF staining in the experimental group were significantly increased compared with those before staining (all $P < 0.05$). Inter-group comparison showed that the changes (differences from the baseline) in the total corneal higher-order aberrations, spherical aberration, coma aberration, and trefoil aberration measured by iTrace 5 min after the intervention in the experimental group were significantly greater than those in the control group (all $P < 0.05$). There was no statistically significant difference in the changes (differences from the baseline) of various iTrace parameters measured at 10 and 20 min after the intervention between the two groups (all $P > 0.05$). There was no statistical significance in the RO value, Q value, and IS value in the two groups (all $P > 0.05$).

• **CONCLUSION:** Corneal NaF staining can cause a short-term increase in the wavefront aberration values (total

corneal higher-order aberrations, spherical aberration, coma aberration, trefoil aberration) measured by iTrace, and it gradually disappears with the passage of time. However, it has no impact on the measurement of corneal topography parameters (RO value, Q value, IS value).

• KEYWORDS: corneal fluorescein sodium staining; iTrace test; wavefront aberration

Citation: Yin X, Liu QY, Shao X, et al. Influence of corneal fluorescein sodium staining on test results of iTrace visual function analyzer. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2025, 25(4): 680-684.

0 引言

iTrace 视觉功能分析仪(简称 iTrace)由较大 Placido 盘的 Eye Sys Vista 角膜地形图仪与 Ray Tracing 像差仪相结合,是一种多功能设备,可进行角膜地形图测量和波前像差的测量,为患者提供完整的视功能分析,被广泛用于白内障术前检查和屈光手术术前检查^[1]。而角膜荧光素钠(NaF)染色是眼科普遍使用的检查角膜上皮情况和干眼筛查的一种检查方法^[2],临床工作中眼科检查一般为一系列连续检查,经常可能出现患者行角膜 NaF 染色检查后需要行 iTrace 检查的情况。NaF 是一种水溶性染料,能溶于泪膜,增加泪液体积,改变泪膜颜色和张力^[3-4],而这些改变却极少受到临床医师关注。既往研究表明角膜 NaF 染色后,角膜地形图仪器测量的角膜厚度值会增加^[5-6]。本研究旨在分析使用角膜 NaF 染色后是否会对 iTrace 检查结果造成干扰以及造成干扰的持续时间,以提供眼部像差参数和角膜地形图参数的精确测量,也为眼科临床工作及研究提供参考依据。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性队列研究。收集 2024-04/11 于安徽省眼科医院门诊就诊的屈光不正患者 100 例 100 眼,随机分成试验组和对照组,各 50 例 50 眼(均选取右眼纳入研究)。对照组平均年龄为 22.8±5.64(16-36)岁,其中 36 例(72%)为女性,球镜为-0.50--5.50(平均-1.75±2.35)D,柱镜为-0.25--2.75(平均-0.84±0.36)D;试验组平均年龄为 23.2±7.12(16-36)岁,其中 29 例(58%)为女性,球镜为

-0.50--5.50(平均-2.34±1.88)D,柱镜为-0.25--3.25(平均-0.85±0.75)D。纳入标准:(1)年龄 16-45 岁,性别不限;(2)验光检查:近视度数≤-6.00 D,散光≤-4.00 D;(3)泪膜破裂时间(BUT)正常范围;(4)裂隙灯下检查眼前节正常,检查时角膜可以暴露充分;排除标准:屈光不正以外的眼部疾病,包括干眼、眼睑内翻、倒睫、翼状胬肉、圆锥角膜、角膜瘢痕等。本试验方案经安徽省第二人民医院伦理委员会批准(批准号:R2024-080)并遵循《赫尔辛基宣言》和中国有关临床试验研究规范和法规,参与者及其监护人进入研究队列前均签署知情同意。

1.2 方法 在暗室内,每位受检者均在自然瞳孔下行 iTrace 视功能分析仪检查,测量 3 mm 瞳孔直径下总高阶总眼的像差和角膜地形图检查,被检者注视蓝灯中央的圆圈,双眼同时睁大,测量取原始光点缺失小于 10 点的 3 次测量结果的平均值。所有检查均由熟练操作系统的同一位医师完成。检查后试验组行角膜 NaF 染色,本研究试验组使用的为硬性接触镜验配试纸(1.0-1.5 mg),使用前用 1 滴 0.9%氯化钠注射液(100 mL:90 mg)润湿试纸条,轻轻迅速地抖去多余的 NaF 溶液,轻扒下眼睑,将试纸条与下睑结膜迅速而轻柔地接触,眨眼 3 次,忌用力挤眼或揉眼;对照组使用 0.9%氯化钠溶液注入左氧氟沙星滴眼液空瓶中,滴入 1 滴结膜囊内。分别于干预后 5、10、20 min 再次进行 iTrace 检查。

统计学分析:所有统计学分析均使用 SPSS 26.0 进行,采用 Kolmogorov-Smirnov 检验确认所有参数的正态分布,符合正态分布的数据表示为平均值±标准差($\bar{x}\pm s$),偏态数据表示为 $M(P_{25}, P_{75})$ 。数据呈正态分布且满足球形假设时使用重复测量方差分析,否则使用广义估计方程。组间比较采用独立样本 t 检验或 Mann-Whitney U 检验进行。两组数据干预前一般资料比较采用独立样本 t 检验或卡方检验。统计显著性水平设定为 $P<0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料 两组性别构成、年龄、球镜、柱镜、角膜波前像差参数(总高阶像差、球差、彗差、三叶草差)、角膜地形图参数[最佳球面值(RO 值)、非球面因子(Q 值)、角膜上下屈光力差(IS 值)]、BUT 比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),见表 1。

表 1 两组基线资料比较

分组	例数 (眼数)	总高阶像差	球差	彗差	三叶草差	RO 值	Q 值	
		$[M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}]$	$[M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}]$	$[M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}]$	$[M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}]$	$(\bar{x}\pm s, \text{mm})$	$[M(P_{25}, P_{75})]$	
试验组	50(50)	0.053(0.039, 0.076)	0.016(0.010, 0.021)	0.033(0.025, 0.047)	0.030(0.017, 0.050)	7.861±0.251	-0.265(-0.382, 0.160)	
对照组	50(50)	0.055(0.045, 0.086)	0.017(0.012, 0.026)	0.034(0.023, 0.053)	0.033(0.024, 0.058)	7.826±0.137	-0.260(-0.312, 0.130)	
Z/t		-1.886	-1.501	-0.021	-0.083	0.913	-1.952	
P		0.059	0.133	0.983	0.934	0.364	0.056	
分组	例数 (眼数)	IS 值 $(\bar{x}\pm s, \text{D})$	BUT $(\bar{x}\pm s, \text{s})$	性别(例)		年龄($\bar{x}\pm s$, 岁)	球镜 $(\bar{x}\pm s, \text{D})$	柱镜 $(\bar{x}\pm s, \text{D})$
				男	女			
试验组	50(50)	-0.041±0.070	13.18±2.33	21	29	23.2±7.12	-2.34±1.88	-0.85±0.75
对照组	50(50)	-0.045±0.089	13.69±1.78	14	36	22.8±5.64	-1.75±2.35	-0.84±0.36
χ^2/t		0.701	1.089	2.154	1.025	0.452	-0.702	
P		0.485	0.230	0.142	0.288	0.384	0.480	

注:试验组行角膜 NaF 染色试纸染色;对照组予以 0.9%生理盐水 1 滴滴眼。

2.2 角膜 NaF 染色应用对角膜波前像差的影响 干预前后两组总高阶像差、球差、彗差、三叶草差比较差异有统计学意义($wald \chi^2_{组间} = 12.54, 15.36, 18.97, 11.58, wald \chi^2_{时间} = 23.78, 33.89, 62.38, 29.55, wald \chi^2_{交互} = 1.24, 10.93, 7.88, 3.21$, 均 $P < 0.05$), 进一步两两比较发现, 试验组总高阶像差、球差、彗差、三叶草差干预后 5 min 与干预前、干预后 10、20 min 比较差异有统计学意义(均 $P < 0.05$), 干预前与干预后 10、20 min 比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$); 对照组总高阶像差、球差、彗差、三叶草差在干预前, 干预后 5、10、20 min 两两比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$), 见

表 2。两组干预后 5 min 时波前像差参数变化(与基线差值) 试验组较对照组明显增加($Z = -7.937, -4.432, -3.178, -3.001$, 均 $P < 0.05$), 而干预后 10、20 min 两组波前像差参数变化(与基线差值) 比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$), 见表 3。

2.3 角膜 NaF 染色应用对角膜地形图参数的影响 干预前后两组 RO 值、Q 值、IS 值比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$), 见表 4。干预后 5、10、20 min 两组 RO 值、Q 值、IS 值变化(与基线差值) 比较差异无统计学意义(均 $P > 0.05$), 见表 3。

表 2 干预前后 iTrace 检查角膜高阶像差变化

[$M(P_{25}, P_{75}), \mu m$]

组别	时间	总高阶像差	球差	彗差	三叶草差
试验组	干预前	0.053(0.039,0.076)	0.016(0.010,0.021)	0.033(0.195,0.047)	0.030(0.017,0.050)
	干预后 5 min	0.067(0.046,0.086) ^{a,c,e}	0.019(0.017,0.027) ^{a,c,e}	0.047(0.024,0.049) ^{a,c,e}	0.034(0.021,0.050) ^{a,c,e}
	干预后 10 min	0.052(0.038,0.071)	0.015(0.010,0.020)	0.031(0.019,0.047)	0.030(0.018,0.046)
	干预后 20 min	0.053(0.038,0.068)	0.014(0.010,0.021)	0.032(0.020,0.042)	0.029(0.019,0.042)
对照组	干预前	0.055(0.045,0.086)	0.017(0.012,0.026)	0.034(0.023,0.053)	0.033(0.024,0.058)
	干预后 5 min	0.056(0.048,0.114)	0.018(0.013,0.026)	0.035(0.030,0.062)	0.034(0.332,0.067)
	干预后 10 min	0.056(0.056,0.112)	0.016(0.010,0.027)	0.037(0.027,0.060)	0.031(0.027,0.069)
	干预后 20 min	0.054(0.052,0.110)	0.019(0.014,0.025)	0.035(0.026,0.060)	0.030(0.023,0.068)

注:试验组行角膜 NaF 染色试纸染色;对照组予以 0.9%生理盐水 1 滴滴眼。^a $P < 0.05$ vs 干预前;^c $P < 0.05$ vs 干预后 10 min;^e $P < 0.05$ vs 干预后 20 min。

表 3 两组各参数不同时间点与干预前(基线)的差值比较

[$M(P_{25}, P_{75})$]

分组		总高阶像差(μm)	球差(μm)	彗差(μm)
干预后 5 min	试验组	0.014(0.078,0.243)	0.003(0.008,0.024)	0.012(0.085,0.129)
	对照组	0.004(-0.004,0.010)	0.002(-0.006,0.005)	0.001(-0.008,0.012)
	Z	-7.937	-4.432	-3.178
	P	<0.001	<0.001	0.002
干预后 10 min	试验组	-0.001(-0.005,0.005)	0.003(-0.012,0.033)	0.001(-0.012,0.014)
	对照组	0.003(-0.011,0.015)	0.001(-0.023,0.033)	0.002(-0.017,0.019)
	Z	-0.116	-1.379	-0.963
	P	0.908	0.168	0.336
干预后 20 min	试验组	0.002(-0.018,0.013)	0.003(-0.023,0.013)	0.000(-0.023,0.024)
	对照组	0.002(-0.003,0.008)	0.001(-0.014,0.024)	0.001(-0.018,0.015)
	Z	-0.762	-1.944	-0.673
	P	0.446	0.061	0.501

分组		三叶草差(μm)	RO 值(mm)	Q 值	IS 值(D)
干预后 5 min	试验组	0.015(0.019,0.233)	0.000(-0.023,0.020)	-0.010(-0.030,0.030)	0.010(-0.525,0.040)
	对照组	0.002(-0.044,0.056)	0.000(-0.023,0.030)	-0.008(-0.034,0.056)	0.015(-0.566,0.475)
	Z	-3.001	-0.162	-0.315,0	-0.277
	P	0.003	0.872	0.753	0.782
干预后 10 min	试验组	0.003(-0.021,0.032)	0.000(-0.030,0.020)	-0.010(-0.030,0.020)	-0.012(-0.120,0.675)
	对照组	0.004(-0.009,0.012)	0.000(-0.026,0.027)	-0.010(-0.024,0.038)	-0.010(-0.237,0.424)
	Z	-0.263	-0.757	-0.683	-1.383
	P	0.792	0.452	0.495	0.167
干预后 20 min	试验组	0.002(-0.013,0.014)	0.000(-0.026,0.022)	-0.010(-0.035,0.029)	0.020(-0.033,0.052)
	对照组	0.001(-0.012,0.009)	0.000(-0.024,0.030)	-0.01(-0.033,0.019)	0.018(-0.045,0.050)
	Z	-1.956	-0.568	-0.235	-0.190
	P	0.058	0.510	0.814	0.849

注:试验组行角膜 NaF 染色试纸染色;对照组予以 0.9%生理盐水 1 滴滴眼。

表4 两组干预前后 iTrace 检查角膜地形图参数变化

组别	时间	RO 值($\bar{x}\pm s$, mm)	Q 值[$M(P_{25}, P_{75})$]	IS 值($\bar{x}\pm s$, D)
试验组	干预前	7.861±0.251	-0.265(-0.382, -0.160)	-0.041±0.070
	干预后 5 min	7.858±0.257	-0.295(-0.360, -0.180)	-0.046±0.068
	干预后 10 min	7.858±0.254	-0.270(-0.390, -0.178)	-0.030±0.069
	干预后 20 min	7.864±0.253	-0.285(-0.373, -0.168)	-0.044±0.068
对照组	干预前	7.826±0.137	-0.260(-0.312, -0.130)	-0.045±0.089
	干预后 5 min	7.823±0.136	-0.255(-0.322, -0.128)	-0.044±0.091
	干预后 10 min	7.823±0.138	-0.254(-0.300, -0.115)	-0.043±0.088
	干预后 20 min	7.831±0.137	-0.260(-0.318, -0.118)	-0.044±0.086

注:试验组行角膜 NaF 染色试纸染色;对照组予以 0.9%生理盐水 1 滴滴眼。

3 讨论

随着个性化屈光手术的发展,精准、全面的生物测量越显重要,屈光手术前患者会进行验光、眼压、角膜地形图、iTrace、角膜 NaF 染色等一系列检查,但是临床工作中,很少医师关注到短时间内进行各项检查,各种检查之间可能会有干扰。本次研究首次报告了角膜 NaF 染色对 iTrace 检查常用参数的影响。Hirnschall 等^[7]研究发现角膜行 NaF 染色后会使得 Scheimpflug 成像测量的平均角膜中央厚度增加,这种影响在部分患者 NaF 滴注 40 min 后仍然存在。Doğan 等^[8]使用 Sirius 地形图测量装置发现 NaF 滴眼液会导致中央角膜厚度(使用后第 1、5、15 min)和角膜体积(使用后第 1、5 min)存在暂时变化。这是由于该研究使用 NaF 溶液会使泪液体积明显增加, Sirius 地形图仪测量角膜厚度和角膜体积时包括增厚的泪膜。而临床实际工作中,已较少使用 NaF 溶液染色, NaF 眼科检测试纸染色简便、无污染环节,故本研究采用 NaF 试纸染色。也有研究表明泪膜会明显影响 iTrace 测量的可重复性^[9], NaF 会改变泪膜的表面张力,例如较高浓度的 NaF 可能会降低泪膜的表观张力,使泪膜在角膜上的黏附更加不稳定,导致更快的泪液破裂和医源性“假染色”,但过低浓度的 NaF 不提供角膜染色的作用。

本研究报告了角膜 NaF 染色导致 iTrace 测量的波前像差数据出现短暂时增加,包括角膜总高阶像差、球差、彗差、三叶草差。波前像差指实际波阵面与理想无偏差状态的波阵面之间的偏差,最初是由于屈光手术后出现的并发症,如眩光、光晕等才逐渐引起眼科医生的重视。本研究中的变化因素为泪膜,既往研究表明泪膜的改变可能会引起视觉质量的改变,泪膜破裂产生的波前像差变化会导致视网膜图像质量下降^[10]。泪膜在角膜表面形成一层透明而光滑的薄膜,不仅保持角膜湿润,还为角膜提供一个高质量的光学表面,是眼睛第一个影响光通过的系统,角膜的光学质量在很大程度上取决于其均匀性^[11-12]。因此本研究聚焦于研究 NaF 染色后角膜的波前像差变化。本研究发现染色后波前像差增加可能由于以下几点原因中的 1 个或几个共同造成:(1)NaF 染色改变了泪膜的张力和颜色,造成泪膜形态极不稳定,加之重力因素使得泪液分布不均匀,在角膜表面呈现厚重不均匀的 NaF 分布,造成高阶像差的相对增加。(2)NaF 染色刺激泪液分泌。在我们临床实践中,部分患者使用 NaF 后出现轻微刺激感,

可能是由于试纸由环氧乙烷消毒,当残留量大于 10 $\mu\text{g/g}$ 时,患者可产生刺激感,导致泪腺反应性分泌泪液,泪液盈眶,泪液分布不均匀,从而视觉质量下降。(3)NaF 对角膜有一定刺激性,属于高渗液体,有部分受试者结膜囊内泪液少,会导致泪液渗透压明显增高,从而可能影响角膜。另外本研究发现试验组在 NaF 染色 5 min 时与干预前比测量波前像差数据差异有统计学意义,而在 10、20 min 时测量差异无统计学意义,主要由于 NaF 剂滴入眼内后会随着泪液分泌和泪液交换,荧光素钠浓度及体积逐渐减少,最后通过泪道缓慢排出体外。有研究表明 NaF 染色后观察时间是评估角膜染色的一个重要因素, NaF 在 20-30 min 逐渐消失^[13]。

本研究中角膜染色前后 IS 值、Q 值、RO 值差异无统计学意义。IS 值是角膜上下 3 mm 平均屈光力的差值, IS 值>1.4,需进一步排除圆锥角膜。Q 值是描述角膜曲率由中央到周边的变化趋势,定量描述非球面性的程度, RO 值是最佳拟合球面值,依据这些角膜规则性指数可排除手术禁忌,并为屈光手术进行光学度数的精修和光学区的微调,从而达到患者满意的视觉质量^[14-15]。本研究中 iTrace 角膜地形图参数未受 NaF 染色影响,主要考虑当泪膜不完整导致成像不全时, iTrace 地形图可显示检查结果不完整,检出数据不合格,需要嘱咐患者眨眼后重新测量,排除了泪膜的干扰因素。Mulder 等^[16]研究使用 E300 角膜地形图仪在无 NaF 染色剂,使用 1 次 NaF 染色试纸条, 2 次 NaF 染色试纸条 3 种不同条件下分别测量,发现使用双剂量角膜 NaF 染色测量 IS 值、SRI 值(角膜表面规则性指数)降低,并且单剂量的 NaF 染色增加了角膜地形图测量的可靠性和一致性。而本文研究表明角膜染色对 IS 指数无明显影响,可能由于 Mulder 等^[16]研究使用了双剂量的 NaF 染色试纸检查,导致泪液中 NaF 浓度及体积明显增加,特别是在角膜下半部分泪河高度增加而导致角膜下方 3 mm 曲率变平,同时也反映了 NaF 染色对检查结果影响与浓度、剂量有关。本研究考虑临床工作中几乎不会出现使用双剂量 NaF 染色的可能,故未予以研究。Han 等^[17]研究发现角膜 NaF 染色后, Pentacam 测量的角膜厚度值会增加,但对角膜的其他数据无影响,这是由于 0.1%的 NaF 溶液在 Pentacam 蓝色光源激发下会发出绿色荧光,发荧光的泪膜会在拍摄图像中显影,表现为菲薄的高亮弧形带,因此 Pentacam 角膜测厚实际上是包含泪膜厚度。

本研究中观察到 iTrace 测量的角膜地形图参数,包括干预前后两组 IS 值、RO 值和 Q 值比较差异均无统计学意义,说明 iTrace 测量角膜地形图参数时无需评估考量角膜 NaF 染色的干扰因素。

综上所述,NaF 染色会使 iTrace 测量波前像差数据短暂性、一过性增加,对角膜地形图参数的测量无影响,故为获得更精确的角膜数据,避免因测量误差导致错误的判断,给患者提供更精准、更合理的手术方案,应该在 NaF 清除了以后或间隔一段时间(至少 5 min)再行 iTrace 检查。然而,本研究中也存在着一定的局限和不足,例如:本研究未进一步研究不同浓度,不同剂量 NaF 对 iTrace 检查的影响,本研究属于单中心小样本研究,后期需进一步扩大样本量,提高结果的可靠性,以后有待进一步改进。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:尹欣论文选题与修改,初稿撰写;刘庆言文献检索;尹欣、刘庆言数据分析;绍校、薛敏论文修改及审阅;尹欣、陆瑶、马书营收集数据;史春生选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] 李史序,王静,赵江月,等.应用 iTrace 视觉功能分析仪测量双眼角膜像差的一致性.眼科新进展,2019,39(1):63-67.
[2] 中华医学会眼科学分会角膜病学组.我国角膜上皮损伤临床诊治专家共识(2016年).中华眼科杂志,2016,52(9):644-648.
[3] Greiner JV, Finnemore VM, Exford JM, et al. Effects of fluorescein instillation methods on the tear film lipid layer. *Adv Exp Med Biol*, 2002,506(pt A):507-512.
[4] 艾丽珍,罗红豆,余兰慧,等.不同浓度荧光素钠液对检测泪膜破裂时间的稳定性比较.国际眼科杂志,2022,22(10):1702-1706.
[5] 邵校,崔慧娟,任雁林,等.角膜荧光素钠染色对 Pentacam 检查的影响.临床眼科杂志,2022,30(1):33-37.
[6] Mukhopadhyay DR, North RV, Hamilton-Maxwell KE. Effect of a

proparacaine 0.50% - sodium fluorescein 0.25% mix and contact ultrasound pachymetry on central and midperipheral corneal thickness measured by noncontact optical pachymetry. *J Cataract Refract Surg*, 2011,37(5):907-913.

[7] Hirschall N, Crnej A, Gangwani V, et al. Effect of fluorescein dye staining of the tear film on Scheimpflug measurements of central corneal thickness. *Cornea*, 2012,31(1):18-20.

[8] Doğan M, Sabaner MC, Erol MA. Effect of proparacaine 0.375% - sodium fluorescein 0.25% eye drop mixture and fluorescein strip on anterior segment parameters. *J Ophthalmol*, 2018,2018:5926508.

[9] Kundu G, Shetty R, Khamar P, et al. Impact of tear optics on the repeatability of Pentacam AXL wave and iTrace in measuring anterior segment parameters and aberrations. *Indian J Ophthalmol*, 2022,70(4):1150-1157.

[10] Liu RJ, Ma BK, Gao YF, et al. Evaluations of wavefront aberrations and corneal surface regularity in dry eye patients measured with OPD Scan III. *Int J Ophthalmol*, 2022,15(3):407-412.

[11] Herbaut A, Liang H, Denoyer A, et al. Tear film analysis and evaluation of optical quality: a review of the literature (French translation of the article). *J Fr Ophtalmol*, 2019,42(3):226-243.

[12] Goto E, Yagi Y, Matsumoto Y, et al. Impaired functional visual acuity of dry eye patients. *Am J Ophthalmol*, 2002,133(2):181-186.

[13] Begley CG, Caffery B, Nelson JD, et al. The effect of time on grading corneal fluorescein and conjunctival lissamine green staining. *Ocul Surf*, 2022,25:65-70.

[14] 洗艺勇,沈阳,赵婧,等.圆锥角膜形态与力学异常早期诊断的研究进展.复旦学报(医学版),2022,49(4):596-605.

[15] 中华医学会眼科学分会角膜病学组.中国圆锥角膜诊断和治疗专家共识(2019年).中华眼科杂志,2019,55(12):891-895.

[16] Mulder JA, van Tilborg MM, Huntjens B. The effect of sodium fluorescein on anterior eye surface measurements. *Contact Lens Anterior Eye*, 2020,43(4):402-407.

[17] Han DM, Xie WJ, Yuan MQ, et al. Effect of sodium fluorescein strip application on Cornea parameters commonly used in laser-assisted *in situ* keratomileusis. *Sci Rep*, 2023,13(1):19099.