

# POAG 患者 Schlemm 管功能与选择性激光小梁成形术疗效的关系

冉光耀 孙安琪 李木 偲薇 张虹

华中科技大学同济医学院附属同济医院眼科, 武汉 430030

通信作者: 张虹, Email: dr\_zhanghong@163. vip. com

**【摘要】目的** 探讨原发性开角型青光眼 (POAG) 患者 Schlemm 管功能与选择性激光小梁成形术 (SLT) 疗效的关系。**方法** 采用系列病例观察研究方法, 纳入 2017 年 3—12 月于华中科技大学同济医学院附属同济医院就诊的 POAG 患者 17 例 25 眼, 其中男 12 例 18 眼, 女 5 例 7 眼。采用三面镜观察患者有氧运动前 Schlemm 管全周有无回血, 以全周任意区域见回血者为阳性, 全周未见回血者为阴性; 采用非接触式眼压计和自动血压计分别测量患者运动试验前后眼压及心率, 运动后眼压下降值  $\geq 4.6$  mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa) 者为阳性,  $< 4.6$  mmHg 者为阴性; 采用光相干断层扫描 (OCT) 观察运动试验前后患眼 Schlemm 管有无扩张及其扩张面积, 以运动试验后 Schlemm 管开放的钟点位置较前增加, 和/或至少 1 个钟点位置 Schlemm 管面积较前增大者为阳性。将上述 3 项指标均为阳性者作为 Schlemm 管功能阳性组 (8 眼), 部分指标阳性者作为 Schlemm 管功能部分阳性组 (11 眼), 上述指标均为阴性者作为 Schlemm 管功能阴性组 (6 眼)。各组患眼均接受 SLT 治疗, 分别于术后 1 周、2 周及 1 个月进行随访, 测量眼压, 随访期间患者其余治疗不变。比较手术前后不同时间点各组术眼眼压值、眼压下降值及下降率的差异。**结果** Schlemm 管功能阴性组、部分阳性组和阳性组术眼前眼压分别为 (20.33±9.22)、(25.75±9.03) 和 (22.28±4.78) mmHg, 术后 1 周眼压分别为 (17.10±2.98)、(20.00±7.60) 和 (18.75±8.53) mmHg, 术后 2 周眼压分别为 (19.00±3.94)、(19.18±4.46) 和 (15.50±4.98) mmHg, 术后 1 个月眼压分别为 (19.33±4.32)、(18.00±3.63) 和 (14.38±3.24) mmHg, 各组术眼眼压值总体比较差异无统计学意义 ( $F_{\text{分组}} = 1.028, P = 0.374$ ), 手术前后不同时间点眼压总体比较差异有统计学意义 ( $F_{\text{时间}} = 6.751, P = 0.002$ ); 其中与术前比较, 术后 1 周 Schlemm 管功能阴性组, 术后 1 周、2 周和 1 个月 Schlemm 管功能部分阳性组及术后 2 周、1 个月 Schlemm 管功能阳性组眼压值均明显降低, 差异均有统计学意义 (均  $P < 0.05$ )。各组术眼手术后不同时间点眼压下降值总体比较差异均无统计学意义 ( $F_{\text{分组}} = 0.952, P = 0.401; F_{\text{时间}} = 0.828, P = 0.402$ ); 各组术眼手术后不同时间点眼压下降率总体比较差异均无统计学意义 ( $F_{\text{分组}} = 1.840, P = 0.182; F_{\text{时间}} = 0.419, P = 0.660$ )。**结论** Schlemm 管功能较好的 POAG 眼接受 SLT 治疗后降眼压疗效更好, 运动前 Schlemm 管回血和运动后眼压下降及管道扩张是 Schlemm 管功能良好的标志。

**【关键词】** 选择性激光小梁成形术; 原发性开角型青光眼/手术; Schlemm 管; 功能; 疗效

**基金项目:** 国家自然科学基金项目 (81770921)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20190716-00314

## Association between the function of Schlemm canal and outcome following selective laser trabeculoplasty for primary open-angle glaucoma

Ran Guangyao, Sun Anqi, Li Mu, Xie Wei, Zhang Hong

Department of Ophthalmology, Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430030, China

Corresponding author: Zhang Hong, Email: dr\_zhanghong@163. vip. com

**【Abstract】Objective** To investigate the relationship between the function of Schlemm canal and the efficacy of selective laser trabeculoplasty (SLT) in patients with primary open-angle glaucoma (POAG). **Methods** An observational case series study was conducted. Seventeen POAG patients (25 eyes), including 12 males (18 eyes) and 5 females (7 eyes), were enrolled in Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology from March to December, 2017. The three-mirror contact lens was adopted to observe the presence of blood reflux in Schlemm canal before aerobic exercise, and positive referred to that blood reflux was observed in any region of Schlemm canal, and negative was defined as that no blood reflux was observed in Schlemm canal. The intraocular pressure (IOP) and blood pressure of subjects were measured before and after exercise test by the non-contact

tonometer and automatic blood pressure monitor respectively. Positive referred to the IOP reduction  $\geq 4.6$  mmHg ( $1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$ ) and negative was defined as the IOP reduction  $< 4.6$  mmHg. Optical coherence tomography (OCT) was used to observe whether Schlemm canal was dilated or not and the dilated area before and after exercise test. Positive referred to the opening clock position of Schlemm canal was larger and/or the Schlemm canal was dilated at one or more clock position. The subjects presenting positive in above three indicators were classified as the positive Schlemm canal function group (8 eyes). The subjects presenting positive in above one or two indicators were classified as the mixed Schlemm canal function group (11 eyes). The subjects presenting negative in above three indicators were classified as the negative Schlemm canal function group (6 eyes). All subjects received SLT treatment. The IOP was examined at postoperative 1 week, 2 weeks and 1 month. The IOP, IOP reduction and rate of IOP reduction were compared among the three groups at various time points. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by an Ethics Committee of Tongji Hospital, Tongji Medical College, Huazhong University of Science and Technology (No. TJ-IRB20160306). Written informed consent was obtained from each subject.

**Results** The preoperative IOP and postoperative 1-week, 2-week and 1-month IOP were ( $20.33 \pm 9.22$ ), ( $17.10 \pm 2.98$ ), ( $19.00 \pm 3.94$ ) and ( $19.33 \pm 4.32$ ) mmHg of negative Schlemm canal function group, ( $25.75 \pm 9.03$ ), ( $20.00 \pm 7.60$ ), ( $19.18 \pm 4.46$ ) and ( $18.00 \pm 3.63$ ) mmHg of mixed Schlemm canal function group and ( $22.28 \pm 4.78$ ), ( $18.75 \pm 8.53$ ), ( $15.50 \pm 4.98$ ) and ( $14.38 \pm 3.24$ ) mmHg of positive Schlemm canal function group, respectively. There was no statistical significance in the IOP value among the three groups ( $F_{\text{group}} = 1.028$ ,  $P = 0.374$ ). The difference in IOP before and after surgery was statistically significant ( $F_{\text{time}} = 6.751$ ,  $P = 0.002$ ). Compared with preoperative IOP, the postoperative 1-week IOP of the negative Schlemm canal function group, the postoperative 1-week, 2-week and 1-month IOP of the mixed Schlemm canal function group, and the postoperative 2-week and 1-month IOP of positive Schlemm canal function group were significantly decreased (all at  $P < 0.05$ ). There was no significant difference in IOP reduction or the rate of IOP reduction among the three groups after operation ( $F_{\text{group}} = 0.952$ ,  $P = 0.401$ ;  $F_{\text{time}} = 0.828$ ,  $P = 0.402$ ;  $F_{\text{group}} = 1.840$ ,  $P = 0.182$ ;  $F_{\text{time}} = 0.419$ ,  $P = 0.660$ ).

**Conclusions** POAG patients with better function of Schlemm canal have a better IOP-lowering efficacy after SLT treatment. Blood reflux in Schlemm canal before exercise, reduced IOP and dilated Schlemm canal after exercise can be considered as indicators to evaluate Schlemm canal function.

**[Key words]** Selective laser trabeculoplasty; Primary open angle glaucoma/surgery; Schlemm canal; Function; Outcome

**Fund program:** National Natural Science Foundation of China (81770921)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20190716-00314

青光眼是世界范围内主要的不可逆性致盲眼病,降低眼压是目前公认的控制青光眼进展的主要方法<sup>[1]</sup>。原发性开角型青光眼(primary open-angle glaucoma, POAG)通常进展缓慢,其治疗手段主要包括药物治疗、激光治疗和手术治疗。选择性激光小梁成形术(selective laser trabeculoplasty, SLT)采用单脉冲激光击射前房色素小梁网,可增加房水排出,降低眼压,对小梁网损伤较轻且可以重复使用,不会对药物和手术治疗产生明显影响,已成为美国青光眼诊疗指南中推荐治疗 POAG 的首选方法之一<sup>[2-3]</sup>。据统计,经过 SLT 治疗后西方国家的 POAG 患者眼压可降低 30%~50%, 中国为 20%~30%<sup>[4]</sup>。我国的临床研究结果表明,SLT 用于治疗 POAG 可使眼压下降 3.3~6.5 mmHg ( $1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$ )<sup>[5]</sup>。国外有研究表明,眼压增高会导致 Schlemm 管塌陷,眼压恶化<sup>[6]</sup>,推测 POAG 患者术前 Schlemm 管功能可能与 SLT 术后疗效有关,但是否可以将患者术前 Schlemm 管功能作为 SLT 手术的选择依据目前鲜见研究报道。本研究

拟建立 Schlemm 管功能的临床判断方法,并探讨 POAG 眼术前 Schlemm 管功能对 SLT 疗效的影响。

## 1 资料与方法

### 1.1 一般资料

采用系列病例观察研究方法,纳入 2017 年 3—12 月于华中科技大学同济医学院附属同济医院就诊的 POAG 患者 17 例 25 眼,其中男 12 例 18 眼,女 5 例 7 眼。POAG 诊断标准:房角开放;特征性青光眼视神经损伤;与视神经损伤相符合的视野缺损并能够排除其他导致眼压升高的眼部疾患<sup>[7]</sup>。纳入标准:年龄 18~60 岁;符合上述 POAG 诊断标准。排除标准:既往罹患眼外伤、角膜病、糖尿病视网膜膜病变、视网膜血管阻塞类疾病、黄斑相关疾病等眼部疾患者;有糖尿病等全身性疾病史者;有眼部各类手术史者;有角膜接触镜佩戴史者;有心脑血管疾病史,不能耐受有氧运动者。本研究中所有 POAG 患者均为高眼压型,包括初次诊断未用药的患者及长期使用眼药控制眼压的患者。

本研究遵循《赫尔辛基宣言》，研究方案经华中科技大学同济医学院附属同济医院伦理委员会审核批准(批文号:TJ-IRB20160306)，所有受试者均签署知情同意书。

## 1.2 方法

### 1.2.1 Schlemm 管功能的判断及分组

(1) 采用三面镜(VOLK G-3 Gonio, 美国 Volk 公司)观察患者有氧运动前 Schlemm 管全周有无回血,将三面镜消毒并添加桥液后置于受检眼角膜中央,设置裂隙灯显微镜目镜放大倍数为 16 倍,从患者房角 12:00 位开始顺时针检查。检查时需依次在 12:00、3:00、6:00 和 9:00 位用房角镜中等力度按压约 5 s,观察 Schlemm 管是否有回血、回血分布情况及范围<sup>[8]</sup>,以全周 Schlemm 管任意区域见回血者为阳性(图 1),全周未见回血者为阴性。

(2) 运动试验前患者需在安静、温度适宜的环境中静息 10 min,采用非接触式眼压计(NT-510, 日本 Nidek 公司)测量患者眼压,采用自动血压计[OmronHEM-7201, 欧姆龙(大连)有限公司]测量患者血压及心率,然后嘱患者于跑步机上匀速运动 20 min,运动速度为 4.8~5.0 km/h,运动后即刻再次测量患者眼压、血压及心率,以心率储备百分比(%HRmax)判断运动是否足量。心率储备百分比=(运动心率-静息心率)/(人体运动时适宜最大心率-静息心率)×100%,其中人体运动时适宜最大心率=220-年龄<sup>[9]</sup>。参照文献<sup>[10]</sup>的标准,以心率储备百分比达到(26.3±9.0)%为运动足量。参照文献<sup>[11]</sup>的标准,运动后患眼眼压值下降≥4.6 mmHg 者为阳性,<4.6 mmHg 为阴性。

(3) 运动试验前后采用光相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)(日本 Tomey 集团)的高清房角模式观察患者 12:00、3:00、6:00 和 9:00 位 Schlemm 管开放情况,运动后 Schlemm 管开放的钟点位置较前增加和/或至少 1 个钟点位置 Schlemm 管面积较之前增大即为阳性(图 2),反之即为阴性。上述 3 项检查均为阳性者作为 Schlemm 管功能阳性组(8 眼),1~2 项检查为阳性者作为 Schlemm 管功能部分阳性组(11 眼),3 项检查均为阴性者作为 Schlemm 管功能阴性组(6 眼)。

### 1.2.2 SLT 手术

所有患者手术操作均由同一高年资医师完成。术前采用质量分数 0.5% 盐酸丙美卡因(南京瑞年百思特制药有限公司)进行眼部表面麻醉。采用 Luneau Nd:YAG 激光器,SLT 治疗能量选择标准能量,即以 0.8 mJ 为初始能量值,以 0.1 mJ 的幅度升降,激光击射小梁网形成香槟气泡时的最低激光能量即为阈能,在阈能的基础上减低 0.1 mJ 的激光能量即为标准能量。SLT 治疗范围为 360°,脉冲时间为 3 ns,

光斑直径为 400 μm,双目光斑数为 240~250 点,单目光斑数为 100~120 点。

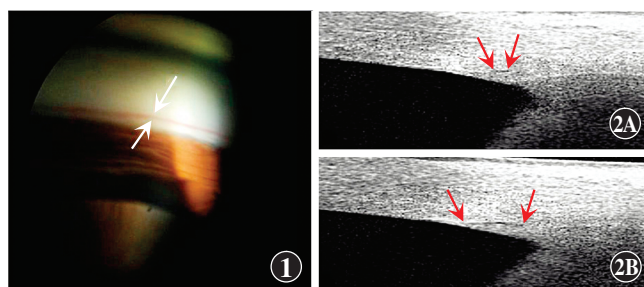


图 1 Schlemm 管回血情况 房角镜下可见 Schlemm 管回血(箭头)  
图 2 Schlemm 管扩张情况 A:运动前 OCT 显示 Schlemm 管较小(箭头) B:运动后 OCT 显示 Schlemm 管扩张(箭头)

Figure 1 Blood reflux in Schlemm canal Blood reflux (arrows) was observed in Schlemm canal under the gonioscope Figure 2 Dilatation of Schlemm canal detected by OCT A: Smaller Schlemm canal (arrows) before exercise B: Dilated Schlemm canal (arrows) after exercise

### 1.2.3 术后随访及用药

分别于术后 1 周、2 周及 1 个月复诊,采用非接触式眼压计测量患者眼压并记录。4 周内既往用药不予以调整,如既往未用药,4 周内也不再使用任何控制眼压的药物。眼压下降值为术后特定时间眼压值与术前眼压值的差值,眼压下降率为眼压下降值与术前眼压值的百分比。

## 1.3 统计学方法

采用 SPSS 24.0 统计学软件进行统计分析。计量资料的数据经 *W* 检验证实呈正态分布,以 mean±SD 表示,组间均数经 Levene 检验证实方差齐。Schlemm 管功能阳性组、部分阳性组和阴性组术眼在术后不同时间点眼压及其下降值、下降率差异比较采用重复测量两因素方差分析,多重比较采用 LSD-*t* 检验。*P*<0.05 为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 各组术眼手术前后不同时间点眼压变化比较

Schlemm 管功能阳性组、部分阳性组和阴性组间眼压总体比较差异无统计学意义( $F_{\text{分组}} = 1.028$ ,  $P = 0.374$ ),手术前后不同时间点眼压总体比较差异有统计学意义( $F_{\text{时间}} = 6.751$ ,  $P = 0.002$ )。Schlemm 管功能部分阳性组和阳性组眼压在术后 1 周、2 周及 1 个月时较术前均呈下降趋势。与术前比较, Schlemm 管功能阴性组术后 1 周, Schlemm 管功能部分阳性组术后 1 周、2 周和 1 个月及 Schlemm 管功能阳性组术后 2 周、1 个月眼压均降低,差异均有统计学意义(均  $P < 0.05$ ); 术后 1 周, Schlemm 管功能



阴性组眼压下降,其后呈反弹趋势,术后 2 周及 1 个月眼压与术前比较差异均无统计学意义(均  $P>0.05$ )(表 1)。

**2.2 各组术眼术后不同时间点眼压下降值比较**

术后 2 周及 1 个月 Schlemm 管功能阳性组及部分阳性组眼压下降值均高于阴性组,各组术眼术后不同时间点眼压下降值总体比较差异均无统计学意义 ( $F_{\text{分组}} = 0.952, P = 0.401$ ;  $F_{\text{时间}} = 0.828, P = 0.402$ ;  $F_{\text{交互作用}} = 1.552, P = 0.225$ )(表 2)。

**2.3 各组术眼手术前后不同时间点眼压下降率比较**

术后 2 周及 1 个月 Schlemm 管功能阳性组及部分阳性组眼压下降率均高于阴性组,各组术眼手术后不同时间点眼压下降率总体比较差异均无统计学意义 ( $F_{\text{分组}} = 1.840, P = 0.182$ ;  $F_{\text{时间}} = 0.419, P = 0.660$ ;  $F_{\text{交互作用}} = 1.518, P = 0.229$ )(表 3)。

**表 3 各组术眼术后不同时间点眼压下降率比较 (mean±SD)**  
**Table 3 Comparison of rates of intraocular pressure reduction among the three groups at various time points (mean±SD)**

组别	眼数	术后不同时间点眼压下降率		
		1 周	2 周	1 个月
Schlemm 管功能阴性组	6	0.09±0.22	0.00±0.17	0.00±0.17
Schlemm 管功能部分阳性组	11	0.17±0.31	0.16±0.35	0.22±0.28
Schlemm 管功能阳性组	8	0.17±0.26	0.29±0.20	0.33±0.15

注:  $F_{\text{分组}} = 1.840, P = 0.182$ ;  $F_{\text{时间}} = 0.419, P = 0.660$ ;  $F_{\text{交互作用}} = 1.518, P = 0.229$  (重复测量两因素方差分析)  
Note:  $F_{\text{group}} = 1.840, P = 0.182$ ;  $F_{\text{time}} = 0.419, P = 0.660$ ;  $F_{\text{interaction}} = 1.518, P = 0.229$  (Repeated measurement two way ANOVA)

**表 1 各组术眼手术前后不同时间点眼压值比较 (mean±SD, mmHg)**  
**Table 1 Comparison of intraocular pressure among the three groups at various time points (mean±SD, mmHg)**

组别	眼数	手术前后不同时间点眼压值			
		术前	术后 1 周	术后 2 周	术后 1 个月
Schlemm 管功能阴性组	6	20.33±9.22	17.10±2.98 <sup>a</sup>	19.00±3.94	19.33±4.32
Schlemm 管功能部分阳性组	11	25.75±9.03	20.00±7.60 <sup>a</sup>	19.18±4.46 <sup>a</sup>	18.00±3.63 <sup>a</sup>
Schlemm 管功能阳性组	8	22.28±4.78	18.75±8.53	15.50±4.98 <sup>a</sup>	14.38±3.24 <sup>a</sup>

注:  $F_{\text{分组}} = 1.028, P = 0.374$ ;  $F_{\text{时间}} = 6.751, P = 0.002$ ;  $F_{\text{交互作用}} = 2.263, P = 0.128$ 。与各自组内术前值比较, <sup>a</sup> $P<0.05$  (重复测量两因素方差分析, LSD-*t* 检验) 1 mmHg=0.133 kPa  
Note:  $F_{\text{group}} = 1.028, P = 0.374$ ;  $F_{\text{time}} = 6.751, P = 0.002$ ;  $F_{\text{interaction}} = 2.263, P = 0.128$ . Compared with respective preoperative values within group, <sup>a</sup> $P<0.05$  (Repeated measurement two way ANOVA, LSD-*t* test) 1 mmHg=0.133 kPa

**表 2 各组术眼术后不同时间点眼压下降值比较 (mean±SD, mmHg)**  
**Table 2 Comparison of intraocular pressure reduction among the three groups at various time points (mean±SD, mmHg)**

组别	眼数	术后不同时间点眼压下降值		
		1 周	2 周	1 个月
Schlemm 管功能阴性组	6	3.23±7.20	1.33± 5.42	1.00±5.17
Schlemm 管功能部分阳性组	11	1.33±5.42	6.57±10.25	7.75±9.39
Schlemm 管功能阳性组	8	1.00±5.17	7.75± 9.39	7.91±4.42

注:  $F_{\text{分组}} = 0.952, P = 0.401$ ;  $F_{\text{时间}} = 0.828, P = 0.402$ ;  $F_{\text{交互作用}} = 1.552, P = 0.225$  (重复测量两因素方差分析) 1 mmHg=0.133 kPa  
Note:  $F_{\text{group}} = 0.952, P = 0.401$ ;  $F_{\text{time}} = 0.828, P = 0.402$ ;  $F_{\text{interaction}} = 1.552, P = 0.225$  (Repeated measurement two way ANOVA) 1 mmHg=0.133 kPa

**3 讨论**

国外研究结果指出,SLT 可以作为 POAG 患者的初始治疗方法之一,或作为青光眼用药的替代治疗来减少青光眼患者用药<sup>[12-15]</sup>。Gazzard 等<sup>[16]</sup>研究发现 SLT 可以作为 POAG 和高眼压症的一线治疗,而且还能降低社会医疗成本。鉴于各种医疗及技术原因,中国暂未将 SLT 作为 POAG 患者的首选治疗方法。

SLT 作用位点在小梁网上,其作用机制主要包括:(1)形态学变化,如裂缝样缺损及色素重排<sup>[17]</sup>;(2)分子生物学变化,如 SLT 作用于小梁后引起基质金属蛋白酶的表达水平增加,引发一系列微环境改变<sup>[18-20]</sup>。而在房水回流途径中,75%~80%的房水通过小梁网 Schlemm 管途径<sup>[21]</sup>。房水通过小梁网、Schlemm 管和集液管最终汇入房水静脉及巩膜上静脉。研究表明,房水通过 Schlemm 管回流途径中 50%~75%的阻力位于 Schlemm 管之前<sup>[22]</sup>。所以本研究推测经过 SLT 治疗后,小梁上形成的裂隙使 Schlemm 管小梁网阻力减小,从而使房水顺利进入 Schlemm 管。此时 Schlemm 管的功能成为决定房水能否外流、眼压能否下降的关键。

目前尚缺少对 Schlemm 管功能进行系统评价的研究报道。Schlemm 管通过集液管和房水静脉与巩膜血管相连,由于房水压力高于巩膜静脉压 5~6 mmHg,使得 Schlemm 管内通常充满房水<sup>[23]</sup>。当房角镜的压迫使巩膜静脉压

高于 Schlemm 管内房水产生的压力时,血液可以回流至 Schlemm 管。Griesshaber 等<sup>[24-25]</sup>研究指出 Schlemm 管回血能够评价 Schlemm 管的形态和功能,并与术后眼压下降幅度呈正相关;Schlemm 管回血缺失可能预示 Schlemm 管的塌陷或者关闭。Gong 等<sup>[8]</sup>研究发现, Schlemm 管回血范围与 SLT 治疗后眼压下降幅度呈正相关。本研究推测, Schlemm 管有无回血可能反应 Schlemm 管是否具有向巩膜血管回流房水的功能,因此本研究中将 Schlemm 管有无回血作为评价 Schlemm 管功能的指标之一。既往研究中有大量文献报道运动会致眼压下降<sup>[26-32]</sup>。Passo 等<sup>[11]</sup>研究指出,在经过有氧运动后,青光眼患者眼压平均约降低 4.6 mmHg。关于运动后眼压下降的机制有研究认为是由于运动后产生的一氧化氮作用于小梁网,引起小梁网收缩,导致房水外流增加引起眼压下降<sup>[34]</sup>。也有研究认为可能由于运动后引起的神经调节使得分布于 Schlemm 管及小梁网的  $\beta_2$  受体兴奋,收缩了小梁及 Schlemm 管内皮细胞,促进了房水外流<sup>[33-34]</sup>。但近期研究发现运动不仅会引起眼压下降,还会引起 Schlemm 管扩张;Schlemm 管的物理扩张可能是由于有氧运动引起植物神经兴奋引起,且 Schlemm 管的物理扩张可能是引起眼压下降的原因之一<sup>[35-37]</sup>。Skaat 等<sup>[38]</sup>研究也指出, Schlemm 管的物理扩张与房水外流增加和眼压降低有直接联系。因此,本研究也将运动后有无眼压下降及 Schlemm 管有无扩张作为评价 Schlemm 管的功能指标。

本研究结果显示 Schlemm 管功能阳性组降眼压疗效显著,眼压下降幅度为 30%~40%,与国外报道 POAG 患者经过 SLT 治疗后眼压下降 30%~50% 基本一致<sup>[4]</sup>。本研究中 Schlemm 管功能部分阳性组眼压下降 10%~20%,考虑除 Schlemm 管仍具有部分功能以外,也可能因为 Schlemm 管自身的节律性开闭<sup>[39]</sup>,即检查时该部位处于节律性闭合状态,并非 Schlemm 管功能受损,所以 SLT 治疗后 Schlemm 管功能部分阳性组部分患者也能取得良好疗效。本研究结果显示,各组眼压下降值无明显差异,可能与样本量偏小、观察时间较短有关;Schlemm 管功能阳性组接受 SLT 治疗后眼压下降时间早且持续时间更长, Schlemm 管功能阴性组接受 SLT 治疗后眼压下降,但快速反弹至术前水平, Schlemm 管功能部分阳性组术眼接受 SLT 治疗后眼压下降较晚,但持续时间尚可。

综上所述,本研究结果表明 Schlemm 管功能较好的 POAG 眼接受 SLT 治疗后降眼压疗效更好,运动前 Schlemm 管回血和运动后眼压下降以及管道扩张是

Schlemm 管功能良好的标志。本研究的局限性在于纳入的样本量小,随访时间短,故研究结果中 Schlemm 管功能与 SLT 疗效间的关联性尚不明显,后期我们将扩大样本量并进行长期的随访研究。本研究可为临床医生对于 Schlemm 管功能评价及 SLT 手术时机的选择提供一定参考,同时房角镜及 OCT 在许多医院已经普及,眼科医师可以通过本研究中提出的 Schlemm 管功能评价指标对患者 Schlemm 管进行观察。POAG 眼接受 SLT 治疗时应充分评估 Schlemm 管功能,以更好地预测治疗效果,为患者提供更科学的医疗服务。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参考文献

- [1] 张洪洋,余敏斌.选择性激光小梁成形术研究进展[J].中华实验眼科杂志,2016,34(7):654-657. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2016.07.017.  
Zhang HY, Yu MB. A review on selective laser trabeculoplasty [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2016, 34(7): 654-657. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2016. 07. 017.
- [2] Katz LJ, Steinmann WC, Kabir A, et al. Selective laser trabeculoplasty versus medical therapy as initial treatment of glaucoma: a prospective, randomized trial [J]. J Glaucoma, 2012, 21(7): 460-468. DOI: 10.1097/IJG.0b013e318218287f.
- [3] 王涛,王宁利.选择性激光小梁成形术治疗原发性开角型青光眼的疗效观察[J].眼科,2007,16(1):37-39. DOI:10.3969/j.issn.1004-4469.2007.01.012.  
Wang T, Wang NL. One year follow-up of selective laser trabeculoplasty in primary open-angle glaucoma [J]. Ophthalmol CHN, 2007, 16(1): 37-39. DOI: 10. 3969/j. issn. 1004-4469. 2007. 01. 012.
- [4] 孙兴怀.选择性激光小梁成形术:青光眼治疗的新选择[J].中华实验眼科杂志,2014,32(2):97-100. DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2014.02.001.  
Sun XH. Selective laser trabeculoplasty: up-to-date choice for glaucoma treatment [J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2014, 32(2): 97-100. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2014. 02. 001.
- [5] 钱韶红,孙兴怀.选择性激光小梁成形术治疗原发性开角型青光眼[J].中华医学杂志,2007,87(2):118-120. DOI:10.3760/j.issn:0376-2491.2007.02.012.  
Qian SH, Sun XH. Selective laser trabeculoplasty in the treatment of primary open-angle glaucoma [J]. Natl Med J China, 2007, 87(2): 118-120. DOI: 10. 3760/j. issn: 0376-2491. 2007. 02. 012.
- [6] Johnstone MA, Grant WG. Pressure-dependent changes in structures of the aqueous outflow system of human and monkey eyes [J]. Am J Ophthalmol, 1973, 75(3): 365-383. DOI: 10.1016/0002-9394(73)91145-8.
- [7] 中华医学会眼科学分会青光眼学组.我国原发性青光眼诊断和治疗专家共识(2014年)[J].中华眼科杂志,2014,50(5):382-383. DOI:10.3760/cma.j.issn.0412-40-81.2014.05.022.
- [8] Gong JL, Al-Wesabi SA, Zhao Y, et al. Positive correlation between blood reflux in Schlemm's canal and the decrease of intraocular pressure after selective laser trabeculoplasty in primary open-angle glaucoma [J]. Exp Ther Med, 2018, 15(6): 5065-5069. DOI: 10.3892/etm.2018.6051.
- [9] Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited [J]. J Am Coll Cardiol, 2001, 37(1): 153-156. DOI: 10.1016/s0735-1097(00)01054-8.
- [10] Németh J, Knézy K, Tapasztó B, et al. Different autoregulation response to dynamic exercise in ophthalmic and central retinal arteries: a color Doppler study in healthy subjects [J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2002, 240(10): 835-840. DOI: 10.1007/s00417-002-0552-1.
- [11] Passo MS, Goldberg L, Elliot DL, et al. Exercise training reduces intraocular pressure among subjects suspected of having glaucoma [J]. Arch Ophthalmol, 1991, 109(8): 1096-1098. DOI: 10.1001/archophth.1991.01080080056027.

- [12] Hirn C, Zweifel SA, Töteberg-Harms M, et al. Effectiveness of selective laser trabeculoplasty in patients with insufficient control of intraocular pressure despite maximum tolerated medical therapy [J]. *Ophthalmologie*, 2012, 109 (7) : 683–690. DOI: 10. 1007/s00347-012-2593-0.
- [13] Koucheki B, Hashemi H. Selective laser trabeculoplasty in the treatment of open-angle glaucoma [J]. *J Glaucoma*, 2012, 21 (1) : 65–70. DOI: 10. 1097/IJG. 0b013e3182027596.
- [14] Klamann MK, Maier AK, Gonnermann J, et al. Adverse effects and short-term results after selective laser trabeculoplasty [J]. *J Glaucoma*, 2014, 23 (2) : 105–108. DOI: 10. 1097/IJG. 0b013e3182684fd1.
- [15] Abdelrahman AM, Eltanamly RM. Selective laser trabeculoplasty in Egyptian patients with primary open-angle glaucoma [J]. *Middle East Afr J Ophthalmol*, 2012, 19 (3) : 299–303. DOI: 10. 4103/0974-9233. 97930.
- [16] Gazzard G, Konstantakopoulou E, Garway-Heath D, et al. Selective laser trabeculoplasty versus eye drops for first-line treatment of ocular hypertension and glaucoma (LiGHT): a multicentre randomised controlled trial [J]. *Lancet*, 2019, 393 (10180) : 1505–1516. DOI: 10. 1016/S0140-6736 (18) 32213-X.
- [17] Kramer TR, Noecker RJ. Comparison of the morphologic changes after selective laser trabeculoplasty and argon laser trabeculoplasty in human eye bank eyes [J]. *Ophthalmology*, 2001, 108 (4) : 773–779. DOI: 10. 1016/S0161-6420 (00) 00660-6.
- [18] Shearer T, Crosson CE. Activation of extracellular signal-regulated kinase in trabecular meshwork cells [J]. *Exp Eye Res*, 2001, 73 (1) : 25–35. DOI: 10. 1006/exer. 2001. 1007.
- [19] Kelley MJ, Rose AY, Song K, et al. Synergism of TNF and IL-1 in the induction of matrix metalloproteinase-3 in trabecular meshwork [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2007, 48 (6) : 2634–2643. DOI: 10. 1167/iov. 06-1445.
- [20] 张洪洋, 叶一明, 杨扬帆, 等. 选择性激光小梁成形术的激光效应对体外小梁细胞 MMP-3 及 MMP-9 表达的影响 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2015, 33 (3) : 227–231. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2015. 03. 008.  
Zhang HY, Ye YM, Yang YF, et al. Changes of MMP-3 and MMP-9 expressions on human trabecular cells following the exposure of laser associated with selective laser trabeculoplasty [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2015, 33 (3) : 227–231. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2015. 03. 008.
- [21] GRANT WM. Clinical measurements of aqueous outflow [J]. *Am J Ophthalmol*, 1951, 34 (11) : 1603–1605.
- [22] Németh J, Knézy K, Tapasztó B, et al. Different autoregulation response to dynamic exercise in ophthalmic and central retinal arteries: a color Doppler study in healthy subjects [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2002, 240 (10) : 835–840. DOI: 10. 1007/s00417-002-0552-1.
- [23] Phelps CD. Arterial anastomosis with Schlemm's canal: a rare cause of secondary open-angle glaucoma [J]. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 1985, 83 : 304–315.
- [24] Grieshaber MC, Pienaar A, Olivier J, et al. Clinical evaluation of the aqueous outflow system in primary open-angle glaucoma for canaloplasty [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2010, 51 (3) : 1498–1504. DOI: 10. 1167/iov. 09-4327.
- [25] Grieshaber MC. Ab externo Schlemm's canal surgery: viscocanalostomy and canaloplasty [J]. *Dev Ophthalmol*, 2012, 50 : 109–124. DOI: 10. 1159/000334793.
- [26] Conte M, Baldin AD, Russo MR, et al. Effects of high-intensity interval vs. continuous moderate exercise on intraocular pressure [J]. *Int J Sports Med*, 2014, 35 (10) : 874–878. DOI: 10. 1055/s-0033-1364025.
- [27] Avunduk AM, Yilmaz B, Sahin N, et al. The comparison of intraocular pressure reductions after isometric and isokinetic exercises in normal individuals [J]. *Ophthalmologica*, 1999, 213 (5) : 290–294. DOI: 10. 1159/000027441.
- [28] Dane S, Koçer I, Demirel H, et al. Effect of acute submaximal exercise on intraocular pressure in athletes and sedentary subjects [J]. *Int J Neurosci*, 2006, 116 (10) : 1223–1230. DOI: 10. 1080/002074505 0522501.
- [29] Dane S, Koçer I, Demirel H, et al. Long-term effects of mild exercise on intraocular pressure in athletes and sedentary subjects [J]. *Int J Neurosci*, 2006, 116 (10) : 1207–1214. DOI: 10. 1080/002074505 00516461.
- [30] Wylegala A. The effects of physical exercises on ocular physiology: a review [J/OL]. *J Glaucoma*, 2016, 25 (10) : e843–e849 [2021-02-23]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27275655/>. DOI: 10. 1097/IJG. 0000000000000454.
- [31] Risner D, Ehrlich R, Kheradiya NS, et al. Effects of exercise on intraocular pressure and ocular blood flow: a review [J]. *J Glaucoma*, 2009, 18 (6) : 429–436. DOI: 10. 1097/IJG. 0b013e31818fa5f3.
- [32] Qureshi IA, Wu XD, Xi XR, et al. Resting intraocular pressure of steel factory workers is related to their physical fitness [J]. *Ind Health*, 1997, 35 (2) : 259–263. DOI: 10. 2486/indhealth. 35. 259.
- [33] Zhou EH, Krishnan R, Stamer WD, et al. Mechanical responsiveness of the endothelial cell of Schlemm's canal: scope, variability and its potential role in controlling aqueous humour outflow [J]. *J R Soc Interface*, 2012, 9 (71) : 1144–1155. DOI: 10. 1098/rsif. 2011. 0733.
- [34] Jampel HD, Lynch MG, Brown RH, et al. Beta-adrenergic receptors in human trabecular meshwork. Identification and autoradiographic localization [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 1987, 28 (5) : 772–779.
- [35] Yan X, Li M, Song Y, et al. Influence of exercise on intraocular pressure, Schlemm's canal, and the trabecular meshwork [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57 (11) : 4733–4739. DOI: 10. 1167/iov. 16-19475.
- [36] Li M, Yan X, Luo Z, et al. Postexercise recovery of Schlemm's canal and intraocular pressure in healthy individuals: an observational study using swept-source optical coherence tomography [J/OL]. *J Ophthalmol*, 2018, 2018 : 8513760 [2021-02-25]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30245872/>. DOI: 10. 1155/2018/8513760.
- [37] 陈威, 郭竞敏, 赵寅, 等. 原发性开角型青光眼患者有氧运动前后脉络膜厚度变化分析 [J]. *国际眼科杂志*, 2017, 17 (4) : 604–609. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2017. 4. 04.  
Chen W, Guo JM, Zhao Y, et al. Response of choroidal thickness to aerobic exercise in subjects with primary open-angle glaucoma [J]. *Int Eye Sci*, 2017, 17 (4) : 604–609. DOI: 10. 3980/j. issn. 1672-5123. 2017. 4. 04.
- [38] Skaat A, Rosman MS, Chien JL, et al. Microarchitecture of Schlemm canal before and after selective laser trabeculoplasty in enhanced depth imaging optical coherence tomography [J]. *J Glaucoma*, 2017, 26 (4) : 361–366. DOI: 10. 1097/IJG. 0000000000000624.
- [39] Cha EDK, Xu J, Gong L, Gong H. Variations in active outflow along the Trabecular outflow pathway. *Exp Eye Res*. 2016; 146 : 354–360. DOI: 10. 1016/j. exer. 2016. 01. 008

(收稿日期:2021-03-06 修回日期:2021-08-08)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)

读者·作者·编者

## 本刊对稿件组织病理学彩色图片及电子显微镜图片中标尺的要求

如果作者稿件中包含有组织病理图、免疫荧光染色图、免疫组织化学图、电子显微镜图片,为了反映组织标本大小的最精确尺度,请在电子版图片的左下方附注标尺。

(本刊编辑部)