应用眼球自旋控制功能的 FS－LASIK 与 SMILE 术后角膜高阶像差的比较

郑洪玲　朱　冉

摘　要　目的　比较应用眼球自旋控制功能的飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond laser－assisted laser in situ keratomileusisis, FS－LASIK)与飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction, SMILE)术后角膜前表面高阶像差的变化。**方法**　采用前瞻性非随机对照研究方法,选取 2021 年 4～12 月于徐州医科大学附属徐州市立医院行角膜屈光手术的近视患者 70 例(70 眼),所有患者均只纳入右眼,根据患者选择的术式分为 FS－LASIK 组与 SMILE 组,每组各 35 例。分别于术前及术后 1、3 个月应用 Pentacam AXL 系统测量角膜前表面 6mm 区域的高阶像差。**结果**　术后 1 天裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)≥5.0 的占比 FS－LASIK 组为 94.30%(33 眼),SMILE 组为 60.00%(21 眼),差异有统计学意义($\chi^2=11.67$, $P<0.01$);两组术后 1、3 个月 UCVA≥5.0 的占比比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。FS－LASIK 组术后 1 天及术后 1、3 个月等效球镜度数均高于 SMILE 组,差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。两组术后 1、3 个月,除 SMILE 组水平彗差与术前无明显变化,余均较同组术前明显提高,差异有统计学意义(P 均 <0.05);术后 1、3 个月,两组垂直彗差及球差组间比较,差异均有统计学意义(P 值 <0.01)。**结论**FS－LASIK和 SMILE 术后垂直彗差、球差及总高阶像差均较术前增加,但应用眼球自旋控制功能的 FS－LASIK 垂直彗差的绝对值低于 SMILE,而球差高于 SMILE。

关键词　飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术　飞秒激光小切口角膜基质镜取出术　眼球自旋控制　波前像差

中图分类号　R778　　**文献标识码**　A　　**DOI**　10.11969/j.issn.1673-548X.2023.01.036

Comparison of Postoperative High－order Aberrations Between Using the Cyclotorsion Control FS－LASIK and SMILE.

ZHENG Hongling, ZHU Ran. Graduate School of Xuzhou Medical University, Jiangsu 221116, China

Abstract　Objective　To compare the changes of high order aberration of anterior corneal surface between cyclotorsion control in femtosecond laser－assisted laser *in situ* keratomileusisis (FS－LASIK) and small incision lenticule extraction (SMILE). **Methods** Used prospective non－randomized controlled study, a total of 70 myopic patients (70 eyes) who underwent corneal refractive surgery in the Affiliated Xuzhou Municipal Hospital of Xuzhou Medical University from April 2021 to December 2021 were selected. All patients were only included in the right eye, and were divided into FS－LASIK group and SMILE group according to the surgical method selected by patients, with 35 eyes in each group. The Pentacam AXL system was used to measure the high－order aberrations in the 6mm area of the anterior corneal surface before surgery, 1 month and 3 months after surgery. **Results**　The proportion of UCVA≥5.0 was 94.30% (33 eyes) in the FS－LASIK group was 60.00% (21 eyes) in the SMILE group at 1d after surgery, the difference was statistically significant ($\chi^2=11.67$, $P<0.01$). There was no significant difference in the proportion of UCVA≥5.0 between the two groups at 1 and 3 months after surgery ($P>0.05$). The spherical equivalent in the FS－LASIK group was higher than that in the SMILE group at 1day, 1 month and 3 months after surgery, the differences were statistical significance ($P<0.05$). At 1 and 3 months after surgery, the horizontal coma in SMILE group showed no significant change compared with that before surgery, and the other indexes of the two groups was significantly improved compared with that before surgery, the differences were statistical significance ($P<0.05$). At 1 and 3 months after surgery, the vertical coma and spherical aberration were statistically significant differences between the two groups ($P<0.01$). **Conclusion** Postoperative vertical coma, spherical aberration, and total high－order aberration increased in FS－LASIK and SMILE after surgery, but the absolute value of vertical coma in the FS－LASIK with cyclotorsion control was lower than that in the SMILE, while the spherical aberration was higher than that in SMILE.

Key words　Femtosecond laser flap excimer laser in situ keratomileusis; Small incision lenticule extraction; Cyclotorsion control; Wavefront aberration

作者单位:221002　徐州医科大学研究生学院(郑洪玲);221116　徐州医科大学附属徐州市立医院(朱冉)

通信作者:朱冉,电子信箱:630yifan@163.com

随着角膜屈光手术的不断革新与完善,人们不仅关注术后视力的变化情况,而且对于视觉质量也更加重视,角膜屈光术后高阶像差的引入是影响视觉质量的重要因素[1]。既往研究表明,飞秒激光小切口角膜基质透镜取出术(small incision lenticule extraction,SMILE)术后高阶像差较常规飞秒激光辅助准分子激光原位角膜磨镶术(femtosecond laser - assisted laser in situ keratomileusisis,FS - LASIK)引入得更少[2,3]。也有研究表明,术中应用眼球旋转补偿功能可获得更好的视觉质量[4~6]。而目前对于应用眼球自旋控制功能的 FS - LASIK 与 SMILE 术后高阶像差的比较鲜有报道。因此,本研究通过对两组术后视力、屈光度及高阶像差进行比较,以期为临床治疗提供参考。

资料与方法

1. 一般资料:采用前瞻性非随机对照研究方法,选取 2021 年 4 ~ 12 月于徐州医科大学附属徐州市立医院行角膜屈光手术的患者 70 例(70 眼),只纳入右眼。根据患者选择的术式分为应用眼球自旋控制的 FS - LASIK 组与 SMILE 组,每组各 35 例。两组患者的术前一般资料比较,差异均无统计学意义(P 均 > 0.05),详见表 1。所有患者均进行屈光手术术前的严格筛查,纳入标准及排除标准参考《我国飞秒激光小切口角膜基质透镜取出手术规范专家共识(2018 年)》[7]。所有患者均在充分理解的基础上签署知情同意书,本研究通过徐州医科大学附属徐州市立医院医学伦理学委员会批准{伦理审批号:xyy11[2021]073 号}。

表 1　两组患者术前一般资比较[n(%),$\bar{x} \pm s$,M(Q1,Q3)]

项目	FS - LASIK 组 (n = 35)	SMILE 组 (n = 35)	χ^2/z/t	P
性别			0.47	0.63
男性	21(60.0)	18(51.4)		
女性	14(40.0)	17(48.6)		
年龄(岁)	21(18,28)	25(19,30)	1.59	0.11
等效球镜(D)	-4.68 ± 0.88	-4.88 ± 0.67	-1.07	0.29
眼压 (mmHg)	16.43 ± 2.79	15.83 ± 3.24	-0.83	0.41
TCT(μm)	553.57 ± 38.40	553.40 ± 28.87	-0.01	0.99
平均曲率(D)	42.73 ± 1.08	42.94 ± 1.46	0.71	0.48

TCT. 角膜最薄点厚度

2. 手术方法:所有患者均在术前进行表面麻醉,冲洗结膜囊及消毒;手术均由同一位熟练掌握角膜屈光手术的医生完成。

FS - LASIK 组:先采用 IntraLaseFS150 飞秒激光机制瓣,角膜瓣厚度为 95 ~ 100μm,直径为 8.0 ~ 8.5mm,侧切角为 70°,蒂部位于 90°,制瓣完成后将患者移至阿玛仕准分子激光仪(德国 SCHWIND 公司)下根据 CAM 软件预先设计的手术参数进行激光消融,角膜瓣掀开前先进行静态眼球自旋(static cyclotorsion control,SCC)补偿,掀开角膜瓣后采用角膜波前像差引导的个性化切削模式进行切削,同时启动阿玛仕动态眼球自旋控制(dynamic cyclotorsion control,DCC)功能,切削完成后,复位角膜瓣,平衡盐液冲洗层间,用无屑海绵抚平角膜瓣。

SMILE 组:预先进行手术参数设置,角膜帽的直径为 7.5 ~ 7.9mm,厚度为 115 ~ 120μm;切口长度为 2mm。嘱患者注视上方绿色注视灯光,术者准确对位后负压吸引固定眼球,开启 Visumax3.0(德国 Carl Zeiss 公司)飞秒激光系统,按照预设手术参数依次对透镜的后表面、前表面及侧切口进行飞秒激光扫描,完成后去除负压吸引,分离透镜并将其完整取出,平复角膜。

3. 观察指标:(1)两组术后 1 天及术后 1、3 个月裸眼视力及屈光度的变化,其中裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)检查采用标准对数远视力表,以 5 分记录法进行记录;屈光度检查采用自动电脑验光仪(日本 NIDEK 公司)进行测量,以等效球镜(spherical equivalent,SE)表示。(2)两组术前及术后 1、3 个月角膜前表面垂直彗差、水平彗差、球差及总高阶像差的变化。采用 Pentacam AXL 眼前节分析仪(德国 Oculus 公司)获取角膜前表面 6mm 区域的各高阶像差,重复测量 3 次,选取成像质量显示“OK”且成像最佳的结果录入该研究。所有操作均由同一位检查经验丰富的医生完成。

4. 统计学方法:应用 SPSS 23.0 统计学软件对数据进行分析,经 *Shapiro - Wilk* 检验后符合正态分布的计量资料以均数 ± 标准差($\bar{x} \pm s$)表示,SE 和高阶像差比较采用重复测量资料方差分析,若存在交互作用,则对手术方式及时间进行单独效应检验;不符合正态分布的计量资料以中位数(四分位数间距)[M(Q1,Q3)]表示,组间比较采用 *Mann - Whitney U* 检验。计数资料以例(百分比)[n(%)]表示,组间比较采用 χ^2 检验,以 P < 0.05 为差异有统计学意义。

结　　果

1. 两组术后 UCVA 及 SE 比较:两组患者术后 1 天时,UCVA ≥ 5.0 的占比 FS - LASIK 组为 94.30%

(33 眼)、SMILE 组为 60.00%(21 眼),差异有统计学意义($\chi^2=11.67$, $P<0.01$);FS-LASIK 组在术后 1、3 个月 UCVA≥5.0 的占比均为 100.00%(35 眼),SMILE 组均为 97.10%(34 眼),差异无统计学意义($\chi^2=1.01$, $P>0.05$)。两组术后 1 天及术后 1、3 个月,FS-LASIK 组 SE 均高于 SMILE 组,差异均有统计学意义(P 均 <0.05),详见表 2;FS-LASIK 组术后各时间点比较,差异无统计学意义($F_{时间}=0.20$, $P=0.82$),SMILE 组术后各时间点比较,差异有统计学意义($F_{时间}=5.06$, $P=0.02$)。

2. 两组手术前后角膜高阶像差比较:术前,两组患者垂直彗差、水平彗差、球差及总高阶像差组间比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);术后 1、3 个月,两组垂直彗差及球差组间比较,差异均有统计学意义(P 均 <0.01),详见表 3。两组术后 1、3 个月,除 SMILE 组水平彗差与术前无明显变化,余均较同组术前明显提高,差异有统计学意义($P<0.05$);两组各高阶像差术后 3 个月与术后 1 个月组内比较,差异均无统计学意义(P 均 >0.05),详见表 3。

表 2　两组患者术后 SE 比较($\bar{x}\pm s$)

时间	FS-LASIK 组 ($n=35$)	SMILE 组 ($n=35$)	t	P
术后 1 天	0.63±0.43	0.01±0.53	-5.34	<0.01
术后 1 个月	0.58±0.39	0.16±0.50	-3.89	<0.01
术后 3 个月	0.58±0.53	0.29±0.42	-2.54	0.01

交互作用为 $F_{组间\times时间}=3.82$, $P=0.04$

表 3　两组患者手术前后角膜高阶像差比较(μm, $\bar{x}\pm s$)

像差/组别	n	术前	术后 1 个月	术后 3 个月
垂直彗差				
SMILE 组	35	0.02±0.17	-0.35±0.23#	-0.34±0.25#
FS-LASIK 组	35	0.03±0.17	-0.12±0.17*#	-0.12±0.19*#
水平彗差				
SMILE 组	35	-0.06±0.09	-0.11±0.17	-0.09±0.19
FS-LASIK 组	35	-0.06±0.07	-0.18±0.12#	-0.19±0.13#
球差				
SMILE 组	35	0.23±0.06	0.34±0.10#	0.35±0.12#
FS-LASIK 组	35	0.23±0.06	0.50±0.11*#	0.50±0.10*#
总高阶像差				
SMILE 组	35	0.35±0.06	0.62±0.17#	0.64±0.18#
FS-LASIK 组	35	0.34±0.08	0.64±0.11#	0.65±0.11#

与 SMILE 组比较,* $P<0.05$;与同组术前比较,# $P<0.05$;交互作用为垂直彗差:$F_{组间\times时间}=20.04$, $P<0.01$;水平彗差:$F_{组间\times时间}=5.72$, $P=0.14$,总 $F_{组间}=3.98$, $P=0.05$;球差:$F_{组间\times时间}=39.71$, $P<0.01$;总高阶像差:$F_{组间\times时间}=0.42$, $P=0.60$,总 $F_{组间}=0.12$, $P=0.73$

讨　　论

在角膜屈光手术中,精确的对位以及精准切削对于提高术后视觉质量尤为重要。术中除了 Kappa 角的影响外,眼球旋转也是影响精准切削的原因之一,屈光相关的眼球旋转主要包括 SCC 及 DCC,其中 SCC 为患者由坐立位到躺卧位时眼球位置的改变,而 DCC 为眼球发生的不自主的自旋运动[8]。传统波前像差引导的 FS-LASIK 根据虹膜位置只进行了 SCC 的补偿,而对于术中眼球的自旋运动未进行补偿,有研究表明,SCC 旋转量平均为 3.37°±2.38°,术中 DCC 的范围为 0°~7.88°且大部分超过 2°,当眼球旋转超过 2°时可使术后像差增大,因此对于 DCC 的补偿与 SCC 补偿同样重要[6,8~10]。阿玛仕准分子激光设备具备眼球旋转补偿功能,从而可使波前像差引导 FS-LASIK 减少因偏心切削而导致的像差增加。

本研究中应用眼球自旋控制功能的 FS-LASIK 和 SMILE 术后均可达到较好的屈光效果,两组术后 1、3 个月 UCVA≥5.0 的占比比较,差异无统计学意义,与之前报道的结果一致[11,12]。但在术后 1 天时 UCVA≥5.0 的占比 FS-LASIK 组(94.30%)高于 SMILE 组(60.00%),屈光度也表现出 FS-LASIK 组术后早期即可达到较好的效果,SMILE 组则随着时间的推移稳步提高。两者恢复时间的差异可能与早期基质水肿、术者熟练程度、层间浑浊及愈合反应情况等有关[13,14]。

以往研究表明,SMILE 与 FS-LASIK 术后高阶像差以球差及彗差增加为主[15,16]。Zhao 等[12]研究发现,在术后 1、3 个月,SMILE 与常规 FS-LASIK 术后高阶像差比较,差异无统计学意义;雷晓华等[15]研究发现,在术后 3 个月,SMILE 组角膜总 HOAs、球差

及彗差均显著低于常规 FS－LASIK;本研究中,应用眼球自旋控制功能的 FS－LASIK 术后 1、3 个月球差均高于 SMILE 组,这与以往研究基本一致。FS－LASIK 组虽然采用了角膜非球面切削模式,但仍不能完全补偿周边切削能量的减弱,并且在术后角膜上皮重塑过程中,FS－LASIK 以中央区增厚明显,而 SMILE 以周边区增厚明显,因此 SMILE 术后更好地维持了非球面性,另外,FS－LASIK 组角膜球差更高也可能与角膜瓣相关[16～18]。

本研究中在术后水平彗差方面,SMILE 组较术前无明显变化,而 FS－LASIK 组水平彗差绝对值较术前增加;术后垂直彗差方面,两组垂直彗差绝对值均较术前增加,且 FS－LASIK 组明显低于 SMILE 组。分析其原因可能与两者手术方式不同有关,FS－LASIK 需要制作切口约 20mm 的角膜瓣,因此角膜瓣边缘及蒂部愈合变化、角膜瓣水合后的回缩等可产生水平及垂直两个方向的变化,所以术后垂直彗差及水平彗差均可发生变化,而 SMILE 仅存在一个 2mm 左右的小切口,因此其变化主要在垂直方向上,所以术后主要以垂直彗差改变为主,而 FS－LASIK 组垂直彗差绝对值明显低于 SMILE 组,可能与 FS－LASIK 组均为波前像差引导并且应用了眼球旋转补偿功能有关[1,19]。Lee 等[20]研究发现,术后 6 个月波前像差引导的经上皮的激光角膜切削术（trans－epithelial photorefractive keratectomy, T－PRK）彗差低于 SMILE 组,其研究同样采用了具备眼球自旋控制功能的阿玛仕准分子激光设备。Li 等[21]研究发现,术后 6 个月时,SMILE 垂直彗差增加最为明显,并认为其与垂直偏心有关,由于 SMILE 术中没有眼球跟踪及眼球旋转补偿等功能,因此垂直偏心无法补偿。Chan 等[22]研究也表明,偏心量与角膜彗差呈正相关。本研究由于采用了眼球旋转补偿功能,可以对术前及术中进行眼球跟踪并实时补偿,从而引入彗差更低,因此,在 SMILE 手术中除了对中心的定位以外,也应关注垂直方向的偏移,以此可以更好地减少术后彗差的增加。

综上所述,应用眼球自旋控制功能的 FS－LASIK 与 SMILE 术后高阶像差均较术前增加,但 FS－LASIK 术后垂直彗差低于 SMILE,表明应用眼球自旋控制功能的 FS－LASIK 可减少术后垂直彗差的引入。本研究的局限性在于样本量相对较小,随访时间短,因此还需要扩大样本量、延长随访时间予以进一步验证。

参考文献

1 王雁, 赵堪兴. 角膜屈光手术后的高阶像差与视觉质量[J]. 中华眼科杂志, 2011, 47(7): 664－668

2 陈松林, 郭露, 邹莉, 等. 高度近视患者 SMILE 和 FS－LASIK 术后早期视觉质量的比较[J]. 国际眼科杂志, 2021, 21(5): 890－894

3 Gyldenkerne A, Ivarsen A, Hjortdal JO. Comparison of corneal shape changes and aberrations induced By FS－LASIK and SMILE for myopia[J]. J Refract Surg, 2015, 31(4): 223－229

4 Arba－Mosquera S, Arbelaez MC. Three－month clinical outcomes with static and dynamic cyclotorsion correction using the SCHWIND AMARIS[J]. Cornea, 2011, 30(9): 951－957

5 Prakash G, Agarwal A, Ashok KD, *et al*. Comparison of laser in situ keratomileusis for myopic astigmatism without iris registration, with iris registration, and with iris registration－assisted dynamic rotational eye tracking[J]. J Cataract Refract Surg, 2011, 37(3): 574－581

6 Neuhann IM, Lege BA, Bauer M, *et al*. Static and dynamic rotational eye tracking during LASIK treatment of myopic astigmatism with the Zyoptix laser platform and Advanced Control Eye Tracker[J]. J Refract Surg, 2010, 26(1): 17－27

7 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 我国飞秒激光小切口角膜基质透镜取出手术规范专家共识(2018 年)[J]. 中华眼科杂志, 2018, 54(10): 729－736

8 杨源芳, 王卫群, 杨应琴, 等. 准分子激光原位角膜磨镶术中眼球动态旋转的临床研究[J]. 中华眼外伤职业眼病杂志, 2015, 37(3): 176－179

9 Mohammadpour M, Khorrami－Nejad M, Chini－Foroush N. Correlation between iris－registered static and dynamic cyclotorsions with preoperative refractive astigmatism in PRK candidates[J]. J Curr Ophthalmol, 2019, 31(1): 36－42

10 Guirao A, Williams DR, Cox IG. Effect of rotation and translation on the expected benefit of an ideal method to correct the eye′s higher－order aberrations[J]. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis, 2001, 18(5): 1003－1015

11 Zhang R, Wei H, Jhanji V, *et al*. Comparison of corneal aberrations and refractive outcomes after small－incision lenticule extraction and femtosecond－assisted laser－assisted in situ keratomileusis[J]. Int Ophthalmol, 2021, 41(7): 2521－2531

12 Zhao PF, Hu YB, Wang Y, *et al*. Comparison of correcting myopia and astigmatism with SMILE or FS－LASIK and postoperative higher－order aberrations[J]. Int J Ophthalmol, 2021, 14(4): 523－528

13 Liu M, Chen Y, Wang D, *et al*. Clinical outcomes after SMILE and femtosecond laser－assisted LASIK for myopia and myopic astigmatism: a prospective randomized comparative study[J]. Cornea, 2016, 35(2): 210－216

14 郭丰芳, 方学军. FS－LASIK 与 SMILE 术后干眼参数与角膜知觉的比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2019, 21(12): 930－936

15 雷晓华, 范文雨, 谭维娜, 等. SMILE 与 FS－LASIK 术后视觉质量比较[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2017, 19(4): 231－235

（转第 110 页）

J]. Yale J Biol Med, 1953, 26(1): 100
2 廖二元. 内分泌代谢病学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2002: 418
3 Fukui H, Taniguchi S, Ueta Y, *et al*. Enhanced activity of the purine nucleotide cycle of the exercising muscle in patients with hyperthyroidism[J]. J Clin Endocrinol Metab, 2001, 86(5): 2205 – 2210
4 Kahaly GJ, Bartalena L, Hegedus L, *et al*. 2018 European Thyroid Association guideline for the management of Graves' hyperthyroidism [J]. Eur Thyroid J, 2018, 7(4): 167 – 186
5 中华医学会内分泌学分会《中国甲状腺疾病诊治指南》编写组. 中国甲状腺疾病诊治指南——甲状腺功能亢进症[J]. 中华内科杂志, 2007, 46(10): 876 – 882
6 Zhang X, Hu X, Chen R, *et al*. Perturbations of metabolomic profiling of spleen from rats infected with clonorchis sinensis determined by LC – MS/MS method[J]. Front Mol Biosci, 2020, 7: 561641
7 Liu J, Fu J, Jia Y, *et al*. Serum metabolomic patterns in patients with autoimmune thyroid disease[J]. Endocr Pract, 2020, 26(1): 82 – 96
8 Taylor PM, Ritchie JW. Tissue uptake of thyroid hormone by amino acid transporters[J]. Best Pract Res Clin Endocrinol Metab, 2007, 21(2): 237 – 251
9 Centanni M, Canettieri G, Viceconti N, *et al*. Effect of tryptophan on the early tri – iodothyronine uptake in mouse thymocytes[J]. Eur J Endocrinol, 2000, 143(1): 119 – 123
10 Shibata K, Toda S. Effects of thyroxine on the conversion ratio of tryptophan to nicotinamide in rats[J]. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry, 1994, 58(10): 1757 – 1762
11 Bauer M, Heinz A, Whybrow PC. Thyroid hormones, serotonin and mood: of synergy and significance in the adult brain[J]. Mol Psychiatry, 2002, 7(2): 140 – 156
12 Strasser B, Gostner JM, Fuchs D. Mood, food, and cognition: role of tryptophan and serotonin[J]. Curr Opin Clin Nutr Metab Care, 2016, 19(1): 55 – 61
13 Hubbard TD, Murray IA, Perdew GH. Indole and tryptophan metabolism: endogenous and dietary routes to ah receptor activation[J]. Drug Metab Dispos, 2015, 43(10): 1522 – 1535
14 Takeshita H, Kitano M, Iwasaki T, *et al*. Sphingosine 1 – phosphate (S1P)_ S1P receptor 1signaling regulates receptor activator of NF – jB ligand (RANKL) expression in rheumatoid arthritis[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2012, 419(2): 154 – 159
15 Schaper K, Dickhaut J, Japtok L, *et al*. Sphingosine – 1 – phosphate exhibits anti – proliferative and anti – inflammatory effects in mouse models of psoriasis[J]. J Dermatol Sci, 2013, 71(1): 29 – 36
16 Spiegel S, Milstien S. The outs and the ins of sphingosine – 1 – phosphate in immunity[J]. Nat Rev Immunol, 2011, 11(6): 403 – 415
17 Tsai HC, Han MH. Sphingosine – 1 – phosphate (S1P) and S1P signaling pathway: therapeutic targets in autoimmunity and inflammation [J]. Drugs, 2016, 76(11): 1067 – 1079
18 Chaudhry BZ, Cohen JA, Conway DS. Sphingosine 1 – phosphate receptor modulators for the treatment of multiple sclerosis[J]. Neurotherapeutics, 2017, 14(4): 859 – 873
19 Bagdanoff JT, Donoviel MS, Nouraldeen A, *et al*. Inhibition of sphingosine 1 – phosphate lyase for the treatment of rheumatoid arthritis: discovery of (E) – 1 – (4 – ((1R, 2S, 3R) – 1, 2, 3, 4 – tetrahydroxybutyl) – 1H – imidazol – 2 – yl) ethanone oxime (LX2931) and (1R, 2S, 3R) – 1 – (2 – (isoxazol – 3 – yl) – 1H – imidazol – 4 – yl) butane – 1, 2, 3, 4 – tetraol (LX2932)[J]. J Med Chem, 2010, 53(24): 8650 – 8662
20 Han C, He X, Xia X, *et al*. Sphk1_ S1P_ S1PR1signaling is involved in the development of autoimmune thyroiditis in patients and NOD. H – 2^{h4} mice[J]. Thyroid, 2019, 29(5): 700 – 713
21 Weiner J, Hankir M, Heiker JT, *et al*. Thyroid hormones and browning of adipose tissue[J]. Mol Cell Endocrinol, 2017, 458: 156 – 159
22 Nguyen MT, Ly DD, Nguyen NT, *et al*. Thyroid hormone induces Ca^{2+} – mediated mitochondrial activation in brown adipocytes[J]. Int J Mol Sci, 2021, 22(16): 8640
23 Mills EL, Pierce KA, Jedrychowski MP, *et al*. Accumulation of succinate controls activation of adipose tissue thermogenesis[J]. Nature, 2018, 560(7716): 102 – 106
24 Zoico E, Rubele S, De Caro A, *et al*. Brown and beige adipose tissue and aging[J]. Front Endocrinol: Lausanne, 2019, 10: 368
25 Liu X, Zhang J, Meng Z, *et al*. Gender impact on the correlations between Graves' hyperthyroidism and hyperuricemia in Chinese[J]. Ir J Med Sci, 2019, 188(3): 843 – 848
26 Kim YJ, Ryu HM, Choi JY, *et al*. Hypoxanthine causes endothelial dysfunction through oxidative stress – induced apoptosis[J]. Biochem Biophys Res Commun, 2017, 482(4): 821 – 827

(收稿日期: 2022 – 03 – 04)
(修回日期: 2022 – 04 – 01)

(接第 171 页)

16 Ying J, Zhang J, Cai J, *et al*. Comparative change in anterior corneal asphericity after FS – LASIK and SMILE[J]. J Refract Surg, 2021, 37(3): 158 – 165
17 陶冶, 周跃华, 李福生, 等. FS – LASIK 与 SMILE 术后角膜上皮重塑的比较[J]. 山东大学耳鼻喉眼学报, 2020, 34(2): 61 – 66
18 Wu W, Wang Y. Corneal higher – order aberrations of the anterior surface, posterior surface, and total cornea after SMILE, FS – LASIK, and FLEx surgeries[J]. Eye Contact Lens, 2016, 42(6): 358 – 365
19 武志清, 王雁, 张琳, 等. 飞秒激光小切口角膜基质内透镜取出术与飞秒激光 LASIK 术后高阶像差改变的对比研究[J]. 中华眼科杂志, 2015, 51(3): 193 – 201
20 Lee H, Yong KD, Reinstein DZ, *et al*. Comparing corneal higher – order aberrations in corneal wavefront – guided transepithelial photorefractive keratectomy versus small – incision lenticule extraction[J]. J Cataract Refract Surg, 2018, 44(6): 725 – 733
21 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
22 Chan T, Wan KH, Kang D, *et al*. Effect of corneal curvature on optical zone decentration and its impact on astigmatism and higher – order aberrations in SMILE and LASIK[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2019, 257(1): 233 – 240

(收稿日期:2022 – 03 – 23)
(修回日期:2022 – 03 – 27)