

影响孔源性视网膜脱离术后视功能的因素分析

张珂,刘早霞

引用:张珂,刘早霞.影响孔源性视网膜脱离术后视功能的因素分析.国际眼科杂志 2020;20(1):87-91

作者单位:(130000)中国吉林省长春市,吉林大学第二医院眼科中心

作者简介:张珂,在读硕士研究生,研究方向:眼底病。

通讯作者:刘早霞,毕业于白求恩医科大学,主任医师,教授,硕士研究生导师,研究方向:眼底病.liuliu15898@sina.com

收稿日期:2019-05-09 修回日期:2019-11-21

摘要

孔源性视网膜脱离(RRD)是最常见的视网膜脱离,最有效的治疗方法为手术治疗。目前主要通过间接检眼镜、OCT、眼部超声等手段,辅助确诊RRD,以及观察术后视网膜解剖复位的情况。最佳矫正视力是最常用于评估术后视功能恢复的指标。然而部分患者术后未达最佳矫正视力。本文主要对影响RRD复位术后视功能的因素进行总结归纳,并分析其可能的影响机制。

关键词:视网膜脱离;玻璃体切除术;巩膜扣带术;视力

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2020.1.20

Analysis of the factors affecting visual function after retinal detachment

Ke Zhang, Zao-Xia Liu

Department of Ophthalmology, the Second Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin Province, China

Correspondence to: Zao-Xia Liu. Department of Ophthalmology, the Second Hospital of Jilin University, Changchun 130000, Jilin Province, China. liuliu15898@sina.com

Received:2019-05-09 Accepted:2019-11-21

Abstract

• Surgery is the most effective treatment of rhegmatogenous retinal detachment (RRD) which is the most common type of retinal detachment. Nowadays, the postoperative retinal anatomic reattachment is evaluated by indirect ophthalmoscope, optical coherence tomography (OCT), ocular ultrasonography and etc. which are also helping ophthalmologist in diagnosis of RRD. Postoperative visual function is mainly confirmed by the best corrective visual acuity (BCVA), which is mostly chosen by ophthalmologist in prognosis evaluation. However, there were patients with terrific postoperative retinal anatomic reattachment, who should have achieved the BCVA. The factors and the probable mechanism which affect the postoperative visual function of RRD would be summarized in this paper.

• KEYWORDS: retinal detachment; vitrectomy; scleral buckling; visual acuity

Citation:Zhang K, Liu ZX. Analysis of the factors affecting visual function after retinal detachment. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2020;20(1):87-91

0 引言

孔源性视网膜脱离(rhegmatogenous retinal detachment, RRD)是临床上最常见的视网膜脱离(RD)类型,年发病率约为1/10000^[1]。RRD最有效的治疗方法为手术治疗^[2]。近年来,手术复位率已达90%^[3]。如何提高解剖复位率及改善术后视功能一直是临床研究重点,本文旨在总结归纳影响RRD复位术后视功能的因素,并分析其可能的影响机制。

1 术前因素

1.1 病程 术前病程长是术后视功能差的独立危险因素。无论伴与不伴黄斑区脱离,术前视力下降小于3d者,术后视功能恢复均好于病程长者^[3]。Frings等^[4]进一步研究发现,RRD病程小于3d者,术后视力恢复较为理想,病程介于4~10d者,视力恢复程度明显下降,且与病程呈负相关;病程大于10d者,术后视力不理想,但是与病程无显著相关性。当RRD病程大于3mo时,常伴视网膜下增殖条索及视网膜固定皱褶,此时术后最佳矫正视力较差且单次手术复位成功率降低^[5]。病程影响视功能的本质是RD发生后光感受器细胞的死亡规律^[6]。正常情况下,光感受器细胞外节与RPE细胞间紧密接触,进行物质交换及外节膜盘的新陈代谢。RD发生后组织间接触消失,光感受器细胞代谢改变,引起细胞变性、凋亡^[7]。在动物实验中, RD发生12h后,即出现光感受器细胞外节损伤,24~72h出现膜盘碎裂,外节肿胀及空泡化,3d时出现光感受器内节变性,3~14d时外核层视锥细胞内质网膨胀,视杆细胞线粒体膨大、异染色质堆积,但视锥细胞胞体较长时间后(>30d)才发生退行性病变^[7]。应用蛋白质印迹分析和免疫荧光测量发现RD后24h即可检测到光感受器细胞的凋亡,3d时达高峰,7d后凋亡水平逐渐下降^[8]。以上规律与临床观察到的最佳手术时间完全吻合。另有研究者发现,除外对术后最佳矫正视力的影响,术前病程大于1wk者,术后色觉及对比敏感度均差于病程小于1wk者^[9]。因此,准确地判断病情并尽早行手术治疗,是挽救患者视功能的关键因素,且病程较长者,仍然具有手术治疗价值。

1.2 黄斑状态 术前黄斑区状态是影响术后视功能恢复最重要的因素,主要包括RRD是否累及黄斑区,以及黄斑区脱离的时长和隆起的高度。RRD是否累及黄斑区是影响术后最佳矫正视力的独立危险因素,即无论术前病程长短,RRD一旦累及黄斑区,患者术后视力恢复明显弱于不伴黄斑区脱离者^[3]。此外,Suzuki等^[10]学者利用SD-OCT

计算术前黄斑区内视网膜脱离面积,发现黄斑区受累横截面积越大,视功能预后越差。黄斑状态影响术后视力的本质与其解剖结构密切相关。黄斑中心凹以视锥细胞为主,为视觉最敏锐区域,其营养几乎完全依赖脉络膜毛细血管层供应。一旦黄斑区脱离,缺血缺氧较周边视网膜更重,实验研究证实缺血缺氧可诱发光感受器细胞变性、死亡、解构^[11],且脱离程度越高、时间越久,光感受器细胞死亡越多^[7],因此,一旦发生累及黄斑区的视网膜脱离时,应尽快行视网膜复位术。

1.3 术前视力 术前视力可提示术后视力恢复程度,即术前视力较差者,视功能预后多欠佳。Joe等^[12]提出,术前视力与视网膜脱离高度呈负相关,且术前视网膜脱离高度大者,多数存在视网膜层间分离,统计数据显示,层间分离的存在与术前及最终视力较差有关。黄斑区是视力最敏锐的区域,因此,术前最佳矫正视力较差在一定程度上是黄斑区视网膜损伤严重程度的临床表现。因为最佳矫正视力是最容易获得的检查结果,所以关注术前最佳矫正视力可为术后视功能的恢复程度提供一定的指导意义。

1.4 眼压 术前RRD患眼眼压多低于健侧眼,且术前显著低眼压是视网膜单次复位率降低的独立风险因素。当眼压长期低值时易合并脉络膜脱离,进一步造成单次手术复位率下降及复发性视网膜脱离率上升,导致视功能永久损害^[13]。目前机制研究认为,视网膜形成裂孔后,液化的玻璃体进入视网膜下,造成视网膜下液体积聚,最终经色素上皮层(retinal pigment epithelium, RPE)排出^[14]。随着视网膜脱离时间延长,液体量“严进宽出”,眼内压逐渐下降。低眼压一方面可造成视网膜张力下降,静脉回流受阻,导致视网膜血供不良,视网膜缺氧加重;另一方面可引起脉络膜静脉压降低,出现血管扩张,血管壁通透性增大,使富含蛋白质的渗出物渗入脉络膜上腔,最终导致脉络膜脱离,造成不可逆的视力损伤^[15]。因此,术前眼压低值对术后视力的预测有一定指导意义。

除上述因素外,多个象限脱离、视网膜裂孔位置靠后极部、眼轴长、脉络膜脱离、合并视网膜巨大裂孔、玻璃体增生性视网膜病变(PVR)C级以上^[16-17]均可导致视网膜脱离单次复位率降低及复发性视网膜脱离发生率升高,从而影响视功能预后。

2 手术因素

2.1 巩膜扣带术 巩膜扣带术(scleral buckling, SB)适用于视网膜周边裂孔,是治疗单纯RRD的主要术式之一,主要分为巩膜环扎术和巩膜外垫压术。SB常引起术后患眼屈光状态的改变,表现为屈光度负性增加。常见的改变有眼轴增长、角膜曲率增大、前房变浅及晶状体增厚^[18-19]。SB也可引起视网膜血流动力学改变,使前节球壁缺血、睫状体肿胀^[20]。研究者观察到环扎术后视网膜中央动脉及分支动脉较对侧眼狭窄,但具体机制尚未明确。有学者推测可能是由于环扎术后远侧视网膜小动脉阻力增大,或视网膜微环境改变造成局部血管收缩因子释放,进而导致血管收缩^[21]。也有术者观察到,SB术后的眼底血管造影显示垫压部位涡静脉受压,并认为该现象是患者术后存在长期视网膜下液(subretinal fluid, SRF)甚至发生中心性浆液性脉络膜视网膜病变的主要原因,且移除巩膜环扎带后SRF减少且BCVA显著提高^[22]。另外,巩膜扣带术中眼外肌分离不全或眼外肌损伤可导致患者术后出现双眼复

视。巩膜扣带术中冷凝的能量及术后眼球解剖学的改变应引起术者的重视,根据病情选择术式及适度调整环扎带松紧,以期改善患者视功能的预后。

2.2 玻璃体切除术 玻璃体切除术(pars plana vitrectomy, PPV)适用于复杂RRD或裂孔位于后极部者。PPV手术单次复位率高于SB,且短期内视功能恢复速度更快,但术后并发症较多^[23]。影响术后视功能恢复的因素主要与手术本身及填充物有关。

相较于巩膜环扎外加压术,PPV更易发生眼内过度损伤修复反应。PPV术中,眼内理化环境处于相对波动状态,易加重已有的血-视网膜屏障的损伤,引起炎症反应加重,出现视网膜色素上皮细胞、神经胶质细胞、成纤维样细胞增生并形成增生膜,发生PVR造成术后牵拉性视网膜脱离,并最终导致视功能恢复不佳^[24]。

PPV术后玻璃体填充材料主要为气体或硅油。常用于眼内填充的惰性气体是C₂F₆和C₃F₈。惰性气体填充术后常引起暂时或长期的眼压升高,可导致一定程度术后视功能的下降^[25]。因技术受限,当气体掺杂有杂质或消毒不严格时,可导致外源性眼内炎的发生及视力不可逆转的下降。消毒空气因在眼内存留时间较短,较少应用于治疗RRD。复杂RRD常使用硅油作为眼内替代物,但是硅油的毒性可引起视网膜结构改变,并最终影响视功能的恢复。研究发现,术前视网膜脱离范围未累及黄斑区的患者中,30%的患者术后发生无法解释的视力下降和微视野损伤,且与填塞时间具有相关性^[26]。此外,神经节细胞层-内丛状层(GCL-IPL)在玻璃体切除注油组明显薄于玻璃体切除注气组^[20, 27],由此可证实硅油对视网膜存在一定毒性。目前有关硅油对视网膜毒性的机制研究,主要有“光毒性”、“脂溶性”及“钾离子积聚”三种假说。一部分学者认为硅油本身具有光毒性,即硅油填充期间,高能蓝光传输增加,且硅油取出术中,医源性光线经硅油折射后可产生不均匀的黄斑照射,加重了黄斑区视网膜的损伤^[28]。“脂溶性”学说认为硅油并不完全是惰性的,作为填充物注入玻璃体腔后,增加了视色素的溶解度,导致硅油去除后,视网膜尤其是黄斑区对光毒性损伤更加易感^[29-30]。另有学者认为,当玻璃体切除后,新的眼内环境对电解质和细胞因子的缓冲性下降,且长期眼内填充物可抑制Müller细胞对K⁺的转运,易造成K⁺沉积于视网膜上,导致Müller细胞肿胀变性、反应性神经胶质增生及光感受器细胞凋亡^[31-32]。但Scheerlinck等^[33]对取出的硅油进行成分分析后发现,钾离子浓度未见明显变化。因此,“钾离子积聚”学说有待进一步研究。

此外,硅油填充所致的角膜变性、白内障、继发性青光眼等也可影响术后视功能的恢复。

3 影响视功能恢复的术后因素

3.1 持续性视网膜下液 影响视功能恢复的术后因素中最常见的为术后吸收缓慢的SRF。术后3d,SPF吸收最快,其后吸收速率减缓,3mo后,视网膜下液逐渐吸收完全^[34]。Mao等^[35]研究发现,RRD行玻璃体切除者,术前部分累及黄斑区,比完全累及黄斑区的SRF持续时间长;未累及黄斑区的少见SRF;SRF吸收后,最终视力没有差别。巩膜扣带术较玻璃体切割术更易产生SRF,推测可能与冷凝斑损伤RPE细胞有关^[36]。通过对比患术前后的视网膜脉络膜造影发现,存在长期SRF的患者,脉络膜具

有更高渗透性^[37]。在动物实验中发现, RD 模型中 RPE 细胞发生了退化性改变, 具体表现为顶端绒毛丢失、细胞质中吞噬体消失、黑色素颗粒及线粒体错位^[38]。这些形态学改变造成了 RD 后 RPE 细胞吞噬功能和转运功能下降, 揭示了 RPE 细胞与光感受器外节段脱离接触后, 自身新陈代谢亦发生改变。手术因素可加重 RPE 细胞损伤并导致 SRF 的产生和不均匀的视网膜解剖学复位^[39]。此外 SRF 中白介素-6 与基质金属蛋白酶的浓度升高也可能造成术后 SRF 延迟吸收^[40]。关于持续性 SRF 对于长期视功能的影响, 学术界尚未有统一论。可以确定的是, 未吸收的 SRF 可显著影响视力。

3.2 复发性视网膜脱离 复发性视网膜脱离严重影响术后视功能的恢复, 发生的危险因素包括高度近视、眼外伤、裂孔数量多、巨大裂孔、视网膜漏斗状脱离及增生性玻璃体视网膜病变(PVR)等, 其中术后 PVR 的发生是最容易被忽视而较易导致复发性视网膜脱离的危险因素^[41]。目前学术界认为 PVR 是由 RPE 细胞、单核-巨噬细胞、神经胶质细胞、成纤维细胞等多种细胞和眼内环境的相互作用引起的多因素疾病, 约 10% 的 RD 患者会进一步发展为 PVR^[42]。PVR 的发生机制目前被认为是 RD 后视网膜的过度损伤修复反应。RD 后血-视网膜屏障发生损伤, 使血浆蛋白及单核细胞进入眼内并积聚于视网膜下, 造成 RPE 细胞损伤且 RD 病情进展, 为 PVR 的发生创造了眼内条件。体外 RPE 细胞培养发现转化生长因子(TGF)可赋予 RPE 细胞肌成纤维细胞的特性并刺激胶原蛋白 I 型、II 型、III 型的合成, 从而使 RPE 细胞偏离上皮细胞特性, 造成 RPE 细胞功能改变并形成视网膜前增殖膜^[43]。除 RPE 细胞外, 神经胶质细胞、成纤维细胞、单核细胞也参与视网膜前增殖膜的形成以及细胞外基质和视网膜前膜的收缩, 并最终对视网膜形成机械牵引力, 造成视网膜再次脱离^[44]。

3.3 黄斑改变 RRD 术后常出现的黄斑改变有黄斑前膜、黄斑囊样水肿、黄斑裂孔等。

黄斑前膜最早可在术后 3wk 内出现, 多发生在术后 1~3mo。早期黄斑前膜对视力影响较小, 患者无明显视力改变, 大部分患者通过二次手术去除黄斑前膜后, 可获得较为理想的视力, 但也有部分患者二次手术后出现复发性视网膜脱离, 尚不清楚复发性视网膜脱离与黄斑前膜或二次手术之间的关系^[45]。有临床研究指出, RRD 行玻璃体切除联合黄斑区内界膜剥离有利于减少术后继发性黄斑前膜的发病率, 且对远期视力无明显影响^[46-47]。

RRD 术后发生黄斑水肿的危险因素包括高龄、病程长、脱离累及黄斑区等^[48], 可导致视力预后不佳、视物变形、对比敏感度下降及立体视觉损伤^[49]。黄斑水肿的形成机制除了与 RD 后视网膜细胞间液体积聚有关, 还与手术因素有关。手术因素可引起眼内过度损伤修复反应, 即加重视网膜损伤后的炎症反应, 细胞间及眼内环境相互作用导致 Müller 细胞膜上 K⁺ 通道异常, 形成细胞内相对高渗状态, 造成 Müller 细胞水肿。肿胀和濒死的 Müller 细胞堆积, 显示为视网膜黄斑区细胞外空间的局部扩张^[50]。

黄斑裂孔是 RRD 术后较少见的并发症, 发生率约为 0.24%~1.90%^[51]。部分患者术后 3mo 出现黄斑区全层孔, 常见于术后 4mo 左右^[52]。视网膜脱离累及黄斑区、伴高度近视的 RRD 是黄斑裂孔发生的高风险因素。目前主

流假说认为, 残余的玻璃体牵引导致黄斑裂孔的形成^[51]。

3.4 体位因素 近年也有学者提出, 术后体位也可能影响术后视功能的恢复。长期(16~24h/d, 时间>2wk)保持严格俯卧位, 可能造成术后视力恢复不佳。推测为长期头低位使后极部视网膜脱水, 进而造成黄斑中心凹生理曲度变平、外核层变薄、视神经萎缩^[53]。

除上述因素外, 还有一些其他影响视力的术后并发症, 如黄斑出血、新生血管性青光眼、视神经萎缩等, 发生率较低且机制尚不明确, 在此不做赘述。

4 其他因素

4.1 年龄 多数研究者发现, 随着患者年龄增大, RRD 术后视功能预后不良的发生率增高, 包括术后最佳矫正视力、色觉、对比敏感度及并发症。有研究者发现, 85 岁以上 RRD 患者行玻璃体切除术, 一次手术视网膜未复位率达 45.4%, 且约 50% 患者伴有一种或多种术后并发症^[50]。

4.2 视网膜位移 RRD 术后存在视网膜位移现象, 尚未明确是否与术后视力有关。Shiragami 等^[54]首次报道了视网膜脱离眼的自发荧光图像上, 可见血管旁有与其走行一致的高荧光, 称为视网膜血管影(retinal vessel printings, RVPs), 该荧光可记录一段时间前血管的位置。有学者发现伴黄斑区脱离的 RRD 术后, 视网膜向下移位更多见, 且注气者较注油者更易发生移位现象, 但未发现与视力有密切关系^[55]。然而也有学者指出, 视网膜位移与术后视力不佳、立体视损伤有关^[56]。目前 RRD 术后视网膜移位与视功能的关系及机制尚未完全明确, 有待进一步研究。

5 总结

视网膜脱离后神经上皮层和视网膜色素上皮层分离, 导致外层视网膜供血中断, 内层视网膜血流供应减少。长时间、大范围地脱离, 使光感受细胞结构紊乱, 甚至大量凋亡, 最终导致视力不可逆转的永久下降或丧失。RRD 修复的目标是解除玻璃体牵拉, 关闭视网膜裂孔, 从而为分离的视网膜创造重新附着的条件。本文按疾病进程分析了影响视网膜脱离患者术后视力的因素, 发现针对手术的改良可能会成为进一步提高治疗效果的突破口。随着研究机制逐步深化, 未来的研究方向将是药物辅助手术, 带给患者更好的术后视力以及良好的视觉体验。

参考文献

- 1 Mity D, Charteris DG, Fleck BW, et al. The epidemiology of rhegmatogenous retinal detachment: geographical variation and clinical associations. *Br J Ophthalmol* 2010;94(6):678-684
- 2 Steel D. Retinal detachment. *BMJ Clin Evid* 2014;2014:1125
- 3 Williamson TH, Shunmugam M, Rodrigues I, et al. Characteristics of rhegmatogenous retinal detachment and their relationship to visual outcome. *Eye (Lond)* 2013;27(9):1063-1069
- 4 Frings A, Markau N, Katz T, et al. Visual recovery after retinal detachment with macula-off: is surgery within the first 72 h better than after? *Br J Ophthalmol* 2016;100(11):1466-1469
- 5 Yao Y, Jiang L, Wang ZJ, et al. Scleral buckling procedures for longstanding or chronic rhegmatogenous retinal detachment with subretinal proliferation. *Ophthalmology* 2006;113(5):821-825
- 6 Zacks DN, Zheng QD, Han Y, et al. FAS-mediated apoptosis and its relation to intrinsic pathway activation in an experimental model of retinal detachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2004;45(12):4563-4569
- 7 刘铁城, 侯宁, 马志中, 等. 猫视网膜脱离后光感受器细胞形态学改变. *解放军医学杂志* 2003;6:528-529

- 8 Xie Z, Chen F, Wu X, *et al.* Safety and efficacy of intravitreal injection of recombinant erythropoietin for protection of photoreceptor cells in a rat model of retinal detachment. *Eye (Lond)* 2012;26(1):144-152
- 9 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
- 10 Suzuki N, Kunikata H, Aizawa N, *et al.* Predicting visual outcomes for macula-off rhegmatogenous retinal detachment with optical coherence tomography. *J Ophthalmol* 2014;2014:269837
- 11 Mervin K, Valter K, Maslim J, *et al.* Limiting photoreceptor death and deconstruction during experimental retinal detachment: the value of oxygen supplementation. *Am J Ophthalmol* 1999;128(2):155-164
- 12 Joe SG, Kim YJ, Chae JB, *et al.* Structural recovery of the detached macula after retinal detachment repair as assessed by optical coherence tomography. *Korean J Ophthalmol* 2013;27(3):178-185
- 13 Adelman RA, Parnes AJ, Michalewska Z, *et al.* Clinical variables associated with failure of retinal detachment repair: the European vitreo-retinal society retinal detachment study report number 4. *Ophthalmology* 2014;121(9):1715-1719
- 14 Oellers P, Elliott D. Overloaded Dysfunctional RPE Leads to Delayed Absorption of Subretinal Fluid After Retinal Detachment Repair. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina* 2017;48(10):852-855
- 15 Seelenfreund MH, Kraushar MF, Schepens CL, *et al.* Choroidal detachment associated with primary retinal detachment. *Arch Ophthalmol* 1974;91(4):254-258
- 16 Machemer R, Aaberg TM, Freeman HM, *et al.* An updated classification of retinal detachment with proliferative vitreoretinopathy. *Am J Ophthalmol* 1991;112(2):159-165
- 17 Yu Y, Yue Y, Tong N, *et al.* Anatomic Outcomes and Prognostic Factors of Vitrectomy in Patients with Primary Rhegmatogenous Retinal Detachment Associated with Choroidal Detachment. *Curr Eye Res* 2019;44(3):329-333
- 18 Lee CY, Chen HT, Lin HY, *et al.* Changes in corneal endothelial density following scleral buckling surgery for rhegmatogenous retinal detachment: a retrospective cross-sectional study. *BMC Ophthalmol* 2019;19(1):3
- 19 Martiano D, Butet B, Baillif S. A Prospective Study of Biometric Stability After Scleral Buckling Surgery. *Am J Ophthalmol* 2017;173:146-147
- 20 Wong D, Chan YK, Bek T, *et al.* Intraocular currents, Bernoulli's principle and non-drainage scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment. *Eye (Lond)* 2018;32(2):213-221
- 21 徐娴, 樊莹, 吴颖, 等. 视网膜血流仪对环扎加压术前后眼底血流动力学的检测. *上海交通大学学报(医学版)* 2008;6:700-703
- 22 Giuffre C, Carnevali A, Codenotti M, *et al.* Persistent subretinal fluid mimicking central serous retinopathy after scleral buckling surgery: possible vortex vein compression role. *Eur J Ophthalmol* 2017;27(2):e54-e56
- 23 Banaee T, Ansari-Astaneh MR. Removal of silicone oil: prognostic factors and incidence of retinal redetachment. *Retina* 2013;33(9):1995
- 24 Mulder VC, van Dijk EHC, van Meurs IA, *et al.* Postoperative aqueous humour flare as a surrogate marker for proliferative vitreoretinopathy development. *Acta Ophthalmol* 2018;96(2):192-196
- 25 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
- 26 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
- 27 Raczynska D, Mitrosz K, Raczynska K, *et al.* The Influence of Silicone Oil on the Ganglion Cell Complex After Pars Plana Vitrectomy for Rhegmatogenous Retinal Detachment. *Curr Pharm Des* 2018;24(29):3476-3493
- 28 Dogramaci M, Williams K, Lee E, *et al.* Foveal light exposure is increased at the time of removal of silicone oil with the potential for phototoxicity. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251(1):35-39
- 29 Refojo MF, Leong FL, Chung H, *et al.* Extraction of retinol and cholesterol by intraocular silicone oils. *Ophthalmology* 1988;95(5):614-618
- 30 Pastor JC, Del Nozal MJ, Marinero P, *et al.* Cholesterol, α -tocopherol, and retinoid concentrations in silicone oil used as a vitreous substitute. *Arch Soc Esp Oftalmol* 2006;81(1):13-19
- 31 Winter M, Eberhardt W, Scholz C, *et al.* Failure of potassium siphoning by Muller cells: a new hypothesis of perfluorocarbon liquid-induced retinopathy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41(1):256-261
- 32 Gerhardt E, Kugler S, Leist M, *et al.* Cascade of caspase activation in potassium-deprived cerebellar granule neurons; targets for treatment with peptide and protein inhibitors of apoptosis. *Mol Cell Neurosci* 2001;17(4):717-731
- 33 Scheerlinck LM, Kuiper JJ, Liem AT, *et al.* Electrolyte composition of retro-oil fluid and silicone oil-related visual loss. *Acta Ophthalmol* 2016;94(5):449-453
- 34 Tee JJ, Veckeneer M, Laidlaw DA. Persistent subfoveal fluid following retinal detachment surgery: an SD-OCT guided study on the incidence, aetiological associations, and natural history. *Eye (Lond)* 2016;30(3):481-487
- 35 Mao JB, Lin JJ, Yu XT, *et al.* Comparison of persistent submacular fluid in different preoperative macular status after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment. *Int J Ophthalmol* 2018;11(11):1796-1801
- 36 Lv Z, Li Y, Wu Y, *et al.* Surgical complications of primary rhegmatogenous retinal detachment: a meta-analysis. *PLoS One* 2015;10(3):e0116493
- 37 Kim JM, Lee EJ, Cho GE, *et al.* Delayed Absorption of Subretinal Fluid after Retinal Reattachment Surgery and Associated Choroidal Features. *Korean J Ophthalmol* 2017;31(5):402-411
- 38 Anderson DH, Stern WH, Fisher SK, *et al.* Retinal detachment in the cat: the pigment epithelial-photoreceptor interface. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1983;24(7):906-926
- 39 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
- 40 Symeonidis C, Papakonstantinou E, Androuti S, *et al.* Interleukin-6 and matrix metalloproteinase expression in the subretinal fluid during proliferative vitreoretinopathy: correlation with extent, duration of RRD and PVR grade. *Cytokine* 2012;59(1):184-190
- 41 Fokkens BT, Mulder DJ, Nugteren MB, *et al.* Surface Area of Detachment, Proliferative Vitreoretinopathy, and Pulse Pressure, but not AGEs, are Associated With Retinal Redetachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(15):6633-6638
- 42 Pastor JC, de la Rúa ER, Martin F. Proliferative vitreoretinopathy: risk factors and pathobiology. *Prog Retin Eye Res* 2002;21(1):127-144
- 43 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

44 杜红俊, 王雨生, 惠延年. 增生性玻璃体视网膜病变的动物模型. *眼科研究* 2006;24(1):99-102

45 Council MD, Shah GK, Lee HC, *et al.* Visual outcomes and complications of epiretinal membrane removal secondary to rhegmatogenous retinal detachment. *Ophthalmology* 2005; 112 (7): 1218-1221

46 Forlini M, Date P, Ferrari LM, *et al.* Comparative Analysis Of Retinal Reattachment Surgery With Or Without Internal Limiting Membrane Peeling To Prevent Postoperative Macular Pucker. *Retina* 2018;38(9):1770-1776

47 Fallico M, Russo A, Longo A, *et al.* Internal limiting membrane peeling versus no peeling during primary vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* 2018;13(7):e0201010

48 Lai TT, Huang JS, Yeh PT. Incidence and risk factors for cystoid macular edema following scleral buckling. *Eye (Lond)* 2017; 31 (4): 566-571

49 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

50 Anteby R, Barzelay A, Barak A. Vitrectomy in patients 85 years of age and older: surgical outcomes and visual prognosis. *Clin Interv Aging* 2018;13:243-249

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 Yang HY, Yang CS. Development of a full thickness macular hole after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: a sequential study via optical coherence tomography. *BMC Ophthalmol* 2018; 18 (1):265

53 王聪, 张永鹏. 视网膜脱离行玻璃体切除联合惰性气体填充术后视力下降原因分析. *中国中医眼科杂志* 2017;27(3):171-174

54 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

55 Dell'omo R, Scupola A, Viggiano D, *et al.* Incidence and Factors Influencing Retinal Displacement in Eyes Treated for Rhegmatogenous Retinal Detachment With Vitrectomy and Gas or Silicone Oil. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58(6):191-199

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