

应用 SS-OCTA 分析白内障术中不同眼内压对黄斑区血流的影响

刘晓静¹, 李杰², 吴峥峥²

引用: 刘晓静, 李杰, 吴峥峥. 应用 SS-OCTA 分析白内障术中不同眼内压对黄斑区血流的影响. 国际眼科杂志. 2022; 22(4): 554-559

基金项目: 四川省卫生健康委员会科研课题 (No.20ZD012)
作者单位: ¹ (610500) 中国四川省成都市, 成都医学院; ² (610031) 中国四川省成都市, 四川省医学科学院·四川省人民医院眼科

作者简介: 刘晓静, 在读硕士研究生, 研究方向: 白内障、眼底病。
通讯作者: 吴峥峥, 毕业于温州医科大学, 硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 白内障、屈光. wuzz7029@163.com
收稿日期: 2021-08-31 修回日期: 2022-03-14

摘要

目的: 应用扫频光学相干断层扫描血管成像 (SS-OCTA) 对比研究白内障术中不同眼内压患者手术前后黄斑区血流的变化情况, 为白内障个性化手术参数设计提供临床参考。

方法: 前瞻性随机对照研究。收集 2021-01/04 于四川省人民医院住院行白内障手术的患者 61 例 77 眼, 使用随机数字表分为 A 组 (37 眼) 和 B 组 (40 眼), 术中分别予以 75、90cm 灌注瓶瓶高, 相当于 55.5、66.6mmHg 术中平均眼内压。所有患者除常规眼科检查外, 术前、术后 1、7、30d 均行黄斑区 SS-OCTA 检查, 观察黄斑区视网膜厚度及放射状毛细血管网 (RPCP) 层、浅层血管网 (SVP) 层、中层血管网 (IVP) 层、深层血管网 (DVP) 层灌注面积和血管密度。

结果: 手术前后各时间点两组患者最佳矫正视力 (BCVA)、眼压、黄斑中心凹无血管区 (FAZ) 面积、黄斑区视网膜厚度及各层灌注面积和血管密度均无组间差异性 (均 $P>0.05$), 但均有时间差异性 (均 $P<0.05$), 两组患者术后各时间点 BCVA 均较术前明显改善, 眼压和 FAZ 面积均较术前下降 (均 $P<0.05$), 黄斑区视网膜厚度及各层灌注面积和血流密度均较术前增加。

结论: 白内障术后黄斑区视网膜厚度及各层血流密度和灌注面积均增加, FAZ 面积下降, 有助于促进术后视力的恢复, 且术中选择 55.5、66.6mmHg 不同眼内压情况下, 患者术后眼底血流改变情况无明显差异, 故术中可以灵活选择眼内压, 为患者提供个性化手术设计方案。

关键词: 白内障; 眼内压; 扫频光学相干断层扫描血管成像 (SS-OCTA); 黄斑区; 血流

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.4.05

Analyze the effect of different intraocular pressures on macular blood flow during cataract surgery by using SS-OCTA

Xiao-Jing Liu¹, Jie Li², Zheng-Zheng Wu²

Foundation item: Scientific Research Project of Health Commission of Sichuan Province (No.20ZD012)

¹ Chengdu Medical College, Chengdu 610500, Sichuan Province, China; ² Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences · Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610031, Sichuan Province, China

Correspondence to: Zheng-Zheng Wu. Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences · Sichuan Provincial People's Hospital, Chengdu 610031, Sichuan Province, China. wuzz7029@163.com

Received: 2021-08-31 Accepted: 2022-03-14

Abstract

• **AIM:** To provide a clinical reference for the design of personalized surgical parameters for cataract, swept source optic coherence tomography angiography (SS-OCTA) was applied to comparatively study the blood flow of the macular area before operation in patients with different intraocular pressure during cataract surgery.

• **METHODS:** Prospective randomized controlled study. A total of 61 patients (77 eyes) who underwent cataract surgery in Sichuan Provincial People's Hospital from January to April 2021 were collected and divided into group A (37 eyes) and group B (40 eyes) for the study using a random number table. Group A and group B received the height of 75 and 90cm perfusion bottles with intraoperative, corresponding to 55.5 and 66.6mmHg intraoperative mean intraocular pressure, respectively. All patients were examined with SS-OCTA in macula area before and 1, 7 and 30d after surgery, except routine ophthalmologic examination, the macular retinal thickness, the perfusion area and vessel density of the radial peripapillary capillary plexus (RPCP) layer, superficial vascular plexus (SVP) layer, intermediate vascular plexus (IVP) layer and deep vascular plexus (DVP) layer were observed.

• **RESULTS:** There were no significant differences in the best corrected visual acuity (BCVA), intraocular

pressure, foveal avascular zone (FAZ), macular retinal thickness, perfusion area and vascular density between the two groups at each time point before and after surgery (all $P > 0.05$), but there were differences in time (all $P < 0.05$). In both groups, BCVA improved significantly from preoperative values at all time points after surgery, intraocular pressure and FAZ decreased compared with preoperative values (all $P < 0.05$), and macular retinal thickness, perfusion area in all layers, and blood flow density were increased compared with preoperative values.

• **CONCLUSION:** The macular retinal thickness, blood flow density and perfusion area of all layers increased, and the FAZ area decreased after cataract surgery, which may help to promote the recovery of visual acuity after surgery. At different intraocular pressures of 55.5 and 66.6mmHg intraoperatively, there was no significant difference in the patients' postoperative fundus blood flow changes, therefore, intraocular pressure can be flexibly selected during the operation to provide patients with personalized surgical design.

• **KEYWORDS:** cataract; intraocular pressure; swept source optic coherence tomography angiography (SS-OCTA); macular area; blood flow

Citation: Liu XJ, Li J, Wu ZZ. Analyze the effect of different intraocular pressures on macular blood flow during cataract surgery by using SS-OCTA. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(4): 554-559

0 引言

白内障超声乳化联合人工晶状体植入术现已成为眼科最常见的手术方式之一^[1],从既往的复明手术转变为屈光性白内障手术,既能改善患者的视力,也能显著改善患者的视觉质量。先前的研究已有证实^[2-3],在白内障手术过程中,当眼内压一过性升高超出一定范围时,肌源性自体调节可能失代偿并危及视神经和视网膜的血流,其血流的变化,特别是缺血,将直接影响患者术后的视力恢复。光学相干断层扫描血管成像(optic coherence tomography angiography, OCTA)是一种新的非侵入性成像技术,该技术将运动对比度成像应用于高分辨率的体积血流信息,使得血管系统的体积可视化,可在几秒钟生成视网膜和脉络膜血管系统的三维血管造影图像^[4-6]。最新的扫频 OCTA (SS-OCTA) 比起传统的 OCTA 信噪比更强,穿透力更高,能够获得更高分辨率的精准血流成像。本研究旨在基于 SS-OCTA 无创检测下,对比研究白内障术中不同眼内压患者手术前后黄斑区各层厚度、灌注面积及血流密度的变化情况,探索白内障术后视觉质量恢复的更多影响因素,以期白内障个性化手术参数设计提供临床参考。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性随机对照研究。选择 2021-01/04 于四川省人民医院诊断为白内障且住院行白内障超声乳化联合人工晶状体植入术的患者 61 例 77 眼,其中男 36 例 45 眼,女 25 例 32 眼,年龄 39~83 岁。使用随机数字表法将

纳入患者分为 A 组 (30 例 37 眼) 和 B 组 (31 例 40 眼)。纳入标准:(1)手术前后 SS-OCTA 检查信号强度均在 7 以上;(2)除白内障外无其他眼病;(3)固视良好,能够追踪成像。排除标准:(1)有眼底激光治疗史及眼部外伤史等;(2)白内障术中及术后出现严重手术并发症;(3)正在使用可能会影响眼底血流的药物;(4)血糖、血压控制不稳定及患有任何无法控制的系统性疾病等。本研究通过四川省人民医院伦理委员会批准[No.伦审(研)2021 年第 22 号],遵守《赫尔辛基宣言》,所有患者均自愿参与研究并签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 手术方法 术前使用 IOL Master 测量眼轴长度、角膜曲率、前房深度、角膜厚度、角膜散光,计算人工晶状体度数,并进行常规术前检查。由同一术者完成所有白内障超声乳化联合人工晶状体植入术。A 组术中予以 75cm 灌注瓶瓶高,根据设备参数,相当于 55.5mmHg 术中平均眼内压;B 组术中予以 90cm 灌注瓶瓶高,根据设备参数,相当于 66.6mmHg 术中平均眼内压。术前使用盐酸奥布卡因滴眼液点术眼 3 次,行角结膜表面麻醉,使用复方托吡卡胺滴眼液 (1mL:托吡卡胺 5mg 与盐酸去氧肾上腺素 5mg) 点术眼 4 次充分散瞳。作 2.4mm 透明角巩膜缘自闭性切口,作角膜缘辅助切口,向前房注入黏弹剂,5.5mm 环形撕囊,水分离及水分层、超声碎核,抽吸残留皮质,于囊袋内植入软性可折叠人工晶状体,置换出黏弹剂后水密封口。术后使用醋酸泼尼松滴眼液点术眼,每日 3 次,持续 2wk;使用 0.3% 玻璃酸钠滴眼液、左氧氟沙星滴眼液、双氯芬酸钠滴眼液点术眼,每日 3 次,持续 4wk。

1.2.2 观察指标 术前、术后 1、7、30d,使用 5 分记录法校准视力表检查最佳矫正视力 (best corrected visual acuity, BCVA),使用非接触式眼压计测量眼压,并采用 SS-OCTA 检查黄斑区厚度及各层血管密度和灌注面积 (图 1),观察黄斑中心凹无血管区 (foveal avascular zone, FAZ) 面积的变化。SS-OCTA 检查方法:本研究使用的 SS-OCTA 系统光源波长 1050nm, A-Scan 扫描速度每秒 200000 次, 56° 超广角扫描、组织内成像深度 2.7mm,最高分辨率 1024 像素×1024 像素。本研究测量黄斑区厚度时,视网膜厚度定义为视网膜内界膜 (inner limiting membrane, ILM) 上 5μm 到基底膜 (basement membrane, BM) 上 10μm,脉络膜厚度定义为 BM 上 10μm 到脉络膜下边界。

统计学分析:使用 SPSS 25.0 统计软件对数据进行统计分析。使用 Kolmogorov-Smirnov 检验分析数据以评估其正态性,服从正态分布的计量资料均采用均数±标准差 ($\bar{x} \pm s$) 表示,重复测量数据采用重复测量数据的方差分析其差异性,组间比较采用独立样本 t 检验,组内两两比较采用 LSD- t 检验。计数资料的组间比较采用卡方检验。 $P < 0.05$ 被认为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组患者一般资料的比较 两组患者年龄、性别、眼轴长度、术前眼压、术前 BCVA (LogMAR)、白内障术中平均超声乳化能量及有效超声乳化时间比较,差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),见表 1。

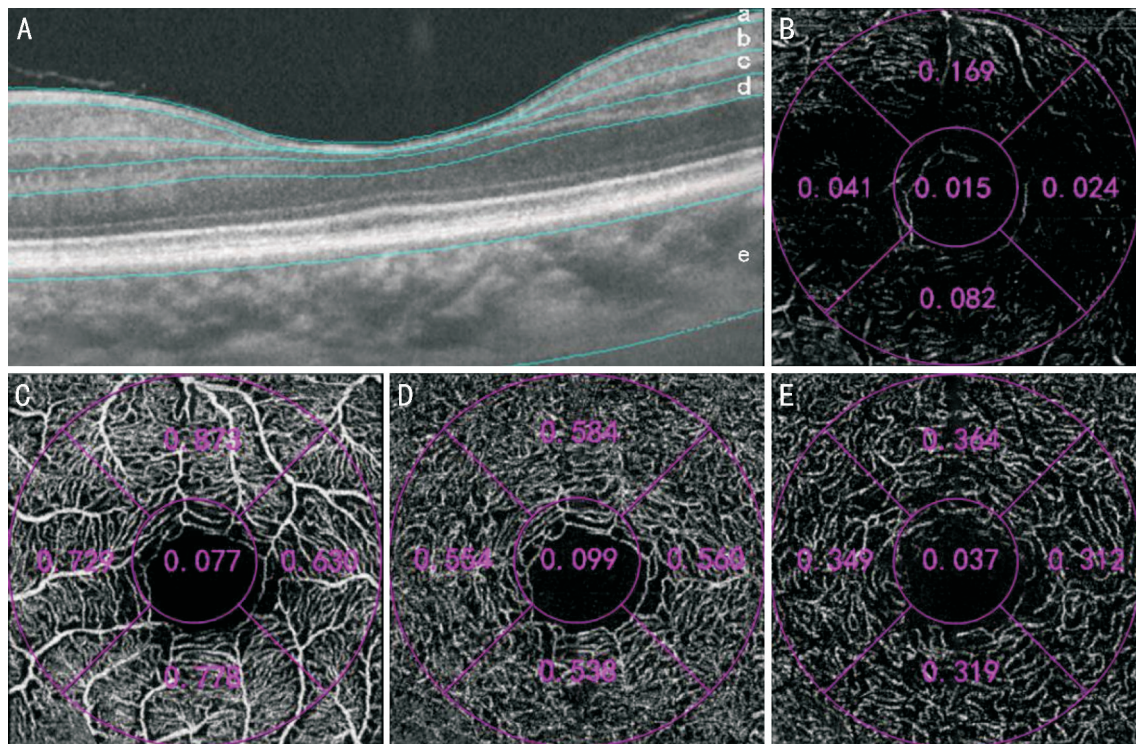


图1 术后7d SS-OCTA黄斑区图像 图像信号强度9,扫描范围3mm×3mm,分辨率512像素×512像素。A:黄斑区厚度的测量。a表示放射状毛细血管网(radial peripapillary capillary plexus, RPCP),指ILM上5 μ m到神经纤维层(nerve fiber layer, NFL)/神经节细胞层(ganglion cell layer, GCL);b表示浅层血管网(superficial vascular plexus, SVP),指NFL/GCL到GCL+内丛状层(inner plexiform layer, IPL)复合体下1/3;c表示中层血管网(intermediate vascular plexus, IVP),指GCL+IPL复合体下1/3到内核层(inner nuclear layer, INL)1/2;d表示深层血管网(deep vascular plexus, DVP),指INL层1/2到INL与外丛状层(outer plexiform layer, OPL)下25 μ m;e表示脉络膜层,指BM下25 μ m到脉络膜下边界;B:黄斑区RPCP区域灌注面积;C:黄斑区SVP区域灌注面积,可见多条与血管弓相连的视网膜大血流信号,发出分支形成网状血管丛,向深处延伸;D:黄斑区IVP区域灌注面积;E:黄斑区DVP区域灌注面积,可见多处海蛇头样放射走行毛细血管。

表1 两组患者一般资料的比较

组别	例数/ 眼数	男/女 (例)	年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	眼轴长度 ($\bar{x}\pm s$,mm)	术前眼压 ($\bar{x}\pm s$,mmHg)	术前BCVA ($\bar{x}\pm s$,LogMAR)	术中平均超声乳化 能量($\bar{x}\pm s$,%)	术中有效超声乳化 时间($\bar{x}\pm s$,min)
A组	30/37	17/13	63.32 \pm 11.40	24.72 \pm 0.47	15.71 \pm 2.42	0.61 \pm 0.39	12.97 \pm 4.69	1.48 \pm 0.17
B组	31/40	19/12	64.05 \pm 10.27	24.70 \pm 0.39	14.52 \pm 2.91	0.53 \pm 0.33	13.13 \pm 5.25	1.79 \pm 0.22
$t\chi^2$		0.135	-0.302	0.085	1.944	1.022	-0.132	-1.045
P		0.714	0.770	0.974	0.056	0.310	0.894	0.289

注:A组:术中予以75cm灌注瓶瓶高(相当于55.5mmHg术中平均眼内压);B组:术中予以90cm灌注瓶瓶高(相当于66.6mmHg术中平均眼内压)。

2.2 两组患者手术前后 BCVA 和眼压及 FAZ 面积的比较

两组患者手术前后 BCVA、眼压、FAZ 面积均无组间差异性 ($F_{\text{组间}} = 1.252、1.836、0.348, P_{\text{组间}} = 0.267、0.053、0.547$),但均有时间差异性 ($F_{\text{时间}} = 58.185、16.639、28.224$, 均 $P_{\text{时间}} < 0.001$),见表2。两组患者术后各时间点 BCVA 分别与同组术前比较差异均有统计学意义 ($P < 0.01$),术后 BCVA 均较术前明显改善。两组患者术后各时间点眼压分别与同组术前比较差异均有统计学意义 ($P < 0.001$),术后各时间点眼压均较术前下降。两组患者术后各时间点 FAZ 面积均较同组术前明显下降,差异均有统计学意义 ($P < 0.05$)。

2.3 两组患者手术前后黄斑区视网膜各层灌注面积的比较

两组患者手术前后黄斑区视网膜 RPCP、SVP、IVP、

DVP 层灌注面积均无组间差异性 ($F_{\text{组间}} = 0.194、0.738、0.094、0.902, P_{\text{组间}} = 0.661、0.393、0.76、0.345$),但均有时间差异性 ($F_{\text{时间}} = 13.067、10.028、19.151、22.717$, 均 $P_{\text{时间}} < 0.001$),见表3。两组患者术后各时间点 RPCP 层灌注面积分别与同组术前比较差异均有统计学意义 ($P < 0.01$),但术后各时间点两两比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),术后各时间点 RPCP 层灌注面积均较术前明显增大,且在术后1d达到稳定状态。两组患者术后各时间点 SVP 层灌注面积分别与同组术前比较差异均有统计学意义 ($P < 0.05$),但术后各时间点两两比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$),术后各时间点 SVP 层灌注面积均较术前明显增大,且在术后1d达到相对稳定状态。两组患者术后各时间点 IVP 层灌注面积分别与同组术前比较差异均

表2 两组患者手术前后 BCVA 和眼压及 FAZ 面积的比较

$\bar{x} \pm s$

分组	眼数	BCVA(LogMAR)			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A 组	37	0.61±0.39	0.18±0.19	0.09±0.11	0.07±0.11
B 组	40	0.53±0.33	0.15±0.12	0.08±0.07	0.07±0.07

分组	眼数	眼压(mmHg)			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A 组	37	15.71±2.42	14.81±2.29	14.1±1.78	13.8±2.10
B 组	40	14.52±2.91	13.78±2.47	13.4±2.39	12.8±2.48

分组	眼数	FAZ 面积(mm ²)			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A 组	37	0.39±0.14	0.36±0.14	0.37±0.15	0.36±0.13
B 组	40	0.37±0.16	0.35±0.16	0.34±0.15	0.33±0.15

注:A 组:术中予以 75cm 灌注瓶瓶高(相当于 55.5mmHg 术中平均眼内压);B 组:术中予以 90cm 灌注瓶瓶高(相当于 66.6mmHg 术中平均眼内压)。

表3 两组患者手术前后黄斑区视网膜各层灌注面积的比较

($\bar{x} \pm s, \text{mm}^2$)

分组	眼数	RPCP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A 组	37	0.38±0.13	0.43±0.13	0.43±0.16	0.43±0.14
B 组	40	0.36±0.11	0.42±0.15	0.44±0.31	0.44±0.13

分组	眼数	SVP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A 组	37	2.35±0.39	2.48±0.37	2.53±0.31	2.55±0.36
B 组	40	2.27±0.42	2.43±0.44	2.45±0.40	2.47±0.41

分组	眼数	IVP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A 组	37	1.54±0.37	1.71±0.32	1.77±0.29	1.83±0.29
B 组	40	1.52±0.37	1.68±0.31	1.77±0.29	1.81±0.28

分组	眼数	DVP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A 组	37	1.08±0.36	1.14±0.34	1.24±0.30	1.31±0.29
B 组	40	1.00±0.36	1.07±0.30	1.21±0.26	1.25±0.28

注:A 组:术中予以 75cm 灌注瓶瓶高(相当于 55.5mmHg 术中平均眼内压);B 组:术中予以 90cm 灌注瓶瓶高(相当于 66.6mmHg 术中平均眼内压)。

有统计学意义($P < 0.05$),术后各时间点 IVP 层灌注面积均较术前明显增大。两组患者 DVP 层灌注面积术后 7d 开始较同组术前明显增大,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

2.4 两组患者手术前后黄斑区视网膜层和脉络膜层厚度的比较 两组患者手术前后黄斑区视网膜、脉络膜层厚度均无组间差异性($F_{\text{组间}} = 0.378, 0.852, P_{\text{组间}} = 0.536, 0.359$),且两组患者手术前后脉络膜层厚度无时间差异性($F_{\text{时间}} = 1, 864, P_{\text{时间}} = 0.243$),但视网膜层厚度具有时间差异性($F_{\text{时间}} = 24.331, P_{\text{时间}} < 0.001$),见表 4。两组患者术后 30d 视网膜层厚度均较同组术前明显增加,差异均有统计学意义($P < 0.001$)。

2.5 两组患者手术前后黄斑区视网膜各层血管密度的比较 两组患者手术前后黄斑区视网膜 RPCP、SVP、IVP、DVP 层血管密度均无组间差异性($F_{\text{组间}} = 0.071, 0.918, 0.245, 0.352, P_{\text{组间}} = 0.791, 0.341, 0.622, 0.555$),但均有时间差异性($F_{\text{时间}} = 4.354, 8.111, 6.778, 7.408$, 均 $P_{\text{时间}} <$

0.01),见表 5。两组患者 RPCP、SVP、IVP、DVP 层血管密度术后 7、30d 均较同组术前明显增大,差异均有统计学意义($P < 0.05$)。

3 讨论

本研究利用 SS-OCTA 对比研究白内障术中选择不同眼内压的情况下,术后黄斑区眼底血流及相关视网膜厚度的变化情况。眼底血流不仅取决于平均眼灌注压(mean ocular perfusion pressure, MOPP),还取决于血管阻力。外周血管阻力在一定波动范围内时,MOPP 可通过自身调节保持相对稳定,该调节过程可以平衡眼动脉压和眼压,以确保眼组织有足够量的灌注。研究表明,当眼压每升高 1mmHg 都会造成 MOPP 降低^[7]。虽然在轻中度眼压升高时,视网膜血流依靠自身肌源性调节,不会产生明显变化,但当眼压明显增高时,MOPP 显著降低,同时由于眼球内容物对视网膜、脉络膜各层血管机械性的压力增加,眼底血流量可以被明显抑制,导致视网膜、脉络膜缺血缺氧,损伤视神经。过高的灌注瓶高会大幅度提高术中眼内压,直

表4 两组患者手术前后黄斑区视网膜层和脉络膜层厚度的比较

($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)

分组	眼数	视网膜层厚度			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A组	37	237.30±23.18	240.16±21.58	245.05±22.70	253.38±23.75
B组	40	242.80±37.26	243.78±34.54	246.75±34.55	258.53±36.04

分组	眼数	脉络膜层厚度			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A组	37	229.38±102.35	229.95±101.85	235.05±101.95	239.95±95.85
B组	40	210.03±98.33	214.75±106.15	212.85±101.35	217.15±98.46

注:A组:术中予以75cm灌注瓶瓶高(相当于55.5mmHg术中平均眼内压);B组:术中予以90cm灌注瓶瓶高(相当于66.6mmHg术中平均眼内压)。

表5 两组患者手术前后黄斑区视网膜各层血管密度的比较

($\bar{x} \pm s, \%$)

分组	眼数	RPCP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A组	37	52.51±10.08	52.76±10.73	56.85±12.78	59.41±12.86
B组	40	52.14±14.43	54.03±16.02	56.06±11.87	57.95±13.92

分组	眼数	SVP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A组	37	178.64±29.51	183.49±30.80	188.48±22.99	189.18±24.53
B组	40	173.15±25.76	179.75±28.49	183.04±26.97	182.59±28.99

分组	眼数	IVP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A组	37	178.43±21.19	183.07±22.47	189.01±21.81	187.74±21.75
B组	40	177.28±23.90	180.53±23.02	184.25±24.66	187.32±24.03

分组	眼数	DVP			
		术前	术后 1d	术后 7d	术后 30d
A组	37	92.95±18.40	93.85±21.03	101.17±21.01	102.44±20.72
B组	40	89.92±21.48	91.99±20.99	98.35±21.40	100.39±22.04

注:A组:术中予以75cm灌注瓶瓶高(相当于55.5mmHg术中平均眼内压);B组:术中予以90cm灌注瓶瓶高(相当于66.6mmHg术中平均眼内压)。

接损伤术眼眼底血流^[8]。既往文献少有比较白内障术中不同眼内压对眼底血流的影响,根据术者既往手术经验及临床实践,在保障术中安全的前提下,设定术中90cm灌注液瓶高为一般正常基线术中瓶高,相当于66.6mmHg术中平均眼内压;75cm灌注液瓶高为术中低瓶高,相当于55.5mmHg术中平均眼内压。本研究发现,在白内障术中两组患者分别予以55.5、66.6mmHg眼内压的情况下,两组组间各指标差异并无统计学意义(均 $P>0.05$)。提示在相差11.1mmHg眼内压的情况下,可能不足以使眼底血流及视网膜厚度发生改变,故需要进一步扩大白内障术中眼内压差值,寻找引起眼底血流产生改变的最低差别阈值,进一步为临床提供参考。王造文等^[9]研究显示糖尿病患者白内障术后较非糖尿病患者更易发生黄斑水肿,而本研究纳入的患者眼底均无病变,相较于糖尿病视网膜病变、视神经炎、病理性近视眼底病变等眼底血管形态明显病变,对眼底缺血缺氧更加敏感的人群来说,本研究纳入的患者眼底血管对术中暂时性眼内压改变带来的一过性缺血缺氧可能耐受性较高,不会引起明显的眼底血流及视网膜厚度变化。白内障手术过程中如何在保证术中眼内压安全的同时高效率地完成手术,是每一位白内障手术医生值得思考的问题。术中持续高压负压吸引能够减少超声乳化累

积能量,从而保护角膜内皮,但也同时增加了前房的不稳定性。为了维持前房,必然要升高灌注液瓶高以维持灌注压,同时也提升了术中眼内压,增加了损伤眼底血流的风险。本研究显示术中眼内压相在55.5、66.6mmHg时,术后眼底血流的改变趋势较为一致,提示手术医生在术中可以根据术中情况选择在这区间内合适的眼内压,术后眼底血流改变不会有显著差异。

对于白内障术后眼底血流的改变,既往研究表明,近视患者白内障术后眼底微血管密度和视网膜厚度均增加^[10]。Hilton等^[11]也报道,白内障术后眼部血流搏动量明显增加,这些结果均与本研究结果相符。本研究观察到白内障术后,两组患者组内黄斑区FAZ面积、RPCP、SVP、IVP、DVP层灌注面积及相应血管密度、视网膜厚度及眼压均有所变化,我们认为这种变化是有益的。众所周知白内障术后眼压会较术前有所降低,分析认为眼压的适度降低与黄斑区血流量增加可能存在一定关系,眼压的降低减少了眼内容物对于眼底血管的机械性压力,使血管搏动增加,血流密度上升。同时因为白内障会减少约40%的不同波长的光线^[12],神经元新陈代谢活动降低,会降低耗氧及葡萄糖水平。Križanović等^[13]认为白内障术后,眼进光量明显增加,同时不同波长的光线进入眼内也会刺激黄斑区

视网膜层血管区的血流搏动增加。既往研究在建立哺乳动物的相关模型中观察到 SVP 层的血管被星形胶质细胞及 Müller 细胞包围, IVP、DVP 层的血管被 Müller 细胞胞质包绕^[14], 术中黄斑区一过性的炎症反应可能刺激 Müller 细胞, 导致血管扩张和功能性充血, 并使周围区域的血流密度上升。术后眼压下降、进光量增加、炎症因子刺激等因素均会不同程度地促进术后黄斑区血流、灌注面积的增加, 从而促进术后 BCVA 的恢复。此外, Balaratnasingam 等^[15]研究也发现 FAZ 面积与视力存在明显的相关性, FAZ 面积增大会引起视力显著下降, 这可能与椭圆体带完整性破坏、视网膜囊腔样改变有关。白内障术后 FAZ 面积减少, 对术后 BCVA 的恢复可能也有一定的影响。

Aslan Bayhan 等^[16]研究发现白内障术后 1mo 脉络膜层厚度增加, 在 FAZ 鼻下方区域尤为明显。Gudauskiene 等^[17]研究发现白内障术后 1mo 脉络膜层厚度无统计学意义的变化, 术后 3mo 脉络膜层厚度增加。本研究结果显示两组患者组间视网膜、脉络膜层厚度在各个时间点均无差异 (均 $P>0.05$), 两组组内视网膜厚度术后 30d 较术前增加, 差异有统计学意义 (均 $P<0.001$), 两组患者组内脉络膜厚度在各个时间点差异均无统计学意义 ($P>0.05$)。据报道, 白内障术中会刺激房水产生释放炎症因子及前列腺素类物质, 它们可能会引起血-房水屏障破坏和白细胞浸润, 并通过玻璃体进入视网膜, 引起眼后段炎症反应^[18-19], 可能诱发白内障术后黄斑囊样水肿 (cystoid macular edema, CME), 它是影响白内障术后视力恢复的严重并发症之一。CME 发生高峰多在术后 4~6wk, 其发生多与术中操作、炎症刺激及个人因素有关。本研究结果显示, 与术前相比, 白内障术后 30d A 组患者视网膜层厚度平均增加了 16.08 μm , B 组患者平均增加了 15.73 μm , 差异较术前均有统计学意义 ($P<0.001$); 术后 30d A 组患者脉络膜层厚度较术前平均增加 10.57 μm , B 组患者脉络膜厚度较术前平均增加了 7.12 μm , 较术前差异无统计学意义 (均 $P>0.05$), 两组患者眼底黄斑区厚度的少许变化并未对术后视力恢复造成显著影响, 分析可能是由于为了减轻炎症因子的过度释放及预防 CME 的发生, 术后使用了醋酸泼尼松龙滴眼液, 同时, 本研究纳入的患者也排除了血糖不稳定、存在糖尿病视网膜病变等一系列眼底病变等相关危险因素。Zhao 等^[20]研究发现白内障术后 3mo 黄斑区周围血管密度仍有改变。而本研究的随访时间仅持续到术后 30d, 随访时间较短, 在后续的研究中, 我们会增加随访时间, 探究白内障手术及术中更大眼压差对眼底血流、视网膜厚度的长期影响。

综上所述, 白内障术中选择 55.5、66.6mmHg 不同眼内压的情况下, 患者术后眼底血流改变情况无明显差异, 提示术中可以灵活选择眼内压, 为患者提供个性化手术设计方案。此外, 白内障术后黄斑区视网膜各层血管网的血流密度及灌注面积均增加、FAZ 面积下降, 这些改变均有助于促进术后视力的恢复。

参考文献

- 1 Liu YC, Wilkins M, Kim T, et al. Cataracts. *Lancet* 2017; 390 (10094): 600-612
- 2 Vasavada V, Raj SM, Praveen MR, et al. Real-time dynamic intraocular pressure fluctuations during microcoaxial phacoemulsification using different aspiration flow rates and their impact on early

- postoperative outcomes: a randomized clinical trial. *J Refract Surg* 2014; 30(8): 534-540
- 3 Malik PK, Dewan, Patidar AK, et al. Effect of IOP based infusion system with and without balanced phaco tip on cumulative dissipated energy and estimated fluid usage in comparison to gravity fed infusion in torsional phacoemulsification. *Eye Vis (Lond)* 2017; 4: 22
- 4 Arya M, Rashad R, Sorour O, et al. Optical coherence tomography angiography (OCTA) flow speed mapping technology for retinal diseases. *Expert Rev Med Devices* 2018; 15(12): 875-882
- 5 de Carlo TE, Romano A, Waheed NK, et al. A review of optical coherence tomography angiography (OCTA). *Int J Retina Vitreous* 2015; 1: 5
- 6 Greig EC, Duker JS, Waheed NK. A practical guide to optical coherence tomography angiography interpretation. *Int J Retin Vitro* 2020; 6: 55
- 7 Yun YI, Kim YW, Lim HB, et al. Peripapillary vessel parameters and mean ocular perfusion pressure in young healthy eyes: OCT angiography study. *Br J Ophthalmol* 2021; 105(6): 862-868
- 8 Moorhead LC, Gardner TW, Lambert HM, et al. Dynamic intraocular pressure measurements during vitrectomy. *Arch Ophthalmol* 2005; 123 (11): 1514-1523
- 9 王造文, 王尔茜, 陈有信. 年龄相关性白内障合并 2 型糖尿病患者超声乳化术后黄斑区脉络膜毛细血管血流密度变化及相关性研究. *眼科新进展* 2020; 40(10): 963-966
- 10 Li TT, Guadie A, Feng L, et al. Influence of cataract surgery on macular vascular density in patients with myopia using optical coherence tomography angiography. *Exp Ther Med* 2020; 20(6): 258
- 11 Hilton EJR, Hosking SL, Gherghel D, et al. Beneficial effects of small-incision cataract surgery in patients demonstrating reduced ocular blood flow characteristics. *Eye (Lond)* 2005; 19(6): 670-675
- 12 Artigas JM, Felipe A, Navea A, et al. Spectral transmission of the human crystalline lens in adult and elderly persons: color and total transmission of visible light. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012; 53(7): 4076-4084
- 13 Križanović A, Bjeloš M, Bušić M, et al. Macular perfusion analysed by optical coherence tomography angiography after uncomplicated phacoemulsification: benefits beyond restoring vision. *BMC Ophthalmol* 2021; 21(1): 71
- 14 Pilotto E, Leonardi F, Stefanon G, et al. Early retinal and choroidal OCT and OCT angiography signs of inflammation after uncomplicated cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2019; 103(7): 1001-1007
- 15 Balaratnasingam C, Inoue M, Ahn S, et al. Visual acuity is correlated with the area of the foveal avascular zone in diabetic retinopathy and retinal vein occlusion. *Ophthalmology* 2016; 123(11): 2352-2367
- 16 Aslan Bayhan S, Bayhan HA, Muhafiz E, et al. Evaluation of choroidal thickness changes after phacoemulsification surgery. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 961-967
- 17 Gudauskiene G, Matuleviciute I, Mockute R, et al. Changes in subfoveal choroidal thickness after uncomplicated cataract surgery. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 2019; 163(2): 179-183
- 18 Xu HP, Chen M, Forrester JV, et al. Cataract surgery induces retinal pro-inflammatory gene expression and protein secretion. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52(1): 249-255
- 19 Zhao YY, Wang DD, Nie L, et al. Early changes in retinal microcirculation after uncomplicated cataract surgery using an active-fluidics system. *Int Ophthalmol* 2021; 41(5): 1605-1612
- 20 Zhao ZN, Wen W, Jiang CH, et al. Changes in macular vasculature after uncomplicated phacoemulsification surgery: optical coherence tomography angiography study. *J Cataract Refract Surg* 2018; 44(4): 453-458