

# 低压缺氧对 LASIK 术后视功能的影响

赵蓉 殷东辰 王恩普 张相冉 赵瑞华 王建昌

**【摘要】目的** 观察 LASIK 术后人群在低压缺氧环境中视功能变化情况,了解准分子激光角膜屈光手术眼在飞行特殊环境的适应性。**方法** 自身前后对照研究。20名(40眼)健康志愿者,平均年龄为(23.8±1.2)岁,准分子激光近视矫正术后1年。低压舱上升前测量眼压、近立体视、色觉、屈光度、对比敏感度(双眼明视、暗视眩光下空间频率3、6、12、18 c/d 的对比敏感度值),低压舱以30 m/s速度上升至5 000 m高度,在此高度停留10 min后再次测量,此过程无供氧,测量后低压舱以10~15 m/s速度下降至地面。对相应数据采用配对t检验进行分析。**结果** 低压舱实验前后眼压未见明显变化[(右眼(13.0±1.7)mmHg vs. (13.0±2.1)mmHg, t=-0.56, P>0.05; 左眼(13.0±2.0 mmHg vs. (13.0±2.0)mmHg, t=-0.81, P>0.05)];近立体视[(21.5±2.4)弧秒 vs. (27.6±8.3)弧秒, t=-3.39, P<0.05)及色觉(9.60±2.73 vs. 27.20±8.57, t=-2.81, P<0.05)]下降;等效球镜度[(右眼(-0.90±0.61)D vs. (-1.08±0.75)D, t=1.71, P>0.05, 左眼(-1.21±0.61)D vs. (-1.06±0.54)D, t=-1.33, P>0.05)差异无统计学意义;对比敏感度(18 c/d 暗视眩光环境对比敏感度降低P<0.05,其他情况均未见降低)。**结论** 低压缺氧环境对准分子激光术后远期人群的眼压、屈光度、对比敏感度(除高频暗视眩光)均无影响;近立体视、色觉及高频暗视眩光条件的对比敏感度下降。

**【关键词】** 角膜磨镶术,激光原位; 缺氧; 眼内压; 深度知觉; 色觉; 对比敏感度

## Effects of low pressure hypoxia on visual function after laser in situ keratomileusis

Zhao Rong\*, Yin Dongchen, Wang Enpu, Zhang Xiangran, Zhao Ruihua, Wang Jianchang. Air Force General Hospital, PLA, Beijing 100142, China

Corresponding author: Wang Jianchang, Email: kzdw66@sohu.com

**[Abstract]** **Objective** To test the effects of altitude hypoxia on visual function after laser in situ keratomileusis (LASIK) and to evaluate flight adaptability after laser refractive surgery. **Methods** This was a self-control designed study. Forty eyes of 20 healthy males with a mean age of 23.8±1.2 years volunteered for this prospective study. All patients had bilateral LASIK surgery 1 year prior to the study. Interocular pressure, near stereopsis, color vision, refractive error, contrast sensitivity (CS) (photopic, scotopic+glare environments; 3, 6, 12, 18 c/d spatial frequencies) were measured before exposure to the hypobaric chamber. The atmosphere in the chamber ascended to an equivalent of a 5 000 m altitude at the rate of 30 m/s. Subjects were measured again after remaining there for 10 minutes without an oxygen supply. The chamber then returned to ground level at the rate of 10–15 m/s. Data were analyzed using a paired t test. **Results** There were no significant differences in intraocular pressure or spherical equivalent refractive error for either eye before and after the hypobaric experiment: right eyes: 13.0±1.7 mmHg vs. 13.0±2.1 mmHg, t=-0.56, P>0.05, -0.90±0.61 D vs. -1.08±0.75 D, t=1.71, P>0.05; left eyes: 13.0±2.0 mmHg vs. 13.0±2.0 mmHg, t=-0.81, P>0.05; -1.21±0.61 D vs. -1.06±0.54 D, t=-1.33, P>0.05). Near stereopsis (21.5±2.4 vs. 27.6±8.3, t=-3.39, P<0.05) and color vision (9.60±2.73 vs. 27.20±8.57, t=-2.81, P<0.05) were depressed. Contrast sensitivity was depressed only at 18 cycles/degree in the scotopic+glare environment. **Conclusion** Based on this study, we conclude that hypoxia has little effect on interocular pressure, refractive error or CS except at 18 c/d in the scotopic+glare environment after LASIK surgery. Near stereopsis, color vision and CS at 18 c/d in the scotopic+glare environment were reduced.

**【Key words】** Keratomileusis, laser in situ; Anoxia; Intraocular pressure; Depth perception; Color perception; Contrast sensitivity

DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-845X.2014.11.012

基金项目:全军“十二五”重大项目(AKJ11J004)

作者单位:100142 北京,空军总医院(赵蓉、王恩普、张相冉、赵瑞华、王建昌);100142 北京,空军航空医学研究所(殷东辰)

通信作者:王建昌,Email:kzdw66@sohu.com

外军已实施准分子激光角膜屈光手术矫治飞行员近视项目多年。由于我军目前还未允许军事飞行员通过此项技术矫治近视,因此国内对于准分子激光术后在飞行特殊环境下的观察较少。我们通过动物实验已经观察到在低压缺氧和迅速减压环境下LASIK术后角膜瓣的稳定性<sup>[1]</sup>,此次我们进一步观察低压缺氧对准分子激光近视矫治术后人群视功能的影响。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

20名健康志愿者均为男性,年龄(23.8±1.2)岁,LASIK术后1年,视力1.0以上,无手术并发症。术前等效球镜度为-1.00~-5.75 D,术后等效球镜度(-0.95±0.62)D,所有志愿者眼部检查(裂隙灯显微镜、眼底镜)均未见异常。本研究通过医院伦理委员会论证和同意,所有志愿者均签署了知情同意书。

### 1.2 检查设备

眼压采用 Icare 手持回弹式眼压计(芬兰 TAO1 公司)、近立体视采用 Titmus 检查卡(美国 Stereo Optical 公司)、屈光度采用 AR-20 手持电脑验光仪(日本 Nidek 公司)进行检查。色觉采用 Farnsworth-munsell 100HUE Test 仪(美国 X-rite 公司)判断:错误得分总分<16 为优秀,错误得分总分 16~100 为中等,错误得分总分>100 为较差。对比敏感度采用 CSV-1000(美国 Vector Vision 公司)测量双眼明视、暗视眩光环境下 3、6、12、18 c/d 空间频率的对比敏感度值。

低压舱由舱体、真空动力系统、压力监控系统、供氧系统、通信系统及有关设备组成,是人工制造低压条件,模拟高空飞行低气压环境的大型实验设备<sup>[2]</sup>。

### 1.3 实验过程

要求志愿者实验前 1 d 正常休息,不做剧烈运动,无疲劳,不吃产气多的食品。低压舱上升前测量眼压、近立体视、色觉、屈光度、对比敏感度,低压舱以 30 m/s 速度上升至 5 000 m 高度,在此高度停留 10 min 后再次测量,测量后低压舱以 10~15 m/s 速度下降至地面。整个过程检查者戴加压供氧面罩,志愿者没有供氧,但备有供氧装置,同时监测志愿者

血氧饱和度及脉搏,观察志愿者主观反应。如果志愿者出现缺氧情况可以随时吸氧。20 名志愿者在低压舱内检查过程中均未供氧,有 3 名在下降时出现血氧饱和度降低,心率增快,有 1 名出现欣快感,均及时给予了吸氧。在下降过程中,提醒被检者做开张咽鼓管的动作(捏鼻鼓气)。有 2 名志愿者出现中耳压痛,减慢或暂停下降速度,待缓解后再慢慢下降。

### 1.4 统计学方法

自身前后对照研究。实验数据采用  $\bar{x}\pm s$  表示,采用 SPSS 13.0 统计软件进行组间配对 t 检验。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 眼压和屈光度变化

低压舱实验前后观察眼压和屈光度变化差异无统计学意义,见表 1。

表 1 进舱前后眼压及电脑验光比较( $\bar{x}\pm s$ , 20名)

时间	眼压(mmHg)		电脑验光(D)	
	右眼	左眼	右眼	左眼
实验前	13.0±1.7	13.0±2.0	-0.90±0.61	-1.21±0.61
实验后	13.0±2.1	13.0±2.0	-1.08±0.75	-1.06±0.54
t 值	-0.56	-0.81	1.71	-1.33
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05

注:1 mmHg=0.133 kPa

### 2.2 立体视和色觉变化

低压舱实验前后观察近立体视差异有统计学意义,但仍属于正常范围(≤60 弧秒)[进舱前(21.5±2.4)弧秒,进舱后(27.6±8.3)弧秒,  $t=-3.39$ ,  $P<0.05$ ]。

进舱前为 9.60±2.73,进舱后为 27.20±8.57,色觉在低压缺氧环境下出现了下降,差异有统计学意义( $t=-2.81$ ,  $P<0.05$ )。

### 2.3 对比敏感度变化

明视和暗视+眩光环境不同空间频率进舱前后对比敏感度值进行配对 t 检验,除 18 c/d 暗视+眩光环境中对比敏感度下降外( $t=-3.29$ ,  $P<0.01$ ),其他 2 种环境各空间频率均未出现显著性差异。12 c/d 暗视+眩光环境中对比敏感度值出现了增大( $t=-4.36$ ,  $P<0.05$ )。见表 2。

表 2 进舱前后对比敏感度变化情况( $\bar{x}\pm s$ , 40眼)

时间	明视				暗视+眩光			
	3 c/d	6 c/d	12 c/d	18 c/d	3 c/d	6 c/d	12 c/d	18 c/d
实验前	1.81±0.09	1.96±0.09	1.65±0.07	1.28±0.13	1.80±0.1	1.93±0.08	1.65±0.07	1.27±0.13
实验后	1.80±0.10	1.93±0.08	1.65±0.07	1.27±0.13	1.83±0.1	2.00±0.17	1.74±0.10	1.22±0.16
t 值	0.53	1.45	0.00	0.46	0.00	-0.46	-4.36	3.29
P 值	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	>0.05	<0.01	<0.01

### 3 讨论

高空低压和缺氧耐力是我军飞行员，尤其是高性能战斗机飞行员必备的重要身体素质之一。低压舱是高空生理和航空供氧装备防护生理的重要实验研究和鉴定实验手段<sup>[2]</sup>，它主要用于飞行员、航天员的选拔、高空生理训练、健康检查鉴定、航空航天医学体验、基础研究与医学治疗等。5 000 m 高度是检查人体缺氧反应的常用高度。我们利用低压舱模拟 5 000 m 高空缺氧环境，观察对准分子激光术后眼眼压、屈光状态及视觉质量的影响。

我们观察到在低压缺氧环境中，准分子激光术后眼的屈光度没有发现规律性变化，右眼近视度数加深，左眼近视度数变浅，但没有统计学意义。近立体视觉出现了下降，但未超出正常范围。色觉评分由优秀降至中等。眼压没有出现明显变化。对比敏感度除高频空间频率在暗视眩光环境下下降外，其他各空间频率明视、暗视眩光等环境均未出现降低。高频区反映视敏度，与形觉功能有关，提示轻度急性缺氧可导致视皮层图像和信息处理功能以及形觉功能下降。

说明低压缺氧环境对准分子激光术后眼的屈光度、眼压及大部分视觉功能影响程度不大。由于志愿者条件限制，我们对于正视眼和近视眼非手术人群在低压缺氧环境下视觉方面变化没有进行观察，希望在后续的研究中补充。

目前外军许多国家允许军事飞行员通过准分子激光角膜屈光手术矫治屈光不正。美国空军于 2007 年 5 月审核通过 LASIK 允许所有类别飞行员（美国空军中心的治疗）并建议选用波前引导和飞秒激光<sup>[3]</sup>；尤其目前的新技术——飞秒激光制作角膜瓣，在国外已经得到广泛应用并证实具有良好的安全性和可预测性<sup>[4-5]</sup>。因此他们对飞行环境中手术的适应性观察更加直接。美国空军 Reilly 和 Panday<sup>[6]</sup>2010 年报道，在 Wilford Hall 空军医学中心对 293 名近视和远视人员施行了双眼飞秒激光制瓣，波前像差引导的 LASIK，术后短期和中期效果良好。Aaron 等<sup>[7]</sup>报道在低压舱试验 35 000 ft(1 ft=0.304 8 m)高度暴露时间不超过 30 min 的条件下，LASIK 术后的志愿者视功能没有发生明显异常。Tanzer 等<sup>[8]</sup>报道 LASIK 的应用对美国海军飞行员提高视觉质量疗效显著，无不良事件或并发症，LASIK 将继续成为改善海军航空兵视力的主要方法。激光屈光手术的安全性和有效性经过循证实践验证，在飞行人员选拔与鉴定标准中又得到了进一步完善。

我军在招飞体检方面对角膜屈光手术的限制仍非常严格，不允许施行过准分子激光角膜屈光手术的人群被招飞，在体检复查时对怀疑行屈光手术的参检者要进一步检查角膜地形图，对检出者予以淘汰。但也有因体检设备的限制没有检出而放飞的报道，张勇等<sup>[9]</sup>在 2010 年报道 2 例选飞前行 PRK 手术，1 例为直升机飞行员，飞行时间 700 h，另 1 例为运输机飞行员，飞行时间 210 h，飞行 2~6 年后均未出现影响飞行安全的视觉问题。也说明了准分子激光角膜屈光手术在军事飞行中的适应性。

在现役飞行员方面，迟发性近视在逐年增多<sup>[10]</sup>，这些飞行员多在 30~40 岁，正是飞行技术与飞行经验非常成熟的时期，如果仅仅因为近视停飞，无论对个人还是对部队都会造成很大的损失。通过目前的国内外大量研究证实，准分子激光角膜屈光手术是解决军事飞行员近视的最有效方法之一。本实验结果也显示了角膜屈光手术的飞行适应性，为我们以后开展此项计划提供了良好的临床依据。我军现役飞行人员体检中没有关于屈光不正术后的具体规定，屈光不正术后应属于特许飞行标准评定范畴。

### 参考文献：

- [1] 赵蓉,肖华军,王恩普,等. 高空缺氧和迅速减压对准分子激光原位角膜磨镰术后兔角膜瓣稳定性的影响[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志,2013,15:362-364.
- [2] 肖华军. 航空供氧防护装备生理学[M]. 北京:军事医学科学出版社,2005:318.
- [3] Aaron M, Wright S, Gooch J, et al. Stability of laser-assisted in situ keratomileusis (LASIK) at altitude[J]. Aviat Space Environ Med,2012,83:958-961.
- [4] Nordan LT, Slade SG, Baker RN, et al. Femtosecond laser flap creation for laser in situ keratomileusis[J]. J Refract Surg,2003,19:8-14.
- [5] Jonas JB, Vossmerbaeumer U. Femtosecond laser LASIK flap preparation with conical incision and positional spikes[J]. J Cataract Refract Surg,2004,30:1107-1108.
- [6] Reilly CD, Panday V. Advanced femtosecond LASIK: the Air Force experience[J]. Aviat Space Environ Med,2010,81:281-282.
- [7] Aaron M, Gooch J, Harvey R, et al. Effect of high altitude on laser assisted in situ keratomileusis (LASIK) eyes[J]. Aviat Space Environ Med,2010,81:282.
- [8] Tanzer DJ, Hofmeister E, Brunstetter T, et al. LASIK in designated naval aviators: clinical and quality-of-vision results from a prospective study[J]. Aviat Space Environ Med,2011,82:311-312.
- [9] 张勇,周锡江,金玲,等. 军事飞行员屈光性角膜手术后飞行二例[J]. 中华航空航天医学杂志,2010,21:297.
- [10] 赵蓉,王恩普,李丹,等. 斩击机飞行员屈光不正构成变化的研究[J]. 空军总医院学报,2008,24:70-72.

(收稿日期:2014-05-20)

(本文编辑:季魏红,毛文明)