

孔源性视网膜脱离视功能预后的影响因素分析

刘思源¹, 张文芳², 杜宁², 杨义²

引用: 刘思源, 张文芳, 杜宁, 等. 孔源性视网膜脱离视功能预后的影响因素分析. 国际眼科杂志 2021;21(9):1570-1575

作者单位:¹(730000)中国甘肃省兰州市,兰州大学第二临床医学院;²(730030)中国甘肃省兰州市,兰州大学第二医院眼科

作者简介: 刘思源,在读硕士研究生,研究方向:眼底病。

通讯作者: 张文芳,毕业于北京大学,博士,主任医师,教授,研究方向:眼底病. zhwenf888@163.com

收稿日期:2020-08-20 修回日期:2021-07-23

摘要

孔源性视网膜脱离(RRD)是由视网膜裂孔引起的视网膜神经感觉层与色素上皮层分离,属于眼科急症的一种,如果不及时治疗,致盲率接近100%。手术是治疗RRD的重要方式。随着对疾病认识的深入及视网膜复位技术的提高,RRD复位术获得了较高的解剖学成功率,但在临床中,患者视觉体验仍不理想。本文主要对RRD视功能预后的影响因素总结归纳,以期为临床维护患者视功能提供思路。

关键词: 孔源性视网膜脱离;视功能;黄斑;影响因素

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2021.9.16

Analysis of influencing factors on the prognosis of visual function in rhegmatogenous retinal detachment

Si - Yuan Liu¹, Wen - Fang Zhang², Ning Du², Yi Yang²

¹The Second Clinical Medical College of Lanzhou University, Lanzhou 730000, Gansu Province, China; ²Department of Ophthalmology, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, Gansu Province, China

Correspondence to: Wen - Fang Zhang. Department of Ophthalmology, Lanzhou University Second Hospital, Lanzhou 730030, Gansu Province, China. zhwenf888@163.com

Received:2020-08-20 Accepted:2021-07-23

Abstract

• Rhegmatogenous retinal detachment (RRD) is the separation of the retinal nerve sensory layer and the pigment epithelium layer caused by retinal tears. It is a kind of ophthalmic emergency. If it is not treated in time, the blinding rate is close to 100%. Surgery is an important way to treat RRD. With the deepening of disease awareness and the improvement of retinal reattachment techniques, RRD reattachment has achieved a higher anatomical success rate, but in clinical, the postoperative

visual experience of patients is still not ideal. This article mainly summarizes the influencing factors of RRD visual function prognosis and provides guidance for clinical treatment.

• KEYWORDS: rhegmatogenous retinal detachment; visual function; macula; influencing factors

Citation: Liu SY, Zhang WF, Du N, et al. Analysis of influencing factors on the prognosis of visual function in rhegmatogenous retinal detachment. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(9):1570-1575

0 引言

孔源性视网膜脱离(rhegmatogenous retinal detachment, RRD)术后视功能恢复不佳的原因一直是个充满争议的问题。Reese^[1]第一个提出,将RRD术后中心视力差归因于脱离的黄斑区存在囊样黄斑变性。几十年来,已经发现了一些术前和术后因素以及不同的手术技术可能会影响RRD术后的视觉恢复。在临床方面,新的工具[例如光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)及光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)]对于阐明视网膜复位后视功能恢复延迟或不完全的原因非常有用。本文总结了有关RRD术后视觉恢复的相关文献,结合视网膜脱离后黄斑区解剖学和功能预后研究的进展,综述了与最终视功能恢复相关的主要临床术前、手术及术后因素。

1 术前因素

1.1 黄斑状态 视网膜脱离后黄斑的状态是影响术后疗效和视觉功能的重要因素:(1)与黄斑在位的RRD患者相比,黄斑脱离者术后视力恢复差,视物变形程度更重,生活质量更差^[2]。其机制可能为:视网膜的外层是感光细胞所在区域,脉络膜为感光细胞提供氧气和营养,而在中央凹内没有视网膜血管,这个区域内的视网膜组织完全依赖脉络膜供血,黄斑脱离会导致更严重的缺氧,加上炎症反应^[3]、细胞急性应激反应^[4],对此部位的感光细胞造成永久性的损伤^[5]。(2)波及黄斑的RRD术后视功能恢复受黄斑脱离高度的影响^[6],黄斑脱离高度与视力预后呈负相关。在Matsui等^[7]的研究中,黄斑脱离高度大于1000 μm 的患者其术前及术后6mo的视力均显著差于脱离小于1000 μm 者。在泉猴的RRD实验中,随着色素上皮层与感光细胞之间距离增加,感光细胞的退化也随之增加^[8],黄斑区视锥细胞与色素上皮之间距离越远,视锥细胞通过视网膜下间隙从脉络膜和色素上皮获得充足氧气和其他营养物质的可能性就越小。

1.2 视网膜脱离持续时间 视网膜脱离持续时间一般指患者出现视力下降或视物遮挡感等主观症状至手术前这段时间,众所周知,较长的视网膜脱离持续时间与较差的视力预后有关,尤其是黄斑脱离者,Malosse等^[9]发现视网膜脱离持续时间是术后视网膜外层损伤的唯一相关因素,

早期手术可能会有效减少光感受器变性,改善视觉预后。Van de Put 等^[6]发现视网膜脱离时间久的患者色觉也受到损害。众多学者^[6,10-11]认为黄斑脱离后第1wk内行手术治疗可获得良好的视力预后。Hassan 等^[12]研究表明,RRD后10d内治疗较超过10d者获得更好的视力预后。Khanzada 等^[13]认为波及黄斑的RRD 2wk内手术均有良好的视觉效果。而Frings 等^[14]的研究中,在发生中心视力丧失后前3d内治疗可获得较好的最终视力,第4~10d手术最终视力逐渐变差,10d后手术最终视力明显更差。各学者的研究结果略有所差异,但均表明:在临床中对RRD患者应早发现并尽早手术。视网膜脱离后光感受器细胞的死亡规律可以解释这种临床结果,在实验动物模型中,RRD后12h便已出现光感受器细胞凋亡和坏死,第3d,光感受器的凋亡和坏死细胞数达到最高峰^[15-17]。此外,视网膜色素上皮(retina pigment epithelium, RPE)层长时间暴露加重炎症反应,增加了增殖性玻璃体视网膜病变(proliferative vitreoretinopathy, PVR)发生率,导致视网膜及其表面的纤维膜形成和收缩,牵拉视网膜皱褶,是RRD手术失败常见的原因,对RRD解剖及视功能预后有着显著的不利影响。

1.3 术前视力 Geiger 等^[18]学者发现术前视力是术后视力(visual acuity, VA)的有效预测因素;Van de Put 等^[6]发现RRD术后对比敏感度的恢复受术前最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)的影响;Lecleire-Collet 等^[19]的研究结果表明,术前视力与术后最终视力显著呈正相关。RRD手术是一个维持现有视力的手术,临床医生可依据患者术前BCVA初步预测患者最终视力预后。

1.4 其他术前因素 PVR是RRD手术修复失败的最常见原因,其特征是玻璃体腔内和视网膜表面纤维膜的生长和收缩,以及视网膜下纤维化。据报道^[20],术前存在PVR的RRD患者术后解剖成功率为45%~85%,最终视力达到5/200或更好者仅占26%~67%。Grigoropoulos 等^[21]研究发现,视网膜脱离患者术前PVR级别越高,手术成功率越低,术后视力越差。视网膜脱离持续时间长,脱离范围广,视网膜裂孔大或数量多,脉络膜脱离,无晶状体眼等均是PVR发生及发展的危险因素。RRD中脉络膜脱离(choroidal detachment, CD)的患病率在西方国家为2%~4.5%,通常表现为RRD进展迅速、治疗困难且预后差,它是RRD手术失败的独立危险因素,主要发生于视网膜脱离范围广、高度近视及低眼压的患者^[22]。视网膜裂孔的位置对预后也有较大的影响,例如黄斑裂孔型视网膜脱离,将严重损害视力,经玻璃体切割术(pars plana vitrectomy, PPV)联合内界膜剥除术后,初次视网膜复位率为42%~93%,而黄斑裂孔闭合率仅为10%~70%^[23]。Quintyn 等^[24]学者则发现,当视网膜裂孔位于下方时,加大了手术难度,术后视网膜脱离容易复发,下方裂孔是RRD预后的独立危险因素。此外,患者年龄大,出现格子样变性区,合并局部及全身并发症,均可提示不良的解剖和功能预后。

2 手术因素

2.1 巩膜扣带术 巩膜扣带术(sclera buckling, SB)主要包括巩膜外加压术和巩膜环扎术,术后由于眼球形状的改变,易导致屈光状态发生变化^[25]。巩膜环扎术后患眼眼轴变长,晶状体前移位,前房变浅,将出现近视度数增大,视野缩小等相关并发症,巩膜外加压术则易引起中央区角

膜散光增大,较高的扣带甚至会导致反常的远视状态^[26]。这种眼球形状变化引起的屈光改变在去除植入材料后不可逆转^[27]。SB后肌肉不平衡导致斜视、复视也是造成视觉体验差的原因^[28-29]:(1)由于植入材料本身会直接引起肌肉损伤、黏连、肌肉纤维化,造成眼球运动受限;(2)可能因为眼外肌缺血。植入材料压迫可导致眼前段缺血甚至虹膜新生血管形成,也可引起眼后段缺血,造成压迫部位视网膜及脉络膜血流速度减缓,甚至视网膜中央动脉平均血流速度降低,患眼处于亚临床缺血状态,影响RRD解剖复位与视功能恢复^[26]。巩膜扣带术后若并发脉络膜脱离会严重损害视功能^[30],其病理生理机制可能为涡静脉受到压迫。SB术后还可能出现植入物感染、排异等并发症,要求临床医师术中细致处理组织从而减少并发症发生。

2.2 玻璃体切割术 PPV已进入微创时代,手术设备不断更新,术中更易于对周边玻璃体视网膜切割处理,而医源性视网膜裂孔、穿刺口并发症等手术本身的并发症越来越少^[31]。但是对填充物的选择一方面需要考虑术后复位率,另一方面需考虑不同填充物可能造成的并发症,从而影响视功能预后。据报道,PPV后眼压异常在C₃F₈气体组和硅油组均有发生,其中高眼压多见于硅油组,而低眼压多见于气体组^[32]。眼压异常尤其是长期高眼压,压迫视神经,将造成视功能不可逆的损伤。眼内长期硅油填充,还会有硅油乳化、白内障加重、瞳孔阻滞性青光眼和带状角膜变性的风险,均会直接或间接损害患者视力^[33],所以当患者视网膜贴附良好,须行硅油取出术。但在某些情况下,硅油的使用或去除会出现不明原因的视力丧失。据Scheerlinck 等^[34]报道,188只未波及黄斑的RRD眼,其中0.7%使用气体填充和29.7%硅油填充的患眼发生了原因不明的视力丧失,填充时间是唯一的危险因素,硅油组患者在微视野检查时发现明显的中央暗点。在Moya 等^[35]的研究中,421只取出硅油的眼,不明原因视力丧失率占3.3%,其中50%为黄斑在位的RRD患者。学者们提出多种假说来解释硅油对视网膜的毒性作用。Winter 等^[36]认为是由于眼内长期存在氟化碳液(perfluorocarbon liquid, PFCL)或硅油,使Müller细胞不能从视网膜中转运出钾离子,外层视网膜受到持久K⁺积累的影响,导致神经退化和反应性神经胶质增生。Azzolini 等^[37]认为非相干光(环境光和人造光)通过高度透明的玻璃体替代物(如硅油)的传输可能会导致视网膜光暴露损伤,特别是在无晶状体眼中。也有学者发现:硅油可以溶解视网膜中的脂溶性元素,如脂溶性黄斑色素、叶黄素和玉米黄质,而这些元素被认为能保护黄斑免受光氧化损伤^[38],而神经节细胞的轴突具有丰富的线粒体,特别容易发生光毒性损伤。Asaria 等^[39]认为成纤维细胞生长因子(bFGF)和白介素6(IL-6)在硅油中积聚,这可能导致随后视网膜前纤维膜形成。

2.3 注气术 注气术(pneumatic retinopexy, PR)适用于视网膜上方或后极部的小裂孔引起的视网膜脱离。相较于SB,PR术后视网膜脱离复发率更高^[40]。SB和PPV术后视网膜复位率高于90%,对比之下PR后视网膜复位率为60%~80%^[41-42]。并且PR不能缓解玻璃体对视网膜牵引,存在已封闭裂孔重新打开或形成新裂孔的风险,导致视网膜再次脱离^[43],对其的选择应更加谨慎。

3 术后因素

3.1 复发性视网膜脱离 视网膜再脱离将严重损害患者视功能。PVR是RRD复发最常见的原因,PVR等级越

高,再次脱离的风险越大。发生机制可能为:RRD后血-视网膜屏障破坏,炎性介质和细胞因子进入玻璃体,刺激RPE细胞、胶质细胞、成纤维细胞和巨噬细胞增殖,这些增生的细胞被大量的胶原蛋白和纤维素包裹在纤维组织中形成纤维膜,纤维膜牵拉聚集视网膜,在机械力量作用下,引起视网膜再次脱离^[44]。此外,高度近视及其引起的巨大后巩膜葡萄肿、黄斑裂孔、巨大或多个视网膜裂孔均为RRD复发的高危因素;PPV后填充物的类型、硅油存放的时间、SB术中垫压块放置的位置是否准确、视网膜激光是否充足等,也均是RRD复发的影响因素^[45]。

3.2 黄斑并发症 在Campo等^[46]的研究中,275眼因RRD行PPV,最终17眼(6%)出现需要手术的黄斑前膜(epiretinal membrane,ERM),46眼(17%)出现囊样黄斑水肿(cystoid macular edema,CME),6眼(2%)出现全层黄斑裂孔(macular hole,MH)。这些黄斑的并发症将严重损害视功能。ERM不仅影响患者术后视力,还会造成视物变形,危险因素包括:黄斑脱离、裂孔大或数量多、赤道以后的裂孔、黄斑脱离时间久,术前PVR级别高等^[47]。Garweg等^[48]发现,RRD患者在PPV术中剥除内界膜后ERM形成的风险从35.7%降低到1.6%,降低了二次手术的风险,对视力恢复有很大帮助。CME发生在RRD手术修复后约4~6wk,这可能是患者视觉敏感度下降的原因,其确切的病理生理机制尚不清楚,可能是由于亚临床炎症反应,导致细胞因子和前列腺素增加,血-视网膜屏障破坏随后发生液体积聚^[49],危险因素如:术前存在PVR、黄斑脱离、RRD持续时间超过1wk、多次手术、年龄超过50岁、使用冷冻疗法、无晶状体眼。术后发生CME,行玻璃体腔注入地塞米松治疗可能获得良好的视觉增益^[49]。RRD修复后继发性MH较为罕见,学者们认为:在玻璃体后脱离的过程中可造成内层视网膜受损,另外视网膜神经感觉层与RPE层分离,因缺血缺氧导致感光细胞层退化,视网膜再附着后,退化的感光细胞附着在RPE上,RPE吸收视网膜下液并吞噬退化的光感受器,加速形成全层MH^[50-51]。

3.3 持续的黄斑下积液 持续的黄斑下积液(submacular fluid,SMF)是RRD术后一种常见的病理现象,目前其发生机制及过程尚不清楚,SMF对视功能预后的影响尚存在争议,一些学者认为持续的SMF会损害术后视力^[52-53],另一些学者则认为没有影响^[54]。研究之间的这种差异可能与研究设计、患者基线特征和手术操作有关。Woo等^[52]研究发现RRD患者在SB术后持续存在的SMF将导致光感受器破坏,从而造成视力预后不良。而Kobayashi等^[54]的研究结果表明:波及黄斑的RRD成功复位后,短期或持续存在的SMF均不会影响光感受器,并且在术后1a随访中,任何时间点的视力恢复情况均与对照组(无SMF者)无显著差异。也有学者认为RRD术后视物变形主要原因是持续存在SMF^[2]。SMF对视功能预后的影响有待进一步研究。视网膜脱离时间常被认为可能是SB术后持续SMF的危险因素^[52]。持续SMF的机制可能是:视网膜长时间脱离导致RPE发生退行性改变,吞噬转运功能下降,视网膜复位后RPE功能恢复不完全;同时生化和组织学分析表明蛋白质、糖胺聚糖等大分子以及细胞和细胞碎片在持续的SMF中聚集,这些化合物不能通过离子或水通道被清除,对RPE细胞吞噬需求增加^[55],这种供需不平衡导致SMF持续存在。

3.4 视网膜移位 RRD术后部分患者视力恢复较好,但视

物变形、扭曲症状严重,甚至出现复视,研究发现视网膜移位可能是这种症状的原因^[56-57]。RRD术后视网膜移位发生率在50%~70%以上^[56,58-60]。Shiragami等^[60]于2010年首次描述了这种现象,他们使用眼底自发荧光(fundus autofluorescence,FAF)观察视网膜,在其研究中60%RRD患者行PPV后,在视网膜血管原始位置出现与视网膜血管近似平行、轮廓相似但与血管分离的高荧光线,提示视网膜发生移位。高荧光出现可能因为:血管下的光感受器未暴露在光照下,相应的RPE细胞处于代谢静止状态,随着视网膜移位和突然光照,增加的光感受器活性导致RPE中的脂褐素积累,从而在FAF成像上产生高荧光^[57]。RRD术后通常会残留少量的视网膜下液,这些液体的重力作用可能导致视网膜向下移位,这种移位对术后视力及立体视功能是否有影响尚存在争议^[57-58],统一观点是会引起视物变形,可能由于:视网膜并没有出现均匀移位,而是局部视网膜扭曲或拉伸,导致患者视物变形^[56]。视网膜脱离范围大、黄斑脱离,均为发生视网膜移位的危险因素^[56,60],学者进一步研究发现:PPV后使用硅油或气体填充均可出现视网膜移位,与使用硅油相比,气体填充视网膜移位发生率更高^[59]。目前视网膜移位对RRD术后视功能影响的确切机制尚不完全清楚,有待进一步研究。

3.5 黄斑微结构改变 RRD术后眼底镜检查视网膜复位,但视力差、色觉损害、视物变形等症状持续存在,提示视网膜外层微结构异常,通过OCT扫描,学者们发现:即使术后视网膜达到解剖复位,也可观察到40%~82%存在光感受器细胞内外节交界面连接带(inner segment/outer segment,IS/OS)异常,IS/OS中断表示光感受器细胞缺失,这是视力预后不佳的标志^[61-62]。Delolme等^[63]的研究中,IS/OS完整性不仅与BCVA预后有关,还与黄斑光敏感度相关。除了IS/OS,外界膜(external limiting membrane,ELM)和视锥细胞外节末梢(cone outer segment tip,COST)的完整性以及外核层(outer nuclear layer,ONL)的厚度也是预测术后视力的主要指标^[61,64]。Lai等^[61]报道,ELM、IS/OS或COST中1条或多条异常与术后较差的BCVA存在相关性,且累及条数越多,视力损害越大。视网膜复位后,视锥细胞密度增加,光感受器外节可以再生^[65]。Kobayashi等^[66]发现视网膜微结构在手术后前2wk恢复最快,术后第2wk的椭圆体带-视网膜色素上皮复合体(ellipsoid zone-retina pigment epithelium,EZ-RPE)厚度以及ELM和椭圆体带(ellipsoid zone,EZ)的完整性与第12mo的BCVA显著相关,多元回归分析结果表明,第2wk的BCVA和EZ的完整性是第12mo BCVA和最终视力的独立预测因子。Gharbiya等^[67]依据黄斑区IS/OS缺损长度将患者分为两组,分别为IS/OS缺损长度大于200 μm 组和缺损长度小于200 μm 组,其发现缺损大于200 μm 组最终视力显著更差。

3.6 黄斑区血流灌注改变 光感受器作为眼内耗氧量较大的组织,一旦缺血缺氧,则会发生凋亡、坏死,损害视功能,其血液供应特点是学者们极感兴趣的课题,曾有学者使用激光散斑血流仪评估RRD患者视乳头微循环,发现RRD视盘血流灌注显著低于对照组,黄斑脱离者低于RRD未波及黄斑者,视盘血流灌注减少与视力下降显著相关^[68]。OCTA是一项新的成像技术,可分层观察视网膜各层及脉络膜血流信号,并对其量化分析,近年来,学者们使用OCTA直接观察RRD患者黄斑区血流密度,发现黄

斑脱离者黄斑区微循环严重受损^[69-72],其发生机制可能为:光感受器的凋亡和死亡导致视网膜耗氧量下降,视网膜中央血管系统受到自我调节机制影响,增加血管阻力,减少视网膜血供^[73]。手术成功复位视网膜后视力预后与黄斑区各层的血流灌注显著相关,部分学者研究发现视力预后与视网膜浅层或深层血流密度呈正相关^[74-75],而 Hong 等^[70]研究发现视力预后主要与脉络膜层血流密度呈正相关,各研究结果略有差异,可能与纳入人群不同、使用设备不同及量化分析软件不同有关,但均表明黄斑区血供的增多预示着更好的视力恢复^[72,74]。而不同研究结果中,视网膜成功复位后黄斑区血流密度的变化趋势有所不同,有研究发现 PPV 术后填充气体可以观察到黄斑区血流密度随时间显著增大,而填充硅油则无显著变化^[75],而 Tsen 等^[76]研究发现 PPV 联合 SB 术后,黄斑区血流灌注显著减少。视网膜复位后血流灌注的改变趋势可能与多种因素相关,如术式、并发症、玻璃体腔填充物等,这些因素均有可能影响视网膜血流灌注从而影响视功能预后,所以未来对 RRD 的治疗方式选择中,可能还需要考虑到对视网膜血供的影响,综合优缺点以得到最优的治疗方案,对此还需要进一步研究。

4 小结

RRD 术后视功能恢复是长期以来研究的热点问题,术前视力和视网膜脱离持续时间与最终视力预后相关,临床中对 RRD 患者应早发现早治疗,并做好 RRD 相关的患者教育工作,尤其是高度近视患者,应定期规范查眼底。黄斑脱离的高度,也是术后视力恢复的重要影响因素,术前黄斑 OCT 的检查对判断视力预后具有指导意义。黄斑部并发症如 CME、ERM、MH 是影响最终视功能的主要术后因素,需术者合理选择手术方式,并在术中仔细操作减少对黄斑的损害。持续 SMF 及黄斑微结构的改变可能与视功能恢复不佳有关,需对患者定期随访,并借助 OCT 观察 SMF 及黄斑微结构变化。RRD 视网膜缺血的问题以及术后血流灌注恢复情况也需要关注,可利用 OCTA 动态观察视网膜血流密度,SB 手术应提倡最小量手术,减少对视网膜血流灌注的影响,PPV 应合理选择填充物,关注术后高血压等问题。

参考文献

- 1 Reese AB. Defective central vision following successful operations for detachment of the *Retina*. *Am J Ophthalmol* 1937;20(6):591-598
- 2 Lina G, Xuemin Q, Qinmei W, et al. Vision-related quality of life, Metamorphopsia, and Stereopsis after successful surgery for rhegmatogenous retinal detachment. *Eye (Lond)* 2016;30(1):40-45
- 3 Takahashi S, Adachi K, Suzuki Y, et al. Profiles of inflammatory cytokines in the vitreous fluid from patients with rhegmatogenous retinal detachment and their correlations with clinical features. *Biomed Res Int* 2016;2016:4256183
- 4 Ghosh F, Åkerström B, Bergwik J, et al. Acute tissue reactions, inner segment pathology, and effects of the antioxidant α 1-microglobulin in an *in vitro* model of retinal detachment. *Exp Eye Res* 2018;173:13-23
- 5 Blair K, Czyz CN. Retinal Detachment. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing 2020
- 6 van de Put MA, Croonen D, Nolte IM, et al. Postoperative recovery of visual function after macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *PLoS One* 2014;9(6):e99787
- 7 Matsui A, Toshida H, Honda R, et al. Preoperative and postoperative optical coherence tomography findings in patients with rhegmatogenous retinal detachment involving the macular region. *ISRN Ophthalmol* 2013;

- 2013;426867
- 8 Macherer R. Experimental retinal detachment in the owl monkey. II. Histology of *Retina* and pigment epithelium. *Am J Ophthalmol* 1968;66(3):396-410
- 9 Malosse L, Rousseau H, Baumann C, et al. Prevalence and risk factors for outer retinal layer damage after macula-off retinal detachment. *Br J Ophthalmol* 2020;104(5):660-665
- 10 Park DH, Choi KS, Sun HJ, et al. Factors associated with visual outcome after macula-off rhegmatogenous retinal detachment surgery. *Retina* 2018;38(1):137-147
- 11 Liu F, Meyer CH, Mennel S, et al. Visual recovery after scleral buckling surgery in macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmologica* 2006;220(3):174-180
- 12 Hassan TS, Sarrafzadeh R, Ruby AJ, et al. The effect of duration of macular detachment on results after the scleral buckle repair of primary, macula-off retinal detachments. *Ophthalmology* 2002;109(1):146-152
- 13 Khanzada MA, Wahab S, Hargun LD. Impact of duration of macula off rhegmatogenous retinal detachment on visual outcome. *Pak J Med Sci* 2014;30(3):525-529
- 14 Frings A, Markau N, Katz T, et al. Visual recovery after retinal detachment with macula-off: is surgery within the first 72h better than after? *Br J Ophthalmol* 2016;100(11):1466-1469
- 15 Hisatomi T, Sakamoto T, Goto Y, et al. Critical role of photoreceptor apoptosis in functional damage after retinal detachment. *Curr Eye Res* 2002;24(3):161-172
- 16 Faude F, Francke M, Makarov F, et al. Experimental retinal detachment causes widespread and multilayered degeneration in rabbit *Retina*. *J Neurocytol* 2001;30(5):379-390
- 17 董凯,柯根杰,武立云,等.视网膜脱离后光感受器细胞死亡规律的实验研究. *眼科新进展* 2014;34(2):144-146
- 18 Geiger M, Smith JM, Lynch A, et al. Predictors for recovery of macular function after surgery for primary macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Int Ophthalmol* 2020;40(3):609-616
- 19 Lecleire-Collet A, Muraine M, Menard JF, et al. Predictive visual outcome after macula-off retinal detachment surgery using optical coherence tomography. *Retina* 2005;25(1):44-53
- 20 Idrees S, Sridhar J, Kuriyan AE. Proliferative vitreoretinopathy: a review. *Int Ophthalmol Clin* 2019;59(1):221-240
- 21 Grigoropoulos VG, Benson S, Bunce C, et al. Functional outcome and prognostic factors in 304 eyes managed by retinectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007;245(5):641-649
- 22 Gu YH, Ke GJ, Wang L, et al. Risk factors of rhegmatogenous retinal detachment associated with choroidal detachment in Chinese patients. *Int J Ophthalmol* 2016;9(7):989-993
- 23 Yuan J, Zhang LL, Lu YJ, et al. Vitrectomy with internal limiting membrane peeling versus inverted internal limiting membrane flap technique for macular hole-induced retinal detachment: a systematic review of literature and meta-analysis. *BMC Ophthalmol* 2017;17(1):219
- 24 Quintyn JC, Ponchel C, Fillaux J, et al. Retinal detachment by inferior tear: a poor prognosis? *J Fr Ophthalmol* 2005;28(9):953-957
- 25 Falkner-Radler CI, Graf A, Binder S. Vitrectomy combined with endolaser or an encircling scleral buckle in primary retinal detachment surgery: a pilot study. *Acta Ophthalmol* 2015;93(5):464-469
- 26 Papakostas TD, Vavvas D. Postoperative complications of scleral buckling. *Semin Ophthalmol* 2018;33(1):70-74
- 27 Hosein AM, Rana S, Amir EM, et al. The evaluation of ocular refractive error and axial length changes after scleral buckle removal. *J Fam Med Prim Care* 2019;8(9):2950-2952
- 28 Goezinne F, Berendschot TT, van Daal EW, et al. Diplopia was not predictable and not associated with buckle position after scleral buckling

surgery for retinal detachment. *Retina* 2012;32(8):1514-1524

29 Ganekal S, Nagarajappa A. Strabismus following scleral buckling surgery. *Strabismus* 2016;24(1):16-20

30 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;2019(3):CD009562

31 向红, 付琳. 25G+微创玻璃体切割术治疗孔源性视网膜脱离的疗效分析. *国际眼科杂志* 2017;17(12):2296-2298

32 Barr CC, Lai MY, Lean JS, *et al.* Postoperative intraocular pressure abnormalities in the silicone study: silicone study report 4. *Ophthalmology* 1993;100(11):1629-1635

33 Federman JL, Schubert HD. Complications associated with the use of silicone oil in 150 eyes after retina-vitreous surgery. *Ophthalmology* 1988;95(7):870-876

34 Scheerlinck LM, Schellekens PA, Liem AT, *et al.* Incidence, risk factors, and clinical characteristics of unexplained visual loss after intraocular silicone oil for macula-on retinal detachment. *Retina* 2016;36(2):342-350

35 Moya R, Chandra A, Banerjee PJ, *et al.* The incidence of unexplained visual loss following removal of silicone oil. *Eye* 2015;29(11):1477-1482

36 Winter M, Eberhardt W, Scholz C, *et al.* Failure of potassium siphoning by Müller cells: a new hypothesis of perfluorocarbon liquid-induced retinopathy. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2000;41(1):256-261

37 Azzolini C, Docchio F, Brancato R, *et al.* Interactions between light and vitreous fluid substitutes. *Arch Ophthalmol* 1992;110(10):1468-1471

38 Herbert EN, Liew SHM, Williamson TH. Visual loss after silicone oil removal. *Br J Ophthalmol* 2005;89(12):1667-1668

39 Asaria RH, Kon CH, Bunce C, *et al.* Silicone oil concentrates fibrogenic growth factors in the retro-oil fluid. *Br J Ophthalmol* 2004;88(11):1439-1442

40 Tornambe PE, Poliner LS, Hilton GF, *et al.* Comparison of pneumatic retinopexy and scleral buckling in the management of primary rhegmatogenous retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 1999;127(6):741-743

41 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

42 Jung JJ, Cheng J, Pan JY, *et al.* Anatomic, visual, and financial outcomes for traditional and nontraditional primary pneumatic retinopexy for retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 2019;200:187-200

43 Goldman DR, Shah CP, Heier JS. Expanded criteria for pneumatic retinopexy and potential cost savings. *Ophthalmology* 2014;121(1):318-326

44 Stocks SZ, Taylor SM, Shiels IA. Transforming growth factor-beta1 induces alpha-smooth muscle actin expression and fibronectin synthesis in cultured human retinal pigment epithelial cells. *Clin Exp Ophthalmol* 2001;29(1):33-37

45 Dhalla K, Kapesa I, Oduard C. Incidence and risk factors associated with retinal redetachment after silicone oil removal in the African population. *Int Ophthalmol* 2017;37(3):583-589

46 Campo RV, Sipperley JO, Sneed SR, *et al.* Pars Plana vitrectomy without scleral buckle for pseudophakic retinal detachments. *Ophthalmology* 1999;106(9):1811-1815

47 Akiyama K, Fujinami K, Watanabe K, *et al.* Internal limiting membrane peeling to prevent post-vitrectomy epiretinal membrane development in retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 2016;171:1-10

48 Garweg JG, Deiss M, Pfister IB, *et al.* Impact of inner limiting membrane peeling on visual recovery after vitrectomy for primary

rhegmatogenous retinal detachment involving the fovea. *Retina Phila Pa* 2019;39(5):853-859

49 Chatziralli I, Theodosiadis G, Dimitriou E, *et al.* Macular edema after successful pars Plana vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: factors affecting edema development and considerations for treatment. *Ocul Immunol Inflamm* 2021;29(1):187-192

50 Shibata M, Oshitari T, Kajita F, *et al.* Development of macular holes after rhegmatogenous retinal detachment repair in Japanese patients. *J Ophthalmol* 2012;2012:740591

51 Byon IS, Kwon HJ, Park GH, *et al.* Macular hole formation in rhegmatogenous retinal detachment after scleral buckling. *Korean J Ophthalmol* 2014;28(5):364-372

52 Woo SJ, Lee KM, Chung H, *et al.* Photoreceptor disruption related to persistent submacular fluid after successful scleral buckle surgery. *Korean J Ophthalmol* 2011;25(6):380-386

53 Kim YK, Woo SJ, Park KH, *et al.* Comparison of persistent submacular fluid in vitrectomy and scleral buckle surgery for macula-involving retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 2010;149(4):623-629

54 Kobayashi M, Iwase T, Yamamoto K, *et al.* Influence of submacular fluid on recovery of retinal function and structure after successful rhegmatogenous retinal reattachment. *PLoS One* 2019;14(7):e0218216

55 Gharbiya M, Malagola R, Mariotti C, *et al.* Spectral-domain optical coherence tomography analysis of persistent subretinal fluid after scleral buckling surgery for macula-off retinal detachment. *Eye (Lond)* 2015;29(9):1186-1193

56 Lee E, Williamson TH, Hysi P, *et al.* Macular displacement following rhegmatogenous retinal detachment repair. *Br J Ophthalmol* 2013;97(10):1297-1302

57 Pandya VB, Ho IV, Hunyor AP. Does unintentional macular translocation after retinal detachment repair influence visual outcome? *Clin Exp Ophthalmol* 2012;40(1):88-92

58 Cobos E, Rubio MJ, Arias L, *et al.* Incidence and relation with anatomical and functional variables of postoperative macular displacement in rhegmatogenous retinal detachment. *Retina* 2016;36(5):957-961

59 Codenotti M, Fogliato G, Iuliano L, *et al.* Influence of intraocular tamponade on unintentional retinal displacement after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Retina Phila Pa* 2013;33(2):349-355

60 Shiragami C, Shiraga F, Yamaji H, *et al.* Unintentional displacement of the retina after standard vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmology* 2010;117(1):86-92

61 Lai WW, Leung GYO, Chan CWS, *et al.* Simultaneous spectral domain OCT and fundus autofluorescence imaging of the macula and microperimetric correspondence after successful repair of rhegmatogenous retinal detachment. *Br J Ophthalmol* 2010;94(3):311-318

62 Shimoda Y, Sano M, Hashimoto H, *et al.* Restoration of photoreceptor outer segment after vitrectomy for retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 2010;149(2):284-290

63 Delolme MP, Dugas B, Nicot F, *et al.* Anatomical and functional macular changes after rhegmatogenous retinal detachment with macula off. *Am J Ophthalmol* 2012;153(1):128-136

64 Theodosiadis PG, Theodosiadis GP, Charonis A, *et al.* The photoreceptor layer as a prognostic factor for visual acuity in the secondary epiretinal membrane after retinal detachment surgery: imaging analysis by spectral-domain optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2011;151(6):973-980

65 Ra E, Ito Y, Kawano K, *et al.* Regeneration of photoreceptor outer segments after scleral buckling surgery for rhegmatogenous retinal detachment. *Am J Ophthalmol* 2017;177:17-26

66 Kobayashi M, Iwase T, Yamamoto K, *et al.* Perioperative factors that are significantly correlated with final visual acuity in eyes after successful

rhegmatogenous retinal detachment surgery. *PLoS One* 2017; 12(9):e0184783

67 Gharbiya M, Grandinetti F, Scavella V, et al. Correlation between spectral - domain optical coherence tomography findings and visual outcome after primary rhegmatogenous retinal detachment repair. *Retina* 2012;32(1):43-53

68 Yui R, Kunikata H, Aizawa N, et al. Anterior chamber aqueous flare and optic nerve microcirculation in eyes with rhegmatogenous retinal detachment. *Acta Ophthalmol* 2016;94(6):e520-e521

69 Agarwal A, Aggarwal K, Akella M, et al. Fractal dimension and optical coherence tomography angiography features of the central macula after repair of rhegmatogenous retinal detachments. *Retina* 2019;39(11):2167-2177

70 Hong EH, Cho H, Kim DR, et al. Changes in retinal vessel and retinal layer thickness after vitrectomy in retinal detachment via swept-source OCT angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020;61(2):35

71 Bonfiglio V, Ortisi E, Scollo D, et al. Vascular changes after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment; optical coherence

tomography angiography study. *Acta Ophthalmol* 2020;98(5):e563-e569

72 Wang H, Xu X, Sun X, et al. Macular perfusion changes assessed with optical coherence tomography angiography after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019;257(4):733-740

73 闫博婧, 李根林. 血管影响因素对视网膜退行性病变形成的影响. *眼科新进展* 2017;37(1):87-90

74 焦亚, 付碧波, 叶波, 等. 视网膜脱离复位术后黄斑区血流密度: 基于光学相干断层扫描血管成像(OCTA)的观察. *眼科新进展* 2018;38(4):373-377

75 陈钰虹, 项潇琼, 朱鸿, 等. 光学相干断层扫描血管成像技术评估孔源性视网膜脱离患者行玻璃体切割联合气体或硅油填充术后的黄斑区血流变化. *上海交通大学学报(医学版)* 2019;39(6):606-612,605

76 Tsen CL, Sheu SJ, Chen SC, et al. Imaging analysis with optical coherence tomography angiography after primary repair of macula - off rhegmatogenous retinal detachment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019;257(9):1847-1855