

近视青少年配戴角膜塑形镜后的角膜地形图改变与视网膜血管密度和厚度的关系

李吉蓉, 余静, 刘国立

引用: 李吉蓉, 余静, 刘国立. 近视青少年配戴角膜塑形镜后的角膜地形图改变与视网膜血管密度和厚度的关系. 国际眼科杂志, 2025, 25(4): 650-655.

作者单位: (448000) 中国湖北省荆门市中心医院眼科

作者简介: 李吉蓉, 硕士研究生, 主治医师, 研究方向: 视光学。

通讯作者: 刘国立, 硕士研究生, 主任医师, 研究方向: 眼底外科.

aijian438@163.com

收稿日期: 2024-07-04 修回日期: 2025-02-19

摘要

目的: 探讨应用光学相干断层血管成像(OCTA)观察近视青少年配戴角膜塑形镜后角膜地形图改变与视网膜血管密度、厚度的关系。

方法: 选取2023-01/12在我院诊治的配戴角膜塑形镜的近视青少年患者作为研究对象, 并对其临床资料进行回顾性分析, 选取配戴环曲面角膜塑形镜(环曲面组)50例50眼及配戴球面角膜塑形镜(球面组)50例50眼。检测两组配戴前及配戴后3、6 mo角膜地形图指标、视网膜血管密度及视网膜厚度变化。分析角膜地形图指标与视网膜血管密度、厚度间的关系。

结果: 相较于配戴前, 配戴后3、6 mo两组Avek明显降低(均 $P<0.05$), SRI、SAI明显升高(均 $P<0.05$)。相较于配戴前, 配戴后3、6 mo两组黄斑全区视网膜深层血管密度、黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度明显升高(均 $P<0.05$), 环曲面组黄斑中心凹及黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度明显升高(均 $P<0.05$), 球面组黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度明显升高(均 $P<0.05$)。相较于配戴前, 配戴后3、6 mo两组黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜厚度明显增加(均 $P<0.05$)。配戴后3 mo, 环曲面组Avek与黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜深层血管密度, 黄斑中心凹、黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度及黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜厚度均呈负相关(均 $P<0.05$), SRI、SAI均与黄斑中心凹、黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度及黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜厚度均呈正相关(均 $P<0.05$)。配戴后3 mo, 球面组Avek与黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜深层血管密度, 黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度均呈负相关(均 $P<0.05$), SRI、SAI与黄斑全区、黄斑中心凹、黄斑旁中心凹视网膜深层及黄斑旁中心凹浅层血管密度均呈正相关(均 $P<0.05$), SRI与黄斑全区视网膜厚度呈正相关($P<0.05$), SAI与黄斑旁中心凹视网膜厚度呈正相关($P<0.05$)。

结论: 青少年近视患者配戴环曲面与球面角膜塑形镜后角膜地形图发生改变, 视网膜血流密度及视网膜厚度明显增加, 改善眼底血液循环, 且角膜地形图改变与视网膜血流密度及视网膜厚度存在显著关系, 对近视的控制有一定的

指导意义。

关键词: 光学相干断层血管成像; 角膜塑形镜; 角膜地形图; 视网膜血管密度; 视网膜厚度

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2025.4.23

Corneal topography changes after wearing orthokeratology lenses in myopic adolescents and their relationship with retinal vascular density and thickness

Li Jirong, Yu Jing, Liu Guoli

Department of Ophthalmology, Jingmen Central Hospital, Jingmen 448000, Hubei Province, China

Correspondence to: Liu Guoli. Department of Ophthalmology, Jingmen Central Hospital, Jingmen 448000, Hubei Province, China. aijian438@163.com

Received: 2024-07-04 Accepted: 2025-02-19

Abstract

• **AIM:** To investigate the application of optical coherence tomography angiography (OCTA) in observing the relationship between corneal topographic changes and retinal vessel density and thickness in myopic adolescents after wearing orthokeratology lenses.

• **METHODS:** Myopic adolescents who treated and wore orthokeratology lenses in our hospital between January and December 2023 were selected for the study, and their clinical data were retrospectively analyzed. Totally 50 cases (50 eyes) of toric orthokeratology lenses (toric group) and 50 cases (50 eyes) of spherical orthokeratology lenses (spherical group) were selected. Changes in corneal topographic indices, retinal vascular density and retinal thickness were examined in the two groups before and at 3 and 6 mo after wear. The relationship between corneal topographic indexes and retinal vessel density and thickness was analyzed.

• **RESULTS:** Compared with the pre-wear, average value of ks and kf (Avek) was significantly lower (all $P<0.05$), and surface regularity index (SRI) and surface asymmetry index (SAI) were significantly increased (both $P<0.05$) in the two groups at 3 and 6 mo post-wear. Compared with the pre-wearing period, deep retinal vessel density in whole macular area and superficial retinal vessel density in paracentral retina of macula were significantly higher in the two groups at 3 and 6 mo after wearing (both $P<0.05$), and the superficial retinal vessel density in macular

fovea and paracentral fovea of macula of the toric group was significantly higher (all $P < 0.05$), and the superficial retinal vessel density in paracentral macular fovea of the spherical group was significantly increased (all $P < 0.05$). Compared with the pre-wearing period, the thickness of retina in whole macula and paracentral retina of the macula was significantly increased in the both groups at 3 and 6 mo post-wearing (all $P < 0.05$). After wearing lenses for 3 mo, the Avek of the toric group was negatively correlated with the deep vascular density in whole macular area and paracentral macular fovea, the superficial vascular density in macular fovea and paracentral macular fovea, and the thickness of whole macular and paracentral macular fovea (all $P < 0.05$). The SRI and SAI were positively correlated with the superficial retinal vascular density in macular fovea and paracentral macular fovea, and the retinal thickness in whole macular area and paracentral macular fovea (all $P < 0.05$). The spherical group showed a negative correlation between Avek and the deep retinal vessel density in whole macular area and paracentral macular fovea, as well as the superficial retinal vessel density in paracentral macular fovea after wearing lenses for 3 mo (all $P < 0.05$). SRI and SAI were positively correlated with the deep retinal vessel density in whole macular area, macular fovea and paracentral macular fovea, and the superficial retinal vessel density in paracentral macular fovea (all $P < 0.05$). SRI was positively correlated with the retinal thickness in whole macular area ($P < 0.05$), and SAI was positively correlated with the retinal thickness in paracentral macular fovea ($P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** After wearing toric and spherical corneal orthokeratology lenses, the corneal topography of myopic adolescents changes, and the retinal blood flow density and retinal thickness increase significantly, improving retinal blood circulation. Moreover, there is a significant correlation between changes in corneal topography and retinal blood flow density and retinal thickness, which has certain guiding significance for the control of myopia.

• **KEYWORDS:** optical coherence tomography angiography; orthokeratology lenses; corneal topography; retinal vessel density; retinal thickness

Citation: Li JR, Yu J, Liu GL. Corneal topography changes after wearing orthokeratology lenses in myopic adolescents and their relationship with retinal vascular density and thickness. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)*, 2025,25(4):650-655.

0 引言

近视是眼睛放松时,远处物体的光线聚焦在视网膜前方的屈光状态,随着社会的发展和生活环境的改变,青少年近视发病率逐年上升^[1]。近视受遗传、环境等多种因素影响,目前临床上只能进行控制,常用的矫正和预防近视的方法包括户外活动、药物、配戴框架眼镜、硬性隐形眼镜以及手术治疗等^[2]。近年来,角膜塑形镜对近视发展的控制作用得到广泛认可,其是一种非手术的近视矫正方法,通过使用特制的硬性透气角膜塑形镜片,在夜间配戴,利用镜片对角膜的压迫和塑形作用,改变角膜的曲率,以达

到暂时性矫正近视的目的^[3]。有研究发现,角膜塑形镜还可对视网膜及脉络膜产生影响,配戴角膜塑形镜后视网膜及脉络膜均明显增厚^[4-5]。目前,光学相干断层血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)已成为一种非侵入性定量成像技术,其可对视网膜血管进行分层评估,且无需使用造影剂。据报道,OCTA在测量黄斑和视神经乳头的微血管密度方面具有高度的重复性和再现性^[6]。但关于角膜塑形镜配戴后视网膜厚度或血管变化与角膜地形图变化之间的关系尚不明确。基于此,本研究以在我院诊治的配戴角膜塑形镜的青少年患者作为研究对象,旨在评估配戴角膜塑形镜3 mo后视网膜血管密度、视网膜厚度与角膜地形图改变之间的相关性。

1 对象和方法

1.1 对象 选取2023-01/12在荆门市中心医院诊治的配戴角膜塑形镜的青少年患者作为研究对象,并对其临床资料进行回顾性分析,选取配戴环曲面角膜塑形镜(环曲面组)50例50眼及配戴球面角膜塑形镜(球面组)50例50眼,纳入标准:(1)符合青少年近视诊疗标准^[7];(2)既往无角膜塑形镜配戴史;(3)无结膜炎、角膜炎或全身性疾病。排除标准:(1)屈光介质较为混浊无法看清眼底;(2)合并先天性白内障、视网膜脱离等眼部疾病;(3)角膜内皮细胞密度过少(低于2 500 cell/mm²);(4)合并精神性相关疾病。本研究已取得本院医学伦理委员会审查批准(批准号:2024-05-003),所有参与者及其监护人均对本研究签署知情同意书。

1.2 方法 记录配戴前年龄、屈光度、柱镜度数、等效球镜、眼轴长度(axial length, AL)、平坦子午线上的角膜曲率(keratometry at flat meridian, Kf)与陡峭子午线上的角膜曲率(keratometry at steep meridian, Ks)、白到白(white to white, WTW)、眼压(intraocular pressure, IOP)、Schirmer试验结果。

1.2.1 角膜塑形镜选择 根据屈光度数选择合适的镜片,以角膜散光 > 1.5 D时使用角膜地形图仪(SW-6000)计算角膜高度差,当高度差 > 30 μm 时选择环曲面角膜塑形镜,当角膜散光 ≤ 1.5 D时使用球面角膜塑形镜。角膜塑形镜选择角膜屈光矫正(CRT)设计角膜塑形镜。

1.2.2 角膜地形图指标 分别于配戴前,配戴后3、6 mo时使用角膜地形图仪检测角膜形态改变,研究对象盯住固视灯,通过调节器调节至合适的角膜测量区域等待仪器自动测量,指标包括Kf与Ks的平均角膜曲率(average value of Ks and Kf, Avek)、表层规则性指数(surface regularity index, SRI)、表层不对称指数(surface asymmetry index, SAI)。

1.2.3 OCTA 检查 检查均由同一名医师完成,使用OCTA设备在以黄斑为中心的血管视网膜扫描模式(6 mm \times 6 mm)下进行OCTA检查,波长840 nm,自动测量视网膜血管密度[黄斑全区(以黄斑为中心,3 mm为直径的圆)、黄斑中心凹(以黄斑为中心,1 mm为直径的圆)及黄斑旁中心凹(黄斑中心1-3 mm处圆环)]及视网膜厚度。视网膜浅层血管为内界膜至内丛状层上10 μm ,视网膜深层血管为内丛状层上10 μm 至外丛状层下10 μm 。至少扫描3次,扫描完成后检查图像质量。

统计学分析:采用SPSS 24.0统计学软件分析数据。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,组内不同时间点比较采用重复测量数据的方差分析,进一步两两比较行LSD-*t*检验。计数

资料以例(%)表示,组间比较采用 χ^2 检验。Pearson相关性分析角膜地形图指标与视网膜血管密度、厚度间的关系。以 $P<0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 两组配戴前临床资料对比 在配戴角膜塑形镜前,环曲面组的柱镜度数和等效球镜大于球面组(均 $P<0.05$),其余参数比较差异无统计学意义(均 $P>0.05$),见表1。

2.2 两组配戴前后角膜地形图指标分析 环曲面组不同时间Avek、SRI、SAI水平比较差异具有统计学意义($F=97.17、150.50、73.72$,均 $P<0.001$);球面组不同时间Avek、SRI、SAI水平比较差异具有统计学意义($F=77.92、103.93、$

88.48 ,均 $P<0.001$),各组内进一步两两比较见表2。

2.3 两组配戴前后视网膜血管密度分析 环曲面组不同时间黄斑全区、黄斑中心凹视网膜深层血管密度比较差异具有统计学意义($F=30.30、8.32$,均 $P<0.001$);球面组不同时间黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜深层血管密度比较差异具有统计学意义($F=56.13、33.57$, $P<0.001$),各组内进一步两两比较见表3。环曲面组不同时间黄斑中心凹、黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度比较差异具有统计学意义($F=25.76、62.57$,均 $P<0.001$);球面组不同时间黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度比较差异具有统计学意义($F=40.76$, $P<0.001$),各组内进一步两两比较见表4。

表1 两组配戴前临床资料对比

临床资料			<i>t</i>	<i>P</i>
	环曲面组	球面组		
年龄(岁)	14.43±1.36	14.74±1.40	1.123	0.264
屈光度(D)	-2.25±1.44	-2.24±1.29	0.037	0.971
柱镜度数(D)	-0.74±0.30	-0.50±0.42	3.288	0.001
等效球镜(D)	-2.87±1.23	-2.01±1.03	3.791	<0.001
AL(mm)	24.31±0.95	24.47±0.92	0.856	0.394
Kf(D)	4.33±5.26	4.08±1.04	0.330	0.742
Ks(D)	44.17±1.12	44.29±1.20	0.517	0.606
WTW(mm)	11.79±0.87	11.80±0.99	0.054	0.957
IOP(mmHg)	18.32±1.40	17.89±1.58	1.440	0.153
Schirmer 试验(mm/5 min)	20.23±4.26	20.83±5.02	0.644	0.521

表2 配戴前后两组角膜地形图指标分析

时间	环曲面组			球面组		
	Avek(D)	SRI	SAI	Avek(D)	SRI	SAI
配戴前	44.92±1.36	0.21±0.02	0.35±0.12	45.26±1.75	0.20±0.05	0.31±0.12
配戴后 3 mo	41.68±2.42 ^a	0.50±0.14 ^a	0.87±0.29 ^a	42.35±2.17 ^a	0.47±0.12 ^a	0.80±0.25 ^a
配戴后 6 mo	39.12±2.31 ^a	0.52±0.10 ^a	0.90±0.31 ^a	40.12±2.24 ^a	0.50±0.15 ^a	0.83±0.26 ^a
<i>F</i>	97.17	150.50	73.72	77.92	103.93	88.48
<i>P</i>	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

注:^a $P<0.05$ vs 配戴前。

表3 配戴前后两组视网膜深层血管密度分析

时间	环曲面组			球面组		
	黄斑全区	黄斑中心凹	黄斑旁中心凹	黄斑全区	黄斑中心凹	黄斑旁中心凹
配戴前	52.46±3.52	35.72±4.46	55.71±3.41	51.39±2.94	33.51±5.59	54.96±2.68
配戴后 3 mo	55.48±2.71 ^a	38.24±5.74 ^a	56.82±3.41	55.39±2.73 ^a	35.32±5.02	58.48±3.10 ^a
配戴后 6 mo	57.25±3.05 ^a	40.15±6.01 ^a	57.02±4.21	57.42±3.01 ^a	35.74±5.28	60.31±4.03 ^a
<i>F</i>	30.30	8.32	1.82	56.13	2.50	33.57
<i>P</i>	<0.001	<0.001	0.165	<0.001	0.086	<0.001

注:^a $P<0.05$ vs 配戴前。

表4 两组配戴前后视网膜浅层血管密度分析

时间	环曲面组			球面组		
	黄斑全区	黄斑中心凹	黄斑旁中心凹	黄斑全区	黄斑中心凹	黄斑旁中心凹
配戴前	47.96±2.30	19.86±3.52	49.17±2.41	47.95±2.44	19.92±5.26	50.23±2.46
配戴后 3 mo	48.15±2.73	24.42±4.96 ^a	53.18±2.83 ^a	48.86±2.51	21.07±5.33	53.26±2.00 ^a
配戴后 6 mo	48.55±3.04	26.10±4.87 ^a	55.32±3.09 ^a	49.02±3.55	21.52±4.36	55.31±3.74 ^a
<i>F</i>	0.62	25.76	62.57	2.01	1.36	40.76
<i>P</i>	0.540	<0.001	<0.001	0.138	0.260	<0.001

注:^a $P<0.05$ vs 配戴前。

2.4 两组配戴前后视网膜厚度分析 不同时间两组黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜厚度比较差异具有统计学意义(环曲面组: $F = 38.19, 16.77$, 均 $P < 0.001$; 球面组: $F = 15.56, 8.92$, 均 $P < 0.01$), 各组内进一步两两比较见表 5。

2.5 环曲面组配戴后 3 mo 角膜地形图指标与视网膜血管密度及厚度的相关性 配戴后 3 mo 后, Avek 与黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜深层血管密度, 黄斑中心凹、黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度及黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜厚度均呈负相关(均 $P < 0.05$), SRI 与黄斑全区、黄斑中心凹视网膜深层血管密度呈正相关(均 $P < 0.05$), SAI 与黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜深层血管密度呈正

相关(均 $P < 0.05$), SRI、SAI 与黄斑中心凹、黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度及黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜厚度呈正相关(均 $P < 0.05$), 见表 6。

2.6 球面组配戴后 3 mo 角膜地形图指标与视网膜血管密度及厚度的相关性 配戴后 3 mo 后, Avek 与黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜深层血管密度, 黄斑旁中心凹视网膜浅层血管密度呈负相关(均 $P < 0.05$), SRI、SAI 与黄斑全区、黄斑中心凹、黄斑旁中心凹视网膜深层及黄斑旁中心凹浅层血管密度均呈正相关(均 $P < 0.05$), SRI 与黄斑全区视网膜厚度呈正相关($P < 0.05$), SAI 与黄斑旁中心凹视网膜厚度呈正相关($P < 0.05$), 见表 7。

表 5 配戴前后两组视网膜厚度分析

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

时间	环曲面组			球面组		
	黄斑全区	黄斑中心凹	黄斑旁中心凹	黄斑全区	黄斑中心凹	黄斑旁中心凹
配戴前	310.86±12.06	249.16±15.38	326.89±12.28	312.27±16.42	248.65±17.59	324.20±16.47
配戴后 3 mo	325.38±11.92 ^a	251.03±13.18	336.41±13.13 ^a	320.88±15.42 ^a	249.99±13.46	330.81±14.63 ^a
配戴后 6 mo	331.25±12.05 ^a	252.31±14.09	342.61±15.42 ^a	329.42±14.20 ^a	250.12±14.66	337.21±15.05 ^a
<i>F</i>	38.19	0.62	16.77	15.56	0.14	8.92
<i>P</i>	<0.001	0.540	<0.001	0.008	0.869	<0.001

注:^a $P < 0.05$ vs 配戴前。

表 6 环曲面组配戴后 3 mo 角膜地形图指标与视网膜血管密度、厚度的相关性

指标	Avek		SRI		SAI	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
视网膜深层血管密度						
黄斑全区	-0.203	0.043	0.407	<0.001	0.373	0.001
黄斑中心凹	-0.095	0.347	0.213	0.034	0.157	0.120
黄斑旁中心凹	-0.262	0.009	0.178	0.077	0.204	0.042
视网膜浅层血管密度						
黄斑全区	-0.005	0.958	0.038	0.709	-0.010	0.923
黄斑中心凹	-0.210	0.036	0.430	<0.001	0.329	0.001
黄斑旁中心凹	-0.458	<0.001	0.484	<0.001	0.497	<0.001
视网膜厚度						
黄斑全区	-0.241	0.016	0.398	<0.001	0.304	0.002
黄斑中心凹	-0.035	0.729	0.004	0.969	-0.048	0.637
黄斑旁中心凹	-0.210	0.036	0.297	0.003	0.340	0.001

表 7 球面组配戴后 3 mo 角膜地形图指标与视网膜血管密度、厚度的相关性

指标	Avek		SRI		SAI	
	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>	<i>r</i>	<i>P</i>
视网膜深层血管密度						
黄斑全区	-0.341	0.001	0.444	<0.001	0.421	<0.001
黄斑中心凹	-0.098	0.332	0.243	0.015	0.223	0.026
黄斑旁中心凹	-0.336	0.001	0.488	<0.001	0.459	<0.001
视网膜浅层血管密度						
黄斑全区	-0.097	0.340	0.132	0.189	0.148	0.141
黄斑中心凹	-0.095	0.347	0.097	0.339	0.078	0.443
黄斑旁中心凹	-0.303	0.002	0.437	<0.001	0.330	0.001
视网膜厚度						
黄斑全区	-0.023	0.824	0.206	0.040	0.190	0.059
黄斑中心凹	-0.024	0.810	-0.022	0.826	-0.049	0.630
黄斑旁中心凹	-0.175	0.082	0.194	0.053	0.205	0.041

3 讨论

儿童青少年为发生近视的常见人群,以小学为发病高峰,并在整个青春期不断加重。近视已被发现为仅次于年龄相关性黄斑病变、青光眼、白内障等造成视力丧失的第六大常见原因^[8],控制近视的发展已刻不容缓。目前角膜塑形镜已成为控制近视的有效方法。研究发现,相较于传统的单纯矫正,配戴角膜塑形镜的儿童能够更好地控制近视的发展^[9]。近视成像对于近视的早期发现、准确诊断、预测及治疗评估越来越重要。OCTA是一种执行高分辨率横断面成像的新型技术,它利用光的反射原理,通过检测生物组织中的微细血管结构,实现对活体组织内血管网络的实时、动态成像。OCTA技术具有较高的分辨率和深度分辨率,能够在无需染色的条件下,清晰显示视网膜及角膜等组织的微血管情况。OCTA可对近视引起的眼部组织(角膜、视网膜、脉络膜等)特征性变化进行成像,目前为眼科成像的最常用工具^[10]。本研究细致地探讨了不同类型角膜塑形镜(环曲面角膜塑形镜与球面角膜塑形镜)对青少年角膜地形图改变以及视网膜血管密度、厚度的影响,从而更全面地理解配戴角膜塑形镜后角膜和视网膜的变化特征。

角膜地形图能够精确地反映角膜的形态特征,不仅反映了角膜表面的形态,还与视力密切相关。研究发现,角膜地形图的对称性、规则性与视力存在一定的关联,对称性、规则性较好的角膜,视力往往较好;反之,则可能导致视力下降^[11]。Avek表明角膜中央区至周边屈光力变化规律,与角膜可塑性存在一定相关性,有研究发现,配戴角膜塑形镜前Avek越大表示可矫正的近视程度越高^[12]。SRI、SAI分别表示角膜表面规则程度及相隔180°等距离经线上对应点的屈光度差值加权综合^[13]。与本研究结果中,配戴后患者Avek明显降低,SRI、SAI均明显升高,说明配戴角膜塑形镜能够明显改善角膜形态,使角膜表面具有较高的对称性,并使中央区发生较规则性的变化。其可能是因为角膜塑形镜可根据角膜曲率的不同设计不同子午线曲率,使角膜表现与定位弧全面平行适配从而形成密闭空间,从而保证角膜形态能够更加科学合理^[14]。

近年来研究发现,视网膜在近视的发生、发展过程中起着重要作用^[15]。视网膜是一种复杂且高度专业化的神经组织,包括丰富的血管网络,能够为视网膜提供充足的营养及氧气。视网膜毛细血管网可分为浅层及深层,有研究发现,视网膜深层血管密度及浅层血管密度均与AL、中心凹无血管区面积(foveal avascular area,FAZ)等存在关系,且随着近视度数的增加,视网膜血管密度明显降低^[16]。黄斑为视网膜最敏感的部位,黄斑疾病会明显影响患者的视力及视觉质量。本研究结果发现,环曲面角膜塑形镜矫治近视后,视网膜浅层、深层血管密度的变化主要集中在黄斑中心区,而球面角膜塑形镜矫治近视后,视网膜浅层、深层血管密度的变化主要发生在黄斑旁中心区,说明视网膜不同区域可能对近视具有不同的控制程度。环曲面角膜塑形镜的设计主要是为了适应角膜散光,于它更好地适应角膜形态,可能会减少对视网膜的压迫和不良影响,从而有利于保持视网膜血管的正常密度和分布。近视本身会导致AL增长,视网膜被拉伸变薄,可能影响视网膜的血液循环和血管密度。因此,球面角膜塑形

镜在矫治近视的过程中,可能会间接影响视网膜的血管密度,尤其是在黄斑旁中心区,由于该区域视网膜相对较薄且血管分布较为稀疏,可能更容易受到近视发展的影响。由此可见环曲面角膜塑形镜可能更有利于保持视网膜血管的正常密度和分布,而球面角膜塑形镜在矫治近视的过程中可能会间接影响视网膜的血管密度,尤其是在黄斑旁中心区。然而,这些推测还需要进一步的研究来证实。

视网膜厚度可能对近视的发展产生一定影响,研究发现,近视患者视网膜明显变薄,其可能是因为近视患者眼球增大,AL延长,造成眼球直径超出正常极限,从而造成视网膜厚度变薄^[17]。据报道,角膜塑形镜可减缓AL增长速度,引起视网膜周边屈光度改变,而AL长度与视盘周放射状毛细血管血流密度呈负相关^[18]。另外一项研究发现,近视患者屈光度的增加与视网膜血流密度下降及厚度呈正相关,AL增长可能会造成视网膜变薄,从而引起视网膜的生理代谢量下降^[19]。本研究结果发现,配戴后黄斑全区、黄斑旁中心凹视网膜厚度明显增加。说明角膜塑形镜可增加视网膜厚度。分析原因可能为角膜塑形镜可利用其几何形态矫正角膜屈光度,避免AL增长速度过快,促进视网膜厚度及视网膜屈光力的改变,从而控制近视的发展^[20];此外角膜塑形镜主要作用于角膜并改变其形态和厚度,但这种变化可能通过眼内环境的整体改善间接影响视网膜的厚度,眼内压的变化和脉络膜血流的增加可能间接改善视网膜的血流灌注量。这有助于为视网膜细胞提供更多的营养物质和氧气,从而可能促进视网膜厚度的增加或保持其健康状态。另外,本研究结果发现,Avek与视网膜血管密度、厚度呈负相关,而SRI、SAI与视网膜血管密度、厚度呈正相关。分析原因,角膜塑形镜中央平坦周边陡峭,其特殊结构可促进角膜中心变平坦,以达到角膜塑形效果,另外,角膜塑形镜可引起屈光度区的改变,造成视网膜近视离焦,改善视网膜微循环,进而促进视网膜厚度的增加^[21]。本研究更细致地探讨了不同类型角膜塑形镜(环曲面角膜塑形镜与球面角膜塑形镜)对青少年角膜地形图改变以及视网膜血管密度、厚度的影响。与部分先前仅关注单一类型角膜塑形镜的研究相比^[22-23],本研究在样本选择和分组上更具多样性和针对性。此外,本研究还发现,环曲面角膜塑形镜和球面角膜塑形镜在改变视网膜血管密度和厚度方面存在不同的区域特异性,这一观察为理解角膜塑形镜对视网膜的影响提供了新视角。对于与其他研究结果的异同,可能的原因包括样本量、观察时间、患者年龄和近视程度等因素的差异。未来研究应进一步探讨这些因素对研究结果的影响,以验证和拓展本研究的发现。

综上所述,青少年近视患者配戴环曲面与球面角膜塑形镜后角膜地形图发生改变,视网膜血流密度及视网膜厚度明显增加,改善眼底血液循环,且角膜地形图改变与视网膜血流密度及视网膜厚度存在显著关系,对近视的控制有一定指导意义。尽管本研究取得了一定的成果,但仍存在一些不足之处:(1)本研究样本量相对较小,且观察时间较短,这可能限制了研究结果的普遍性和可靠性。未来研究应扩大样本量,延长观察时间,以更全面地评估角膜塑形镜对角膜地形图和视网膜血管密度、厚度的影响。(2)本研究主要关注了青少年近视患者,对于其他年龄段

或不同类型的近视患者是否适用,尚需进一步探讨。本研究的创新点在于:(1)通过对比环曲面角膜塑形镜和球面角膜塑形镜对角膜地形图和视网膜血管密度、厚度的影响,为理解角膜塑形镜的作用机制提供了新视角;(2)本研究采用 OCTA 技术,实现了对视网膜血管的分层评估,提高了研究的准确性和可靠性。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:李吉蓉论文选题与修改,初稿撰写;余静文献检索,数据分析;刘国立选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

- [1] 王仁威,周明军,伍晓艳,等. 中国儿童青少年近视防控政策的量化研究. 中国学校卫生, 2023,44(4):617-621.
- [2] Wu H, Peng TL, Zhou WH, et al. Choroidal vasculature act as predictive biomarkers of long-term ocular elongation in myopic children treated with orthokeratology: a prospective cohort study. *Eye Vis*, 2023, 10(1):27.
- [3] Lian Y, Lu WW, Xu AQ, et al. The correlation between modifications to corneal topography and changes in retinal vascular density and retinal thickness in myopic children after undergoing orthokeratology. *Front Med*, 2023,10:1166429.
- [4] 丁香英,鲁元媛,赵芳坤,等. 青少年低中度近视患者配戴角膜塑形镜前后黄斑部脉络膜厚度的变化. 中国医科大学学报, 2019,48(9):822-827.
- [5] 唐文婷,田美,张莉,等. 角膜塑形镜对近视青少年脉络膜厚度的影响研究. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2021,21(1):29-33.
- [6] Lei JQ, Pei C, Wen C, et al. Repeatability and reproducibility of quantification of superficial peri-papillary capillaries by four different optical coherence tomography angiography devices. *Sci Rep*, 2018, 8(1):17866.
- [7] 中国中西医结合学会,中华中医药学会,中华医学会. 儿童青少年近视中西医结合诊疗指南. 中华眼科杂志, 2024,60(1):13-34.
- [8] Zhao LH, Jing LL, Li J, et al. Changes in corneal densitometry after long-term orthokeratology for myopia and short-term discontinuation. *PLoS One*, 2022,17(2):e0263121.
- [9] Zereid FM, Osuagwu UL. Myopia and regional variations in retinal thickness in healthy eyes. *J Ophthalmic Vis Res*, 2020,15(2):178-186.

- [10] Chen ML, Zhao FN. Comparative study of macular vascular density and retinal thickness in myopia children with different microscope diopters based on OCTA. *Scanning*, 2022,2022:5038918.
- [11] Carracedo G, Espinosa-Vidal TM, Martínez-Alberquilla I, et al. The topographical effect of optical zone diameter in orthokeratology contact lenses in high myopes. *J Ophthalmol*, 2019,2019:1082472.
- [12] 徐倩,胡媛媛,温莹,等. 角膜 e 值对角膜塑形镜控制儿童青少年近视眼效果的影响. 中华眼科杂志, 2024,60(4):330-336.
- [13] Alipour F, Bazvand F, Jafari F, et al. Correlation between corneal topographic patterns and refractive status of the eye in an adult Iranian population: Tehran study. *J Curr Ophthalmol*, 2020,32(4):349-354.
- [14] 陈小玲,焦亚,贺文山,等. 光相干断层扫描血管成像对开角型青光眼患者视网膜血管密度和视网膜厚度的测量. 中华实验眼科杂志, 2020,38(5):396-401.
- [15] 王继文,邓锐东,陈子林. OCTA 检测青少年不同程度近视患者视网膜神经纤维层厚度和视乳头周围脉络膜毛细血管的微观结构改变. 临床和实验医学杂志, 2024,23(3):321-325.
- [16] Shi JH, Zhao YP, Liu G, et al. Changes of retinal vessel density in low to moderate myopic eyes with orthokeratology evaluated by optical coherence tomography angiography. *Int J Ophthalmol*, 2023, 16(9):1512-1520.
- [17] Tian FF, Zheng DQ, Zhang J, et al. Choroidal and retinal thickness and axial eye elongation in Chinese junior students. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021,62(9):26.
- [18] 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.
- [19] 孙沅,王健,孙沂,等. OCTA 用于检测不同屈光人群的黄斑区视网膜密度和厚度及其相关性分析. 现代生物医学进展, 2019,19(14):2797-2800.
- [20] 郭玉娟,杜玉芹,周跃华. 配戴角膜塑形镜后光学治疗区偏心对视网膜离焦量的影响. 国际眼科杂志, 2023,23(10):1638-1642.
- [21] Wang XQ, Chen M, Zeng LZ, et al. Investigation of retinal microvasculature and choriocapillaris in adolescent myopic patients with astigmatism undergoing orthokeratology. *BMC Ophthalmol*, 2022,22(1):382.
- [22] 唐琴,熊洁,李尚鹏,等. 角膜塑形镜对青少年泪膜高度和泪膜破裂时间的影响研究. 重庆医学, 2023,52(14):2089-2093.
- [23] 闫斌娟,周超. 青少年近视配戴角膜塑形镜后的疗效分析. 重庆医科大学学报, 2023,48(2):201-204.