

超高度近视眼行有晶状体眼人工晶体植入术前后视网膜和脉络膜厚度及血流参数变化

李玉, 张丰菊, 熊瑛*

首都医科大学附属北京同仁医院眼科中心/北京市眼科学与视觉科学重点实验室, 北京 100730

[中图分类号] R778.1⁺1 [文献标志码] A [DOI] 10.11855/j.issn.0577-7402.1501.2023.0216

[声明] 本文所有作者声明无利益冲突

[引用本文] 李玉, 张丰菊, 熊瑛. 超高度近视眼行有晶状体眼人工晶体植入术前后视网膜和脉络膜厚度及血流参数变化[J]. 解放军医学杂志, 2023, 48(7): 809-815.

[收稿日期] 2022-07-08 [录用日期] 2022-9-30 [上线日期] 2023-02-16

[摘要] **目的** 通过光学相干断层扫描血管成像技术(OCTA)观察超高度近视眼行中央有孔型有晶状体眼后房型人工晶体前植入术(ICL-V4c)前后视网膜和脉络膜厚度、黄斑区及视盘旁视网膜血流密度的变化。**方法** 选取2020年4月—2021年5月于首都医科大学附属北京同仁医院就诊且双眼等效球镜度(SE)≥-10.0D的患者15例(30眼), 所有眼均行ICL-V4c治疗。观察并比较患者术前及术后2h、1周、1个月、9个月时视力、眼压的变化, 并采用OCTA监测黄斑区视网膜和脉络膜厚度、黄斑区及视盘旁视网膜血流密度的变化。**结果** 患者术后各时间点裸眼视力与术前最佳矫正视力比较差异无统计学意义($P>0.05$); 术后眼压呈下降趋势, 但与术前比较差异无统计学意义($P>0.05$); 术后9个月拱高较术后1周降低, 差异有统计学意义($P=0.002$)。手术前后各时间点深层视网膜血流密度、黄斑区视网膜厚度、黄斑区脉络膜厚度、视盘旁放射状毛细血管网血流密度、神经纤维层厚度差异均无统计学意义($P>0.05$), 而术后2h时, 上下鼻颞4个方向的浅层视网膜血流密度均较术前明显下降, 差异有统计学意义($P<0.05$)。术后其余时间点各区域血流密度与术前比较差异均无统计学意义($P>0.05$)。**结论** 超高度近视眼行ICL-V4c植入术早期对浅层视网膜血流密度有影响, 随时间延长可恢复至术前水平, 对于黄斑部视网膜脉络膜厚度及深层视网膜血流密度、视盘旁毛细血管网血流密度和神经纤维层厚度无影响。

[关键词] 光学相干断层扫描血管成像; 有晶状体眼后房型人工晶体; 视网膜血流密度; 超高度近视; 脉络膜厚度

Changes of retinal choroidal thickness and retinal blood flow density before and after ICL-V4c implantation in ultra-high myopic eyes

Li Yu, Zhang Feng-Ju, Xiong Ying*

Eye Center of Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University/Beijing Ophthalmology and Visual Sciences Key Lab, Beijing 100730, China

*Corresponding author, E-mail: bear0629@163.com

This work was supported by the Priming Scientific Research Foundation for the Junior Researcher in Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University (2019-YJJ-ZZL-042)

[Abstract] **Objective** To investigate the changes of posterior chamber intraocular lens (ICL-V4c) implantation on retinal and choroid thickness, retinal blood flow density in the macular area, and optic disc in ultra-high myopia using optical coherence tomography angiography (OCTA). **Methods** From April 2020 to May 2021, 15 patients (30 eyes) with binocular equivalent spherical lens (SE) ≥ -10.00 D in Beijing Tongren Hospital Affiliated to Capital Medical University were enrolled. All eyes had undergone the ICL-V4c treatment. We observed the visual acuity and intraocular pressure at the following time points: before the operation, 2-hour, 1-week, 1-month, and 9-month post-operation. OCTA was used to monitor the changes in retinal and choroid thickness in the macular area as well as retinal blood flow density around the macular area and optic disc. **Results** There was no

[基金项目] 首都医科大学附属北京同仁医院后备人才基金(2019-YJJ-ZZL-042)

[作者简介] 李玉, 医学博士, 主治医师, 主要从事近视防控的临床及机制研究

[通信作者] 熊瑛, E-mail: bear0629@163.com

statistically significant difference between uncorrected visual acuity postoperative and best corrected visual acuity preoperative at each time point after surgery ($P>0.05$). The postoperative intraocular pressure showed a downward trend, but the difference was not statistically significant. The vault at 9-month post-surgery was significantly lower than that at 1-week post-surgery, the difference was statistically significant ($P=0.002$). There were no statistically significant differences in deep retinal blood flow density, retinal thickness or choroid thickness in the macular area, blood flow density in the radial capillary network around the optic disc, and nerve fiber layer thickness at each postoperative time point ($P>0.05$). The superficial retinal blood flow density in the four directions of upper, lower, nasal, and temporal decreased significantly 2-hour after surgery, with statistical significance ($P<0.05$). With the extension of time, the blood flow density in each area increased significantly, and there was no statistical difference compared with that before surgery ($P>0.05$). **Conclusion** OCTA observation showed that ICL-V4c implantation had an effect on the superficial retinal blood flow density in the early stage of ultra-high myopia but would be restored to the preoperative level during the time, and had no effect on the retinal choroid thickness in the remnant macular area, the blood flow density of the capillary network around the optic disc and the thickness of the nerve fiber layer.

[Key words] optical coherence tomography angiography; posterior chamber intraocular lens; retinal blood flow density; super high myopia; choroid thickness

近年来,近视的发病率呈逐年上升趋势,其中高度近视和超高度近视患者的占比也逐渐增大,预计到2050年将有9.38亿高度近视患者,占世界人口的9.8%^[1]。随着医疗技术的发展及人们对视觉质量追求的不不断提高,屈光手术已被越来越多的患者接受。有晶状体眼人工晶状体(implantable collamer lens, ICL)植入术拓展了屈光手术的矫正范围,是提高高度近视患者裸眼视力及视觉质量的有效手段,其有效性及安全性已在临床得到证实^[2-4]。然而,对于等效球镜度(SE)大于-10.0D的超高度近视患者,由于眼轴延长导致的固有视网膜及脉络膜毛细血管血流密度下降等形态学改变^[5], ICL术中其前房压力的改变是否会引引起短期后极部血流动力学的变化目前尚未明确。光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)可探测视网膜及脉络膜的血管形态和血流密度,并对眼底血管系统进行三维成像及量化分析^[6],具有良好的可重复性。本研究采用OCTA评估超高度近视眼行中央有孔型有晶状体眼后房型人工晶体(ICL-V4c)植入手术前后眼底视网膜及脉络膜生物学参数的变化,探讨ICL在超高度近视眼人群眼底操作中的安全性,为临床合理治疗提供参考。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集2020年4月—2021年5月在首都医科大学附属北京同仁医院确诊为超高度近视并行ICL-V4c植入术的患者15例(30眼),其中男3例(6眼),女12例(24眼),年龄(28.7 ± 6.6)岁。本研究遵循赫尔辛基宣言,经首都医科大学附属北京同仁医院医学伦理委员会批准(批准号: TRECKY2020-030),所有患者或其监护人在手术前均签署知情同意书。纳入标准:(1)SE \geq -10.0D;(2)屈光度数相对稳定(连续2年,每年屈光度改变

≤ 0.5 D);(3)中央前房深度 ≥ 2.8 mm,房角开放;(4)角膜内皮细胞密度 ≥ 2000 个/ mm^2 ;(5)角膜形态稳定;(6)晶状体无进行性混浊;(7)眼底视网膜正常或有视网膜裂孔已行视网膜激光光凝术治疗。排除标准:眼部疾病史、外伤史或伴有严重全身疾病。

1.2 术前用药及手术操作 所有患者术前行泪道冲洗均未见分泌物。手术前3d,常规滴用0.5%左氧氟沙星滴眼液(日本参天制药株式会社),4次/d。术前30 min,用复方托吡卡胺滴眼液(日本参天制药株式会社)充分散大瞳孔,盐酸奥布卡因滴眼液(日本参天制药株式会社)进行表面麻醉,每5 min滴1次,共3次。于患者颞上角巩缘处行3.0 mm角膜切口;使用ICL专用推注器经角膜切口植入ICL;于ICL上方注入黏弹剂,避免损伤角膜内皮,调整4个襻置于虹膜后睫状沟内,散光矫正型ICL旋转至所需轴位上,确认ICL的位置并居中;冲洗置换前房和ICL前表面黏弹剂,检查角膜切口自密。用2%毛果芸香碱1~2滴缩瞳。所有手术均由同一位有经验的医师操作。

1.3 随访观察指标 术前及术后2 h、1 d、1周、1个月、9个月时进行随访复查并采集资料。用裂隙灯观察眼前节及后节有无感染,观察前房深度以及有无人工晶体脱位等体征,测量眼压、裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)、SE、拱高等。OCTA检测指标包括黄斑区视网膜厚度、浅层视网膜血流密度(superficial retinal capillary plexus density, SCPD)、深层视网膜血流密度(deep retinal capillary plexus density, DCPD)、视盘旁放射状毛细血管网血流密度(radial peripapillary capillaries, RPC)、视盘旁视网膜神经纤维层厚度(peripapillary retinal nerve fiber layer, PRNFL)(图1)。黄斑区血管成像扫描范围为6 mm \times 6 mm,视盘区血管成像扫描范围

为4.5 mm × 4.5 mm。En-face模式手动测量脉络膜厚度,选择中心凹下、距中心凹鼻侧500 μm、距中心凹鼻侧1000 μm、距中心凹鼻侧1500 μm、距中心凹颞侧500 μm、距中心凹颞侧1000 μm、距中心凹颞侧1500 μm共7个位点。所有OCTA检查均由同一位医师完成。其中SCPD、DCPD的检测时间点为术前及术后2 h、1周、1个月、9个月;RPC和PRNFL检测时间点为术前及术后1周、1个月、9个月;脉络膜厚度检测时间点为术前及术前1个月、9个月;拱高的检测时间点为术后1周、1个月、9个月。

1.4 统计学处理 采用SPSS 21.0软件进行统计分析。数据均符合正态分布且方差齐,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,手术前后数据比较采用重复测量的方差分析,进一步两两比较采用LSD-*t*检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料比较 本组15例患者术前SD为 (-12.00 ± 2.24) D,眼轴长度 (28.08 ± 1.54) mm,角膜内皮计数为 (3026.96 ± 328.87) 个/ mm^2 。

术前BCVA(\log_{MAR})为 0.03 ± 0.01 ,术后1 d、1周、1个月、9个月时的UCVA分别为 0.04 ± 0.02 、 0.01 ± 0.02 、 -0.01 ± 0.03 、 0.00 ± 0.02 ,术前与术后各时间点UCVA比较差异无统计学意义($F=2.449$, $P=0.075$)。术前及术后2 h、1 d、1周、

1个月、9个月的眼压分别为 (16.14 ± 2.26) mmHg、 (17.64 ± 6.74) mmHg、 (16.63 ± 4.17) mmHg、 (15.85 ± 1.14) mmHg、 (15.14 ± 2.75) mmHg、 (14.28 ± 2.59) mmHg,各时间点比较差异无统计学意义($F=1.042$, $P=0.393$)。术后1周、1个月、9个月时的拱高分别为 (687.00 ± 47.78) μm、 (677.35 ± 47.35) μm、 (636.40 ± 47.56) μm,术后9个月较术后1周降低,差异有统计学意义($F=11.281$, $P=0.002$)。

2.2 手术前后黄斑区视网膜厚度、浅层视网膜血流密度及深层视网膜血流密度比较 术前及术后2 h、1周、1个月、9个月时黄斑中心凹、黄斑中心凹旁、颞侧、上方、鼻侧及下方的视网膜厚度差异均无统计学意义($P > 0.05$,表1)。

术前及术后2 h、1周、1个月、9个月时,黄斑中心凹及黄斑中心凹旁视网膜血流密度差异无统计学意义($P > 0.05$),术后2 h上下鼻颞4个方向的视网膜血流密度均较术前明显下降,差异有统计学意义($P < 0.05$),但至术后1周时已恢复至术前水平($P > 0.05$,表2)。

术前及术后2 h、1周、1个月、9个月时,黄斑中心凹、黄斑中心凹旁、颞侧、上方、鼻侧及下方深层视网膜血流密度差异均无统计学意义($P > 0.05$,图2)。

2.3 视盘旁放射状毛细血管网血流密度及神经纤

表1 有晶状体眼后房型人工晶状体植入手术前后黄斑区视网膜厚度比较(μm , $\bar{x} \pm s$, $n=30$)

时点	黄斑中心凹	黄斑中心凹旁	颞侧	上方	鼻侧	下方
术前	245.59 ± 19.59	314.22 ± 14.63	304.16 ± 11.49	317.63 ± 14.18	318.25 ± 16.75	316.88 ± 33.92
术后2 h	242.66 ± 20.79	309.78 ± 16.72	301.84 ± 11.95	304.47 ± 51.62	314.25 ± 16.78	313.16 ± 34.32
术后1周	246.44 ± 21.74	313.47 ± 14.93	293.00 ± 49.65	314.19 ± 16.44	317.97 ± 16.79	310.09 ± 37.65
术后1个月	244.28 ± 22.29	311.91 ± 15.66	303.47 ± 10.93	318.06 ± 13.97	317.00 ± 17.71	311.91 ± 35.82
术后9个月	250.47 ± 19.53	311.19 ± 14.79	305.41 ± 13.12	317.25 ± 16.2	316.91 ± 19.42	306.47 ± 19.98
<i>F</i>	0.642	0.437	1.301	1.456	0.267	0.436
<i>P</i>	0.641	0.795	0.273	0.223	0.901	0.782

表2 有晶状体眼后房型人工晶状体植入手术前后浅层视网膜血流密度比较($\%$, $\bar{x} \pm s$, $n=30$)

时点	黄斑中心凹	黄斑中心凹旁	颞侧	上方	鼻侧	下方
术前	18.28 ± 6.31	48.98 ± 5.01	48.12 ± 5.97	50.63 ± 5.68	48.45 ± 5.28	48.73 ± 5.18
术后2 h	15.80 ± 6.85	40.89 ± 6.08	40.72 ± 7.38 ⁽¹⁾	43.11 ± 5.95 ⁽¹⁾	39.13 ± 8.00 ⁽¹⁾	41.59 ± 6.64 ⁽¹⁾
术后1周	21.39 ± 12.70	49.05 ± 6.01	46.41 ± 11.25 ⁽²⁾	50.83 ± 4.87 ⁽²⁾	48.47 ± 6.39 ⁽²⁾	49.78 ± 4.87 ⁽²⁾
术后1个月	20.23 ± 12.44	47.08 ± 8.27	49.86 ± 5.75 ⁽²⁾	51.49 ± 4.93 ⁽²⁾	49.38 ± 5.32 ⁽²⁾	50.73 ± 5.56 ⁽²⁾
术后9个月	21.91 ± 12.20	48.10 ± 6.21	46.63 ± 7.95 ⁽²⁾	48.80 ± 6.77 ⁽²⁾	46.75 ± 6.43 ⁽²⁾	48.24 ± 6.75 ⁽²⁾
<i>F</i>	1.823	1.053	6.041	11.627	13.912	12.176
<i>P</i>	0.137	0.391	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

与术前比较, (1) $P < 0.05$; 与术后2 h比较, (2) $P < 0.05$

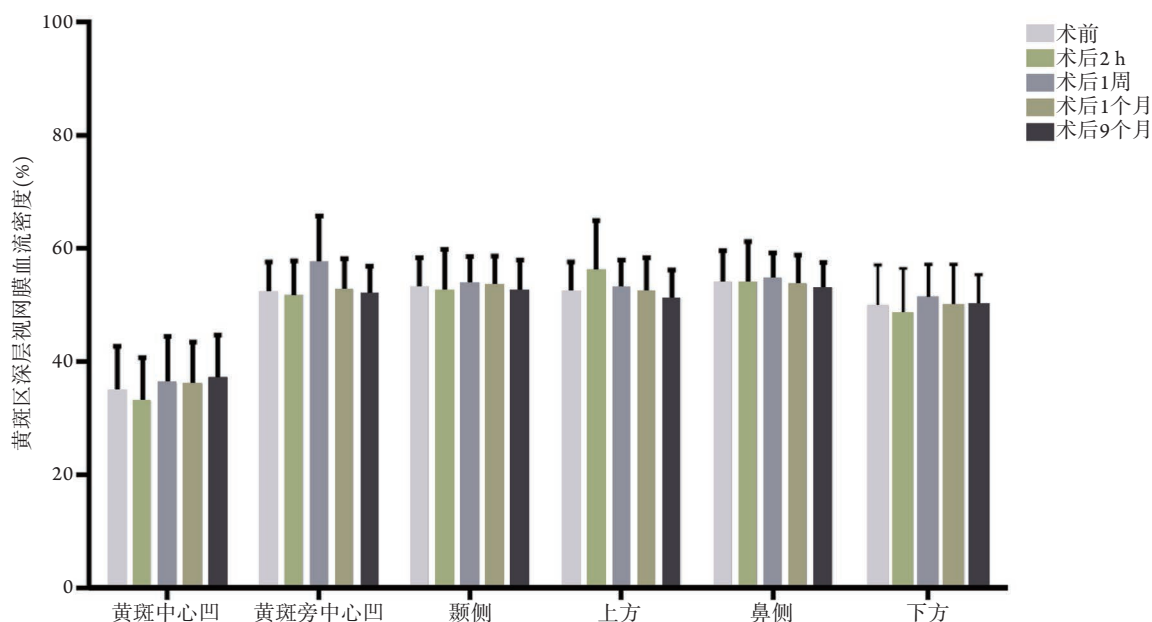


图2 术前及术后各时间点黄斑区深层视网膜血流密度比较(%, n=30)

Fig.2 Comparison of deep retinal blood flow density pre- and post-intraocular lens implantation (% , n=30)

维层厚度比较 术前及术后1周、1个月、9个月时,鼻上区、鼻下区、下鼻区、下颞区、颞下区、颞上区、上颞区、上鼻区的视盘旁放射状毛细血管网血流密度差异均无统计学意义($P>0.05$,图3A),各时时点各区域的神经纤维层厚度差异亦无统计学意义($P>0.05$,图3B)。

2.4 黄斑区脉络膜厚度比较 术前及术后1个月、9个月时,黄斑中心凹下、距中心凹鼻侧500 μm 、距中心凹鼻侧1000 μm 、距中心凹鼻侧1500 μm 、距中心凹颞侧500 μm 、距中心凹颞侧1000 μm 、颞侧1500 μm 共7个位点的脉络膜厚度差异均无统计学意义($P>0.05$,表3)。

表3 有晶状体眼后房型人工晶状体植入手术前后脉络膜厚度比较(μm , $\bar{x}\pm s$, n=30)

Tab. 3 Comparison of choroid thickness pre- and post-intraocular lens implantation (μm , $\bar{x}\pm s$, n=30)

时点	鼻侧1500 μm	鼻侧1000 μm	鼻侧500 μm	黄斑中心凹	颞侧500 μm	颞侧1000 μm	颞侧1500 μm
术前	109.28 \pm 34.96	115.25 \pm 38.98	128.00 \pm 46.22	140.00 \pm 49.37	142.41 \pm 47	147.13 \pm 44.25	147.53 \pm 43.86
术后1个月	117.97 \pm 38.43	124.28 \pm 45.95	138.25 \pm 46.36	144.22 \pm 51.63	146.44 \pm 48.29	154.19 \pm 44.48	145.31 \pm 47.04
术后9个月	114.56 \pm 39.05	117.72 \pm 47.02	135.47 \pm 48.11	153.69 \pm 53.11	147.19 \pm 49.46	148.91 \pm 45.86	152.22 \pm 45.27
F	0.447	0.364	0.415	0.602	0.093	0.215	0.193
P	0.652	0.701	0.673	0.557	0.911	0.812	0.821

3 讨论

对于超高度近视,由于角膜厚度的限制,传统激光手术的角膜切削并不能完全矫正其屈光不正。ICL手术矫正范围更广,由于不引入医源性高阶像差,良好的术后视觉质量及屈光可预测性使其成为高度近视患者的最佳选择^[4,7-8]。有晶状体人工晶体植入术最高可以矫正到-18.0D,因此拟行手术的超高度近视患者可能会伴有一定程度的眼底病变,如豹纹状眼底及视盘旁萎缩弧等。既往研究发现,随着眼轴增加,尚未发生眼底病变的近视眼的视网膜已经发生相应的变化,如黄斑区浅层、深层视网膜微血管密度及视盘旁毛细血管血流密度降低等^[9-10]。ICL术中操作引起的眼压及前房压力的瞬间变化,

是否会引起原本可能已经存在视网膜血管密度降低的超高度近视患者眼底微循环改变逐渐受到了关注。本研究通过OCTA观察ICL术后短期(术后2h)及长期(术后9个月)眼底各参数的变化,评估术中前房压力变化是否会对超高度近视眼的眼底生物学参数产生影响。

本研究纳入患者的术前屈光度为(-12.00 \pm 2.24)D,明显高于既往研究^[11-12],随访至术后9个月,患者裸眼视力均与术前最佳矫正视力持平,未发现感染、角膜水肿、视网膜脱离等严重并发症。同时观测到术后9个月时拱高较术后1周明显下降,平稳至(636.40 \pm 47.56) μm ,在安全范围内^[13]。

本研究发现,患者行ICL术后2h眼压轻度上升,然后呈逐渐下降趋势,但各时间点眼压比较差

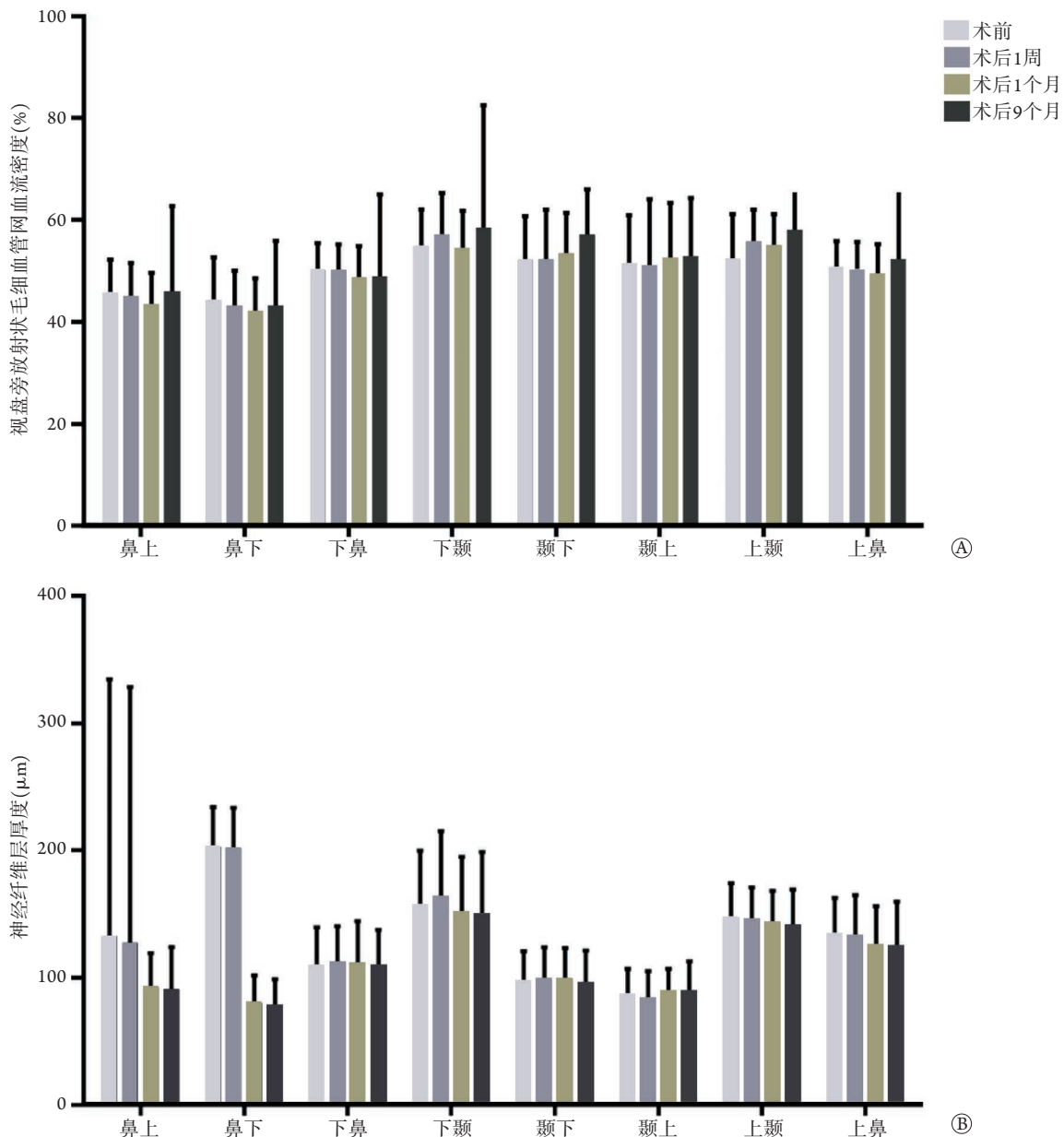


图3 术前及术后各时间点视盘旁放射状毛细血管网血流密度(A)及神经纤维层厚度(B)比较($n=30$)

Fig. 3 Comparison of blood flow density of radial peripapillary capillaries (A) and peripapillary retinal capillary network near the optic disc nerve fiber layer (B) pre- and post-intraocular lens implantation ($n=30$)

异无统计学意义。同时术后各时间点的裸眼视力与术前最佳矫正视力比较差异无统计学意义,表明该手术方案可有效提升超高度近视患者裸眼视力,提高其生活质量。

本研究还发现,术后2h上下鼻颞4个方向的浅层视网膜血流密度明显降低,但随着时间的延长,至术后1周时已恢复至术前水平。Zhu等^[12]认为ICL术后浅层及深层视网膜血流密度均未发生明显变化,分析原因为其初次检测时间点为术后1周,而本研究初次检测时间点为术后2h,更能实时地反映术中眼压波动对血流的影响。徐英男等^[11]发现黄斑中心凹旁、鼻侧深层视网膜血流密度较术前均有所

降低,认为术中高眼压可引起轴浆流阻滞、视网膜毛细血管变形及视盘灌注减少,导致轴突损伤^[14]。既往研究证实,在正常条件下,浅层毛细血管及深层毛细血管参与了不同层次视网膜的供氧^[15]。深层毛细血管参与外层视网膜部分光感受器节内段的氧供(10%~15%),高度近视的眼轴拉长,外层视网膜尤其是中心凹及其周围的视网膜组织紊乱、变薄,为了保护中央视网膜,中央凹周围的血管系统可能会在中心凹变薄之前减少,这是一个相对长期且慢性的过程。由于本研究中未使用超乳机器中的I/A做注吸,使用的是手动注吸针头,仅使用少量的黏弹剂,以尽量减轻术中前房压力的变化,故

并未发现深层视网膜血流密度的改变,而浅层视网膜供应视网膜内5层血供,血管相对更纤细,术中轻微的压力变化即可能导致血管收缩,引起术后短期的血流密度降低,而随着时间延长,血管逐渐恢复正常,术后1周时血流密度已恢复至术前状态。在视网膜厚度方面,Zhu等^[12]发现术后黄斑中心凹处视网膜厚度明显上升,但光学相干断层扫描并未观测到黄斑水肿样改变,认为其可能是由于术后炎症反应破坏了视网膜血屏障所致,而本研究并未发现术后视网膜厚度明显升高。本研究同时观察了手术前后视盘旁放射状毛细血管网血流密度、神经纤维层厚度以及黄斑区脉络膜厚度的变化,发现其差异均无统计学意义,表明术中轻柔操作,减少前房压力的波动,少量使用黏弹剂可有效避免超高度近视患者行ICL手术后眼底微循环的改变。

综上所述,本研究结果表明,ICL术中操作可引起浅层视网膜血流密度短暂降低,但随着时间延长,可恢复至术前水平,并未对超高度近视患者眼底微循环造成明显影响。ICL-V4c矫正超高度近视患者屈光不正是安全可行的。但本研究样本量较小,ICL植入术对超高度近视眼底微循环的影响仍需要进一步深入探讨。

【参考文献】

- [1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, *et al.* Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036-1042.
- [2] Ying X, Li Y, Zhang FJ. Predictive factors for postoperative visual acuity improvement with ICL-V4c for ultrahigh myopia above -10 D[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2022, 260(9): 3107-3114.
- [3] Chen X, Wang XQ, Xu YL, *et al.* Long-term comparison of vault and complications of implantable collamer lens with and without a central hole for high myopia correction: 5 years[J]. *Curr Eye Res*, 2022, 47(4): 540-546.
- [4] Chen X, Wang XQ, Xu YL, *et al.* Five-year outcomes of EVO implantable collamer lens implantation for the correction of high myopia and super high myopia[J]. *Eye Vis (Lond)*, 2021, 8(1): 40.
- [5] Wang XQ, Zeng LZ, Chen M, *et al.* A meta-analysis of alterations in the retina and choroid in high myopia assessed by optical coherence tomography angiography[J]. *Ophthalmic Res*, 2021, 64(6): 928-937.
- [6] Lu WC, Li Y, Wang QM, *et al.* Use of novel optical coherence tomography angiography to study macular retinal vascular density for different refractive errors[J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 21(8): 608-613. [鲁伟聪,李悦,王勤美,等.新型光学相干断层扫描血管成像仪测量不同屈光度患者黄斑区血管密度[J].*中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2019, 21(8): 608-613.]
- [7] Wei RY, Li MY, Zhang HH, *et al.* Comparison of objective and subjective visual quality early after implantable collamer lens V4c (ICL V4c) and small incision lenticule extraction (SMILE) for high myopia correction[J]. *Acta Ophthalmol*, 2020, 98(8): e943-e950.
- [8] Niu LL, Miao HM, Tian M, *et al.* One-year visual outcomes and optical quality of femtosecond laser small incision lenticule extraction and Visian Implantable Collamer Lens (ICL V4c) implantation for high myopia[J]. *Acta Ophthalmol*, 2020, 98(6): e662-e667.
- [9] Yang Y, Wang J, Jiang H, *et al.* Retinal microvasculature alteration in high myopia[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2016, 57(14): 6020-6030.
- [10] Mo J, Duan AL, Chan S, *et al.* Vascular flow density in pathological myopia: an optical coherence tomography angiography study[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(2): e013571.
- [11] Xu YN, Yao J, Long T, *et al.* Changes in retinal blood flow density after ICL implantation in high myopia using optical coherence tomography angiography[J]. *Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci*, 2021, 23(12): 881-886. [徐英男,姚进,龙潭,等.OCTA观察高度近视眼ICL植入术后视网膜血流密度的变化[J].*中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2021, 23(12): 881-886.]
- [12] Zhu QJ, Wang MY, Yu P, *et al.* Analysis of macular microvasculature and thickness after ICL implantation in patients with myopia using optical coherence tomography[J]. *Int J Ophthalmol*, 2020, 13(12): 1948-1954.
- [13] Shen Y, Wang L, Jian W, *et al.* Big-data and artificial-intelligence-assisted vault prediction and EVO-ICL size selection for myopia correction[J]. *Br J Ophthalmol*, 2023, 107(2): 201-206.
- [14] Baudouin C, Kolko M, Melik-Parsadaniantz S, *et al.* Inflammation in Glaucoma: from the back to the front of the eye, and beyond[J]. *Prog Retin Eye Res*, 2021, 83: 100916.
- [15] Scarinci F, Varano M, Parravano M. Retinal sensitivity loss correlates with deep capillary plexus impairment in diabetic macular ischemia[J]. *J Ophthalmol*, 2019, 2019: 7589841.

(责任编辑:熊晓然)