

神经外科生物补片作为青光眼引流阀植入术垫压材料在难治性青光眼中的应用

薛迎迎 高茹心 张建华 黄维艺 许亚章 刘今坤 王玉宏

厦门大学附属厦门眼科中心 厦门市眼部疾病临床医学研究中心 厦门市眼部疾病重点实验室
福建省眼表与角膜病重点实验室 厦门市眼表与角膜疾病重点实验室 厦门大学附属厦门
眼科中心转化医学研究所, 厦门 361001

薛迎迎、高茹心对本文有同等贡献

通信作者: 王玉宏, Email: 983076068@qq.com

【摘要】 目的 观察神经外科生物补片在难治性青光眼患者青光眼引流阀植入术中作为引流管垫压材料的临床应用效果。**方法** 采用前瞻性系列病例观察研究, 对 2020 年 4 月至 2023 年 12 月在厦门大学附属厦门眼科中心行青光眼引流阀植入手术并使用神经外科生物补片作为垫压材料的 90 例患者 97 眼进行观察, 随访 11~39 个月, 平均(20.3±4.2)个月。分析其手术前后视力、眼压、抗青光眼药物使用种类、并发症及再手术率等相关情况。**结果** 末次随访时视力为 0~0.6, 较术前的 0~0.8 略有下降; 末次随访时眼压为(15.4±6.4)mmHg(1 mmHg=0.133 kPa), 抗青光眼药物使用种类为(0.83±0.65)种, 较术前的(37.8±12.7)mmHg 和(3.01±0.77)种明显下降, 差异均有统计学意义($t=14.18, 18.74$, 均 $P<0.001$)。术后出现浅前房 9 眼(占 9.3%), 前房积血 3 眼(占 3.1%), 引流管暴露 4 眼(占 4.1%), 结膜和补片有融解趋势但经保守治疗后自行愈合 1 眼(占 1.0%)。引流管暴露时间约发生于术后 1.50~12.00 个月, 平均(6.13±4.80)个月, 行修补术后均未出现再暴露。术后 4 眼(占 4.1%)行白内障手术; 2 眼(占 2.1%)因眼压再次升高, 药物控制不佳, 再次行青光眼手术; 4 眼(占 4.1%)行玻璃体切割术。**结论** 神经外科生物补片作为青光眼引流阀植入手术垫压材料在难治性青光眼中具有良好的安全性, 引流管暴露率和其他并发症的发生率均较低, 具有较好的长期效果。

【关键词】 青光眼引流阀植入术; 难治性青光眼; 引流管暴露; 垫压材料; 神经外科生物补片

基金项目: 厦门市卫生健康高质量发展科技计划医学创新课题资助计划(2024GZL-CX53); 福建省自然科学基金面上项目(2024J011317)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20250307-00073

Application of neurosurgical biological patches as cushion material during glaucoma drainage implant surgery in refractory glaucoma

Xue Yingying, Gao Ruxin, Zhang Jianhua, Huang Weiyi, Xu Yazhang, Liu Jinkun, Wang Yuhong

Xiamen Eye Center, Eye Institute of Xiamen University, School of Medicine, Xiamen Clinical Research Center for Eye Diseases, Xiamen Key Laboratory of Ophthalmology, Fujian Key Laboratory of Corneal & Ocular Surface Diseases, Xiamen Key Laboratory of Corneal & Ocular Surface Diseases, Translational Medicine Institute of Xiamen Eye Center of Xiamen University, Xiamen 361001, China

Xue Yingying and Gao Ruxin contributed equally to the article

Corresponding author: Wang Yuhong, Email: 983076068@qq.com

【Abstract】 Objective To investigate the clinical efficacy of using neurosurgical biological patch grafts as cushion materials during glaucoma drainage device (GDD) implantation in patients with refractory glaucoma. **Methods** A prospective observational case series study was conducted. Ninety patients (97 eyes) who underwent GDD surgery with neurosurgical biological grafts as patch materials were enrolled at Xiamen Eye Center of Xiamen University from April 2020 to December 2023. The patients were followed up for 11–39 months, with an average of (20.3±4.2) months. The preoperative and postoperative visual acuity, intraocular pressure, number of anti-glaucoma medications used, complications, and reoperation rates were analyzed. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Xiamen Eye Center of Xiamen University (No. XMYKZX-

LW-2025-018). Written informed consent was obtained from each subject. **Results** The visual acuity at the last follow-up was 0–0.6, showing a slight decrease compared with the preoperative 0–0.8. The intraocular pressure at the last follow-up was (15.4 ± 6.4) mmHg (1 mmHg = 0.133 kPa), and the number of anti-glaucoma drugs used was (0.83 ± 0.65) , which were significantly lower than (37.8 ± 12.7) mmHg and (3.01 ± 0.77) preoperatively, with statistical significance ($t = 14.18, 18.74$; both $P < 0.001$). Postoperative shallow anterior chamber occurred in 9 eyes (accounting for 9.3%), hyphema in 3 eyes (accounting for 3.1%), drainage tube exposure in 4 eyes (accounting for 4.1%), and conjunctiva and patch tended to melt but healed spontaneously after conservative treatment (accounting for 1.0%). Among them, the exposure time of the drainage tube was about 1.50 to 12.00 months after surgery, with an average of (6.13 ± 4.80) months, and no re-exposure occurred after repair. Postoperatively, 4 eyes (accounting for 4.1%) underwent cataract surgery, 2 eyes (accounting for 2.1%) underwent glaucoma surgery again due to increased intraocular pressure and poor drug control, and 4 eyes (accounting for 4.1%) underwent vitrectomy. **Conclusions** Neurosurgical biological grafts used as patch materials in GDD surgery shows good safety in refractory glaucoma, and results in a low incidence of drainage tube exposure and other complications. It has demonstrated favorable long-term clinical outcomes.

[Key words] Glaucoma drainage implant; Glaucoma, refractory; Drainage tube exposure; Cushion material; Neurosurgical biological graft

Fund program: Medical Innovation Project of Science and Technology Program for High-quality Development of Health in Xiamen City (2024GZL-CX53); General Program of Natural Science Foundation of Fujian Province (2024J011317)

DOI: 10.3760/ema.j.cn115989-20250307-00073

青光眼作为全球首位不可逆性致盲眼病,发病率持续上升^[1]。青光眼引流阀植入术是治疗难治性青光眼的主要手术方式之一,临床上常用于治疗新生血管性青光眼、多次抗青光眼手术失败后青光眼及玻璃体切割术后继发性青光眼等。随着高血压、糖尿病等患病率的增长,难治性青光眼患者逐年增加,青光眼引流阀植入术在临床的应用亦日益广泛,适应证不断扩大,普及程度不断提高,其作为初始主要手术和二次干预手术的使用率也显著增加^[2-3]。

引流管暴露是青光眼引流阀植入术后常见的严重并发症之一。尽管多年来青光眼引流阀的设计和材料技术取得了长足进步,但引流管上覆组织侵蚀仍是临床治疗中不可忽视的重要并发症之一。采用垫压材料覆盖于角膜缘后方引流管最容易暴露部位,是临床常用的简单、易行的预防引流管暴露措施。目前国外常用的垫压材料包括异体巩膜、异体角膜、异体或异种硬脑膜、心包膜等,我国常用的垫压材料为异体巩膜和自体巩膜(包括自体巩膜瓣或巩膜隧道)^[3-5]。然而,近年来,随着眼球摘除术手术量显著减少,异体巩膜的来源渠道变得越来越少。另一方面,采用自体巩膜瓣或巩膜隧道会增加手术操作步骤,破坏眼球壁的正常解剖结构,也会增加炎症反应的发生风险,一旦引流管上的巩膜融解,残存的板层眼球壁更易诱发严重并发症。自 2016 年以来,本研究团队已成功将小切口飞秒激光基质透镜切除术中取出的板层基质角膜片作为垫压材料,用于青光眼引流阀植入术,并取得了良好的效

果^[6-7]。但由于部分医院尚未开展该角膜屈光手术,且缺乏可行的角膜透镜保存方法,同时该材料尚未实现商品化,因此该技术难以大规模普及。

本研究中使用的神经外科生物补片采用检疫合格并去除免疫原性的健康牛心包组织制作而成,是一种力学性能和生物相容性良好的生物材料,临床上常用作心脏瓣膜置换的瓣叶、硬脑膜缺损修复补片和血管补片,其较人异体巩膜具有更久的保质期和更高的可用性^[8-11]。国外已有将异体或异种硬脑膜、心包膜作为垫压材料用于青光眼引流阀植入术中的文献报道,但目前国内鲜有应用该技术的研究^[3-5,12]。因此,本研究拟评估神经外科生物补片作为青光眼引流阀植入术中垫压材料在难治性青光眼术中应用的临床效果。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用前瞻性系列病例观察研究,收集 2020 年 4 月至 2023 年 12 月于厦门大学附属厦门眼科中心行引流阀植入术的青光眼患者 90 例 97 眼。纳入标准:(1)经临床症状评估、影像学等检查确诊为青光眼者;(2)既往采用多种降眼压治疗措施,如常规小梁手术、联合多种降眼压药物治疗后眼压仍控制不佳者。排除标准:(1)合并眼部感染者;(2)合并角膜混浊、角膜内皮功能障碍等者;(3)合并上睑下垂、眼球突出或其他眼脸异常者;(4)不能按时随访者。纳入患者中男 68

例 73 眼,女 22 例 24 眼;年龄 1~84 岁,平均(48.77±16.82)岁;视力 0~0.8;眼压 13.1~69.8 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa),平均(37.8±12.7)mmHg;随访 11~39 个月,平均(20.3±4.2)个月。纳入的青光眼类型包括新生血管性青光眼 69 眼(占 71.1%)、青光眼术后眼压控制不佳 6 眼(占 6.2%)、外伤术后继发性青光眼 5 眼(占 5.2%)、玻璃体切割术后(含外伤行玻璃体切割术后)继发性青光眼 8 眼(占 8.2%)以及其他类型青光眼 9 眼(占 9.3%);其中,玻璃体切割术后继发的新生血管性青光眼归类于新生血管性青光眼,合并既往青光眼手术史的患眼均归类为青光眼术后,其他类型青光眼包括 ICE 综合征、AR 综合征、先天性无虹膜等。术前 13 眼(占 13.4%)无内眼手术史,18 眼(占 19.6%)有 1 次内眼手术史,66 眼(占 68.0%)手术史≥2 次。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,研究方案经厦门大学附属厦门眼科中心伦理委员会审核批准(批文号:XYKZX-LW-2025-018)。根据知情同意原则,患者在术前均了解本研究目的及方法并自愿签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 术前准备

收集患者的一般人口学信息、青光眼类型、青光眼治疗药物使用种类及既往眼部手术史等资料。对各患者进行全面眼科检查,包括裸眼视力和最佳矫正视力、非接触式眼压计(TX-20,日本佳能公司)、裂隙灯显微镜(SL220,德国卡尔蔡司公司)、裂隙灯显微照相(HSL,苏州微清医疗器械有限公司)、前节光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)(CASIA2,日本TOMEY公司)、眼部B型超声(G60,苏州飞依诺科技股份有限公司)、角膜内皮细胞显微镜(EM-4000,日本TOMEY公司)、眼底照相(Clarus 500,德国卡尔蔡司公司)、后节OCT(OCT-5000,德国卡尔蔡司公司)、Humphrey视野分析仪(德国卡尔蔡司公司)。每例患者均由同一位经验丰富的青光眼专家完成前房角镜检查。

1.2.2 手术方法和术后处理

所有患者均由同一位经验丰富的医师施行青光眼引流阀植入术,且使用神经外科生物补片(北京百仁医疗科技股份有限公司)作为垫压材料。新生血管性青光眼患者 67 例 69 眼于青光眼引流阀植入术前 3 d 行前房和玻璃体腔注射阿柏西普 0.05 ml(德国拜耳公司)。手术步骤:根据患者眼球能暴露的最大范围于术眼颞上象限(85 眼)或颞下象限(12 眼)沿角膜缘剪开球结膜,范围约 1 个象限,向两侧行放射状剪开后,沿巩膜表面向穹窿部钝性分离,以充分暴露术野。将 0.04% 丝裂霉素(浙江海

正药业股份有限公司)棉片置于结膜瓣下引流阀植入区 3 min,用生理盐水充分冲洗;用 6-0 不可吸收线在距角膜缘 9~10 mm 处、2 条直肌(上直肌与外直肌或外直肌与下直肌)之间预置 2 针缝线,间距 5 mm;缝线分别穿过已用生理盐水冲洗预处理的 Amed 引流阀(美国新世界医疗有限公司)前端的 2 个孔,将引流盘置于 2 条直肌间的筋膜与巩膜中,缝线打结固定;于角膜缘 10 点位做透明角膜穿刺口,前房注入少许粘弹剂;采用 23G 针头从角膜缘后 1.5~2.0 mm 处穿刺巩膜进入前房,平行于虹膜平面进针,针尖全部进入前房后拔出;修剪引流管前端,使引流管断端斜面向上呈 30~45°,沿预先穿刺的通道将引流管植入前房,不触及角膜和虹膜,在前房中预留 2 mm 长度,用 10-0 尼龙线将后部引流管轻轻固定于巩膜表面;将置于 4 °C 无菌生理盐水中的神经外科生物补片(3 cm×3 cm)修剪为约 7 mm×4 mm 大小,覆盖于前部引流管上(前部起自角膜缘后 0.5 mm),长边与引流管平行,以 10-0 尼龙线间断缝合固定 2 针,随后用 10-0 尼龙线缝合结膜瓣(图 1);结膜下注射地塞米松注射液 3 mg,术毕。术后常规使用妥布霉素地塞米松滴眼液、妥布霉素地塞米松眼膏抗炎,抗生素滴眼液预防感染,干扰素滴眼液点眼进行抗瘢痕治疗,术后 1~2 个月开始使用他克莫司滴眼液点眼 3~4 个月,预防引流管暴露。

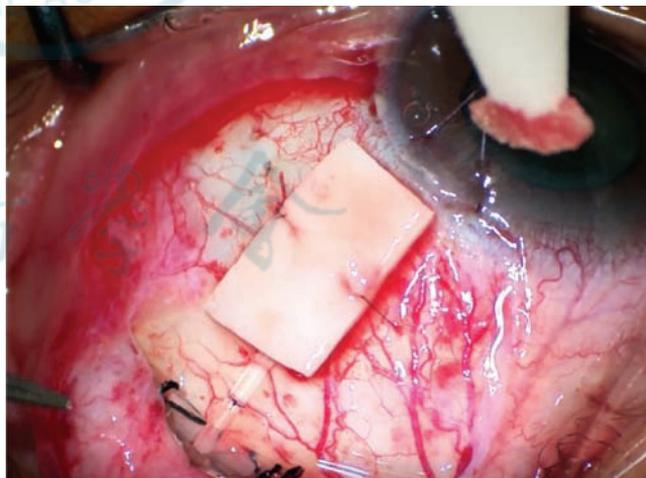


图 1 术中神经外科生物补片大小及位置(约 7 mm×4 mm)

Figure 1 Size and position of neurosurgical biological patch graft during surgery (approximately 7 mm×4 mm)

对于术后发生引流管暴露的患者,于层流净化手术室实施二次修补术。具体步骤如下:使用聚维酮碘溶液及生理盐水充分冲洗引流管暴露区域,用显微剪及虹膜恢复器仔细分离巩膜与结膜间粘连,彻底清除巩膜表面残留的结膜上皮组织;选用大小适配的生物

补片(面积较暴露区域边缘宽 2 mm),以 10-0 尼龙线将补片边缘四角与浅层巩膜行间断缝合,确保补片平整贴附;剪取下穹窿部带蒂结膜瓣覆盖于补片表面,判断暴露区域周边结膜活性,适当修剪,采用 10-0 尼龙线对位缝合,确保结膜瓣密闭性。术后所有患者均采用绷带式角膜接触镜固定。

1.2.3 随访和评价指标 分别于术后 1 d、1 周及 1、3、6 个月和 1、2、3 年进行随访。记录随访期间视力、眼压、抗青光眼药物使用种类,观察前房、眼底、青光眼引流管、垫压材料及上覆结膜等的变化并记录并发症的发生情况及处理方法,同时记录是否需再次手术及手术方式。

术后疗效的主要评价指标为术后末次随访时的眼压、视力和抗青光眼药物使用种类;治疗安全性的主要评价指标为垫压材料及上覆结膜的变化情况、二次手术和术后并发症的发生率。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 26.0 统计学软件进行统计分析。计量资料经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,手术前后眼压和抗青光眼药物使用种类比较采用配对 *t* 检验。计数资料以频数和百分比表示。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 手术前后视力、眼压、抗青光眼药物使用种类比较

末次随访时视力为 0~0.6,较术前的 0~0.8 略有下降。末次随访时眼压为 (15.4 ± 6.4) mmHg,抗青光眼药物使用种类为 (0.83 ± 0.65) 种,较术前的 (37.8 ± 12.7) mmHg 和 (3.01 ± 0.77) 种明显下降,差异均有统计学意义($t = 14.18, 18.74$, 均 $P < 0.001$)。

2.2 术后生物补片的观察及手术并发症分析

术后即可见手术区结膜下白色的神经外科生物补片(图 2)。术后眼前节 OCT 检查显示补片位于结膜与引流管之间,OCT 图像中生物补片与巩膜组织的灰度值相近(图 3)。

术后 1~3 d 出现浅前房 9 眼(占 9.3%),前房积血 3 眼(积血平面高于 1 mm,占 3.1%),均经保守治疗后痊愈。术后行白内障手术 4 眼(占 4.1%),行玻璃体切割术 4 眼(占 4.1%),因眼压升高药物控制不佳再次行青光眼手术 2 眼(占 2.1%)。发生引流管暴露 4 眼(占 4.1%),暴露时间距引流阀植入手术的时间为 1.50~12.00 个月,平均 (6.13 ± 4.80) 个月;其中,2 眼(占 2.1%)为新生血管性青光眼(1 眼合并陈旧性

视网膜脱离,1 眼合并糖尿病视网膜病变),植入部位均为颞上;1 眼(占 1.0%)为先天性青光眼,曾行小梁切除术,植入部位为颞下;1 眼(占 1.0%)为外伤性青光眼,既往已行白内障摘除术、玻璃体切割术和小梁切除术,植入部位为颞下;以上 4 眼均行修补术,术后未再次出现暴露。另有 1 眼(占 1.0%)结膜和补片局部质地疏松,周围明显充血,有融解趋势(图 4),经抗炎、抗排斥保守治疗后愈合。



图 2 术后结膜下的生物补片 箭头即为生物补片

Figure 2 Neurosurgical biological patch graft under the conjunctiva after surgery The arrow indicated the biological patch

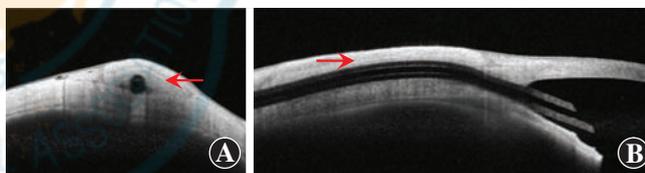


图 3 生物补片眼前节 OCT 检测图 A: 生物补片冠状面(箭头) B: 生物补片矢状面(箭头) OCT: 光学相干断层扫描

Figure 3 Anterior segment OCT examination images of patch graft A: Coronal plane of the patch graft (arrow) B: Sagittal plane of the patch graft (arrow) OCT: optical coherence tomography

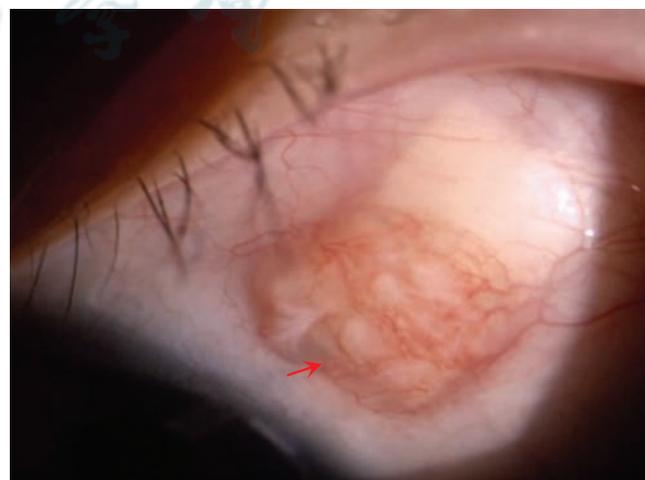


图 4 有融解趋势的结膜和补片 箭头即为结膜和补片有融解趋势的位置

Figure 4 Conjunctiva and patch graft tending to melt The arrow indicated the position where the conjunctiva and the patch tended to melt

3 讨论

近年来青光眼引流阀植入术在临床上的使用率不断增加,引流阀的改良和垫压材料的发掘也取得了一定进展,但该手术仍存在引流管暴露的可能。本研究在中国人青光眼引流阀植入术中使用神经外科生物补片作为垫压材料,可长期、有效预防青光眼引流管暴露,具有良好的安全性。

引流管暴露一般发生于青光眼引流阀植入术后数月到数年,其潜在机制尚不完全清楚,这一过程可能与免疫介导的炎症反应、结膜张力增大、结膜萎缩、机械摩擦、引流管灌注不良及结膜缺血性损伤等有关^[4,13-15]。机械摩擦和免疫反应被认为是引流管晚期暴露的主要机制。引流管暴露部位一般位于角膜缘后 1~6 mm,这与该部位眼睑摩擦更频繁及筋膜组织相对较薄有关。本研究中生物补片长度约 7 mm,可完全覆盖前部易暴露部位的引流管。术中使用的垫压材料将前部引流管完全覆盖是必要的,尤其对于引流管弯折穿入前房的部位。这可能是本研究术后引流管暴露发生率相对较低的原因之一。

本研究术后引流管暴露发生率相对较低的另一原因可能与术后积极实施免疫排斥抑制措施有关。青光眼引流阀植入术后的免疫排斥反应主要由移植物抗原诱发,宿主 T 淋巴细胞和一些细胞因子等参与其发生过程。糖皮质激素滴眼液和他克莫司滴眼液均为常用的局部免疫抑制剂。糖皮质激素也是术后常用的抗炎药物,但其药效持续时间较短,长期应用不良反应较大。他克莫司是一种选择性钙调磷酸酶抑制剂,常用于预防和治疗实体器官移植受者的同种异体移植物排斥反应,其作用机制与环孢素相似,但免疫抑制作用强度为环孢素的 10~100 倍^[16-17]。由于他克莫司滴眼液可减少 T 淋巴细胞介导的免疫反应,并且已被证实对眼科多种免疫介导的疾病有效,且安全性较高、不良反应较少,可长期局部应用^[18-21]。因此,本研究入组患者在停止点用糖皮质激素滴眼液后,接续点用他克莫司滴眼液 3 个月左右,以起到预防引流管暴露的作用。本研究中他克莫司滴眼液的使用灵感源于 1 例采用其他垫压材料进行青光眼引流阀植入术的患者,该患者术后出现引流阀融解及暴露趋势,通过点用他克莫司滴眼液保守治疗后愈合。本研究引流管暴露率仅 4.1%,与既往部分研究相比,其暴露率较低,我们推测可能与使用他克莫司滴眼液有关,但需进一步进行对照研究验证。

由于患者类型、引流阀种类、手术操作细节、垫压

材料选择和随访时间的不同,不同研究中引流管的暴露率也有所不同^[22-26]。接受过多次手术的术眼、球壁下方植入部位、儿童患者、眼外伤病史和糖尿病病史被认为是术后引流管暴露的危险因素^[24,27-28]。接受过多次手术的眼,结膜状态较差,同时,球壁下方的引流管植入空间相对较小,且该部位暴露于眼睑外的范围更大,从而增加了引流管暴露的可能。本研究随访期间仅 4 眼(占 4.1%)出现引流管暴露,1 眼有补片融解及暴露趋势,暴露时间为术后 1.50~12.00 个月。国外曾有研究者使用牛心包膜作为引流阀植入手术的垫压材料,引流管暴露 11 眼(占 13.6%),暴露时间为术后 11~1 016 d^[3]。Lankaranian 等^[29]对比观察了 31 眼使用单层心包膜,59 眼使用双层心包膜作为垫压材料的效果,单层心包膜暴露率为 16%,暴露时间为术后 4~14 个月,平均 9 个月;双层心包膜未出现暴露情况。单层暴露眼用双层心包膜修补后,观察 8.6 个月,未出现再次暴露。Ng 等^[30]观察了单层和双层牛心包膜作为引流阀植入手术垫压材料的效果,平均随访时间超过 4 年,单层引流管暴露率为 10%,双层为 8.9%,同样证明了使用双层牛心包膜作为垫压材料可更有效降低引流管暴露发生率。

每种垫压材料在透明度、手术操作便利性、厚度、价格、外观、临床可用性和暴露风险方面均存在优缺点^[31]。理想的引流管垫压材料应具备免疫安全性佳、生物相容性好、理化性质稳定、成本效益高、手术操作便捷和美观的特点。巩膜垫片的主要缺点是厚度过厚、不够美观且获取渠道有限,硬脑膜补片则存在价格昂贵的问题。本研究为神经外科生物补片在难治性青光眼手术中的应用提供了临床证据,其长期安全性评估和适应症拓展仍需开展进一步的规范化研究。

本研究也存在一定局限性,首先,由于异体巩膜组织来源稀缺、自体巩膜隧道术式存在较高的手术风险,加之角膜片材料缺乏统一的商品化标准,本研究未设置对照组。其次,本研究未系统评估补片尺寸选择及固定方式差异对手术结果的潜在影响。本课题组计划通过多中心、大样本队列研究进一步验证补片参数优化的临床意义,以完善手术标准化方案。此外,本研究在术后用药治疗策略的机制探讨方面亦存在一定局限性,尤其在他克莫司的剂量-效应关系及个体化用药机制方面仍需深入探讨。未来拟通过前瞻性随机对照试验,结合治疗药物监测与基因组学分析,建立他克莫司疗效预测模型,以明确其血药浓度与临床结局的量化关联,为精准用药提供依据。在影像学评估方面,眼前节 OCT 显示的补片和巩膜密度一致性仅反映组织

层面的影像学特征,与材料的生物力学特性(如硬度、弹性模量)无直接关联,需结合组织病理学检查进一步验证。

本研究为国内首次将神经外科生物补片作为垫压材料用于青光眼引流阀植入术中的大样本研究。本研究结果表明,神经外科生物补片作为青光眼引流阀植入术中的垫压材料,可有效预防引流管暴露,从而降低严重并发症的发生风险。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 薛迎迎、高茹心:参与选题、收集数据、资料分析、论文撰写及修改;张建华、黄维艺、许亚章、刘今坤:参与选题、收集数据;王玉宏:选题设计、手术实施、论文修改及定稿

参考文献

- [1] Chen X, Zhao Y, Zhang A, et al. Epidemiological variations and trends in glaucoma burden in the Belt and Road countries [J]. *BMC Ophthalmol*, 2024, 24(1):195. DOI: 10.1186/s12886-024-03464-z.
- [2] Aggarwal S, Kremer C, Engelhard S, et al. Comparison of locally sourced pericardium and other conventional patch graft materials in a glaucoma drainage device surgery [J]. *J Curr Glaucoma Pract*, 2021, 15(1):14-18. DOI: 10.5005/jp-journals-10078-1294.
- [3] van Hoefen Wijsard M, Haan M, Rietveld E, et al. Donor sclera versus bovine pericardium as patch graft material in glaucoma implant surgery and the impact of a drainage suture [J]. *Acta Ophthalmol*, 2018, 96(7):692-698. DOI: 10.1111/aos.13721.
- [4] Akbas YB, Alagoz N, Sari C, et al. Evaluation of pericardium patch graft thickness in patients with Ahmed glaucoma valve implantation: an anterior segment OCT study [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2024, 68(3):192-199. DOI: 10.1007/s10384-024-01051-9.
- [5] Brandt JD. Patch grafts of dehydrated cadaveric dura mater for tube-shunt glaucoma surgery [J]. *Arch Ophthalmol*, 1993, 111(10):1436-1439. DOI: 10.1001/archophth.1993.01090100144042.
- [6] Wang Y, Li X, Huang W, et al. Partial thickness cornea tissue from small incision lenticule extraction: a novel patch graft in glaucoma drainage implant surgery [J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 2019, 98(9):e14500 [2025-03-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30817567/>. DOI: 10.1097/MD.00000000000014500.
- [7] Wang Y, Liu J, Huang W, et al. The best thickness of cornea graft from SMILE surgery as patch graft in glaucoma drainage implant surgery [J/OL]. *Medicine (Baltimore)*, 2021, 100(20):e25828 [2025-03-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34011047/>. DOI: 10.1097/MD.00000000000025828.
- [8] Zhou H, Wu Q, Wu L, et al. Mechanical behaviors of high-strength fabric composite membrane designed for cardiac valve prosthesis replacement [J]. *J Mech Behav Biomed Mater*, 2023, 142:105863. DOI: 10.1016/j.jmbmm.2023.105863.
- [9] Fauzi AA, Fauza J, Suroto H, et al. An *in vitro* study of chitosan-coated bovine pericardium as a dural substitute candidate [J]. *J Funct Biomater*, 2023, 14(10):488. DOI: 10.3390/jfb14100488.
- [10] Recco DP, Kizilski SB, Marshall LE, et al. Mechanical failure analysis of patch materials used in aortic arch reconstruction: implications for clinical practice [J]. *Eur J Cardiothorac Surg*, 2023, 64(5):ezad366. DOI: 10.1093/ejcts/ezad366.
- [11] Kitnarong N, Srikulsasitorn B, Aurboonsong T. Glycerin-preserved human-donor corneoscleral patch grafts for glaucoma drainage devices [J]. *J Glaucoma*, 2020, 29(11):1065-1069. DOI: 10.1097/IJG.0000000000001610.
- [12] Ma J, Wu F, Liu Z, et al. Biomechanical considerations of patching material for posterior scleral reinforcement surgery [J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9:888542. DOI: 10.3389/fmed.2022.888542.
- [13] Ainsworth G, Rotchford A, Dua HS, et al. A novel use of amniotic membrane in the management of tube exposure following glaucoma tube shunt surgery [J]. *Br J Ophthalmol*, 2006, 90(4):417-419. DOI: 10.1136/bjo.2005.084905.
- [14] Smith MF, Doyle JW, Tierney JW Jr. A comparison of glaucoma drainage implant tube coverage [J]. *J Glaucoma*, 2002, 11(2):143-147. DOI: 10.1097/00061198-200204000-00010.
- [15] Lun KW, Chew P, Lim D. Glaucoma drainage implant exposure: a review of aetiology, risks and repair considerations [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2022, 50(7):781-792. DOI: 10.1111/ceo.14144.
- [16] Alrashidi SH. Topical tacrolimus in anterior segment disorders in ophthalmology: a review [J]. *Rom J Ophthalmol*, 2024, 68(2):92-98. DOI: 10.22336/rjo.2024.19.
- [17] Kino T, Hatanaka H, Hashimoto M, et al. FK-506, a novel immunosuppressant isolated from a Streptomyces. I. Fermentation, isolation, and physico-chemical and biological characteristics [J]. *J Antibiot (Tokyo)*, 1987, 40(9):1249-1255. DOI: 10.7164/antibiotics.40.1249.
- [18] Edwards Mayhew RG, Li T, McCann P, et al. Non-biologic, steroid-sparing therapies for non-infectious intermediate, posterior, and panuveitis in adults [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2022, 10(10):CD014831. DOI: 10.1002/14651858.CD014831.pub2.
- [19] Tran TM, Azher TN, Miller CJ, et al. Topical tacrolimus compared with oral tacrolimus for postoperative immunosuppression in primary keratolimbal allograft [J]. *Cornea*, 2024, 43(3):333-342. DOI: 10.1097/ICO.0000000000003316.
- [20] Miyazaki D, Shimizu D, Fukushima A, et al. Reduced steroid-induced intraocular pressure elevation in tacrolimus-treated refractory allergic ocular diseases [J]. *Jpn J Ophthalmol*, 2020, 64(6):568-576. DOI: 10.1007/s10384-020-00774-9.
- [21] Erdinest N, Noyman D, London N, et al. Applications of topical immunomodulators enhance clinical signs of vernal keratoconjunctivitis (VKC) and atopic keratoconjunctivitis (AKC): a meta-analysis [J]. *Int Ophthalmol*, 2024, 44(1):157. DOI: 10.1007/s10792-024-03097-7.
- [22] Bains U, Hoguet A. Aqueous drainage device erosion: a review of rates, risks, prevention, and repair [J]. *Semin Ophthalmol*, 2018, 33(1):1-10. DOI: 10.1080/08820538.2017.1353805.
- [23] Thakur S, Ichhpujani P, Kumar S. Grafts in glaucoma surgery: a review of the literature [J]. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*, 2017, 6(5):469-476. DOI: 10.22608/APO.2016123.
- [24] Lind JT, Shute TS, Sheybani A. Patch graft materials for glaucoma tube implants [J]. *Curr Opin Ophthalmol*, 2017, 28(2):194-198. DOI: 10.1097/ICU.0000000000000347.
- [25] Pan Q, Jampel HD, Ramulu P, et al. Clinical outcomes of gamma-irradiated sterile cornea in aqueous drainage device surgery: a multicenter retrospective study [J]. *Eye (Lond)*, 2017, 31(3):430-436. DOI: 10.1038/eye.2016.230.
- [26] Gedar Totuk OM, Kabadayi K, Colakoglu A, et al. A novel surgical technique for prevention of Ahmed glaucoma valve tube exposure: long scleral flap augmented with Tenon advancement and duplication [J]. *BMC Ophthalmol*, 2018, 18(1):226. DOI: 10.1186/s12886-018-0907-y.
- [27] Jomar DE, Al-Shahwan S, Al-Beishri AS, et al. Risk factors for glaucoma drainage device exposure in children: a case-control study [J]. *Am J Ophthalmol*, 2023, 245:174-183. DOI: 10.1016/j.ajo.2022.08.016.
- [28] Senthilkumar VA, Akbar US, Rajendrababu S. Incidence, etiology, and risk factors for tube explantation in patients undergoing patch-free glaucoma drainage device [J]. *Indian J Ophthalmol*, 2025, 73(Suppl 2):S267-S271. DOI: 10.4103/IJO.IJO_958_24.
- [29] Lankaranian D, Reis R, Henderer JD, et al. Comparison of single thickness and double thickness processed pericardium patch graft in glaucoma drainage device surgery: a single surgeon comparison of outcome [J]. *J Glaucoma*, 2008, 17(1):48-51. DOI: 10.1097/IJG.0b013e318133fc49.
- [30] Ng JY, Eng CC, Liao J, et al. Glaucoma drainage device exposure in Asian eyes [J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2015, 43(1):85-88. DOI: 10.1111/ceo.12364.
- [31] Milibari DS, Fatani D, Ahmad A, et al. Assessing patient cosmetic satisfaction after glaucoma drainage device surgery for different patch grafts [J]. *BMC Ophthalmol*, 2021, 21(1):99. DOI: 10.1186/s12886-021-01864-z.

(收稿日期:2025-10-10 修回日期:2026-01-05)

(本文编辑:施晓萌)