

应用 OCT 及 OCTA 观察孔源性视网膜脱离巩膜扣带术后的眼底变化

吴红云, 陈贵尚, 叶 炜, 曾 曼, 谢莉菲, 刘锦荣, 唐 薇, 胡莉群

引用: 吴红云, 陈贵尚, 叶炜, 等. 应用 OCT 及 OCTA 观察孔源性视网膜脱离巩膜扣带术后的眼底变化. 国际眼科杂志 2022; 22(7): 1203-1209

基金项目: 江西省卫生健康委科技计划 (No.202212506)

作者单位: (341000) 中国江西省赣州市人民医院眼科

作者简介: 吴红云, 毕业于南昌大学医学院, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 玻璃体视网膜疾病、白内障、青光眼、早产儿视网膜病变。

通讯作者: 吴红云. wuhy77@126.com

收稿日期: 2022-02-15 修回日期: 2022-06-02

摘要

目的: 应用 OCT 及 OCTA 观察孔源性视网膜脱离 (RRD) 行巩膜扣带术 (SB) 术后的黄斑形态结构、黄斑及视盘血管密度及视网膜神经纤维层厚度变化。

方法: 横断面病例对照研究。将 2014-07/2021-03 在赣州市人民医院眼科诊断为 RRD 的患者 25 例 25 眼纳入本研究。对比术后末次随访患眼和健眼黄斑浅层血管 (SVC) 的血管密度 (VD)、黄斑深层血管 (DVC) 的 VD、视盘 SVC-VD、视网膜神经纤维层 (RNFL)、黄斑中心凹厚度 (CMT)、中心凹下脉络膜厚度 (SFCT)、黄斑外层结构之间的差异, 并分析影响末次随访患眼 BCVA (LogMAR) 的相关性指标。

结果: 术后末次随访患眼与健眼黄斑 SVC-VD、黄斑 DVC-VD、视盘 SVC-VD、RNFL、CMT、SFCT 无差异 (均 $P > 0.05$); 末次随访患眼与健眼 OCT 下黄斑外层结构对比显示外界膜 (ELM)、肌样体区 (MZ)、椭圆体带区 (EZ)、光感受器外节 (OS) 的光带完整性无差异 (均 $P > 0.05$), 嵌合体区 (IZ) 光带完整性则有差异 ($P = 0.014$); 末次随访患眼与健眼 BCVA 有差异 ($P = 0.002$)。术后末次随访患眼 BCVA 与有无波及黄斑、视盘 SVC-VD、黄斑外层结构 ELM、MZ、EZ、OS、IZ 光带完整性有显著相关性, 其中与有无波及黄斑呈现正相关 ($r_s = 0.401, P = 0.047$); 与视盘 SVC-VD、黄斑外层结构 ELM、MZ、EZ、OS、IZ 光带完整性呈负相关 (均 $P < 0.05$)。

结论: OCT 及 OCTA 用于观察 RRD 行 SB 术后眼底改变可获得与视力预后相关的长期随访信息, 其术后视力预后取决于视网膜外层结构的恢复情况而定, IZ 结构的完整性对于视力恢复更为重要; 视盘 SVC-VD 与视力预后有关, 视盘 SVC-VD 的改变与术后眼压是否相关还需要术后连续数据进一步观察验证。

关键词: 孔源性视网膜脱离; 巩膜扣带术; 光学相干断层扫描技术 (OCT); 光学相干断层扫描血流成像 (OCTA)

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.7.28

Fundus changes presented by OCT and OCTA after scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment

Hong - Yun Wu, Gui - Shang Chen, Wei Ye, Man Zeng, Li - Fei Xie, Jin - Rong Liu, Wei Tang, Li - Qun Hu

Foundation item: Science and Technology Plan of Jiangxi Provincial Health Commission (No.202212506)

Department of Ophthalmology, Ganzhou People's Hospital, Ganzhou 341000, Jiangxi Province, China

Correspondence to: Hong - Yun Wu. Department of Ophthalmology, Ganzhou People's Hospital, Ganzhou 341000, Jiangxi Province, China. wuhy77@126.com

Received: 2022-02-15 Accepted: 2022-06-02

Abstract

• **AIM:** To observe the changes of the morphology and structure of macula, blood flow density of macula and optic disc, as well as retinal nerve fiber layer thickness by optical coherence tomography (OCT) and optical coherence tomography angiography (OCTA) in patients with rhegmatogenous retinal detachment (RRD) under went sclera buckling (SB).

• **METHODS:** As a cross-sectional case-controlled study, 25 patients (25 eyes) were diagnosed with RRD in the department of ophthalmology, Ganzhou People's Hospital from July 2014 to March 2021. The differences in the vascular density (VD) of superficial vessel cluster (SVC), the VD of deep vessel cluster (DVC) of macula, the SVC - VD of optic disc, retinal nerve fiber layer (RNFL), central macular thickness (CMT), subfoveal choroidal thickness (SFCT) and outer structure of macula between the affected eyes and healthy eyes at the last post-operative follow-up were compared, and the correlation indicators affecting best corrected visual acuity (BCVA, LogMAR) of the affected eyes at the last follow-up were analyzed.

• **RESULTS:** There were no statistically significant in SVC-VD and DVC-VD of macula, SVC-VD of optic disc, RNFL, CMT, SFCT between the affected eyes and healthy eyes at the last post-operative follow-up (all $P > 0.05$); At the last follow-up visit, the comparison of macular outer structure on OCT between the affected eyes and the healthy eyes showed that the light band integrity of the

external limiting membrane (ELM), myoid zone (MZ), ellipsoid zone (EZ) and outer segment of photoreceptor (OS) had no statistically significant difference (all $P > 0.05$), while the light band integrity of interdigitation zone (IZ) had significant difference ($P = 0.014$); The difference of BCVA (LogMAR) between the affected eyes and the healthy eyes at the last follow-up was statistically significant ($P = 0.002$). There was significant correlation between BCVA (LogMAR) of affected eyes at the last post-operative follow-up and the presence or absence of macular involvement, the correlated with SVC-VD of optic disc, the integrity of the light bands of ELM, MZ, EZ, OS and IZ on the outer structure of macula, it was positively correlated with the presence or absence of macular involvement ($r_s = 0.401, P = 0.047$) and it was negatively correlated with SVC-VD of optic disc, the integrity of the light bands of ELM, MZ, EZ, OS and IZ on the outer structure of macula (all $P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** The OCT and OCTA can be used to observe fundus changes after SB surgery for RRD to obtain long-term follow-up information related to vision prognosis, and visual prognosis depends on the recovery of retinal outer structure, and the integrity of IZ structure is more important for visual recovery; The SVC-VD of optic disc is correlated with visual prognosis, and whether it was correlated with intraocular pressure require further observation and verification with postoperative continuous data.

• **KEYWORDS:** rhegmatogenous retinal detachment; scleral buckling; optical coherence tomography (OCT); optical coherence tomography angiography (OCTA)

Citation: Wu HY, Chen GS, Ye W, *et al.* Fundus changes presented by OCT and OCTA after scleral buckling for rhegmatogenous retinal detachment. *Guji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(7):1203-1209

0 引言

孔源性视网膜脱离 (rhegmatogenous retinal detachment, RRD) 是指视网膜裂孔形成,液化的玻璃体进入视网膜下致视网膜神经上皮与视网膜色素上皮的分离,是一种严重的致盲性眼病。巩膜扣带术 (scleral buckling, SB) 及经睫状体平部三通道玻璃体切除手术 (par plana vitrectomy, PPV) 是治疗 RRD 两种常见手术方法。虽然 SB 手术发展已有 60 多年的历史^[1],但即使在 PPV 手术技巧及手术器械设备高速发展的今天,不可否认 SB 仍是治疗 RRD 的主要手术方式,相较于 PPV,SB 手术其具有安全、有效、简单、视网膜复位率高、眼内严重并发症发生率极低、无手术后长期体位限制的优点^[2]。对 PVR \leq C2 级 (根据 1983 年分级) 的 RRD,且增生的前膜不位于黄斑区和位于裂孔区以外,对裂孔不造成牵拉的 RRD,应用 SB 手术方式,术后视网膜都能得到良好复位^[3]。手术成功率可高达 85%~95%^[4],甚或与 PPV 手术成功率相当^[5]。但不管应用 SB 或 PPV,恢复良好视力,改善 RRD 患者术后视觉质量及生活质量是手术的根本目的。但即使视网膜复位,仍可能存在视功能恢复不良的表现^[6-9]。本研究通

过应用光学相干断层扫描技术 (optical coherence tomography, OCT) 及光学相干断层扫描血流成像 (optical coherence tomography angiography, OCTA) 观察 RRD 行 SB 术后的眼底变化,观察包括视盘及黄斑血管密度 (vascular density, VD)、黄斑中心凹厚度 (central macular thickness, CMT)、中心凹下脉络膜厚度 (subfoveal choroidal thickness, SFCT)、视网膜神经纤维层 (retinal nerve fiber layer, RNFL) 厚度等眼底改变,探讨 RRD 行 SB 术后眼底改变与视力预后的相关性,现将结果报道如下。

1 对象和方法

1.1 对象 横断面病例对照研究。选择 2014-07/2021-03 在赣州市人民医院眼科诊断为 RRD 并进行显微镜下 SB 手术治疗的 25 例 25 眼,采用进行电话预约后到院随访的方式,将患者纳入本研究。其中男 15 例 15 眼,女 10 例 10 眼;右眼 (68%, 17/25),左眼 (32%, 8/25);患者手术年龄 14~68 (平均 46.96 ± 15.21) 岁;眼轴 24.04 ± 1.43 mm;眼压 14.37 ± 2.50 mmHg;术前病程 2~180 (平均 36.48 ± 52.14) d;RRD 波及黄斑 19 例 19 眼 (76%, 19/25),未波及黄斑 6 例 6 眼 (24%, 6/19);末次随访时间 181~2584 (平均 875.76 ± 608.93) d,以每月 30d 计,约 29.2 ± 20.3 mo,约 0.5~7.2a。纳入标准:(1) 诊断分级符合美国视网膜协会关于增生性玻璃体视网膜病变 (proliferative vitreoretinopathy, PVR) 的分级标准, PVR \leq C1 级^[10];(2) 初次发病;(3) 双眼术前均无眼部其他疾病史及手术治疗史;(4) 手术后随诊 ≥ 6 mo 且视网膜裂孔封闭,解剖复位,无视网膜下积液;(5) 患者本人及家属同意并签署知情同意书。排除标准:(1) 患者依从性差,未按时随诊或缺乏随诊检查资料;(2) 伴有眼部其他疾病史及手术治疗史;(3) 屈光间质混浊或无法配合检查以获得准确清晰检查资料的。本研究经赣州市人民医院伦理委员会审批,遵循《赫尔辛基宣言》原则。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 所有的患者进行的显微镜下巩膜扣带术均由本院手术技术熟练的同一副主任医师完成,扣带术所用材料为 240# 硅胶带、276# 非对称轮状硅胶圈,手术基本过程:球后神经阻滞麻醉或全身麻醉 (麻醉方式根据患者意愿及身体条件进行选择),常规消毒铺巾,开睑器开睑,部分或环形剪开球结膜及其下筋膜 (单纯硅压只需根据硅压象限部分剪开球结膜及其下筋膜,单纯环扎或硅压+环扎需全周剪球结膜及其下筋膜),用眼科弯剪分离肌止端巩膜表面筋膜,并两条直肌之间,眼科弯剪沿巩膜表面向后伸入眼球赤道部分分离巩膜表面筋膜及肌间筋膜,充分暴露巩膜,5/0 白色聚酯线交叉褥式缝合合法预置硅胶块缝线,如需环扎或硅压+环扎,在不需放置硅胶块的象限先用平行角膜缘“8”字缝合固定环扎带后再预置硅胶块缝线,然后进行视网膜下放液软化眼球,CO₂ 冷冻仅冷凝视网膜裂孔及视网膜变性区,一见视网膜发白即停冷凝,放置硅胶块并结扎预置缝线,核实裂孔位置,确定视网膜裂孔位于手术褶前坡后,缩短环扎带至 65mm,眼内注射消毒空气至眼压 Tn,最后使用 8/0 可吸收缝线关闭结膜切口。

1.2.2 检查及测量方法 所有的患者在随访过程中均进行了患眼及健眼裸眼视力、最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA)、屈光度、眼压 (intraocular pressure,

IOP)、散瞳裂隙灯下前置镜眼底检查, OCT(包括黄斑和视盘)及 OCTA(黄斑血管密度及视盘血管密度)检查。裸眼视力及 BCVA 采用标准对数视力表进行检查,方便统计, BCVA 在统计时换算为最小分辨角对数(logarithm of minimum angle of resolution, LogMAR)视力, IOP 采用非接触眼压(non-contact tonometer, NCT)测量方法, 屈光度检查采用全自动电脑验光仪, 用等效球镜(spherical equivalent, SE)表达, OCT 及 OCTA 检查采用 Spectralis HRA+OCT 仪器进行并由同一位熟练的检查医生完成, 其扫描参数: 扫描光源为超级发光二级管 870nm 光源, 扫描速度 85 000A-sacn/s, 扫描深度 1.9mm 轴向分辨率 3.9 μ m, 横向分辨率 6 μ m, 扫描模式为线性扫描, 进行黄斑中心凹为中心的水平和垂直扫描, 选择质量与位置较佳的图像进行标记保存, 视盘环形扫描 RNFL; OCTA 自带全频谱概率算法, 图像分辨率为 6 微米/像素, 最小扫描间距 6 μ m, 同一位置扫描 7 次, 获得黄斑中心 10 $^{\circ}$ ×10 $^{\circ}$ (3mm×3mm)的扫描图像, 视盘 10 $^{\circ}$ ×10 $^{\circ}$ (3mm×3mm)的扫描图像, 在扫描过程中采用 Eye-Tracking 动眼追踪技术, 选择质量与位置较佳的图像进行标记保存, 在分析之前, 检查所有的图片分层是否正确。

设备自带软件对 CMT 进行自动测量, 自带测量软件对 SFCT 进行手动测量(为避免误差, 测量 3 次, 取平均值), 自带软件进行 RNFL 厚度自动测定。定义黄斑浅层血管复合体(SVC)为内界膜至内丛状层下边界向上 17 μ m, 黄斑深层血管复合体(DVC)为内丛状层下边界向上 17 μ m 至外丛状层^[11]。视盘 SVC 包含了视盘周缘神经纤维层(NFLP)和节细胞层(GCLP)^[12]。采用 Image J 软件进行黄斑 SVC-VD、黄斑 DVC-VD、视盘 SVC-VD 的测定。由两名 3a 以上的眼底科医师进行黄斑外层结构 OCT 独立阅片, 阅片内容外界膜(external limiting membrane, ELM)、肌样体区(myoid zone, MZ)、椭圆体区(ellipsoid zone, EZ)、光感受器外节(outer segment of photoreceptor, OS)、交叉区(interdigitation zone, IZ)的光带完整性, 光带完整性判定: 光带完整为 1, 光带缺失为 0, 光带模糊为 0.5。

统计学分析: 采用 R 软件(版本 4.1.2)进行统计分析。术前术后患眼的 BCVA、IOP 的比较采用配对样本 *t* 检验(服从正态性)或 Wilcoxon 符号秩检验(不服从正态性)。两组间差异比较采用配对样本 *t* 检验(服从正态分布), 均数±标准差进行统计描述; 或采用非参数 Wilcoxon 符号秩检验(不服从正态分布), 中位数(四分位数间距)进行统计描述; 分类变量组间比较采用卡方检验。相关性检验采用 Spearman 秩相关分析进行检验。P<0.05 为差异有统计学意义。两名独立阅片评估者对黄斑外层结构指标评价的一致性采用 Kappa 检验。以 Kappa 值≥0.75 说明一致性较好, 0.4≤Kappa 值<0.75 为一致性一般, Kappa 值<0.4 为一致性较差。

2 结果

2.1 患者患眼前及术后末次随访 BCVA 及 IOP 对比

术前 BCVA 是 1.17±1.15, 术后末次随访为 0.29±0.30, 患眼术后末次随访与术前的 BCVA 差异具有显著统计学意义(*t*=4.41, *P*<0.001)。而术前和术后末次随访 IOP 的比较发现, 术后 IOP 略小于术前, 但是差异无统计学意义(*t*=1.73, *P*=0.093), 见表 1。

表 1 患眼前及术后末次随访 BCVA 和 IOP 对比 $\bar{x}\pm s$

时间	BCVA(LogMAR)	IOP(mmHg)
术前	1.17±1.15	14.37±2.50
末次随访	0.29±0.30	13.51±1.77
<i>t</i>	4.41	1.73
<i>P</i>	<0.001	0.093

2.2 术后末次随访患眼和健眼相关指标比较 对术后末次随访患眼和健眼的 BCVA、SE、IOP、黄斑 SVC-VD、黄斑 DVC-VD、视盘 SVC-VD、RNFL、CMT、SFCT 进行比较, 两组对比 BCVA 差异有统计学意义(*Z*=3.07, *P*=0.002), SE、IOP、黄斑 SVC-VD、黄斑 DVC-VD、视盘 SVC-VD、RNFL、CMT、SFCT 差异均无统计学意义(*P*>0.05), 见表 2。

2.3 术后末次随访患眼与健眼 OCT 下黄斑外层结构对比

两组 ELM、MZ、EZ、OS 的光带完整性差异无显著统计学意义(均 *P*>0.05), IZ 光带完整性则差异有统计学意义(*Z*=8.54, *P*=0.014), 见表 2。

2.4 术后 BCVA 与各变量之间的相关性分析

术后末次随访患眼 BCVA 与患者术前病程、年龄、有无波及黄斑、黄斑 SVC-VD、黄斑 DVC-VD、视盘 SVC-VD、CMT、SFCT、RNFL、黄斑外层结构进行 Spearman 相关性分析, 结果显示: BCVA 与术前病程、年龄、黄斑 SVC-VD、黄斑 DVC-VD、RNFL、CMT、SFCT 无相关性(均 *P*>0.05); 与有无波及黄斑、视盘 SVC-VD、黄斑外层结构包括 ELM、MZ、EZ、OS、IZ 光带完整性有显著相关性, 其中与有无波及黄斑呈现正相关(*r_s*=0.401, *P*=0.047), 即有术前黄斑波及患眼与术后 BCVA 增加有关; 与视盘 SVC-VD、黄斑外层结构 ELM、MZ、EZ、OS、IZ 光带完整性呈负相关(*r_s*=-0.438、-0.501、-0.618、-0.618、-0.618、-0.777; *P*=0.029、0.011、0.001、0.001、<0.0001), 即视盘 SVC-VD 越低, 术后 BCVA 值越高, 黄斑外层结构光带不完整, 术后 BCVA 值越高, 见表 3。两位独立阅片评估者对黄斑外层结构指标评价结果显示: ELM 的 Kappa 指数=0.76, MZ、EZ、OS、IZ 的 Kappa 指数=0.86, 表明一致性较好。

3 讨论

频域(spectral domain, SD)-OCT 因能够清晰显示视网膜超微组织结构而广泛应用于各类眼部疾病, 如常见的渗出性年龄相关性黄斑变性^[13]、高度近视^[14]、黄斑前膜^[15]、糖尿病视网膜病变^[16]等。也正因为 SD-OCT 的广泛应用, 对于 RRD 术前术后眼底变化有了深入的认识^[17-22]。既往认为 RRD 术后视力恢复不良与黄斑外层结构中的 ELM、IS/OS 连续性中断或反射异常有关^[17-19]。2014 年国际视网膜影像专家组对视网膜外层结构进行了术语规范^[23]。故至此以后基于 SD-OCT 的观察研究多数认为 RRD 术后视力恢复不良的其中原因为黄斑外层结构 ELM、EZ 的改变^[20, 22, 24]。多数的文献研究以术后 1、3、6mo, 1a 时间点进行研究, 更长期随访的研究并不多。我们对 25 例 25 眼 RRD 行 SB 手术一次成功后的患者进行 0.5~7.2a 的随访, 应用 SD-OCT 进行观察, 发现患者术后 SE、IOP、RNFL、CMT、SFCT 与对侧健康眼比较, 差异无统计学意义(均 *P*>0.05), 但术后末次随访患眼 BCVA 高于健康眼, 差异有显著统计学意义(*P*=0.002), 通过对黄斑中心凹外层结构分析, 发现患眼和健眼的 IZ 完整性差异有显著的统

表2 术后末次随访患眼与健眼相关指标对比

指标	健眼 (n=25)	患眼 (n=25)	t/Z	P
SE ($\bar{x} \pm s, D$)	-2.63±3.13	-3.23±4.72	0.52	0.604
BCVA [$M(P_{25}, P_{75}), \text{LogMAR}$]	0.00(0.00, 0.10)	0.30(0.10, 0.52)	3.07	0.002
IOP [$M(P_{25}, P_{75}), \text{mmHg}$]	14.00(13.00, 15.00)	14.00(13.00, 14.00)	-0.28	0.775
黄斑 SVC-VD [$M(P_{25}, P_{75}), \%$]	25.69(21.05, 31.89)	26.42(16.16, 30.56)	-0.41	0.677
黄斑 DVC-VD ($\bar{x} \pm s, \%$)	28.00±8.65	23.65±10.47	1.60	0.116
视盘 SVC-VD ($\bar{x} \pm s, \%$)	34.47±9.20	29.64±11.50	1.64	0.107
RNFL [$M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}$]	102.00(97.00, 110.00)	100.00(90.00, 113.00)	-0.22	0.816
CMT [$M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}$]	222.00(209.00, 236.00)	218.00(202.00, 236.00)	-0.70	0.479
SFCT [$M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}$]	218.00(146.00, 278.00)	207.00(165.00, 240.00)	-0.92	0.352
黄斑中心凹外层结构(眼, %)				
ELM			1.42	0.234
0	0	3(12)		
1	25(100)	22(88)		
MZ			3.56	0.059
0	0	5(20)		
1	25(100)	20(80)		
EZ			3.56	0.059
0	0	5(20)		
1	25(100)	20(80)		
OS			3.56	0.059
0	0	5(20)		
1	25(100)	20(80)		
IZ			8.54	0.014
0	0	6(24)		
0.5	7(28)	9(36)		
1	18(72)	10(40)		

表3 术后 BCVA 与各变量之间的 Spearman 相关性分析

变量	r_s	P
病程	0.248	0.233
年龄	0.054	0.796
有无波及黄斑	0.401	0.047
黄斑 SVC-VD	-0.302	0.142
黄斑 DVC-VD	-0.292	0.157
视盘 SVC-VD	-0.438	0.029
RNFL	0.047	0.824
CMT	-0.391	0.053
SFCT	-0.088	0.675
黄斑外层结构		
ELM	-0.501	0.011
MZ	-0.618	0.001
EZ	-0.618	0.001
OS	-0.618	0.001
IZ	-0.777	<0.0001

计学意义 ($P=0.014$), 而患眼 MZ、EZ、OS 与健眼相比差异无统计学意义 (均 $P=0.059$), 患眼 ELM 与健眼相比差异无统计学意义 ($P=0.234$)。将术后 BCVA 与 RNFL、CMT、SFCT、黄斑中心凹外层结构进行 Spearman 相关性分析, 发现术后 BCVA 与 RNFL、CMT、SFCT 无显著相关性 (均 $P>0.05$), 与黄斑外层结构黄斑外层结构 ELM、MZ、EZ、OS、IZ 光带完整性呈负相关 (均 $P<0.05$), 而 IZ 与术后 BCVA 相

关程度更为显著。ELM 为外界膜; EZ 为光感受器的椭圆体区, 为光感受线粒体密集区, 在 SD-OCT 影像下为强反射带, 既往被认为是 IS/OS; IZ 为交叉区, 其超微结构还未完全查明, 曾被认为是视锥外节尖端 (cone outer segment tips, COST), 但在 SD-OCT 下的光带比视锥外节尖端厚, 考虑其可能是视锥外节尖端与色素上皮细胞顶部微绒毛相互交叉形成而得名^[25]。Park 等^[26] 在研究了黄斑脱离 RRD 术后与视觉效果相关的术前和术后因素发现, 术后 SD-OCT 的预测因素是视网膜外层结构, 特别是光感受器外段层。Shimozono 等^[27] 提出了 IZ、EZ 和 ELM 之间的脆弱性分级, 认为当感光细胞受损时, IZ 最容易受到破坏。这一观点在以下威胁视力的视网膜疾病研究中得到验证, 如 2 型黄斑毛细血管扩张症^[28]、视网膜色素变性^[29]、糖尿病性黄斑水肿^[30] 等, 故 IZ 的不连续或中断被认为是光感受器损伤或功能障碍的早期生物标志物标志^[29,31]。在所有被研究的视网膜各层中, 黄斑中心凹下 IZ 带的完整性是影响患者视力恢复最重要的影响因素^[32]。这组患者 RRD 术后 IZ 的完整性低于健眼, 这可能是导致患眼术后 BCVA 差于健眼, 患眼 BCVA (LogMAR) 值高于健眼的主要因素。

即使术后末次随访 BCVA 比健眼低, 但术后 BCVA 但仍明显好于术前, 将术前术后 BCVA 进行比较, 差异具有显著统计学意义 ($P<0.001$)。在长期的随访过程中, 我们发现患者患眼视力仍存在持续改善的过程。Chang 等^[33] 对 35 眼进行 SB 手术, 长达 5a 随访的数据显示视网膜脱

离复位后视功能可获得长期持续改善,尤其见于 30d 内视网膜脱离,6.00D 以内的近视以及较轻程度的 RRD 患者。OCT 与视网膜脱离术后外层视网膜恢复情况的相关性研究发现外层视网膜在手术后可以获得恢复,视力持续改善^[34-35],而视力的持续改善与视网膜外层结构中的 OS、IZ 的再生,视锥细胞堆积密度增加有关^[34,36]。这些研究证明了视网膜是有强大的重构能力。

当然 RRD 患者的术后视力恢复还与术前视力^[37]、PVR 分级^[8]、黄斑中心凹状态^[21,38-39]、视网膜脱离时间^[40-41]、视网膜脱离范围^[38]、年龄^[38-39]等多种因素相关。我们将末次随访术后的 BCVA 与患者术前病程、年龄、黄斑是否波及也进行 Spearman 相关性分析。发现术前病程 2~180(平均 36.48±52.14)d,但长期随访,并未发现术前病程与长期视力预后相关性($r_s = 0.248, P = 0.233$)。将波及黄斑的 RRD 患者 19 眼与未波及黄斑的 RRD 患者 6 眼分别与术前病程进行分组分析,发现未波及黄斑的 6 眼术后视力预后与术前病程没有相关性($r = 0.00, P = 1.00$),而波及黄斑的 19 眼术后视力预后与术前病程也并没有显示出显著的相关性($r = 0.372, P = 0.117$),理论上黄斑脱离的患者病程与视力预后相关性,但如果患者对主诉的感知和认识不足,临床上可能很难获得确切的黄斑脱离时间,很难将黄斑脱离持续时间和视力结果的相关性进行相互验证^[42],但术前经过 OCT 检查明确存在黄斑波及 RRD 患者显示出与术后 BCVA 显著正相关($r_s = 0.401, P = 0.047$),即有黄斑波及与术后 BCVA 增加有关,意味着黄斑波及有更差的视力预后。动物研究证实了在 RRD 发生的几分钟内,由炎症引起的级联反应,形成包括光感受器在内的多个视网膜层内发生了潜在的不可逆变化^[43-46],这种不可逆的变化可能与术后视力恢复有关,这种病理生理过程的时机表明,理想情况下,RRD 的手术修复应在中央凹脱离之前进行。因为中央凹受累一直被认为是与视觉结果相关的最重要的预后因素之一^[47-50]。

既往应用共焦激光扫描多普勒视网膜血流分析仪观察 RRD 患者行 SB 手术后的眼底血流变化的研究,发现术后眼底血流量及血流速度均下降,尤其对视乳头及视网膜的血流量影响最大,进行最长 3mo 的随访,结果显示即使视网膜复位也并不能改善其眼底血流,认为这可能是 RRD 术后视力恢复不理想的原因之一^[51]。随着 OCTA 技术的发展和运用,越来越多的研究应用 OCTA 观察 RRD 术后眼底微循环的改变^[9,52-54]。Agarwal 等^[54]对 19 例 RRD 行 SB 或 PPV+C₃F₈ 术后患者进行黄斑区 OCTA 检查并与相匹配的健康患者比较,发现 RRD 患者术后的毛细血管密度降低,血流减少,是患者视力预后不良的一个预测因素。Tsen 等^[9]对 28 例 28 眼黄斑波及的 RRD 患眼进行术后随访研究,发现即使成功解剖复位后,不仅存在视网膜结构损伤,也可引起视网膜灌注减少,与对侧健康眼相比,RRD 血管密度减少,但在不同手术方式进行比较,联合手术比单纯 SB 手术或 PPV 手术有更低的血管密度,但他们的研究中并没有进行血流密度与视力(visual acuity, VA)的相关研究,同时手术后的随访时间比较短。Bonfiglio 等^[55]对 RRD 行 PPV 手术成功复位后与其他健康的眼睛相比,有更低的血管密度,可能对患者的最终视力造成影响。Hassanpoor 等^[52]对 RRD 患者经 SB 复位 10mo 后观察研究,发现视网膜厚度和血管密度均未完全

恢复,且在中央凹旁区浅表毛细血管密度比深部血管密度受影响更大。而 Sodhi 等^[53]对 1 例 40 岁的 RRD 患者进行 120 度范围 SB 手术后 5mo 随访发现对患者浅层毛细血管丛(superficial capillary plexus, SCP)无影响。Nam 等^[56]认为 RRD 复位手术 12mo 后眼底微血管参数可逐渐恢复,视网膜有潜在改善功能,且 OCTA 显示的眼底血流特征与 VA 无关。上述研究主要在黄斑区微循环的研究,我们这组 RRD 患者行 SB 术后随访时间均大于上述研究,末次随访数据显示患眼黄斑 SCV-VD 及 DCV-VD 与健眼相比两组差异均无统计学意义($P = 0.677, 0.116$),与手术后 BCVA 无显著相关($P = 0.142, 0.157$),与 Nam 等^[56]研究结果相符。

新一代 OCTA 不仅可用于黄斑,也可用于视盘进行血管密度测定^[12,57-59]。我们在研究中进行了视盘周围浅层血管的密度测定,因为 SB 术后对视力的影响也包括术后继发性青光眼、一过性高血压对视神经的血流灌注造成一定影响,最终影响患者视力预后。OCTA 关于青光眼的研究表明 OCTA 技术是可以很好地评估视盘周缘浅表视网膜血管,但不评估其深层视网膜和脉络膜血管。这是因为视网膜浅层血管发出的信号会投射到更深的层次,造成投射伪影^[57]。虽然更新一代的 OCTA 能够进行视盘 DVC 及脉络膜血管(choriocapillaris, CC)的测定^[12],我们在研究中发现视盘周围浅层对深层血管也存在投射伪影现象,故只进行视盘 SVC-VD 的测定。研究显示 RRD 术后末次随访的患眼视盘浅层血管密度比对侧健眼的血管密度要低(29.64%±11.50% vs 34.47%±9.20%),但差异无统计学意义($P = 0.107$),患眼视盘 SVC-VD 与术后 BCVA 进行 Spearman 相关性分析,显示为负相关,视盘浅层血管密度越小,术后 BCVA 越高,意味着有更差的视力预后。Lu 等^[58]对 31 例波及黄斑的视网膜脱离患者进行 PPV 手术后 3mo 的 OCTA 检查发现,术眼视乳头周围血管密度较低,中心凹浅、深血流密度、中心凹旁血流密度和中心凹无血管区与对侧眼相比无显著差异,术后视盘周围血管密度和基线 BCVA 与 PPV 后 3mo 的 BCVA 显著相关。这种改变是否和 PPV 术后青光眼进展的风险相关,不得而知。SB 术后可能发生多种类型的继发性青光眼,如气体膨胀推挤晶状体虹膜前移导致闭角型青光眼存在、术后炎症产物阻塞小梁网、激素使用导致开角型青光眼、眼前段缺血等。青光眼与视盘血管密度的研究可以看出青光眼有更少的 SVC-VD^[12]。但从我们数据显示患眼术前和术后末次随访 IOP 差异无统计学意义($t = 1.73, P = 0.093$),因缺乏长期随访过程中眼压连续数据,尤其是术后早期的眼压数据,患者这种视盘浅层血管密度的减少是否和眼压有关,也还需要在临床中进一步观察。

综上,从我们 OCT 及 OCTA 的研究数据得出,SB 手术治疗 RRD 安全、有效,视力预后取决于视网膜外层结构的恢复情况,IZ 结构的完整性对于视力恢复更为重要。黄斑 SCV-VD 及 DCV-VD 对视力预后无显著意义,但视盘 SCV-VD 与视力预后显著相关,与眼压是否相关还需要进一步观察验证。当然,本研究涉及的样本量不够,同时存在未进行黄斑波及患者和黄斑未波及患者各项数据的分组讨论,也存在没有对患者术后进行不同时间点的连续观察研究的局限性。故在以后的工作中,希望纳入更多的样本并进行细化研究。

参考文献

- 1 Wang AJ, Snead MP. Scleral buckling—a brief historical overview and current indications. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020;258(3):467–478
- 2 魏文斌, 周楠. 充分认识巩膜扣带手术的重要性, 提高视网膜脱离手术成功率. *中华眼底病杂志* 2021;37(4):253–257
- 3 刘文. 视网膜脱离显微手术学. 北京: 人民卫生出版社 2007:179
- 4 Oshima Y, Yamanishi S, Sawa M, et al. Two-year follow-up study comparing primary vitrectomy with scleral buckling for macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Jpn J Ophthalmol* 2000;44(5):538–549
- 5 Zhou CD, Lin QR, Wang YX, et al. Pneumatic retinopexy combined with scleral buckling in the management of relatively complicated cases of rhegmatogenous retinal detachment: a multicenter, retrospective, observational consecutive case series. *J Int Med Res* 2018;46(1):316–325
- 6 Adelman RA, Parnes AJ, Sipperley JO, et al. Strategy for the management of complex retinal detachments: the European vitreo-retinal society retinal detachment study report 2. *Ophthalmology* 2013;120(9):1809–1813
- 7 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
- 8 Kang HM, Lee SC, Lee CS. Association of spectral-domain optical coherence tomography findings with visual outcome of macula-off rhegmatogenous retinal detachment surgery. *Ophthalmologica* 2015;234(2):83–90
- 9 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
- 10 The classification of retinal detachment with proliferative vitreoretinopathy. *Ophthalmology* 1983;90(2):121–125
- 11 Hsu ST, Ngo HT, Stinnett SS, et al. Assessment of macular microvasculature in healthy eyes of infants and children using OCT angiography. *Ophthalmology* 2019;126(12):1703–1711
- 12 Liu L, Edmunds B, Takusagawa HL, et al. Projection-Resolved Optical Coherence Tomography Angiography of the Peripapillary Retina in Glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2019;207:99–109
- 13 Nittala MG, Song YE, Sardell R, et al. AMISH EYE STUDY: Baseline Spectral Domain Optical Coherence Tomography Characteristics of Age-Related Macular Degeneration. *Retina* 2019;39(8):1540–1550
- 14 Lee MW, Park KS, Lim HB, et al. Long-term reproducibility of GC-IPL thickness measurements using spectral domain optical coherence tomography in eyes with high myopia. *Sci Rep* 2018;8(1):11037
- 15 Karasavidou EM, Panos GD, Koronis S, et al. Optical coherence tomography biomarkers for visual acuity in patients with idiopathic epiretinal membrane. *Eur J Ophthalmol* 2021;31(6):3203–3213
- 16 Saxena S, Caprnda M, Ruia S, et al. Spectral domain optical coherence tomography based imaging biomarkers for diabetic retinopathy. *Endocrine* 2019;66(3):509–516
- 17 杨嘉嵩, 宋宗明. 孔源性视网膜脱离成功复位后中心凹形态与视力的关系. *中国实用眼科杂志* 2012;30(4):434–438
- 18 孟旭霞, 周贤慧, 刘鹏辉. 累及黄斑的孔源性视网膜脱离巩膜扣带手术后视网膜形态与视功能恢复的观察. *中华眼底病杂志* 2014;30(4):348–351
- 19 杨煜生, 杨天舒, 王伟, 等. 频域光相干断层扫描视网膜脱离术后黄斑改变. *中华眼外伤职业眼病杂志* 2014;36(10):786–788
- 20 Guan I, Gupta MP, Papakostas T, et al. Role of optical coherence tomography for predicting postoperative visual outcomes after repair of macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Retina* 2021;41(10):2017–2025
- 21 Klaas JE, Rechl P, Feucht N, et al. Functional recovery after macula involving retinal detachment and its correlation with preoperative biomarkers in optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021;259(9):2521–2531
- 22 Yeo YD, Kim YC. Significance of outer retinal undulation on preoperative optical coherence tomography in rhegmatogenous retinal detachment. *Sci Rep* 2020;10(1):15747
- 23 Staurengi G, Sadda S, Chakravarthy U, et al. Proposed lexicon for anatomic landmarks in normal posterior segment spectral-domain optical coherence tomography: the IN • OCT consensus. *Ophthalmology* 2014;121(8):1572–1578
- 24 付燕, 顾朝辉, 张月玲, 等. 累及黄斑的孔源性视网膜脱离巩膜外加压手术后视力与椭圆体带连续性关系分析. *中华眼底病杂志* 2019;35(6):604–606
- 25 惠延年. 光相干断层扫描眼底影像描述相关的解剖学术语中文译名建议. *中华眼底病杂志* 2015;31(1):86–87
- 26 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
- 27 Shimozono M, Oishi A, Hata M, et al. The significance of cone outer segment tips as a prognostic factor in epiretinal membrane surgery. *Am J Ophthalmol* 2012;153(4):698–704
- 28 Ong JX, Zandi R, Fawzi AA. Early-stage macular telangiectasia type 2 vascular abnormalities are associated with interdigitation zone disruption. *PLoS One* 2021;16(11):e0259811
- 29 Gong YT, Xia HH, Zhang AL, et al. Optical coherence tomography biomarkers of photoreceptor degeneration in retinitis pigmentosa. *Int Ophthalmol* 2021;41(12):3949–3959
- 30 Serizawa S, Ohkoshi K, Minowa Y, et al. Interdigitation zone band restoration after treatment of diabetic macular edema. *Curr Eye Res* 2016;41(9):1229–1234
- 31 Gu RP, Deng GH, Jiang Y, et al. Area of the cone interdigitation zone in healthy Chinese adults and its correlation with macular volume. *BMC Ophthalmol* 2018;18(1):188
- 32 Fernandes TF, Sousa K, Azevedo I, et al. Baseline visual acuity and interdigitation zone as predictors in idiopathic epiretinal membranes: A retrospective cohort study. *Eur J Ophthalmol* 2021;31(3):1291–1298
- 33 Chang SD, Kim IT. Long-term visual recovery after scleral buckling procedure of rhegmatogenous retinal detachment involving the macula. *Korean J Ophthalmol* 2000;14(1):20–26
- 34 Kobayashi M, Iwase T, Yamamoto K, et al. Association between photoreceptor regeneration and visual acuity following surgery for rhegmatogenous retinal detachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(3):889–898
- 35 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
- 36 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
- 37 苏宁, 李莉, 徐帆, 等. 三维 OCT 分析累及黄斑的视网膜脱离巩膜扣带术后黄斑微结构与视力的关系. *国际眼科杂志* 2021;21(1):120–123
- 38 张明媚, 青美, 陈雪艺. 影响孔源性视网膜脱离术后视力的因素分析. *国际眼科杂志* 2010;10(2):266–269
- 39 Tabibian D, Hoogewoud F, Mavranakas N, et al. Misdirected aqueous flow in rhegmatogenous retinal detachment: a pathophysiology update. *Surv Ophthalmol* 2015;60(1):51–59
- 40 van de Put MAJ, Croonen D, Nolte IM, et al. Postoperative recovery of visual function after macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *PLoS One* 2014;9(6):e99787
- 41 Yorston D, Donachie PHJ, Laidlaw DA, et al. Factors affecting visual

- recovery after successful repair of macula - off retinal detachments: findings from a large prospective UK cohort study. *Eye (Lond)* 2021;35(5):1431-1439
- 42 Ng H, la Heij EC, van Meurs JC. The duration of macular detachment in retinal detachment is difficult to determine. *Acta Ophthalmol* 2020;98(3):e396-e397
- 43 Geller SF, Lewis GP, Fisher SK. FGFR1, signaling, and AP-1 expression after retinal detachment: reactive Müller and RPE cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2001;42(6):1363-1369
- 44 Nakazawa T, Matsubara A, Noda K, et al. Characterization of cytokine responses to retinal detachment in rats. *Mol Vis* 2006;12:867-878
- 45 Iandiev I, Uckermann O, Pannicke T, et al. Glial cell reactivity in a porcine model of retinal detachment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47(5):2161-2171
- 46 Hollborn M, Francke M, Iandiev I, et al. Early activation of inflammation- and immune response-related genes after experimental detachment of the porcine retina. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49(3):1262-1273
- 47 Burton TC, Lambert RW Jr. A predictive model for visual recovery following retinal detachment surgery. *Ophthalmology* 1978;85(6):619-625
- 48 Tani P, Robertson DM, Langworthy A. Rhegmatogenous retinal detachment without macular involvement treated with scleral buckling. *Am J Ophthalmol* 1980;90(4):503-508
- 49 Wilkinson CP. Visual results following scleral buckling for retinal detachments sparing the macula. *Retina* 1981;1(2):113-116
- 50 Salicone A, Smiddy WE, Venkatraman A, et al. Visual recovery after scleral buckling procedure for retinal detachment. *Ophthalmology* 2006;113(10):1734-1742
- 51 张珑俐, 陈松, 赵秉水, 等. 视网膜脱离巩膜扣带术后眼底血流的共焦扫描激光多普勒视网膜血流图分析. *中国实用眼科杂志* 2006(10):1051-1054
- 52 Hassanpoor N, Milani AE, Kordestani A, et al. Analysis of Retinal Layers' Thickness and Vascular Density after Successful Scleral Buckle Surgery. *J Curr Ophthalmol* 2021;33(3):304-309
- 53 Sodhi PK, Sharma A, Hasan N. Optical coherence tomography angiography following scleral buckling surgery. *Nepal J Ophthalmol* 2021;13(25):165-170
- 54 Agarwal A, Aggarwal K, Akella M, et al. Fractal dimension and optical coherence tomography angiography features of central macula after repair of rhegmatogenous retinal detachments. *Retina* 2019;39(11):2167-2177
- 55 Bonfiglio V, Ortisi E, Scollo D, et al. Vascular changes after vitrectomy for rhegmatogenous retinal detachment: optical coherence tomography angiography study. *Acta Ophthalmol* 2019 [Online ahead of print]
- 56 Nam SH, Kim K, Kim ES, et al. Longitudinal microvascular changes on optical coherence tomographic angiography after macula - off rhegmatogenous retinal detachment repair surgery. *Ophthalmologica* 2021;244(1):34-41
- 57 Rao HL, Pradhan ZS, Suh MH, et al. Optical coherence tomography angiography in glaucoma. *J Glaucoma* 2020;29(4):312-321
- 58 Lu P, Xiao H, Liang C, et al. Quantitative analysis of microvasculature in macular and peripapillary regions in early primary open-angle glaucoma. *Curr Eye Res* 2020;45(5):629-635
- 59 Kwon HJ, Kwon J, Sung KR. Additive role of optical coherence tomography angiography vessel density measurements in glaucoma diagnoses. *Korean J Ophthalmol* 2019;33(4):315-325