

折叠顶压球囊治疗孔源性视网膜脱离的研究进展

张颖清¹, 冯梅艳²

引用:张颖清,冯梅艳. 折叠顶压球囊治疗孔源性视网膜脱离的研究进展. 国际眼科杂志, 2025,25(6):928-932.

作者单位:¹(272000)中国山东省济宁市,济宁医学院;
²(277000)中国山东省枣庄市立医院眼科

作者简介:张颖清,在读硕士研究生,研究方向:眼底、近视防控、白内障。

通讯作者:冯梅艳,毕业于首都医科大学,硕士,主任医师,硕士研究生导师,研究方向:眼底、近视防控、白内障。fengmeiyan666@126.com

收稿日期:2024-11-06 修回日期:2025-04-15

摘要

孔源性视网膜脱离(RRD)是一种临床常见的致盲性眼科疾病,在临床治疗中一直备受关注。折叠顶压球囊作为一种新的从外路治疗RRD的治疗手段,相较于传统治疗方法包括巩膜扣带术、平坦部玻璃体切除术和充气性视网膜固定术,具有“五不”优势——不球后麻醉、不牵拉肌肉、不巩膜放液、不术中定位和不裂孔冷冻。其有效降低了RRD患者的术后并发症,缩短了手术时间。文章旨在介绍折叠顶压球囊的发展历程与治疗原理,着重阐述其对于RRD的治疗优势、适应证选择以及有效性与安全性。折叠顶压球囊有望通过技术创新和应用领域拓展,在多种视网膜疾病的治疗中发挥更加重要的作用。

关键词:折叠顶压球囊;孔源性视网膜脱离;创新;优势

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2025.6.10

Research progress of foldable capsule buckle in the treatment of rhegmatogenous retinal detachment

Zhang Yingqing¹, Feng Meiyuan²

¹Jining Medical University, Jining 272000, Shandong Province, China; ²Zaozhuang Municipal Hospital, Zaozhuang 277000, Shandong Province, China

Correspondence to: Feng Meiyuan. Zaozhuang Municipal Hospital, Zaozhuang 277000, Shandong Province, China. fengmeiyan666@126.com

Received:2024-11-06 Accepted:2025-04-15

Abstract

• Rhegmatogenous retinal detachment (RRD) is a common blinding ophthalmic disease that has always received significant attention in clinical treatment. The

foldable capsular buckle (FCB), as a new method for extraocular treatment of RRD, offers “Five Noes” advantages over traditional treatments such as scleral buckling (SB), pars plana vitrectomy (PPV), and pneumatic retinopexy (PR), including no retrobulbar anesthesia, no muscle traction, no scleral fluid release, no intraoperative positioning, and no cryotherapy. This effectively reduces postoperative complications in RRD patients and shortens the operation time. This review aims to investigate the development process and treatment principle of FCB, and focus on its therapeutic advantages, indication selection, efficacy and safety for RRD. It is expected to play a more important role in the treatment of a variety of retinal diseases through technological innovation and application field expansion.

• KEYWORDS: foldable capsule buckle; rhegmatogenous retinal detachment; innovation; advantage

Citation: Zhang YQ, Feng MY. Research progress of foldable capsule buckle in the treatment of rhegmatogenous retinal detachment. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025, 25 (6): 928-932.

0 引言

孔源性视网膜脱离(rhegmatogenous retinal detachment, RRD)是一种危害性极大的眼科疾病,若未能及时采取治疗措施,患者可能会面临视力严重受损乃至失明的风险^[1-2]。该疾病的发病机制主要源于视网膜裂孔的形成,这一病变破坏了视网膜结构的完整性,使得玻璃体腔内的液体得以通过裂孔渗入到视网膜下的潜在间隙,最终导致视网膜神经感觉层与视网膜色素上皮层的分离^[3]。据统计数据显示,RRD的年发病率在每10万人中介于6.3-17.9人之间,且这一数字随着年龄的增长和近视的普及呈现出上升趋势,对人们的健康构成了严重威胁^[4]。

针对RRD的传统治疗方法涵盖了巩膜扣带术(scleral buckling, SB)、平坦部玻璃体切除术(pars plana vitrectomy, PPV)和充气性视网膜固定术(pneumatic retinopexy, PR)等多种手段。这些技术均已在RRD的治疗中取得了显著成效,特别是SB与PPV,其成功率可高达90%^[5-8]。SB作为其中一种重要的治疗手段,通过向巩膜外施加压力,促使视网膜脉络膜向眼球内部折叠凹陷,进而将视网膜裂孔置于手术所形成的嵴上^[9]。这一过程加速了视网膜下液通过裂孔流入玻璃体,从而促进了脱离的视网膜恢复平伏状态^[10]。在此基础上,通过巩膜外的冷冻处理,可进一步促进视网膜裂孔的封闭。该技术尤其适用于裂孔位于

周边部的视网膜脱离患者,在RRD的治疗中发挥着不可或缺的作用。PPV是RRD治疗的重要手术方式^[11]。该手术通过切割与视网膜黏连的玻璃体,解除其对视网膜的牵拉作用,并在视网膜裂孔周围进行激光光凝以封闭裂孔^[12-13]。随后,结合眼内填充物的使用,如硅油、C₃F₈或灭菌空气,使脱离的视网膜得以恢复平伏状态。PR是通过向玻璃体腔内注入适量的气体,利用其表面张力以及患者采取的特殊体位(使视网膜裂孔处于上方),使气泡能够堵塞视网膜裂孔,并促使脱离的视网膜复位^[14-16]。同时,辅以巩膜外冷凝术或视网膜激光光凝术,以封闭视网膜裂孔。常用的气体包括C₃F₈、CF₆以及灭菌空气。

然而,这些传统治疗方法在某些情况下也面临着一些局限性,如术后并发症较多、手术时间较长等^[17-19]。因此,折叠顶压球囊(foldable capsule buckle,FCB)作为对传统SB手术方式的一种改良,逐渐受到关注。该技术通过术中球囊固定在眼球周围的裂孔处,从巩膜外对视网膜进行压迫和顶压,利用球囊所形成的巩膜压嵴促进脱离的视网膜复位。FCB作为一种新兴的治疗手段,为RRD的治疗提供了全新的思路,其深入研究对于提高治疗效果、改善患者预后具有深远的意义。

1 FCB的发展历程

19世纪初,视网膜裂孔被发现,然而,直至1850年Helmholz发明检眼镜,von Graefe等先驱才得以在活体人类眼球中亲眼目睹裂孔,并详细描绘了视网膜脱离的复杂过程。1920年,Gonin揭示了封闭裂孔是治疗视网膜脱离的关键,他创造性地采用火焰术封闭裂孔,将手术成功率提升至50%以上。此后,手术技术不断革新,包括眼内气体注入、巩膜缩短术、巩膜外垫压术等方法相继问世。1970年,Machemer等开创了封闭式玻璃体手术。时至今日,视网膜固定术、巩膜垫压术、玻璃体手术以及应用玻璃体替代物的眼内填充术等现代手术手段,已使得单纯性视网膜脱离的复位成功率高达98%以上。然而,面对复杂性视网膜脱离病例的手术后解剖复位和视力恢复仍然面临诸多挑战。中国医生高前应提出了研发“人工玻璃体”的设想,经过长达20a的艰苦攻关,高前应团队成功研制出了折叠式人工玻璃体球囊(foldable capsular vitreous body,FCVB),并经历了从第一代到第三代的不断迭代与升级^[20]。如今,FCVB已在国内乃至国际范围内得到了广泛应用,其临床应用效果和安全性均得到了专家们的充分肯定。

型号为AV-10P的FCVB作为FCB在临床实践中展现出了卓越的效果和优越性^[21]。中国人民解放军第九八八医院的田学敏教授在国内外首次开展了AV-10P作为FCB的临床试用,并取得了显著成效^[22]。随后,在唐仕波教授的领导下,全国多中心临床研究顺利开展,为FCB治疗RRD奠定了坚实的基础。随着技术的不断成熟和完善,FCB在临床实践中得到了越来越广泛的应用,为众多视网膜脱离患者带来了重见光明的希望。自2019-07中国启动FCB的临床研究以来,多家医院积极参与其中,为FCB的临床应用积累了宝贵的实践经验。

2 FCB治疗RRD的原理

FCB作为一款由中国自主研发的创新型医疗器械,已

经成功取得了国家药品监督管理局颁发的三类医疗器械批准证书(注册证号:20173223296),并且也顺利通过了欧洲CE认证。该器械采用先进的可注水硅胶材质打造,具备出色的生物相容性特性,同时,其重量极轻,仅为0.3g,为临床使用带来了极大的便利^[23]。

在RRD的治疗过程中,确保视网膜裂孔的有效封闭是至关重要的环节,这一核心理念最初由Gonin所提出并得到了广泛的认可^[24-26]。根据视网膜脱离的具体情况,医生可以通过引流管向FCB内精准注入生理盐水,借助液体的自然扩张力,实现对视网膜裂孔的紧密封闭,进而产生有效的顶压效应。这一顶压机能够有力地推动脱离的视网膜神经上皮层重新贴合于视网膜色素上皮层,从而全面恢复视网膜的正常解剖构造及生理功能。

从工作原理上来看,FCB与Lincoff球囊有相似之处^[27-28],都是通过实施巩膜外的顶压操作,来实现视网膜裂孔的闭合。而在设计结构上,FCB展现出了更为精巧的一面:在手术过程中,引流管会被折叠并缝合于结膜囊内部,避免了导管的外露,从而极大地降低了术后感染的风险;在取出时间上,Lincoff球囊术后1wk即可撤出,此时裂孔黏连稳固,视网膜脱离不易复发。而FCB去除时间依视网膜恢复情况而定,术中冷凝裂孔黏连者术后1wk可撤,激光封闭者去除时间稍晚,其关键在于裂孔周围视网膜需有明显色素生成^[29]。此外,在巩膜外垫压手术中,FCB巧妙地运用了伯努利原理,通过对视网膜裂孔施加顶压,能够显著提升玻璃体液流经裂孔时的流速,进而有效减小裂孔周边玻璃体液对视网膜的压力^[30]。随着液体压力的逐渐降低,视网膜裂孔的边缘会逐渐贴合于眼球壁,而被封闭于视网膜下腔的液体则会被视网膜色素上皮细胞所转运并吸收,最终促使视网膜实现完全的复位。

3 适应证选择与操作规范

3.1 适应证选择 适应证:增生性玻璃体视网膜病变(proliferative vitreoretinopathy,PVR)B级以下,3PD以下的裂孔:(1)儿童、年轻人、孕妇、高度近视人群;(2)下方裂孔、鼻侧裂孔、马蹄孔。

3.2 操作规范 (1)麻醉:采用结膜下浸润麻醉,省略球后麻醉步骤。(2)牵引缝线:沿视网膜裂孔方向,于角膜缘处设置牵引缝线。(3)切口制作:在角膜缘后5mm处,平行剪开球结膜并钝性分离至巩膜表面,形成约4mm宽的切口及12-14mm长的狭窄隧道口,确保隧道宽度适中以防移位。(4)固定与缝合:使用5-0外路网脱线在术前计算的FCB固定位置预制缝线,确保固定点位于角巩膜缘后8-12mm,必要时斜形放置并与引流管垂直。(5)产品准备:接触FCB前清洗手套,检漏后抽真空,引流管从弧最高点发出,三层折叠成柳叶形,保持固定点准确,避免倾斜。(6)植入FCB:保持晶状体面朝上,沿隧道植入并轻轻结扎引流管近球囊端,根据直肌位置调整固定角度,确保不易滑动。(7)眼压调节:前房穿刺放出房水或视网膜下液,降低眼压至10mmHg。(8)注水与检查:整理Tenon囊后,从引流阀正后方刺入注入生理盐水,形成顶压嵴,检查裂孔位置及眼压,必要时注入消毒空气。(9)结扎引流管:用5-0不可吸收缝线反向结扎固定引流管根部。(10)缝合切口:将引流管引流阀折入球囊旁,对位缝合

Tenon 结膜切口,必要时加固缝合。(11)术后检查:手术结束后,先让患者门诊进行双目间接眼底镜及眼底照相检查,确认顶压嵴位置正确,必要时返回手术台调整,避免二次手术。

4 FCB 在治疗 RRD 中的有效性与安全性

4.1 临床疗效评估 在评估 FCB 治疗 RRD 的临床效果时,我们主要参考术后视网膜复位率以及最佳矫正视力(BCVA)等关键指标。视网膜复位情况通过眼部 B 超检查、眼底照相以及黄斑光学相干断层扫描(OCT)等先进技术手段进行综合判断。相关研究显示,在纳入研究的 RRD 患者中,视网膜成功复位的比例高达 90% 以上^[23],彰显了 FCB 治疗的高效性。此外,众多临床试验进一步证实,FCB 植入术在提升 RRD 患者的 BCVA 方面具有显著成效,多数患者术后 BCVA 均有明显改善^[31]。值得注意的是,FCB 植入术对眼压、视网膜下积液以及屈光度和散光的影响相对较小,确保了治疗的安全性和稳定性^[22,32]。

4.2 临床安全性评价 FCB 治疗 RRD 的术后并发症相对较少,整体安全性较高。尽管在部分研究中,患者出现了复视和眼球运动障碍等不良反应,这可能是由于 FCB 嵌顿于眼球壁与眶壁之间,对眼球运动造成了一定程度的限制。但值得注意的是,大多数患者的这些症状会随着时间的推移逐渐缓解,而对于症状持续未改善的患者,则可通过手术取出 FCB 来有效缓解^[32-33]。此外,FCB 植入术在心眼反射、术后疼痛、眼眶感染、眼内炎以及排斥反应等方面的并发症发生率均维持在较低水平^[32,34]。尽管 FCB 治疗 RRD 的并发症风险相对较低,但医生和患者仍需保持高度警惕。医生在术前应全面告知患者可能出现的并发症,确保患者做好充分的心理准备。同时,术后患者的密切随访和定期检查对于及时发现并处理潜在的安全风险至关重要。

5 FCB 治疗的优势

5.1 创新性治疗 RRD 的优势 RRD 作为一种严重的眼科疾病,其治疗方法的选择一直是临床关注的重点。FCB 手术以其独特的“五不”优势,即不球后麻醉、不牵拉肌肉、不巩膜放液、不术中定位和不裂孔冷冻,成为了治疗 RRD 的一种简单易行、侵入性小且并发症少的替代方法。对于拒绝接受 PPV 的复杂 RRD 患者,特别是那些陈旧性视网膜脱离并伴有视网膜下增殖膜的情况,FCB 提供了一种创新的治疗方案。通过 FCB 封闭裂孔能够有效促进视网膜下膜的缓慢吸收。FCB 的生物相容性良好,其设计使得即使在球囊顶压位置出现偏移的情况下,也能通过“苍蝇拍效应”有效顶压视网膜裂孔,确保视网膜的复位^[35]。此外,FCB 的留置时间可控,患者可以根据自身情况选择保留或取出球囊。对于术后出现复视或眼球运动障碍的患者,通过手术取出 FCB 后,这些症状通常能够得到缓解^[33]。

5.2 对比传统 SB 的优势 在临床实践中,SB 常被应用于治疗晶状体囊膜保持完整、裂孔清晰且位于赤道前方的非复杂型 RRD 病例^[36-37]。SB 技术通过实施巩膜环扎、巩膜外加压或二者的联合应用,并结合裂孔的冷凝冷冻处理,旨在促进裂孔的封闭及视网膜的重新复位。然而,该手术过程涉及广泛的角巩膜缘结膜切口以及眼外直肌的缝线

牵拉操作,这不仅延长了手术中对裂孔定位和修复的时间,还可能导致近角膜缘区域的组织瘢痕形成。患者术后可能会面临屈光状态的变化、前节缺血以及眼压持续上升等一系列并发症,这些因素共同限制了传统 SB 在 RRD 治疗中的广泛应用。而 FCB 植入术利用术前的三维建模技术实现裂孔位置的精确锁定,从而避免了术中繁琐的定位过程,极大地缩短了手术时间并降低了手术难度,加速了术者的学习进程。此外,FCB 植入术还避免了反复牵拉眼外肌,有效减少了眼心反射的发生,进一步提升了手术的安全性和舒适度。值得注意的是,即便患者术后出现复视或眼球运动受限等短暂不适,随着视网膜的成功复位以及 FCB 的适时取出,这些症状通常会逐渐消退,患者的视觉功能和生活质量得以显著改善。因此,FCB 技术的出现不仅为 RRD 患者提供了更多元化的治疗选择,也为眼科医生在应对复杂眼部疾病时提供了更为高效、安全的解决方案。

5.3 对比内路 PPV 的优势 在处理病情复杂的 RRD 患者时,PPV 展现出了显著的优势,特别是在处理合并玻璃体积血(vitreous hemorrhage, VH)或严重 PVR 的 RRD 病例中^[38-41]。该手术通过创建 3 个微小的穿刺口,在切除玻璃体后,采用硅油或气体作为眼内填充物,以促进视网膜的复位。硅油填充不仅有助于恢复眼内体积,还能有效分离黏连的增殖膜;而玻璃体的切除则能解除其对视网膜的牵拉,确保视网膜裂孔的封闭,从而实现视网膜的重新定位^[42-43]。然而,PPV 术中使用的填充气体和硅油在临床应用常伴随一系列并发症,包括低视力、白内障、视力减退、葡萄膜炎、眼内压升高以及细胞毒性反应等,这些问题不利于患者的术后恢复^[43-44]。此外,PPV 通过完全切除自然玻璃体,破坏了眼内的氧梯度分布,进而影响了自然玻璃体的调节功能,可能对眼部的正常生理代谢产生潜在的负面影响^[45-47]。相比之下,FCB 在保留睫状体功能、维持眼压稳定方面表现出色,有助于防止眼球萎缩和视神经萎缩的发生^[45]。FCB 避免了 PPV 术后患者需长期保持俯卧位所带来的不便和痛苦,显著提升了患者的术后生活质量。

6 未来发展前景

6.1 技术改进与创新 随着材料科学的持续进步,FCB 的改良提供了广阔的空间。未来,我们有望通过优化球囊的设计与生产工艺,将其进化为预装式免折叠的便捷形态,将极大地简化植入流程,提升使用的可靠性与便捷性。同时,对引流阀进行微型化设计,使球囊形态更加贴合视网膜裂孔的实际尺寸,实现更为精准的贴合与支撑。此外,研发更好的生物相容性、高度稳定性以及兼具弹性和韧性的新型球囊材料,这些特性将显著提升 FCB 的长期效能与安全性。随着智能化技术的发展,开发具备压力感应与自动调节功能的 FCB 系统,该系统能够依据眼内压力变化及视网膜复位状态,实时、自动地调整球囊内压力,从而实现更为精确且个性化的治疗方案。

6.2 拓展应用领域 除了 RRD 的治疗,FCB 在其他眼部疾病的治疗中也可能具有潜在的应用价值。例如,FCB 可以作为一种辅助治疗手段,辅助黄斑裂孔的闭合和提供额外支撑来预防视网膜脱离等。此外,在一些眼部外伤导致的

视网膜病变治疗中,FCB也可能发挥一定作用。未来需要进一步研究探索其在这些领域的应用可行性和有效性。

7 小结

与关于FCB治疗RRD的临床研究^[35-36]有所不同,本文着重探讨了相对于其他常见手术方法,FCB在治疗RRD方面的显著优势,并归纳了近年来FCB在RRD治疗领域的研究进展。FCB在RRD的治疗中展现出一定的优势和前景,其微创性、操作便捷性等特点为患者提供了一种新的治疗选择,并且在一定程度上取得了较好的临床疗效。然而,目前FCB治疗仍存在适用范围有限、术后出现暂时性复视与眼球运动受限的并发症以及长期稳定性有待观察等局限性。未来,通过技术改进与创新、联合治疗的优化、拓展应用领域等措施,FCB有望在眼科临床治疗中发挥更加重要的作用,为RRD及其他眼部疾病的患者带来更好的治疗效果和生活质量。在临床应用中,仍需严格掌握适应证,结合患者的具体情况选择合适的治疗方案,并加强术后的随访和管理,以确保治疗的安全与有效。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:张颖清论文选题与修改,初稿撰写,文献检索,数据分析;冯梅艳选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] Ge JY, Teo ZL, Chee ML, et al. International incidence and temporal trends for rhegmatogenous retinal detachment: a systematic review and meta-analysis. *Surv Ophthalmol*, 2024,69(3):330-336.
- [2] Govers BM, van Huet RAC, Roosing S, et al. The genetics and disease mechanisms of rhegmatogenous retinal detachment. *Prog Retin Eye Res*, 2023,97:101158.
- [3] Lin JB, Narayanan R, Philippakis E, et al. Retinal detachment. *Nat Rev Dis Primers*, 2024,10:18.
- [4] Park SW, Lee JJ, Lee JE. Scleral buckling in the management of rhegmatogenous retinal detachment: patient selection and perspectives. *Clin Ophthalmol*, 2018,12:1605-1615.
- [5] Nemet A, Moshiri A, Yiu G, et al. A review of innovations in rhegmatogenous retinal detachment surgical techniques. *J Ophthalmol*, 2017,2017:4310643.
- [6] Hatef E, Sena DF, Fallano KA, et al. Pneumatic retinopexy versus scleral buckle for repairing simple rhegmatogenous retinal detachments. *Cochrane Database Syst Rev*, 2015,5(5):Cd008350.
- [7] Yannuzzi NA, Li C, Fujino D, et al. Clinical outcomes of rhegmatogenous retinal detachment treated with pneumatic retinopexy. *JAMA Ophthalmol*, 2021,139(8):848-853.
- [8] Chronopoulos A, Hattenbach LO, Schutz JS. Pneumatic retinopexy: a critical reappraisal. *Surv Ophthalmol*, 2021,66(4):585-593.
- [9] Fallico M, Alosi P, Reibaldi M, et al. Scleral buckling: a review of clinical aspects and current concepts. *J Clin Med*, 2022,11(2):314.
- [10] Han DP, Mohsin NC, Guse CE, et al. Comparison of pneumatic retinopexy and scleral buckling in the management of primary rhegmatogenous retinal detachment. Southern Wisconsin Pneumatic Retinopexy Study Group. *Am J Ophthalmol*, 1998,126(5):658-668.
- [11] Warren A, Wang DW, Lim JI. Rhegmatogenous retinal detachment surgery: a review. *Clin Exp Ophthalmol*, 2023,51(3):271-279.
- [12] Schwartz SG, Flynn HW. Primary retinal detachment: scleral

buckle or pars Plana vitrectomy?. *Curr Opin Ophthalmol*, 2006,17(3):245-250.

- [13] Grzybowski A, Kanclerz P. Early descriptions of vitreous surgery. *Retina*, 2021,41(7):1364-1372.
- [14] Hillier RJ, Felfeli T, Berger AR, et al. The pneumatic retinopexy versus vitrectomy for the management of primary rhegmatogenous retinal detachment outcomes randomized trial (PIVOT). *Ophthalmology*, 2019,126(4):531-539.
- [15] Teh BL, Toh S, Williamson TH, et al. Expansile gas kinetics for pneumatic retinopexy. *Retin Cases Brief Rep*, 2023 [Online ahead of print]
- [16] Sena DF, Kilian R, Liu SH, et al. Pneumatic retinopexy versus scleral buckle for repairing simple rhegmatogenous retinal detachments. *Cochrane Database Syst Rev*, 2021,11(11):CD008350.
- [17] Kreissig I, 王琳, 惠延年. 原发性视网膜脱离手术技术的概念变革. *国际眼科杂志*, 2005,5(1):34-49.
- [18] Zhao X, Xing Y, Chen Y. Primary vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment associated with choroidal detachment. *Yan Ke Xue Bao*, 2006,22(3):142-146,206.
- [19] Wei Y, Wang NL, Chen FH, et al. Vitrectomy combined with periocular/intravitreal injection of steroids for rhegmatogenous retinal detachment associated with choroidal detachment. *Retina*, 2014,34(1):136-141.
- [20] Gao QY, Fu Y, Hui YN. Vitreous substitutes: challenges and directions. *Int J Ophthalmol*, 2015,8(3):437-440.
- [21] Zhang BK, Li C, Jia Y, et al. A pilot clinical study of treating rhegmatogenous retinal detachment by silicone rubber balloon scleral buckling. *Retina*, 2020,40(10):1918-1928.
- [22] Li C, Zhang BK, Tan X, et al. A pilot clinical study of complex rhegmatogenous retinal detachment treatment via foldable capsular buckle scleral buckling. *BMC Ophthalmol*, 2023,23(1):196.
- [23] 邢瑶凡, 余霏, 张百珂, 等. 可折叠球囊在视网膜脱离患者治疗中的应用. *眼科新进展*, 2023,43(2):122-126.
- [24] 李晓丹, 张百珂, 贾雍, 等. 折叠式人工玻璃体球囊植入在玻璃体视网膜疾病治疗中的应用. *眼科新进展*, 2020,40(7):670-673.
- [25] Liao L, Zhu XH. Advances in the treatment of rhegmatogenous retinal detachment. *Int J Ophthalmol*, 2019,12(4):660-667.
- [26] Wang AJ, Snead MP. Scleral buckling—a brief historical overview and current indications. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2020,258(3):467-478.
- [27] Lincoff HA, Kreissig I, Hahn YS. A temporary balloon buckle for the treatment of small retinal detachments. *Ophthalmology*, 1979,86(4):586-596.
- [28] Schoch LH, Olk RJ, Arribas NP, et al. The lincoff temporary balloon buckle. *Am J Ophthalmol*, 1986,101(6):646-649.
- [29] 邢瑶凡. 可折叠球囊加压与传统巩膜外垫压治疗孔源性视网膜脱离的临床研究. 新乡医学院, 2022.
- [30] Foster WJ, Dowla N, Joshi SY, et al. The fluid mechanics of scleral buckling surgery for the repair of retinal detachment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2010,248(1):31-36.
- [31] Fan FF, Xiao C, Wang L, et al. Efficacy of scleral buckling for the treatment of rhegmatogenous retinal detachment using a novel foldable capsular buckle. *Int J Ophthalmol*, 2024,17(3):558-563.
- [32] 牛科, 吕永斌, 郑华宾, 等. 折叠顶压球囊治疗裂孔位置距角膜缘后 ≥ 15 mm的孔源性视网膜脱离初步临床观察. *眼科学报*, 2023,38(8):551-557.
- [33] Jiang GH, Lin Y, Chen Y, et al. Efficacy and visual outcomes of

the foldable capsular buckle scleral buckling in rhegmatogenous retinal detachment. *Front Med (Lausanne)*, 2024,11:1412048.

[34] 张宁, 张百珂, 贾雍, 等. 折叠顶压球囊与传统巩膜外加压治疗孔源性视网膜脱离的对比研究. *国际眼科杂志*, 2023,23(5):813-817.

[35] 孙旭阳, 陈太想, 李瑞, 等. 微创折叠球囊巩膜外加压治疗孔源性视网膜脱离的临床研究. *国际眼科杂志*, 2024,24(2):277-283.

[36] 吕婷婷, 牛彤彤, 王海林, 等. 对比分析巩膜扣带术与玻璃体切割术治疗孔源性视网膜脱离的疗效及术后并发症. *河北医学*, 2021,27(12):2027-2032.

[37] Wang KY, Adams OE, Yu MD, et al. The necessity and role of scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment. *Curr Opin Ophthalmol*, 2024,35(5):376-381.

[38] Lin Z, Liang QH, Lin K, et al. Air tamponade and without heavy liquid usage in pars Plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment repair. *Int J Ophthalmol*, 2018,11(11):1779-1783.

[39] Zhou CD, Qiu QH, Zheng Z. Air versus gas tamponade in rhegmatogenous retinal detachment with inferior breaks after 23-gauge pars Plana vitrectomy: a Prospective, Randomized Comparative Interventional Study. *Retina*, 2015,35(5):886-891.

[40] Martínez-Castillo VJ, García-Arumí J, Boixadera A. Pars Plana vitrectomy alone for the management of pseudophakic rhegmatogenous

retinal detachment with only inferior breaks. *Ophthalmology*, 2016,123(7):1563-1569.

[41] Zhang ZT, Peng MJ, Wei YT, et al. Pars Plana vitrectomy with partial tamponade of filtered air in Rhegmatogenous retinal detachment caused by superior retinal breaks. *BMC Ophthalmol*, 2017,17(1):64.

[42] 李秀婷, 张君. 孔源性视网膜脱离患者PPV术后视功能恢复的影响因素分析. *检验医学与临床*, 2023,20(20):3025-3028.

[43] Tan HS, Mura M, Oberstein SY, et al. Primary retinectomy in proliferative vitreoretinopathy. *Am J Ophthalmol*, 2010, 149(3):447-452.

[44] Biswas J, Verma A, Davda MD, et al. Intraocular tissue migration of silicone oil after silicone oil tamponade: a histopathological study of enucleated silicone oil-filled eyes. *Indian J Ophthalmol*, 2008,56(5):425-428.

[45] 高前应. 重视玻璃体代谢功能审慎进行玻璃体干预. *中华眼底病杂志*, 2017,33(4):336-340.

[46] Znaor L, Medic A, Binder S, et al. Pars Plana vitrectomy versus scleral buckling for repairing simple rhegmatogenous retinal detachments. *Cochrane Database Syst Rev*, 2019,3(3):CD009562.

[47] Barth H, Crafoord S, Andréasson S, et al. A cross-linked hyaluronic acid hydrogel (Healaflo[®]) as a novel vitreous substitute. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2016,254(4):697-703.