

· 临床研究 ·

扫码观看
手术视频

非穿透小梁切除联合缝线引导的小梁切开术 对原发性先天性青光眼的疗效评估

梁亚¹ 陈志钧² 周青² 嵇芳芳¹ 孙红¹ 袁志兰¹¹南京医科大学第一附属医院 江苏省人民医院眼科, 南京 210029; ²南京医科大学附属儿童医院 南京市儿童医院眼科 210008

嵇芳芳现在苏州大学附属第二医院眼科 215000

通信作者: 袁志兰, Email: zhilanyuan@vip. sina. com

【摘要】 目的 观察非穿透小梁切除联合缝线引导的近全周小梁切开术治疗原发性先天性青光眼的有效性和安全性。方法 采用系列病例观察研究方法, 纳入 2019 年 1—11 月在江苏省人民医院和南京市儿童医院诊断为原发性先天性青光眼的患儿共 29 例 50 眼, 其中男 21 例 35 眼, 女 8 例 15 眼; 年龄 1 个月~4 岁, 年龄中位数为 6 个月。采用非穿透小梁切除的方法打开 Schlemm 管后, 用麻花状 6-0 聚丙烯缝线引导完成近全周小梁切开术, 并记录术前及术后 1 周、1 个月、3 个月、6 个月、9 个月、12 个月和 24 个月的眼压、角膜直径、杯盘比和并发症, 记录术中缝线成功穿过全周 Schlemm 管的患儿比例及术后手术成功率。结果 缝线成功穿过全周 Schlemm 管的患儿比例为 90%, 未成功的病例改行 Harms 刀完成小梁切开术。术前、术后 1 周、1 个月、3 个月、6 个月、9 个月、12 个月和 24 个月患儿平均眼压分别为 (35.0±9.5)、(9.9±4.4)、(10.0±4.2)、(9.7±4.4)、(9.0±2.9)、(9.4±4.2)、(9.3±3.3) 和 (9.5±3.8) mmHg (1 mmHg=0.133 kPa), 角膜直径分别为 (13.7±1.4)、(13.3±1.4)、(12.9±1.4)、(12.8±1.3)、(12.7±1.2)、(12.6±1.1)、(12.6±1.1) 和 (12.8±0.4) mm, 杯盘比分别为 0.81±0.15、0.55±0.22、0.48±0.23、0.45±0.22、0.43±0.21、0.41±0.20、0.40±0.21 和 0.31±0.19, 总体比较差异均有统计学意义 ($F=141.56, 4.55, 21.07$, 均 $P<0.01$)。术后不同时间点患儿眼压、角膜直径和杯盘比均较术前下降, 差异均有统计学意义 (均 $P<0.01$)。术后 12 个月, 手术完全成功率为 93.3% (42/45), 条件成功率为 100% (45/45)。所有患者术中及术后均未见严重并发症发生。结论 非穿透小梁切除联合缝线引导的近全周小梁切开术能够有效治疗原发性先天性青光眼, 且未见严重并发症发生。

【关键词】 原发性先天性青光眼; 非穿透小梁切除术; 小梁切开术; 缝线; 眼压**基金项目:** 国家自然科学基金青年项目 (82101122); 江苏省自然科学基金青年基金项目 (BK20201085)**临床试验注册:** 中国临床试验注册中心, ChiCTR1900025461

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20201230-00871

Outcome evaluation of non-penetrating trabecular surgery combined with suture trabeculotomy for the treatment of primary congenital glaucoma

Liang Ya¹, Chen Zhijun², Zhou Qing², Ji Fangfang¹, Sun Hong¹, Yuan Zhilan¹¹Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University, Jiangsu Province Hospital, Nanjing 210029, China; ²Department of Ophthalmology, Children's Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing Children's Hospital, Nanjing 210008, China

Ji Fangfang is working in the Second Affiliated Hospital of Soochow University, Suzhou 215000, China

Corresponding author: Yuan Zhilan, Email: zhilanyuan@vip. sina. com

【Abstract】 Objective To investigate the efficacy and safety of non-penetrating trabecular surgery combined with nearly 360-degree suture trabeculotomy for the treatment of primary congenital glaucoma (PCG). **Methods** An observational case series study was conducted. A total of 29 cases (50 eyes) with PCG, including 21 males (35 eyes) and 8 females (15 eyes), were enrolled in Jiangsu Province Hospital and Nanjing Children's Hospital from January to November, 2019. The age of subjects ranged from 1 month to 4 years, and the median age was 6 months. Non-penetrating trabecular surgery was first performed in order to open the Schlemm canal. The cannulation and nearly 360-degree suture trabeculotomy were then performed with the twisted 6-0 polypropylene suture. Intraocular pressure (IOP), corneal diameter, cup-to-disc ratio (c/d) and complications were recorded preoperatively and 1 week, 1 month, 3 months, 6 months, 9 months, 12 months, and 24 months postoperatively, and the proportion of sutures successfully passed through the Schlemm canal and the success rate of operation were recorded. This study followed the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by an Ethics Committee of The First Affiliated Hospital of Nanjing Medical University (No. 2019-SR-198). Written informed consent was obtained from the guardian of each subject prior to entering the study cohort. **Results** Circumferential cannulation by suture was successfully performed in 90% of the subjects. The Harms trabeculotomy probe was applied in failed cases. Mean IOP was significantly lowered from preoperative (35.0±9.5) mmHg (1 mmHg=0.133 kPa) to (9.9±4.4), (10.0±4.2), (9.7±4.4), (9.0±2.9), (9.4±4.2), (9.3±3.3) and (9.5±3.8) mmHg at postoperative 1 week, 1 month,



3 months, 6 months, 9 months, 12 months and 24 months, respectively ($F = 141.56, P < 0.01$). Mean corneal diameter was significantly reduced from preoperative (13.7 ± 1.4) mm to (13.3 ± 1.4), (12.9 ± 1.4), (12.8 ± 1.3), (12.7 ± 1.2), (12.6 ± 1.1), (12.6 ± 1.1) and (12.8 ± 0.4) mm at postoperative 1 week, 1 month, 3 months, 6 months, 9 months, 12 months and 24 months, respectively ($F = 4.55, P < 0.01$). Mean c/d was significantly reduced from preoperative 0.81 ± 0.15 to 0.55 ± 0.22 , 0.48 ± 0.23 , 0.45 ± 0.22 , 0.43 ± 0.21 , 0.41 ± 0.20 , 0.40 ± 0.21 and 0.31 ± 0.19 at postoperative 1 week, 1 month, 3 months, 6 months, 9 months, 12 months and 24 months, respectively ($F = 21.07, P < 0.01$). Forty-two eyes (93.3%) achieved complete success and 45 eyes (100%) achieved qualified success at postoperative 12 months. No severe complications were observed during or after surgery. **Conclusions** Non-penetrating trabecular surgery combined with nearly 360-degree suture trabeculotomy can effectively treat patients with PCG without any severe complications.

[Key words] Primary congenital glaucoma; Non-penetrating trabecular surgery; Trabeculotomy; Suture; Intraocular pressure

Fund program: National Natural Science Foundation of China for Youth (82101122); Natural Science Foundation of Jiangsu Province For Youth (BK20201085)

Trial registration: Chinese Clinical Trial Registry, ChiCTR1900025461
DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20201230-00871

原发性先天性青光眼 (primary congenital glaucoma, PCG) 是一种严重的致盲眼病, 约占儿童盲的 18%。PCG 是由于小梁网发育不良导致房水外流受阻, 继而引起眼压升高、角膜扩大、视神经萎缩等一系列临床症状的眼部疾病, 其治疗首选小梁切开术, 以促进房水经 Schlemm 管引流。传统的小梁切开术采用 Harms 刀完成, 仅能完成 120° 的小梁切开, 手术成功率为 60%~87%^[1]。2015 年, 王宁利教授团队将微导管引导的小梁切开术引进国内, 可切开 360° 小梁网, 开启了儿童青光眼治疗的 360 时代^[2-7]。研究表明, Schlemm 管的房水引流呈节段性, 手术作用的 Schlemm 管范围越大, 降眼压效果越好, 微导管法的手术成功率为 86%~92%, 显著高于传统方法^[8-11]。微导管法虽然能够准确定位并完成全周穿管, 但是昂贵的激光发射器及一次性使用耗材限制了其在临床上的广泛应用^[11]。目前, 国内还没有一种适宜的 360° 小梁切开术在临床广泛应用。基于本团队 20 年来关于非穿透小梁切除术的经验^[12], 我们开展了非穿透小梁切除联合缝线引导的近全周小梁切开术治疗 PCG, 通过非穿透小梁切除的方法准确定位 Schlemm 管后, 采用聚丙烯缝线代替微导管穿过全周管腔, 并完成除非穿透小梁切除手术区域外的近全周小梁切开^[13]。本研究拟观察该新方法治疗 PCG 的疗效及安全性。

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 2019 年 1—11 月在江苏省人民医院和南京市儿童医院诊断为 PCG 的患儿 29 例 50 眼, 其中男 21 例 35 眼, 女 8 例 15 眼; 年龄 1 个月~4 岁, 年龄中位数为 6 个月。纳入标准: (1) 眼压 > 21 mmHg ($1 \text{ mmHg} = 0.133 \text{ kPa}$); (2) 视神经杯盘比进行性增大, 双眼相差 ≥ 0.2 , 或盘沿局部变

窄; (3) Haab 纹、角膜水肿或角膜直径变大, 新生儿角膜直径 $\geq 11 \text{ mm}$, < 1 岁儿童的角膜直径 $> 12 \text{ mm}$, ≥ 1 岁儿童的角膜直径 $> 13 \text{ mm}$ 。至少符合 2 条上述标准则诊断为 PCG^[14], 并纳入本研究。排除标准: (1) 青少年型开角型青光眼; (2) 儿童继发性青光眼; (3) 有青光眼或眼部手术史的患儿。本研究遵循《赫尔辛基宣言》, 研究方案经南京医科大学第一附属医院伦理委员会审核批准 (批文号: 2019-SR-198), 所有患儿监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法及术后随访 患儿诊断为 PCG 后即采用噻吗洛尔布林佐胺滴眼液点眼, 每天 2 次, 点至术前。所有手术均由同一医生完成。对患儿行全身麻醉后, 在 OMS-800 手术显微镜 (日本 Topcon 公司) 下采用 OSMG 房角镜 (美国 Ocular 公司) 检查患儿房角, 排除继发性青光眼及闭角型青光眼等; 采用质量分数 0.75% 罗哌卡因注射液注入颞下方穹窿部的筋膜囊进行麻醉; 在上方角膜缘以 8-0 可吸收缝线做吊线, 做以穹窿为基底的结膜瓣, 水下电凝止血; 做 $1/2$ 巩膜厚度、 $4 \text{ mm} \times 5 \text{ mm}$ 大小的抛物线形表层巩膜瓣, 剖入透明角膜缘内 1.5 mm ; 在表层巩膜瓣下的巩膜床上做 $4 \text{ mm} \times 3 \text{ mm}$ 大小的抛物线形深层巩膜瓣, 深度以仅存菲薄巩膜为度, 巩膜下方可见棕黑色脉络膜组织, 行前房穿刺放出适量房水, 剖入透明角膜缘内 1.5 mm , 辨认并切开 Schlemm 管, 以白色巩膜与角巩膜缘灰蓝色区交界的巩膜嵴及巩膜床上睫状前静脉穿透支的最前一支渗血点为标志, 辨认 Schlemm 管的位置, 前房穿刺放出适量房水, 切开管腔外壁后, 可见房水缓慢渗出; 将 6-0 聚丙烯缝线拧成麻花状, 自 Schlemm 管一侧断端缓缓插入, 绕行 1 周后从另一断端穿出管腔 (图 1), 高分子透明质酸钠 (美国 Pharmacia 公司) 填充前房, 拉紧缝线, 切开除小梁网-后弹力窗外的近全

周小梁网后抽出缝线;自角膜缘部剪除深层巩膜瓣;10-0 尼龙线缝合表层巩膜瓣,瓣下填充透明质酸钠,8-0 可吸收缝线间断缝合球结膜;涂妥布霉素地塞米松眼膏,术毕(视频 1)。所有患儿术后均采用妥布霉素地塞米松滴眼液点眼,每天 4 次,连续 1 个月;质量分数 0.5% 硝酸毛果芸香碱滴眼液点眼,每天 4 次,连续 3 个月。术后至少随访 12 个月。

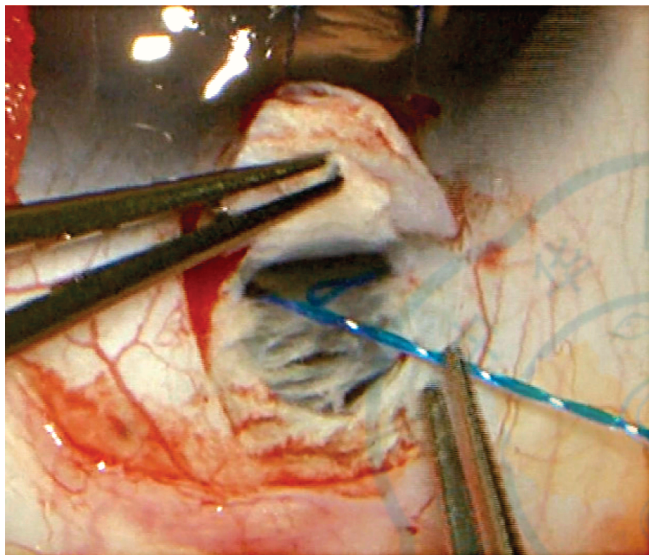


图 1 PCG 患儿术中缝线穿管成功示意图 在非穿透小梁切除术过程中,通过剖切深层巩膜瓣打开 Schlemm 管后,将 6-0 聚丙烯缝线拧成麻花状,利用其光滑圆钝的头端从 Schlemm 管一端插入,穿行全周后,从管腔另一端穿出

Figure 1 Diagram of successful intraoperative cannulation of child patient with PCG The Schlemm canal was identified by making the deep scleral flap in the process of non-penetrating trabecular surgery. A 6-0 polypropylene suture was twisted to create a double helix with a small loop at its end. Schlemm canal was probed with the twisted suture

1.2.2 评估指标 (1)眼压 术前及术后 1 周、1 个月、3 个月、6 个月、9 个月、12 个月、24 个月采用回弹眼压计(TA01,芬兰 Icare 公司)测量眼压;(2)角膜直径 术前及术后 1 周、1 个月、3 个月、6 个月、9 个月、12 个月、24 个月采用分规(苏州市协和医疗器械有限公司)测量角膜横径;(3)杯盘比 术前及术后 1 周、1 个月、3 个月、6 个月、9 个月、12 个月、24 个月采用 Retcam3 眼科广域成像系统(美国 Clarity Medical Systems 公司)行眼底照相并测量杯盘比;(4)术中缝线穿过率 缝线穿过全周 Schlemm 管的患眼比例;(5)术中及术后并发症 采用手术显微镜(OMS-800,日本 Topcon 公司)及裂隙灯显微镜(BM900,瑞士 HAAG-STREIT 公司)观察术中及术后的并发症。治疗完全成功的定义:在不使用降眼压药物条件下,眼压 ≤ 21 mmHg;治疗条件成功的定义:在使用或不使用降眼

压药物条件下,眼压 ≤ 21 mmHg。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 23.0 和 SAS 9.4 统计学软件进行统计分析。计量资料数据经 Shapira-Wilk 检验证实呈正态分布,以 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示;术前及术后不同随访时间点眼压、角膜直径及杯盘比的 3 型检验采用混合效应线性模型,手术前后不同时间点总体比较采用单因素方差分析,术后各随访时间点与术前比较采用 Bonferroni 校正的 LSD-*t* 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 患儿手术及随访完成情况

所有患儿均接受非穿透小梁切除联合缝线引导的近全周小梁切开术,其中 24 例 45 眼成功完成近全周的小梁切开术,穿过率为 90%。5 例 5 眼未成功穿过全周 Schlemm 管,改用小梁切开刀完成 120° 小梁切开。术后 12 个月的随访率为 100%,随访至今,有 9 例 11 眼的随访时间达 24 个月。

2.2 患儿手术前后眼压、角膜直径和杯盘比的比较

患儿术前双眼角膜直径变大并水肿、混浊,术后双眼角膜直径变小,变透明(图 2)。手术前后不同时间点患儿眼压、角膜直径、杯盘比总体比较差异均有统计学意义($F = 141.56, 4.55, 21.07$, 均 $P < 0.01$);术后不同时间点患儿眼压、角膜直径和杯盘比均较术前下降,差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$)(表 1);随访至今,3 眼需要联合 2 种降眼压药物控制眼压,仅有 1 眼在术后 18 个月眼压失控,药物无法控制,行青光眼引流阀植入术后眼压控制良好。未成功穿过全周 Schlemm 管的 5 眼术前平均眼压为 (33.4 ± 7.4) mmHg,角膜直径为 (14.2 ± 1.1) mm,随访至今,平均眼压为 (11.6 ± 3.8) mmHg,角膜直径为 (13.4 ± 0.9) mm;1 眼于术后 3 个月开始使用 2 种降眼压药物治疗,均未再次接受抗青光眼手术治疗。

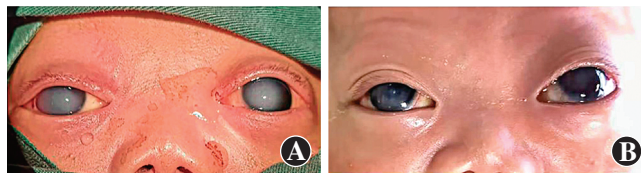


图 2 手术前后 PCG 患儿角膜图像的比较 A:术前患儿双眼角膜直径变大且水肿、混浊 B:术后双眼角膜直径变小,变透明

Figure 2 Comparison of cornea images of child patient with PCG before and after surgery A: Before surgery, the cornea of both eyes was large with edema and turbidity B: After surgery, the cornea became smaller and clearer

表 1 手术前后不同时间点 PCG 患儿眼压、角膜直径及杯盘比的比较 (mean±SD)

Table 1 Comparison of intraocular pressure, corneal diameter and cup-to-disc ratio of child patients with PCG at various time points (mean±SD)

时间	眼数	眼压 (mmHg)	角膜直径 (mm)	杯盘比
术前	45	35.0±9.5	13.7±1.4	0.81±0.15
术后 1 周	45	9.9±4.4 ^a	13.3±1.4 ^a	0.55±0.22 ^a
术后 1 个月	45	10.0±4.2 ^a	12.9±1.4 ^a	0.48±0.23 ^a
术后 3 个月	45	9.7±4.4 ^a	12.8±1.3 ^a	0.45±0.22 ^a
术后 6 个月	45	9.0±2.9 ^a	12.7±1.2 ^a	0.43±0.21 ^a
术后 9 个月	45	9.4±4.2 ^a	12.6±1.1 ^a	0.41±0.20 ^a
术后 1 年	45	9.3±3.3 ^a	12.6±1.1 ^a	0.40±0.21 ^a
术后 2 年	11	9.5±3.8 ^a	12.8±0.4 ^a	0.31±0.19 ^a
F 值		141.56	4.55	21.07
P 值		<0.01	<0.01	<0.01

注:与各自术前值比较,^a $P < 0.01$ (单因素方差分析, LSD- t 检验)
PCG:原发性先天性青光眼 1 mmHg=0.133 kPa

Note: Compared with the respective preoperative values, ^a $P < 0.01$ (One-way ANOVA, LSD- t test) PCG: primary congenital glaucoma 1 mmHg=0.133 kPa

2.3 患儿手术成功率

术后 6 个月和 12 个月的手术完全成功率分别为 95.6% (43/45) 和 93.3% (42/45), 条件成功率均为 100%。

2.4 患儿术中及术后并发症

完成近全周小梁切开术的 45 眼中, 48.9% (22/45) 在术中发生不同程度的前房积血, 2 眼在 2 周内吸收, 其余均在 1 周内自行吸收。

3 讨论

PCG 的病理表现为小梁网近管组织增厚, 发育不良。因此, 小梁切开术是 PCG 的首选治疗手段。不同于成人青光眼的不可逆性, 尽早有效的手术治疗可以使 PCG 患儿完全恢复。研究表明, 小梁切开范围越大, 手术成功率越高, 360° 小梁切开术优于传统采用 Harms 刀完成的 120° 小梁切开术^[15-17]。2015 年, 王宁利教授团队在国内率先开展微导管引导的 360° 小梁切开术, 临床效果显著^[3,5-6,18]。但国内还没有缝线引导的小梁切开术的研究报道, 本研究采用非穿透小梁切除的方法准确定位 Schlemm 管, 将拧成麻花状的聚丙烯缝线穿过 360° Schlemm 管后, 完成除小梁网-后弹力层窗外的近全周小梁切开, 观察该方法治疗 PCG 的疗效和安全性, 结果表明非穿透小梁切除联合缝线引导的近全周小梁切开术能够安全、有效地降低 PCG 患儿眼压。

本研究中术后 1 年的手术完全成功率为 93.3%, 条件成功率为 100%。仅有 1 例 1 眼在术后 18 个月眼

压失控, 药物无法控制, 行青光眼引流阀植入术后眼压控制良好。集液管并非均匀分布, 全周小梁切开意味着去除了全周阻力, 并利用全周的集液管引流房水。自 2010 年微导管引导的 360° 小梁切开术出现以来^[19], 已有多项对照研究证明 360° 小梁切开术优于传统 Harms 小梁切开刀辅助的 120° 小梁切开术, 手术成功率为 67.4%~100%^[2,15,17]。本研究的手术成功率高于一些同类研究, 可能与术中联合非穿透小梁切除有关。非穿透小梁切除不仅帮助准确定位 Schlemm 管, 还通过打开的小梁网-后弹力层窗为房水提供了更多的引流途径, 房水经小梁网-后弹力层窗流出后, 部分经结膜下引流, 部分经脉络膜上腔引流, 部分经术中打开的 Schlemm 管两端进入管腔引流。有多项研究证实, 联合非穿透小梁切除的 Schlemm 管手术优于单纯 Schlemm 管手术, 也有研究者采用超声生物显微镜等检查证实了非穿透小梁切除经结膜下及脉络膜上腔的引流途径^[20-23]。

本研究中麻花状聚丙烯缝线全周 Schlemm 管的穿过率为 90%。已报道的微导管的穿过率为 21%~100%^[24-25], 本研究结果与微导管的穿过率相当。本研究团队前期采用 5-0 聚丙烯缝线穿管, 穿过率为 84.8%, 后改用 6-0 聚丙烯缝线拧成麻花状穿管^[20], 光滑的头端和良好的柔韧性使穿过率显著提高, 且不受角膜直径的影响, 而微导管只能穿过角膜直径 ≤ 14 mm 的眼球。非穿透小梁切除中制作的深层巩膜瓣并未完全打开管腔, 两侧呈袖套状, 以保证缝线能够准确进入 Schlemm 管, 插入缝线的方向为角膜的切线方向, 每次仅插入缝线约 1 mm。缝线在管腔中走行时, Schlemm 管两端会有回血流出, 尤其当缝线将要穿过 Schlemm 管全周时, 有回血从管腔出口处流出提示缝线将要穿出。本研究中 5 眼未成功穿过全周 Schlemm 管, 分析其可能的原因: (1) 这 5 眼集中在本研究团队开展该手术的早期, 存在一定的学习曲线; (2) 这 5 眼的平均角膜直径大于成功穿过术眼的平均值, 较长的穿行路径增加了手术难度, 导致缝线在行进过程中迷路。近期, 采用缝线穿过 Schlemm 管的植入器 Trab360 也应用于临床^[9], 提示缝线是完成 360° 小梁切开术的一种选择。

本研究中术后患儿的角膜直径和杯盘比逐渐减小, 与术前比较差异有统计学意义。虽然关于 360° 小梁切开术的研究较多, 但鲜有关于角膜直径和杯盘比随访结果的研究, 与患儿检查不配合有关。本研究中各随访时间点患儿均口服水合氯醛, 待麻醉后测量角膜直径, 扩瞳后检查杯盘比。结合眼压、角膜直径和杯

盘比综合评估患儿的病情,对于杯盘比扩张的患儿及时给予局部用药进一步降低眼压。

本研究完成近全周小梁切开术的 45 眼中,22 眼出现了前房积血,占 48.9%,均于 2 周内自行吸收,与 Elhusseiny 等^[11]报道的 360° 小梁切开术后前房积血 3.2%~85.1% 的发生率一致。有研究认为,前房积血预示着小梁切开手术成功^[21,26]。患儿小梁切开后房角的出血来自于 Schlemm 管的回血,提示远端房水通路通畅。考虑到前房积血会短期影响患儿的视力,本研究在切开小梁前用透明质酸钠充填前房,升高眼压,以减少 Schlemm 管回血。

本研究的局限性在于病例数较少且随访时间较短,今后的研究中我们将进一步收集病例,延长随访时间,以观察非穿透小梁切除联合缝线引导的近全周小梁切开术治疗 PCG 的长期疗效。

综上所述,本研究结果表明非穿透小梁切除联合缝线引导的近全周小梁切开术能够有效降低 PCG 患儿眼压,且并发症少。该手术采用缝线代替微导管,不需要外接设备及高值耗材,仅需要非穿透小梁切除术的手术基础,适合临床上推广应用,是 PCG 患儿家庭可获得 (available)、能获益 (acceptable)、能承担的起 (affordable) 的 3A 手术。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 梁亚:设计试验,实施研究,起草文章;陈志钧:实施研究,采集数据,技术支持;周青:实施研究,采集数据;嵇芳芳:分析数据,技术支持;孙红:实施研究,解释数据;袁志兰:设计试验,对文章的知识性内容作批判性审阅,经费支持

参考文献

- Qian CX, Zong Y, Chen Q, et al. Viscocanalostomy combined with trabeculotomy and mitomycin C in the treatment of primary congenital glaucoma[J]. *Int J Ophthalmol*, 2017, 10(6): 919-924. DOI: 10.18240/ijo.2017.06.14.
- Shi Y, Wang H, Yin J, et al. Microcatheter-assisted trabeculotomy versus rigid probe trabeculotomy in childhood glaucoma[J]. *Br J Ophthalmol*, 2016, 100(9): 1257-1262. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2015-307880.
- Shi Y, Wang H, Yin J, et al. Outcomes of microcatheter-assisted trabeculotomy following failed angle surgeries in primary congenital glaucoma[J]. *Eye (Lond)*, 2017, 31(1): 132-139. DOI: 10.1038/eye.2016.212.
- 王怀洲,李猛,胡曼,等.微导管引导的小梁切开术治疗多次手术失败的儿童青光眼的疗效观察[J]. *中华眼科杂志*, 2017, 53(3): 203-206. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2017.03.011.
- Wang HZ, Li M, Hu M, et al. Clinical observation on the treatment of untreatable childhood glaucoma with microcatheter-assisted trabeculotomy[J]. *Chin J Ophthalmol*, 2017, 53(3): 203-206. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2017.03.011.
- Hu M, Wang H, Huang AS, et al. Microcatheter-assisted trabeculotomy for primary congenital glaucoma after failed glaucoma surgeries[J]. *J Glaucoma*, 2019, 28(1): 1-6. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001116.
- 杨潇远,王怀洲,高传文,等.微导管引导下小梁切开术治疗儿童青光眼效果观察[J]. *中华实验眼科杂志*, 2019, 37(6): 467-471. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.013.
- Yang XY, Wang HZ, Gao CW, et al. Clinical observation of microcatheter assisted trabeculotomy on the treatment of childhood glaucoma[J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2019, 37(6): 467-471. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2019.06.013.
- Wang Y, Wang H, Han Y, et al. Outcomes of gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy in juvenile-onset primary open-angle glaucoma[J/OL]. *Eye (Lond)*, 2020 [2021-02-25]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33262477/>. DOI: 10.1038/s41433-020-01320-0.
- Neustein RF, Beck AD. Circumferential trabeculotomy versus conventional angle surgery: comparing long-term surgical success and clinical outcomes in children with primary congenital glaucoma[J]. *Am J Ophthalmol*, 2017, 183: 17-24. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.08.008.
- Areaux RG Jr, Grajewski AL, Balasubramaniam S, et al. Trabeculotomy ab interno with the Trab360 device for childhood glaucomas[J]. *Am J Ophthalmol*, 2020, 209: 178-186. DOI: 10.1016/j.ajo.2019.10.014.
- Esfandiari H, Basith S, Kurup SP, et al. Long-term surgical outcomes of ab externo trabeculotomy in the management of primary congenital glaucoma[J/OL]. *J AAPOS*, 2019, 23(4): 222. e1-222. e5 [2020-12-25]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31251972/>. DOI: 10.1016/j.jaaapos.2019.05.008.
- Elhusseiny AM, El Sayed YM, El Sheikh RH, et al. Circumferential Schlemm's canal surgery in adult and pediatric glaucoma[J]. *Curr Eye Res*, 2019, 44(12): 1281-1290. DOI: 10.1080/02713683.2019.1659975.
- Liang Y, Sun H, Shuai J, et al. Modified viscocanalostomy in the Chinese population with open angle glaucoma: a 10-year follow-up results[J]. *Int J Ophthalmol*, 2019, 12(3): 429-435. DOI: 10.18240/ijo.2019.03.13.
- Liang Y, Yu Q, Ji F, et al. Viscocanalostomy combined with nearly 360-degree suture trabeculotomy for the treatment of primary congenital glaucoma: a preliminary report of a novel technique for trabeculotomy[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020, 258(2): 379-386. DOI: 10.1007/s00417-019-04537-2.
- Weinreb RN, Grajewski A, Papadopoulos M, et al. Childhood Glaucoma: The 9th Consensus Report of the World Glaucoma Association [M]. Amsterdam, The Netherlands: Kugler publications, 2013: 5-6.
- Temkar S, Gupta S, Sihota R, et al. Illuminated microcatheter circumferential trabeculotomy versus combined trabeculotomy-trabeculectomy for primary congenital glaucoma: a randomized controlled trial[J]. *Am J Ophthalmol*, 2015, 159(3): 490-497. DOI: 10.1016/j.ajo.2014.12.001.
- El Sayed Y, Gawdat G. Two-year results of microcatheter-assisted trabeculotomy in paediatric glaucoma: a randomized controlled study[J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2017, 95(8): e713-e719 [2020-12-26]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28266150/>. DOI: 10.1111/aos.13414.
- Shakrawal J, Bali S, Sidhu T, et al. Randomized trial on illuminated-microcatheter circumferential trabeculotomy versus conventional trabeculotomy in congenital glaucoma [J]. *Am J Ophthalmol*, 2017, 180: 158-164. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.06.004.
- Shi Y, Wang H, Oatts J, et al. Ab interno vs ab externo microcatheter-assisted trabeculotomy for primary congenital glaucoma with clear cornea[J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2020, 48(9): 1201-1209. DOI: 10.1111/ceo.13868.
- Sarkisian SR Jr. An illuminated microcatheter for 360-degree trabeculotomy in congenital glaucoma: a retrospective case series[J]. *J AAPOS*, 2010, 14(5): 412-416. DOI: 10.1016/j.jaaapos.2010.07.010.
- Haus A, Szurman P, Seuthe AM. Catheter-independent suture probe canaloplasty with suprachoroidal drainage[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2019, 257(1): 169-173. DOI: 10.1007/s00417-018-4182-7.
- Seuthe AM, Januschowski K, Mariacher S, et al. The effect of canaloplasty with suprachoroidal drainage combined with cataract surgery-1-year results[J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2018, 96(1): e74-e78 [2020-12-26]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28449300/>. DOI: 10.1111/aos.13393.
- Yan X, Zhang H, Li F, et al. Surgical site characteristics after CLASS followed by ultrasound biomicroscopy and clinical grading scale: a 2-year follow-up[J]. *Eye (Lond)*, 2021, 35(8): 2283-2293. DOI: 10.1038/s41433-020-01235-w.
- Grieshaber MC. Viscocanalostomy and canaloplasty: ab externo Schlemm's canal surgery[J]. *Dev Ophthalmol*, 2017, 59: 113-126. DOI: 10.1159/000458491.
- Rojas C, Bohnsack BL. Rate of complete catheterization of Schlemm's canal and trabeculotomy success in primary and secondary childhood glaucomas[J]. *Am J Ophthalmol*, 2020, 212: 69-78. DOI: 10.1016/j.ajo.2019.11.029.
- Toshev AP, Much MM, Klink T, et al. Catheter-assisted 360-degree trabeculotomy for congenital glaucoma[J]. *J Glaucoma*, 2018, 27(7): 572-577. DOI: 10.1097/IJG.0000000000000966.
- Konopińska J, Mariak Z, Rekas M. Improvement of the safety profile of canaloplasty and phacocanaloplasty: a review of complications and their management[J/OL]. *J Ophthalmol*, 2020, 2020: 8352827 [2021-02-27]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32612854/>. DOI: 10.1155/2020/8352827.

(收稿日期:2021-04-30 修回日期:2021-07-30)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)

