

# 不透明气泡层对 FS-LASIK 术中眼球旋转追踪补偿的影响

王萌萌, 王晶晶, 李明然, 贾鑫, 李丽艳, 尹会苏, 韩龙辉

引用: 王萌萌, 王晶晶, 李明然, 等. 不透明气泡层对 FS-LASIK 术中眼球旋转追踪补偿的影响. 国际眼科杂志 2021; 21(2): 344-347

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No.81700873); 河北省重点研发计划项目 (No.18277754D); 河北省医学科学研究课题计划项目 (No.20200842); 河北省中医药管理局科研计划项目 (No.2020553); 邢台市科技支撑计划项目 (No.2016ZC262)

作者单位: (054001) 中国河北省邢台市, 河北省眼科医院 河北省眼科学重点实验室

作者简介: 王萌萌, 毕业于首都医科大学, 博士, 副主任医师, 副教授, 硕士研究生导师, 研究方向: 屈光、白内障。

通讯作者: 王萌萌. wangmengmg@163.com

收稿日期: 2020-06-04 修回日期: 2021-01-08

## 摘要

目的: 评估 FS-LASIK 手术在制作角膜瓣过程中不透明气泡层 (OBL) 的发生对准分子激光机眼球旋转追踪补偿的影响。

方法: 前瞻性临床研究。随机抽取 2019-07/09 在我院行 FS-LASIK 手术 200 例 400 眼。统计 FS-LASIK 术中 OBL 的总体发生率、角膜瓣外 OBL 发生率、角膜瓣内 OBL 发生率、动态自旋跟踪矫正 (DCC) 和静态自旋跟踪矫正 (SCC) 的运行成功率, 并分析 OBL 对 DCC 和 SCC 运行的影响。

结果: 本研究共发生 OBL 183 眼, 总体 OBL 发生率为 45.8%, DCC 成功运行 397 眼, 总体 DCC 运行成功率为 99.2%; SCC 成功运行的手术共计为 293 眼, 总体 SCC 运行成功率为 73.2%; 总体 OBL、角膜瓣外 OBL、角膜瓣内 OBL 对 DCC 的运行成败均无影响 ( $P>0.05$ ), 但对 SCC 的运行成败均有影响 ( $P<0.05$ ), OBL 发生会导致 SCC 运行失败。

结论: 在制作角膜瓣过程中 OBL 的发生可能会导致 FS-LASIK 准分子激光机 SCC 运行的失败。

关键词: 飞秒; 不透明气泡层; 并发症; 近视

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.2.31

## Effect of opaque bubble layer on the ocular cyclotorsion compensation during FS-LASIK procedures

Meng-Meng Wang, Jing-Jing Wang, Ming-Ran Li, Xin Jia, Li-Yan Li, Hui-Su Yin, Long-Hui Han

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No. 81700873); Key Research and Development Program of Hebei Province (No.18277754D); Medical Science Research Project Plan

of Hebei Province (No.20200842); Research Program of Hebei Administration of Traditional Chinese Medicine (No.2020553); Science and Technology Support Program of Xingtai City (No.2016ZC262)

Hebei Provincial Key Laboratory of Ophthalmology, Hebei Provincial Eye Hospital, Xingtai 054001, Hebei Province, China

Correspondence to: Meng-Meng Wang. Hebei Provincial Key Laboratory of Ophthalmology, Hebei Provincial Eye Hospital, Xingtai 054001, Hebei Province, China. wangmengmg@163.com

Received: 2020-06-04 Accepted: 2021-01-08

## Abstract

• AIM: To evaluate the effect of opaque bubble layer (OBL) on the ocular cyclotorsion compensation during FS-LASIK procedures.

• METHODS: Prospectively clinical study. From July 2019 to September 2019, two-hundred FS-LASIK patients (400 eyes) were randomly included into this study. The total OBL incidence, flap-out OBL incidence, flap-in OBL incidence, incidence of dynamic cyclotorsion component (DCC) and incidence of static cyclotorsion component (SCC) were statistically analyzed.

• RESULTS: OBL developed in 183 eyes of 400 FS-LASIK eyes, with a total OBL incidence of 45.8%. DCC was successfully performed on 397 eyes, with a total DCC incidence of 99.2%. SCC was successfully performed on 293 eyes, with a total SCC incidence of 73.2%. Neither flap-out OBL nor flap-in OBL could disturb the successful implementation of DCC during the operation ( $P>0.05$ ). Both flap-out OBL and flap-in OBL could impact the SCC implementation and make it fail ( $P<0.05$ ).

• CONCLUSION: OBL can result in failure of SCC implementation during the FS-LASIK procedures.

• KEYWORDS: femtosecond; opaque bubble layer; complication; myopia

Citation: Wang MM, Wang JJ, Li MR, et al. Effect of opaque bubble layer on the ocular cyclotorsion compensation during FS-LASIK procedures. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021; 21(2): 344-347

## 0 引言

目前准分子激光原位角膜磨镶术 (laser *in situ* keratomileusis, LASIK) 仍然是我国屈光矫正手术的主流手术方式<sup>[1]</sup>。尤其是飞秒激光辅助的准分子激光原位角膜磨镶术 (femtosecond assisted laser *in situ* keratomileusis, FS-LASIK) 已经被越来越多的中国屈光手术医师所使用<sup>[2]</sup>。与传统显微角膜板层刀制作角膜瓣相比, 飞秒激光

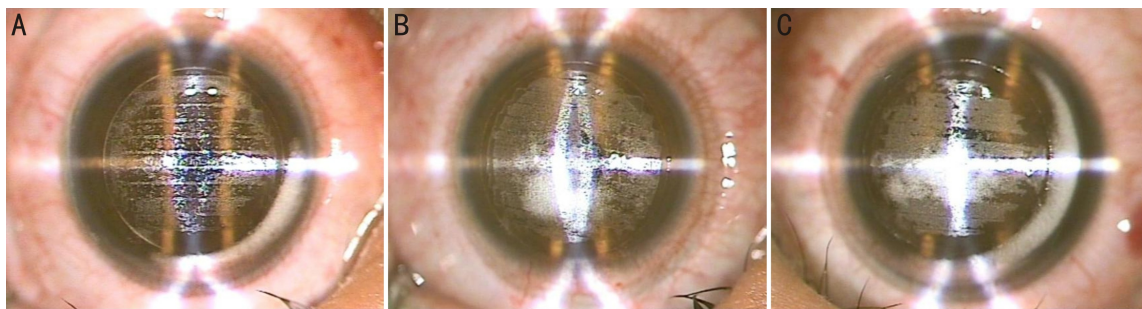


图1 FS-LASIK手术制作角膜瓣过程中OBL的形态 A:角膜瓣外OBL;B:角膜瓣内OBL;C:角膜瓣外合并瓣内OBL。

制作角膜瓣技术具有精准确度高、角膜瓣参数可个体化设计、术中负压小等诸多优点<sup>[3]</sup>。然而,飞秒激光制作角膜瓣技术具有其特有的并发症,并可能会对手术过程和手术效果造成影响。例如,术中出现的不同程度的不透明气泡层(opaque bubble layer, OBL),有可能会给接下来的眼球追踪造成不同程度的干扰,进而影响手术的实施和疗效<sup>[4]</sup>。本研究旨在探讨FS-LASIK手术在制作角膜瓣过程中OBL的发生对准分子激光机眼球旋转追踪补偿的影响,以期为广大屈光手术医师提供更多的临床数据和参考经验。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 本研究为前瞻性临床研究。采用随机数字表法抽取2019-07/09在我院进行FS-LASIK手术的患者200例400眼,其中男127例,女73例,平均年龄为 $20.8 \pm 3.2$ 岁,术前裸眼远视力(LogMAR)为 $1.14 \pm 0.37$ ,术前矫正远视力(LogMAR)为 $-0.05 \pm 0.09$ ,屈光度为 $-5.15 \pm 1.42$ D,Sim-K平均值为 $44.83 \pm 2.20$ D,中央角膜厚度为 $532.86 \pm 17.97 \mu\text{m}$ 。纳入标准:(1)年龄 $>18$ 周岁;(2)屈光度球镜度 $<600$ 度,散光度 $<100$ 度;(3)角膜前表面屈光度在 $41.00 \sim 44.99$ D;(4)术前摘软性角膜接触镜2wk、硬性角膜接触镜1mo以上。排除标准:(1)伴有其它眼部急性、进行性合并症;(2)伴有全身系统性疾病;(3)有眼部感染史;(4)有眼部手术史。本研究经过河北省眼科医院医学伦理委员会的许可实施,手术前每例患者及其家属均充分理解其就诊资料会用于本研究,并自愿签署了科研和手术知情同意书。

**1.2 方法** 术前5g/L左氧氟沙星滴眼液每天4次,共3d。所有纳入本研究的FS-LASIK手术均由同一名手术医师(第一作者)采用Femto LDV Z6飞秒激光机和Schwind Amaris 750准分子激光治疗机完成。手术步骤:眼部消毒、铺巾、开睑,表面麻醉,将飞秒激光头放置于手术眼,调整眼位,负压吸引,飞秒激光制作角膜瓣,去除飞秒激光头,掀开角膜瓣,准分子激光对焦后,开启动态自旋跟踪矫正(dynamic cyclotorsion component, DCC)和静态自旋跟踪矫正(static cyclotorsion component, SCC)。此时有3种情况:(1)DCC和SCC首次成功运行;(2)DCC和SCC首次运行失败,立即采用虹膜恢复器驱赶OBL,再次开启DCC和SCC,运行成功;(3)DCC和SCC首次运行失败,立即采用虹膜恢复器驱赶OBL后DCC和SCC仍然运行失败。在本研究中,第一种和第二种情况均被认为运行成功;无论此后DCC和SCC是否能够运行,第三种情况均被认为运行失败。采用准分子激光磨镶角膜基质床,复位角膜瓣,术毕。术后5g/L左氧氟沙星滴眼液每天4次,共14d,1g/L玻璃酸钠滴眼液每天4次,共14d;1g/L氟米龙滴眼

表1 FS-LASIK手术制作角膜瓣过程中OBL的发生情况

术中OBL发生情况		眼数	发生率(%)
有OBL	总体OBL	183	45.8
	角膜瓣外OBL	164	41.0
	角膜瓣内OBL	107	26.8
	角膜瓣外合并瓣内OBL	88	22.0
无OBL		217	54.2

表2 FS-LASIK术中两种眼球自旋跟踪矫正功能运行情况

眼球自旋跟踪矫正功能		眼数	发生率(%)
DCC	运行成功	397	99.2
	运行失败	3	0.8
SCC	运行成功	293	73.2
	运行失败	107	26.8

液递减,每天4次(7d)、每天3次(7d)、每天2次(7d)、每天1次(7d)。记录术中OBL的总体发生率、角膜瓣外OBL发生率、角膜瓣内OBL发生率、DCC和SCC的运行成功率。术中各种OBL形态见图1。

统计学分析:采用SPSS 20统计软件包处理数据。数据符合正态分布,计量资料采用均数 $\pm$ 标准差表示,计数资料采用百分率表示,采用四格表的Pearson卡方检验或Fisher确切概率法,以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

纳入病例术后1wk时裸眼远视力(LogMAR)为 $-0.03 \pm 0.06$ ,矫正远视力(LogMAR)为 $-0.04 \pm 0.06$ ,屈光度为 $0.98 \pm 0.36$ D。FS-LASIK术中发生OBL的情况见表1,准分子激光机两种眼球自旋跟踪矫正功能的术中运行情况见表2,引起术中运行失败的OBL眼数及发生率见表3。统计分析显示,无论是总体OBL,还是角膜瓣外OBL或角膜瓣内OBL,对DCC的运行成败均没有影响,差异无统计学意义( $P = 0.595, 1.000, 0.123$ ),但总体OBL和角膜瓣外OBL及角膜瓣内OBL,对SCC的运行成败均有影响,差异有统计学意义( $\chi^2 = 49.553, P < 0.01$ ;  $\chi^2 = 65.092, P < 0.01$ ;  $\chi^2 = 189.315, P < 0.01$ ),OBL发生会导致SCC运行失败。

## 3 讨论

OBL是FS-LASIK的常见并发症,发生概率为31.6%~56.4%<sup>[5]</sup>。尽管发生率较高,且可能对FS-LASIK手术造成不同程度的影响,但目前对OBL的研究尚不深入。而现有的研究几乎都将侧重点放在了OBL的诱发因素<sup>[6]</sup>或OBL造成的术后影响<sup>[7]</sup>两个方向。本文将研究重点放在了OBL对准分子激光机的两种术中眼球旋转追踪

表3 FS-LASIK术中引起两种眼球自旋追踪矫正功能运行失败的OBL眼数及发生率

分组	眼数	总体 OBL(183 眼)		角膜瓣外 OBL(164 眼)		角膜瓣内 OBL(107 眼)	
		眼数	发生率(%)	眼数	发生率(%)	眼数	发生率(%)
DCC 运行失败	3	2	1.1	1	0.6	2	1.9
SCC 运行失败	107	80	43.7	79	48.2	74	69.2

注:发生率=引起DCC或SCC运行失败的各种OBL发生情况的眼数/发生OBL各种情况的总体眼数×100%。

补偿功能DCC和SCC的影响,初步检索国内外文献库尚未发现相似研究的报道。

正常情况下,人眼不仅存在6个维度的线性运动(X、Y、Z轴),而且可以以光轴为中心发生眼球自旋运动。通常的准分子激光设备只能追踪和补偿X、Y轴的线性运动,而Schwind Amaris 750准分子激光治疗机不仅能够做6个维度的线性追踪补偿,而且能够完成DCC和SCC这两种眼球自旋追踪补偿<sup>[8]</sup>。DCC是指在准分子激光治疗过程中激光设备实时跟踪眼球发生的自旋运动,并随之调整激光切削位置;SCC则是对针对患者处于直立位和仰卧位时眼球的位置旋转,在术中予以相应的补偿。有研究报道,当眼球旋转超过2°而未补偿时,可影响散光的矫正并导致术后像差增加;眼球旋转达到4°而不对其进行补偿时,会导致14%的残余散光<sup>[9]</sup>。因此眼球自旋运动对FS-LASIK术后患者的视觉质量有较大影响,而术中采取DCC和SCC将有助于提高FS-LASIK的手术精准性和预测性<sup>[10]</sup>。从本研究的结果可以看到,无论是角膜瓣外OBL还是角膜瓣内OBL均对DCC功能运行的成败没有影响,却可以影响SCC功能的运行。其中,同时发生OBL和SCC运行失败的手术有80眼,占总体OBL眼数的43.7%,占总体SCC运行失败眼数的74.8%。因此,我们建议手术医师在术前手术设计时要充分考虑到术中发生OBL和SCC运行失败的可能性,做好对可能引发OBL的影响因素的识别和手术患者的甄选,并做好术中的防范和处理措施。

OBL的发生主要与FS-LASIK的飞秒激光制瓣的原理密切相关<sup>[11]</sup>。飞秒激光聚焦于角膜基质引起光裂解爆破而产生含CO<sub>2</sub>和水蒸汽的微小气泡,连续的微小气泡能够起到分割角膜基质的作用。在这个过程中,各种影响因素导致微小气泡暂时不能被排出且不能被周围组织及时地完全吸收,则会聚集融合形成OBL。除此之外,已经有研究发现OBL可以在多种影响因素的作用之下发生。例如,我国唐水晶等<sup>[12]</sup>认为OBL的产生与角膜曲率、角膜瓣厚度、角膜厚度均相关,角膜瓣越薄越容易发生角膜瓣内OBL,角膜瓣越厚越容易发生角膜瓣外OBL。Kanellopoulos等<sup>[13]</sup>发现OBL多发生在靠近角膜带的部位,因此建议在角膜带的位置制作排气隧道。Mastropasqua等<sup>[14]</sup>发现角膜瓣内OBL多发生于角膜瓣的边缘,因此建议适当扩大角膜瓣直径以减少角膜瓣内OBL对术中瞳孔识别的影响。Courtin等<sup>[15]</sup>认为角膜的生物力学与OBL的发生相关,其中角膜滞后量(corneal hysteresis, CH)和角膜阻力因子(corneal resistance factor, CRF)与OBL的发生正相关。Wu等<sup>[16]</sup>认为角膜直径越小、角膜散光度数越低,OBL的发生率越高。Jung等<sup>[17]</sup>不仅发现角膜厚度和角膜曲率等客观因素与OBL的发生有关,而且医生术中将激光头和角膜的对接操作也会影响

OBL的发生。尽管有以上研究作为术前手术设计的重要提示,但是截至目前OBL的影响因素和具体机制尚未完全阐明,OBL在有些手术中还难以避免,因此屈光手术医师应当了解OBL对手术过程中所带来的影响,尤其是对术中眼球自旋识别及补偿功能的影响,进而正确的应对OBL带来的各种潜在手术风险。

眼球自旋识别及补偿系统的运行需要参照眼球的三个解剖结构:瞳孔轮廓、虹膜纹理、角巩膜缘血管<sup>[18]</sup>。Schwind Amaris 750准分子激光治疗机的DCC功能无需在术前采集患眼参照数据,而是在术中掀瓣后自动采集并在激光扫描过程中实时追踪。我们推测,由于DCC采集参照数据时OBL已经存在,因此采集和追踪之间的数据变异不大,因此在本研究中OBL对DCC的影响较小(均 $P>0.05$ ),DCC的运行成功率(99.2%)也较高。但是Schwind Amaris 750准分子激光治疗机的SCC功能需要在术前坐位采集参照数据,并且采集图像的清晰度、范围、可重复性等要求较高,但是术中实施SCC补充功能时出现了OBL干扰,两个数据之间变异较大,因此在本研究中OBL对SCC的影响较大(均 $P<0.01$ ),SCC的运行成功率(73.2%)也较低。

以往研究已经显示,FS-LASIK的眼球追踪补偿功能能够提高手术精准性,减少术后散光残余和术源性散光的发生<sup>[19]</sup>。除了本研究证实的OBL对术中眼球追踪补偿功能的影响,OBL本身也可能对术中角膜基质床的结构造成影响,进而影响FS-LASIK准分子切削的精确性<sup>[20]</sup>。因此,如何应对和处理术中已经出现的OBL并降低后续的手术风险十分重要。本研究在方法部分提到了两种常用的处理OBL的方法,即对于不很致密的、范围较小的OBL可以尝试采用光滑的手术器械驱赶OBL的方法,但操作要轻柔、快速和适度。如果在数秒内无法清除OBL和运行DCC或SCC,要果断停止操作并复位角膜瓣,嘱患者闭眼休息5~10min,待OBL消散后再次掀开角膜瓣尝试运行DCC和SCC。需要说明的是,有研究显示术中出现OBL和SCC运行失败可能对于常见的轻中度近视散光矫正手术的术后视力影响不大<sup>[21]</sup>,因此手术医师对于常规近视的FS-LASIK术中OBL不必太过纠结。但是由于我院高度散光、高角膜像差、二次增效手术、个体化手术较多,SCC运行的成功与否对于这些手术的术后效果影响较大。因此,我们也建议广大屈光手术医师在进行这些高难度手术之前要充分评估发生OBL的可能性,并重视OBL对SCC运行的影响,延长休息时间直至OBL彻底消散后再运行SCC,以提高SCC运行成功率,减少不必要的手术风险。

由于以往研究已经证实SCC会影响FS-LASIK的治疗效果<sup>[10]</sup>,所以本研究仅探讨了OBL对两种术中眼球旋转追踪补偿功能的影响,没有进一步对本研究中SCC运行失败眼的术后效果进行分析。此外,除了OBL的影响

之外,本研究没有分析 SCC 运行失败的其它影响因素,因此我们计划今后将进一步对 SCC 运行影响因素开展更加深入的研究。

总之,在制作角膜瓣过程中 OBL 的发生可能会导致 FS-LASIK 准分子激光机 SCC 运行的失败。手术医师应该了解 OBL 的这一潜在危害,做好相关防范和处理措施,以减少不必要的手术风险。

#### 参考文献

- 1 侯思梦, 张景尚, 万修华. 高度近视手术矫正及治疗方法研究进展. *眼科新进展* 2018;38(10):921-924
- 2 钱志刚, 毛晓春. 飞秒激光制瓣与机械板层刀制瓣的 LASIK 术后临床疗效的比较. *国际眼科杂志* 2019;19(1):121-124
- 3 曾原, 黄一飞, 高建华. 飞秒激光在角膜疾病中的应用进展. *中国激光医学杂志* 2014;23(4):218-222
- 4 Bashir ZS, Ali MH, Anwar A, et al. Femto-lasik; The recent innovation in laser assisted refractive surgery. *J Pak Med Assoc* 2017;67(4):609-615
- 5 dos Santos AM, Torricelli AA, Marino GK, et al. Femtosecond Laser-Assisted LASIK Flap Complications. *J Refract Surg* 2016;32(1):52-59
- 6 Liu CH, Sun CC, Hui-Kang Ma D, et al. Opaque bubble layer: incidence, risk factors, and clinical relevance. *J Cataract Refract Surg* 2014;40(3):435-440
- 7 王卫群, 刘欢, 马跃伟, 等. 飞秒激光辅助 LASIK 术中不透明气泡层对手术效果的影响. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2016;38(5):321-324
- 8 Mosquera SA, Arbelaez MC. Use of a six-dimensional eye-tracker in corneal laser refractive surgery with the SCHWIND AMARIS Total Tech laser. *J Refract Surg* 2011;27(8):582-590
- 9 Barrio JLAD, Tiveron M, Plaza-Puche AB, et al. Laser-Assisted in Situ Keratomileusis with Optimized, Fast-Repetition, and Cyclotorsion Control Excimer Laser to Treat Hyperopic Astigmatism with High Cylinder. *Eur J Ophthalmol* 2017;27(6):686-693
- 10 Mohammadpour M, Khorrami-Nejad M, Chini-Foroush N. Correlation between iris-registered static and dynamic cyclotorsions with preoperative refractive astigmatism in PRK candidates. *J Curr Ophthalmol* 2018;31(1):36-42

- 11 Kahuam-López N, Navas A, Castillo-Salgado C, et al. Laser-assisted *in-situ* keratomileusis (LASIK) with a mechanical microkeratome compared to LASIK with a femtosecond laser for LASIK in adults with myopia or myopic astigmatism. *Cochrane Database Syst Rev* 2020;4(4):CD012946
- 12 唐水晶, 薛劲松, 张森俊, 等. Visumax 飞秒激光辅助制瓣 LASIK 术中不透明气泡层及相关因素. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2019;21(1):30-34
- 13 Kanellopoulos AJ, Asimellis G. Digital analysis of flap parameter accuracy and objective assessment of opaque bubble layer in femtosecond laser-assisted LASIK: a novel technique. *Clin Ophthalmol* 2013;7:343-351
- 14 Mastropasqua L, Calienno R, Lanzini M, et al. Opaque bubble layer incidence in Femtosecond laser-assisted LASIK: comparison among different flap design parameters. *Int Ophthalmol* 2017;37(3):635-641
- 15 Courtin R, Saad A, Guilbert E, et al. Opaque Bubble Layer Risk Factors in Femtosecond Laser-assisted LASIK. *J Refract Surg* 2015;31(9):608-612
- 16 Wu N, Christenbury JG, Dishler JG, et al. A Technique to Reduce Incidence of Opaque Bubble Layer Formation During LASIK Flap Creation Using the VisuMax Femtosecond Laser. *J Refract Surg* 2017;33(9):584-590
- 17 Jung HG, Kim J, Lim TH. Possible risk factors and clinical effects of an opaque bubble layer created with femtosecond laser-assisted laser *in situ* keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2015;41(7):1393-1399
- 18 Pajic B, Cvejic Z, Mijatovic Z, et al. Excimer Laser Surgery: Biometrical Iris Eye Recognition with Cyclorotational Control Eye Tracker System. *Sensors (Basel)* 2017;17(6):1211
- 19 揭黎明, 王骞, 郑林. 实时虹膜识别引导的准分子激光原位角膜磨镶术治疗近视性散光的临床分析. *中华眼科杂志* 2013;49(8):711-715
- 20 Marino GK, Santhiago MR, Wilson SE. OCT Study of the Femtosecond Laser Opaque Bubble Layer. *J Refract Surg* 2017;33(1):18-22
- 21 Lim DH, Hyun J, Shin E. Incidence and Risk Factors of Opaque Bubble Layer Formation According to Flap Thickness During 500-kHz FS-LASIK. *J Refract Surg* 2019;35(9):583-589