

# 应用 OCTA 观察青少年近视患者配戴角膜塑形镜后眼底微循环的变化

史佳慧<sup>1,2</sup>, 郎莉莉<sup>2</sup>, 赵义平<sup>2</sup>, 刘刚<sup>2</sup>, 陈吉利<sup>3</sup>, 贾万程<sup>2</sup>

引用:史佳慧,郎莉莉,赵义平,等.应用 OCTA 观察青少年近视患者配戴角膜塑形镜后眼底微循环的变化.国际眼科杂志 2023;23(3):512-516

作者单位:<sup>1</sup>(232001)中国安徽省淮南市,安徽理工大学医学院;<sup>2</sup>(201400)中国上海市,上海交通大学附属第六人民医院南院眼科;<sup>3</sup>(200435)中国上海市市北医院眼科

作者简介:史佳慧,毕业于安徽理工大学,在读硕士研究生,研究方向:白内障、眼视光。

通讯作者:贾万程,硕士,主任医师,教授,硕士研究生导师,研究方向:青光眼、白内障. [wanchengjia109@163.com](mailto:wanchengjia109@163.com)

收稿日期:2022-08-03 修回日期:2023-02-13

## 摘要

目的:应用光学相干断层扫描血管成像(OCTA)观察青少年近视患者配戴角膜塑形镜后眼底微循环的变化。

方法:前瞻性研究。收集2021-04/2022-06于我院就诊并选择角膜塑形镜矫正视力的中低度青少年近视患者40例40眼,分别于戴镜前、戴镜后1、3、6mo评估裸眼远视力、眼轴,并采用OCTA观察视网膜浅层血流密度(SVD)和深层血流密度(DVD)、视网膜厚度(CRT)、中心凹无血管区面积(FAZ-A)和周长(FAZ-P)、视神经纤维层(RNFL)厚度、盘周放射状毛细血管血流密度(RPCD)变化情况。

结果:戴镜后1、3、6mo,纳入患者裸眼远视力较戴镜前显著改善( $P<0.001$ ),眼轴长度无显著变化( $P>0.05$ )。戴镜前后,纳入患者中心凹象限SVD、中心凹和下方象限DVD均有差异( $P<0.01$ ),但CRT、FAZ-A和FAZ-P、RNFL厚度、RPCD均无差异( $P>0.05$ )。

结论:低中度青少年近视患者配戴角膜塑形镜可显著改善视力,黄斑区局部视网膜血流密度增加。

关键词:光学相干断层扫描血管成像(OCTA);角膜塑形镜;近视;眼轴;血流密度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.3.32

## Changes in fundus microcirculation of myopic adolescents after wearing orthokeratology observed by optical coherence tomography angiography

Jia-Hui Shi<sup>1,2</sup>, Li-Li Lang<sup>2</sup>, Yi-Ping Zhao<sup>2</sup>, Gang Liu<sup>2</sup>, Ji-Li Chen<sup>3</sup>, Wan-Cheng Jia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Medical College, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, Anhui Province, China; <sup>2</sup>Department of

Ophthalmology, South Campus of the Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 201400, China; <sup>3</sup>Department of Ophthalmology, Shanghai City North Hospital, Shanghai 200435, China

Correspondence to: Wan - Cheng Jia. Department of Ophthalmology, South Campus of the Sixth People's Hospital, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 201400, China. [wanchengjia109@163.com](mailto:wanchengjia109@163.com)

Received:2022-08-03 Accepted:2023-02-13

## Abstract

• AIM: To observe changes in fundus microcirculation of myopic adolescents after wearing orthokeratology by applying optical coherence tomography angiography (OCTA).

• METHODS: Prospective study. A total of 40 cases (40 eyes) of adolescents with low to moderate myopia who chose orthokeratology to correct visual acuity at our hospital from April 2021 to June 2022 were collected. The uncorrected distant visual acuity and axial length were evaluated at 1, 3 and 6mo before and after wearing orthokeratology, respectively. Furthermore, the changes in superficial vessel density (SVD), deep vessel density (DVD), central retinal thickness (CRT), foveal avascular zone area (FAZ - A), foveal avascular zone perimeter (FAZ-P), retinal nerve fiber layer (RNFL) thickness and radial peripapillary capillaries density (RPCD) were observed by applying OCTA.

• RESULTS: The uncorrected distant visual acuity was significantly improved at 1, 3 and 6mo after wearing orthokeratology ( $P < 0.001$ ). There was no statistically significant difference in axial length before and after wearing orthokeratology ( $P > 0.05$ ). Moreover, there were significant differences in both SVD of fovea quadrant and DVD of fovea and lower quadrant ( $P < 0.01$ ), but there were no differences in CRT, FAZ - A and FAZ - P, RNFL thickness and RPCD ( $P > 0.05$ ).

• CONCLUSION: Wearing orthokeratology can significantly improve visual acuity and increase local retinal vessel density in the macula in adolescents with low to moderate myopia.

• KEYWORDS: optical coherence tomography angiography (OCTA); orthokeratology; myopia; axial length; vessel density

Citation: Shi JH, Lang LL, Zhao YP, et al. Changes in fundus microcirculation of myopic adolescents after wearing orthokeratology observed by optical coherence tomography angiography. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(3):512-516

## 0 引言

近视已成为全球性重大公共卫生问题,预测到 2050 年,全球近视人数将达到 47.58 亿(占总人口的 49.80%),高度近视人数将达到 9.38 亿(占总人口的 9.80%)<sup>[1]</sup>。2019 年我国儿童青少年近视发病率 52.70%,呈低龄、高发、进展快的特征<sup>[2]</sup>。近视,尤其是高度近视,易合并白内障、青光眼等严重影响视力甚至致盲的眼病<sup>[3]</sup>。因此,需要进一步深入研究近视的发病机制和防控方法。近年已有研究证实,眼球的缺血缺氧也可能是造成近视的因素之一<sup>[4-5]</sup>。角膜塑形镜已被证实是安全有效控制近视进展的措施之一<sup>[6-8]</sup>,但目前为止,有关配戴角膜塑形镜后视网膜微循环变化的相关研究尚缺乏。光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomograph angiography, OCTA)是一种新型、非侵入性、不需要造影剂的眼底血管成像技术<sup>[9]</sup>。因此,本研究应用 OCTA 技术观察配戴角膜塑形镜后视网膜各层微循环的变化。

## 1 对象和方法

### 1.1 对象

前瞻性研究。收集 2021-04/2022-06 在上海交通大学附属第六人民医院南院眼科就诊,行全面检查并根据检查结果、患者及家长依从性等综合评估后选择角膜塑形镜矫正视力的青少年近视患者 40 例 40 眼(若双眼均配戴角膜塑形镜则选取右眼作为试验眼),其中男 20 例,女 20 例;年龄  $12.00 \pm 1.52$  岁;戴镜前裸眼远视力  $0.40 \pm 0.21$  (LogMAR),等效球镜度  $-2.21 \pm 1.86$ D,眼压  $17.24 \pm 1.63$  mmHg,角膜内皮细胞计数  $2747.53 \pm 204.87/\text{mm}^2$ ,中央角膜厚度  $554.94 \pm 28.68 \mu\text{m}$ ,角膜平坦 K 值  $42.48 \pm 1.22$ D,角膜离心率(E 值)  $0.57 \pm 0.09$ 。纳入标准:临床诊断为近视的青少年,同时符合以下条件:(1)轴性近视;(2)年龄 8~14 岁;(3)裸眼视力  $\geq 0.20$  (LogMAR),最佳矫正视力可达 0.00 (LogMAR),眼压  $10 \sim 21$  mmHg;(4)等效球镜度  $-0.50 \sim -5.00$ DS,顺规(轴向  $180^\circ \pm 30^\circ$ )散光  $< -1.50$ DC;(5)角膜曲率  $40.00 \sim 46.00$ D;(6)眼部健康,无角膜、结膜炎症,无全身免疫系统疾病;(7)无明显眼部干涩主诉,泪膜破裂时间(tear break-up time, BUT)  $\geq 10$ s,泪膜稳定;(8)具有良好的戴镜依从性和卫生习惯,能够遵循医嘱完成定期复查。排除标准:(1)使用影响或可能影响角膜塑形镜配戴、改变正常眼生理、导致干眼或影响视力、角膜曲率等的药物;(2)合并活动性角膜炎(如角膜感染等)或其他眼前节炎症、角膜知觉减退等;(3)角膜内皮细胞密度少于  $2000/\text{mm}^2$ ,角膜上皮荧光染色阳性;(4)合并其他眼部疾病(如泪囊炎、眼睑疾病、眼睑异常、眼压异常、青光眼等);(5)患有精神类或全身免疫性疾病者;(6)有角膜接触镜或其护理液过敏史。本研究符合《赫尔辛基宣言》,通过上海交通大学附属第六人民医院南院伦理委员会审批。所有患者及其监护人均签署知情同意书。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 角膜塑形镜验配

采取标准片验配法,试戴约 30min 进行评估,通过裂隙灯下角膜荧光素染色观察动态下镜片是否位于中央、活动度,静态下观察荧光弧染色情况及摘镜后屈光变化,确定镜片是否合适,如不理想则需调整试戴片,所有纳入患者角膜塑形镜均由同一验配医师确定最终订片参数,均选择 VST 设计型角膜塑形镜。验配后由同一验配医师对患者及家长进行专业正规镜片摘戴及镜片清洁保养方法培训,要求每晚戴镜 6~8h,配戴期

间眼部出现任何不适告知医师并及时诊疗。本研究纳入患者角膜塑形镜配戴 6mo 以上,定期随访复查裸眼视力、电脑验光、角膜地形图、角结膜健康情况、配戴舒适度等,随访期间未出现中度及以上角膜上皮损伤(轻度:角膜上皮点状损伤;中度:角膜上皮大范围缺失糜烂融合成片;重度:角膜上皮大范围缺损或角膜基质溃疡形成<sup>[10]</sup>)等眼部不良反应。

#### 1.2.2 观察指标

所有患者分别于戴镜前、戴镜后 1、3、6mo 进行以下眼科检查,所有检查均由同一特检医师在 8:00~10:00 完成。

##### 1.2.2.1 视力检查

采用国际标准视力表检查裸眼远视力,并将结果转换为最小分辨角对数(LogMAR)视力进行统计分析。

##### 1.2.2.2 眼轴测量

应用 Lenstar 900 型生物测量仪测量眼轴长度,嘱患者盯住仪器中的固视灯,保持不动,保证测量的准确和可靠性,连续测量 3 次后取平均值。

##### 1.2.2.3 OCTA 检查

采用 OCTA 观察患者眼底微循环变化,扫描模式选择 HD Angio-Retina 6mm×6mm、HD Angio-Disc 4.5mm×4.5mm,分别扫描以中心凹为中心 6mm×6mm 区域和以视盘为中心 4.5mm×4.5mm 区域。运用 OCTA 内置分析软件对视网膜浅层血流密度(superficial vessel density, SVD)、视网膜深层血流密度(deep vessel density, DVD)、视网膜厚度(central retinal thickness, CRT)、中心凹无血管区面积(foveal avascular zone area, FAZ-A)和周长(foveal avascular zone perimeter, FAZ-P)、视神经纤维层(retinal nerve fiber layer, RNFL)厚度、盘周放射状毛细血管血流密度(radial peripapillary capillaries density, RPCD)进行分析(图 1~3)。选取图像、数据扫描质量指数(SQI)  $\geq 6/10$ 。

统计学分析:应用统计学软件 SPSS 25.0 处理数据。符合正态分布的计量资料采用均数±标准差表示,戴镜前后测量数据比较使用重复测量数据的方差分析,进一步两两比较使用 LSD-*t* 检验。以  $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

### 2.1 裸眼远视力

戴镜前、戴镜后 1、3、6mo,纳入患者裸眼远视力分别为  $0.40 \pm 0.21$ 、 $0.01 \pm 0.04$ 、 $0.02 \pm 0.04$ 、 $0.00 \pm 0.00$ ,差异有统计学意义( $F = 115.47$ ,  $P < 0.001$ )。戴镜后 1、3、6mo,纳入患者裸眼远视力均较戴镜前显著改善,差异均有统计学意义( $P < 0.001$ );戴镜后 6mo,纳入患者裸眼远视力均优于戴镜后 1、3mo,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),但戴镜后 1、3mo 纳入患者裸眼远视力差异无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 2.2 眼轴长度

戴镜前、戴镜后 1、3、6mo,纳入患者眼轴长度分别为  $24.92 \pm 0.84$ 、 $24.97 \pm 0.82$ 、 $24.98 \pm 0.82$ 、 $25.00 \pm 0.80$ mm,差异无统计学意义( $F = 3.17$ ,  $P > 0.05$ )。

### 2.3 视网膜浅层血流密度

戴镜前后,纳入患者中心凹象限 SVD 差异有统计学意义( $P < 0.01$ ),旁中心凹、颞侧、上方、鼻侧和下方象限 SVD 差异均无统计学意义( $P > 0.05$ ),见表 1。戴镜后 1、3、6mo,纳入患者中心凹象限 SVD 与戴镜前比较,差异均有统计学意义( $P < 0.05$ ),但戴镜后各时间点两两比较差异均无统计学意义( $P > 0.05$ )。

### 2.4 视网膜深层血流密度

戴镜前后,纳入患者中心凹和下方象限 DVD 差异均有统计学意义( $P < 0.01$ ),旁中心凹、颞侧、上方和鼻侧象限 DVD 差异均无统计学意义( $P >$

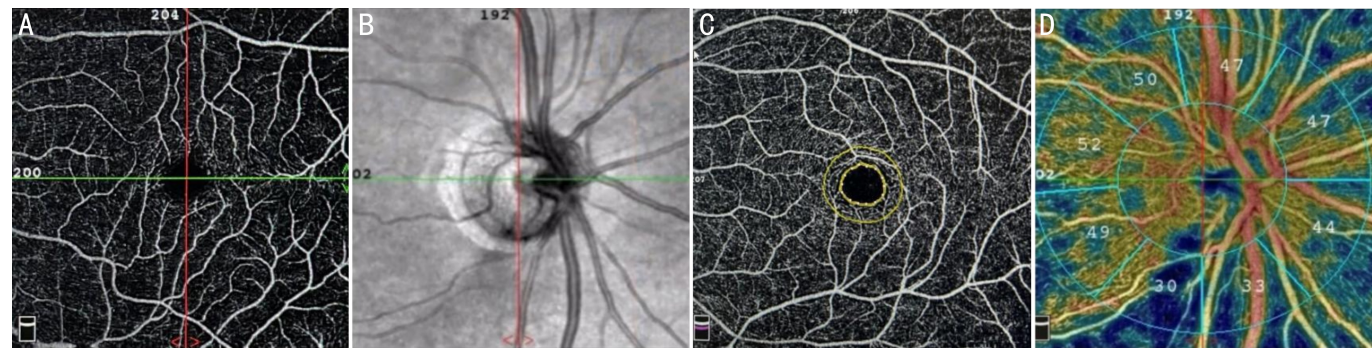


图1 黄斑区及视盘区 OCTA 扫描图 A:黄斑区视网膜浅层 enface 图;B:视盘区 enface SLO 图;C:中心凹无血管区扫描图;D:盘周放射状毛细血管血流密度量化分析。

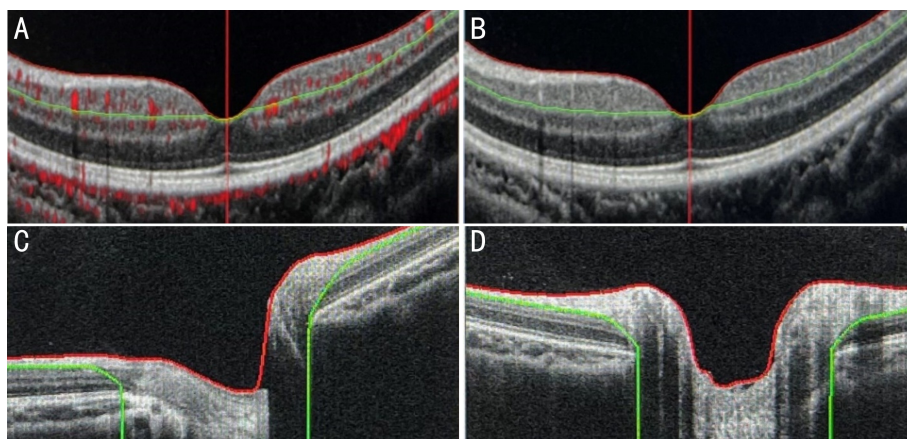


图2 视网膜和视盘断层结构 OCTA 扫描图 A:叠加红色血流信号的视网膜水平断层扫描图;B:不叠加血流信号的视网膜垂直断层扫描图;C:视盘水平断层扫描图;D:视盘垂直断层扫描图。

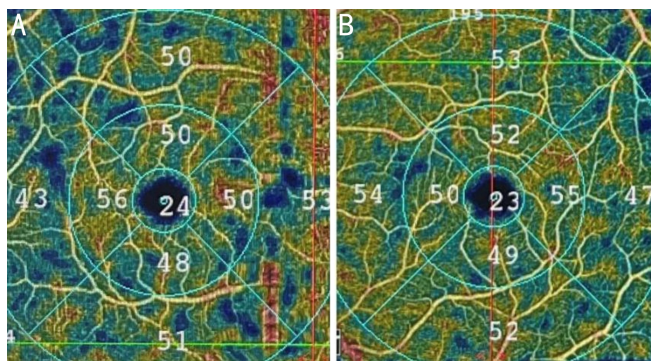


图3 视网膜浅层血流密度量化分析图 A:戴镜前;B:戴镜后6mo。

表1 纳入患者戴镜前后视网膜浅层血流密度比较

时间	中心凹	旁中心凹	颞侧	上方	鼻侧	下方
戴镜前	18.99±5.88	46.86±5.20	47.67±5.99	48.19±5.73	45.33±5.70	46.93±6.06
戴镜后 1mo	22.22±4.81 <sup>b</sup>	48.39±4.27	48.63±4.38	50.20±4.26	46.46±5.75	48.16±5.04
戴镜后 3mo	22.75±5.86 <sup>b</sup>	48.98±4.41	49.77±4.94	50.86±4.67	47.00±5.60	48.65±4.78
戴镜后 6mo	22.20±6.67 <sup>a</sup>	47.53±5.11	49.00±4.60	49.69±4.95	45.94±5.62	47.68±6.50
F	6.31	1.54	1.36	2.12	0.65	0.81
P	0.002	0.22	0.26	0.12	0.58	0.48

注:<sup>a</sup>P<0.05,<sup>b</sup>P<0.01 vs 戴镜前。

0.05),见表2。戴镜后1、3、6mo,纳入患者中心凹和下方象限DVD分别与戴镜前比较,差异均有统计学意义(P<0.05),但戴镜后各时间点两两比较差异均无统计学意义(P>0.05)。

2.5 视网膜厚度 戴镜前后,纳入患者中心凹、旁中心凹、

颞侧、上方、鼻侧、下方象限CRT差异均无统计学意义(P>0.05),见表3。

2.6 其他眼底观察指标 戴镜前后,纳入患者FAZ-A、FAZ-P、RNFL厚度和RPCD差异均无统计学意义(P>0.05),见表4。

表 2 纳入患者戴镜前后视网膜深层血流密度比较

时间	中心凹	旁中心凹	颞侧	上方	鼻侧	下方
戴镜前	37.52±6.35	51.75±4.43	53.61±5.08	50.55±6.38	55.07±4.29	47.62±6.63
戴镜后 1mo	39.12±5.98 <sup>b</sup>	52.57±4.59	54.15±4.96	51.58±4.78	53.56±4.82	51.39±4.70 <sup>b</sup>
戴镜后 3mo	39.13±6.59 <sup>b</sup>	53.08±3.61	54.48±4.33	52.90±3.96	53.89±4.61	51.30±4.35 <sup>b</sup>
戴镜后 6mo	39.59±5.95 <sup>b</sup>	52.53±4.58	54.46±4.14	52.62±5.05	53.64±4.55	50.76±4.65 <sup>a</sup>
<i>F</i>	4.08	0.67	0.33	1.97	0.91	5.40
<i>P</i>	0.009	0.57	0.80	0.12	0.44	0.002

注:<sup>a</sup>*P*<0.05, <sup>b</sup>*P*<0.01 vs 戴镜前。

表 3 纳入患者戴镜前后视网膜厚度比较

时间	全层	中心凹	旁中心凹	颞侧	上方	鼻侧	下方
戴镜前	273.76±9.86	250.26±27.68	309.91±12.02	302.00±11.89	313.21±11.73	314.50±13.98	309.32±11.90
戴镜后 1mo	274.44±10.57	250.12±23.83	310.32±12.69	302.68±12.53	313.91±13.01	315.00±13.66	309.41±13.31
戴镜后 3mo	275.41±11.15	247.41±22.83	310.00±12.25	302.06±12.11	314.29±12.04	314.32±13.44	309.03±11.65
戴镜后 6mo	274.26±11.91	245.91±20.92	310.71±12.29	303.32±12.58	313.94±12.41	315.74±13.93	310.38±12.83
<i>F</i>	1.29	1.04	0.33	1.38	2.07	2.64	1.32
<i>P</i>	0.28	0.36	0.26	0.05	0.26	0.07	0.28

表 4 纳入患者戴镜前后眼底观察指标比较

时间	FAZ-A (mm <sup>2</sup> )	FAZ-P (mm)	RNFL(μm)	RPCD(%)
戴镜前	0.25±0.07	1.91±0.28	120.62±18.28	50.51±2.37
戴镜后 1mo	0.25±0.09	1.97±0.40	120.49±17.89	50.36±1.88
戴镜后 3mo	0.24±0.08	1.88±0.32	120.24±18.30	49.98±2.33
戴镜后 6mo	0.24±0.07	1.90±0.27	119.38±18.72	49.72±2.38
<i>F</i>	0.71	1.43	1.06	1.13
<i>P</i>	0.51	0.25	0.36	0.34

### 3 讨论

近视的发病机制目前仍无确切定论,周边近视性离焦理论得到了多数学者的认可<sup>[6-7]</sup>,同时研究证实,眼球的缺血缺氧也可能是近视的影响因素之一<sup>[4-5]</sup>。随着眼轴的增长,眼底拉伸,视网膜、脉络膜血管牵拉,管径变细,血流减少,所以近视患者眼底微循环改变也是近年研究者探讨的方向之一。既往对眼底血流密度的检测手段多是用激光多普勒测速仪、扫描激光多普勒血流仪等,但上述检测方法主要集中于大血管,对于视网膜毛细血管层检测均存在一定的局限性<sup>[11-12]</sup>,而 OCTA 的发展使得以非侵入性方式测量视网膜、脉络膜各层毛细血管形态、血流密度成为可能,并成为目前主要的检测手段。现有 OCTA 技术在近视中的应用主要体现在两方面:(1)OCTA 可分层分区观察视网膜、脉络膜血流密度与厚度,监测近视患者眼底缺血情况,并通过分析其相关性进一步认识近视的发病机制;(2)针对高度近视继发的并发症可做到早期诊断与治疗,并可用于长期随访评估<sup>[13-14]</sup>。

角膜塑形镜基于反几何原理设计,主要通过机械压迫、眼睑按摩、泪液液压等机制改善角膜中央区形态,纠正角膜屈光,降低近视程度,从而提高近视患者裸眼远视力。配戴过程中泪液分泌、调节功能异常等多因素共同影响摘镜后裸眼远视力<sup>[15]</sup>。Liu 等<sup>[16]</sup>利用 OCTA 研究发现,轻度近视患者视网膜浅层、深层和整个视网膜层微血流密度最高,中度近视患者次之,高度近视患者再次之,极高度近视

患者最低。Zhang 等<sup>[17]</sup>研究发现,与配戴单光眼镜相比,配戴角膜塑形镜 1a 后,眼轴增长得到有效控制。Sun 等<sup>[18]</sup>研究显示,配戴角膜塑形镜 2a 后,眼轴增长减少 0.27mm,近视进展降低 45%。本研究发现,配戴角膜塑形镜后眼底局部微血流密度显著增加,但眼轴未发生明显变化,推测在近视进展过程中,眼底微血流密度的改变较眼轴的改变更早发生,角膜塑形镜可能通过改善眼底血供从而一定程度上延缓近视进展。

FAZ 是黄斑部最中央缺乏视网膜毛细血管的区域,是靠近锥体光感受器密度和耗氧量最高的区域。Gołębiewska 等<sup>[19]</sup>应用 OCTA 观察发现近视儿童与非近视儿童相比,FAZ 面积扩大、浅层视网膜血流密度降低。本研究结果显示,戴镜前后纳入患者视网膜浅层血流密度增加,但 FAZ 面积无明显变化,推测近视对 FAZ 结构的改变是不可逆的。

RNFL 由神经节细胞和神经胶质细胞组成,反映神经节细胞轴突的数量,测定其厚度可间接了解神经节细胞的存活情况,是目前用于评估青光眼的客观可量化指标之一<sup>[20]</sup>,而青光眼是高度近视的并发症之一<sup>[3]</sup>。Lin 等<sup>[21]</sup>运用 OCTA 观察近视儿童 RNFL 厚度发现,随着眼轴的增加,上方、鼻侧和下方 RNFL 厚度降低,而颞侧 RNFL 厚度增加。所以早期观察近视患者 RNFL 厚度有助于了解近视的进展情况。视盘周围放射状毛细血管网位于 RNFL 下方的最表层毛细血管,营养视盘旁神经纤维层。Lin

等<sup>[21]</sup>运用 OCTA 对近视儿童视盘区 RPC 层进行扫描,结果显示 RPCD 与眼轴长度呈显著负相关。本研究纳入患者配戴角膜塑形镜后黄斑区局部视网膜血流密度增加,但视盘区均 RPCD 减少,推测近视对视盘区血流密度的损伤是不可逆的,应早期对近视患者 RPCD 进行监测以掌握近视对视盘区的影响。

综上所述,本研究表明,青少年近视患者配戴角膜塑形镜可显著改善视力,OCTA 检测发现青少年近视患者配戴角膜塑形镜后黄斑区局部视网膜血流密度明显增加。但本研究存在一定局限性:(1)样本数量较少,为了更好地明确配戴角膜塑形镜后眼底微循环的变化,后续将扩大样本量进行观察;(2)观察时间较短,无法验证长期配戴角膜塑形镜对青少年近视患者眼底微循环的影响;(3)本研究设计为自身对照,还需建立其他对照组,更进一步验证角膜塑形镜对眼底微循环的影响;(4)未纳入高度近视患者,根据角膜塑形镜验配相对适应条件,等效球镜不超过-5.00DS,近视度数过高使用角膜塑形镜会增加角膜上皮损伤概率,存在安全隐患,故本研究结论不适用于高度近视患者。

#### 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. *Ophthalmology* 2016; 123(5): 1036-1042
- 2 吕帆, 陈屹雅. 近视眼流行病学研究的迭代与意义. *中华眼科杂志* 2021; 57(4): 245-250
- 3 Chong EW, Mehta JS. High myopia and cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2016; 27(1): 45-50
- 4 Wu H, Chen W, Zhao F, et al. Scleral hypoxia is a target for myopia control. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2018; 115(30): E7091-E7100
- 5 於亭, 宋继科, 魏慧霞, 等. 电针干预后透镜诱导型近视豚鼠巩膜形态改变及缺氧诱导因子-1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ ) 和脯氨酰羟化酶 2 (PHD-2) 表达的变化. *眼科新进展* 2021; 41(2): 125-129
- 6 VanderVeen DK, Kraker RT, Pineles SL, et al. Use of orthokeratology for the prevention of myopic progression in children: a report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology* 2019; 126(4): 623-636
- 7 Cho P, Cheung SW, Edwards M. The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive

- changes and myopic control. *Curr Eye Res* 2005; 30(1): 71-80
- 8 Cho P, Tan Q. Myopia and orthokeratology for myopia control. *Clin Exp Optom* 2019; 102(4): 364-377
- 9 Kashani AH, Chen CL, Gahm JK, et al. Optical coherence tomography angiography: a comprehensive review of current methods and clinical applications. *Prog Retin Eye Res* 2017; 60: 66-100
- 10 孙旭光, 袁进, 史伟云. 我国角膜上皮损伤临床诊治专家共识 (2016 年). *中华眼科杂志* 2016; 52(9): 644-648
- 11 Guo Y, Sung MS, Park SW. Assessment of superficial retinal microvascular density in healthy myopia. *Int Ophthalmol* 2019; 39(8): 1861-1870
- 12 杨宇, 姜惠, 范玮. 高度近视眼眼底血流动力学研究进展. *中华眼科医学杂志(电子版)* 2020; 10(3): 183-187
- 13 Ye J, Wang MY, Shen MX, et al. Deep retinal capillary plexus decreasing correlated with the outer retinal layer alteration and visual acuity impairment in pathological myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020; 61(4): 45
- 14 Mansoori T, Sivaswamy J, Gamalapati JS, et al. Measurement of radial peripapillary capillary density in the normal human retina using optical coherence tomography angiography. *J Glaucoma* 2017; 26(3): 241-246
- 15 谢姝, 王朝阳, 刘津津. 佩戴角膜塑形镜后出现视力波动的原因分析. *当代医学* 2022; 28(9): 33-35
- 16 Liu MM, Wang P, Hu XJ, et al. Myopia-related stepwise and quadrant retinal microvascular alteration and its correlation with axial length. *Eye (Lond)* 2021; 35(8): 2196-2205
- 17 Zhang Z, Chen Z, Chen ZY, et al. Change in corneal power distribution in orthokeratology: a predictor for the change in axial length. *Transl Vis Sci Technol* 2022; 11(2): 18
- 18 Sun Y, Xu F, Zhang T, et al. Orthokeratology to control myopia progression: a meta-analysis. *PLoS One* 2015; 10(4): e0124535
- 19 Gołębiewska J, Biała-Gosek K, Czeszyk A, et al. Optical coherence tomography angiography of superficial retinal vessel density and foveal avascular zone in myopic children. *PLoS One* 2019; 14(7): e0219785
- 20 Mocan MC, Machen L, Jang I, et al. The relationship between optic nerve cup-to-disc ratio and retinal nerve fiber layer thickness in suspected pediatric glaucoma. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2020; 57(2): 90-96
- 21 Lin TN, Su L, Lin JH, et al. Study on the optic nerve fiber layer thickness and changes in blood flow in myopic children. *Int J Gen Med* 2021; 14: 3287-3293