

基于 OCTA 的单眼近视患儿黄斑区视网膜毛细血管血流密度及厚度分析

徐珊珊, 陈一芳, 端宁茜, 蒋沁, 徐英男

引用:徐珊珊, 陈一芳, 端宁茜, 等. 基于 OCTA 的单眼近视患儿黄斑区视网膜毛细血管血流密度及厚度分析. 国际眼科杂志 2022;22(6):926-930

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No.82070983);南京医科大学科技发展基金项目(No.NMUB20210344)

作者单位:(210000)中国江苏省南京市,南京医科大学附属眼科医院

作者简介:徐珊珊,毕业于南京医科大学,硕士研究生,视光师,研究方向:视光学。

通讯作者:徐英男,毕业于潍坊医学院,硕士研究生,主治医师,研究方向:角膜病、视光学. xyn20051151187@163.com

收稿日期:2021-08-09 修回日期:2022-05-12

摘要

目的:应用光学相干断层扫描血管成像技术(OCTA)观察单眼近视患儿黄斑区视网膜毛细血管血流密度及各层视网膜厚度,并探讨上述视网膜参数与眼轴长度(AL)之间的关系。

方法:横断面研究。选取2020-11/2021-04于南京医科大学眼科医院就诊的单眼近视患儿32例64眼,平均年龄 10.88 ± 2.34 岁。根据患儿的等效球镜度(SER)分组, $SER \leq -0.75D$ 纳入近视组,平均 $SER -2.15 \pm 1.10D$;对侧健眼纳入非近视组,平均 $SER 0.01 \pm 0.48D$ 。所有患儿均行眼科一般检查并采用OCTA检查黄斑区浅层视网膜毛细血管(SCP)血流密度、深层视网膜毛细血管(DCP)血流密度及各层视网膜厚度。

结果:近视组UCVA低于非近视组, SER、AL高于非近视组(均 $P < 0.01$),眼压、角膜平坦K值无差异(均 $P > 0.05$)。近视组黄斑区上方SCP血流密度及黄斑中心凹DCP血流密度明显大于非近视组($P = 0.029, 0.010$),余区域视网膜毛细血管血流密度无差异(均 $P > 0.05$)。除中心凹以外,近视组黄斑区颞侧、上方、鼻侧及下方的全层视网膜厚度均明显低于非近视组(均 $P < 0.01$)。近视组黄斑区颞侧内层视网膜厚度略低于非近视组($P = 0.043$)。近视组黄斑中心凹、黄斑区颞侧、上方、鼻侧及下方的外层视网膜厚度均明显小于非近视组(均 $P < 0.05$)。Pearson相关分析显示,黄斑中心凹SCP、DCP血流密度与AL呈正相关($r = 0.432, 0.541$, 均 $P < 0.01$)。黄斑中心凹、黄斑区颞侧、上方、鼻侧及下方内层视网膜厚度与AL呈正相关($r = 0.452, 0.389, 0.313, 0.401, 0.445$, 均 $P < 0.05$)。黄斑区上方、鼻侧及下方外层视网膜厚度与AL呈负相关($r = -0.308, -0.309, -0.330$, 均 $P < 0.05$)。

结论:单眼近视患儿近视眼黄斑区上方SCP及中心凹DCP呈代偿性血流密度升高状态;除中心凹以外,黄斑区全层视网膜厚度显著降低。AL延长与黄斑区内层视网膜

厚度增加,上方、鼻侧及下方外层视网膜厚度变薄相关。

关键词:单眼近视;浅层视网膜毛细血管血流密度;深层视网膜毛细血管血流密度;视网膜厚度;眼轴长度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.6.08

Analysis of vascular density and thickness in macular retina of monocular myopic adolescents using OCTA

Shan-Shan Xu, Yi-Fang Chen, Ning-Xi Duan, Qin Jiang, Ying-Nan Xu

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No.82070983); Science and Technology Development Foundation of Nanjing Medical University (No.NMUB20210344)

The Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210000, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Ying-Nan Xu. The Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University, Nanjing 210000, Jiangsu Province, China. xyn20051151187@163.com

Received: 2021-08-09 Accepted: 2022-05-12

Abstract

• **AIM:** To observe the macular retinal microvascular density and thickness of each retinal layer in children with monocular myopia by optical coherence tomography angiography (OCTA). Meanwhile, the correlation with the above-mentioned retinal parameters and axial length (AL) were analyzed.

• **METHODS:** A cross-sectional study. A total of 32 children (64 eyes) with monocular myopia who were treated at the Affiliated Eye Hospital of Nanjing Medical University from November 2020 to April 2021 were selected, with an average age of 10.88 ± 2.34 years old. According to the spherical equivalent refraction (SER) of the children, $SER \leq -0.75D$ was included in the myopia group, with an average SER of $-2.15 \pm 1.10D$; The contralateral healthy eye was included in the non-myopia group, with an average SER of $0.01 \pm 0.48D$. All participants underwent general ophthalmic examination and OCTA was performed to measure the blood flow density of superficial retinal capillaries (SCP), deep retinal capillaries (DCP) blood flow density and the thickness of each retinal layer in the macular region.

• **RESULTS:** The uncorrected visual acuity (UCVA) of the myopia group was lower than that of the non-myopia group, the SER and AL were higher than those of the non-myopia group (all $P < 0.01$), and there was no

difference in intraocular pressure and corneal flatness K value (all $P > 0.05$). The blood flow density of SCP above the macular area and the DCP blood flow density of the fovea in the myopia group were significantly higher than those in the non-myopia group ($P = 0.029, 0.010$), and there was no difference in the blood flow density of retinal capillaries in other regions (all $P > 0.05$). Except for the fovea, the whole retinal thickness of myopia group in temporal, superior, nasal and inferior regions was significantly lower than those in the control group (all $P < 0.01$). The temporal inner retinal thickness of the macular region in the myopia group was slightly lower than that in the non-myopia group ($P = 0.043$). The macular fovea and the outer retinal thickness of the temporal, superior, nasal and inferior macular areas in the myopia group were significantly smaller than those in the non-myopia group (all $P < 0.05$). Pearson correlation analysis showed that foveal SCP and DCP blood flow density were positively correlated with AL ($r = 0.432, 0.541$, all $P < 0.01$). AL was significantly positive correlated with inner retinal thickness in macular central, temporal, superior, nasal and inferior regions ($r = 0.452, 0.389, 0.313, 0.401, 0.445$, all $P < 0.05$). AL was negative correlated with outer retinal thickness in superior, nasal and inferior regions ($r = -0.308, -0.309, -0.330$, all $P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** There was a compensated increase of blood flow density in superior SCP and macular central DCP of the myopic eyes in unilateral myopic children. The full-thickness retinal thickness was significantly reduced in the macular region, except for the fovea. The AL elongation was related to the thickening of the inner retina, as well as the thinning in the superior, nasal, and inferior regions of outer retina.

• **KEYWORDS:** monocular myopia; superficial retinal capillaries blood flow density; deep retinal capillaries blood flow density; retina thickness; axial length

Citation: Xu SS, Chen YF, Duan NX, *et al.* Analysis of vascular density and thickness in macular retina of monocular myopic adolescents using OCTA. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22(6):926-930

0 引言

近年来,青少年儿童近视患病率急剧上升^[1-2]。近视性黄斑病变、青光眼、白内障等近视相关并发症是导致患儿视力损害的主要原因。近视已经成为影响青少年眼健康的重大公共卫生问题,青少年近视防控刻不容缓。眼轴长度(axial length, AL)过度延长、眼球壁向外扩张是近视进展的关键^[3-4]。多项研究表明黄斑区视网膜毛细血管系统的改变,如血管层厚度下降、血管密度降低,与 AL 延长高度相关^[5-7]。这提示我们视网膜毛细血管系统的改变可能在近视过程中发挥重要作用,并且与 AL 的改变有一定的相关性。但既往研究主要针对双眼近视患儿,对单眼近视患儿眼底视网膜毛细血管血流密度和厚度的研究鲜有报道。

光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)作为一种新型、无创、可快速成像的眼底检查方法,可自动分层量化视网膜毛细血管

血流密度及厚度,分辨率高、重复性好^[8-10],是观察眼底视网膜毛细血管血流情况的良好手段。因此,本研究选取 2020-11/2021-04 于本院角膜塑形镜专科就诊的单眼近视患儿进行自身对照研究,收集入组患儿双眼基本生物学参数,比较双眼黄斑区浅层、深层视网膜毛细血管血流密度及各亚层视网膜厚度,分析黄斑区视网膜毛细血管血流密度及厚度与 AL 的相关性,旨在为进一步了解近视发病机制提供理论依据。

1 对象和方法

1.1 对象 横断面研究。选择 2020-11/2021-04 于我院角膜塑形镜专科就诊的单眼近视患儿 32 例 64 眼。纳入标准:(1)患儿初次验配角膜塑形镜;(2)年龄:8~16 岁;(3)患儿单眼近视,另一眼为远视或正视;(4)最佳矫正视力 ≥ 1.0 ;(5)眼压:10~21mmHg。排除标准:(1)患儿有眼部手术史或外伤史;(2)有影响视力或眼部血液循环的疾病;(3)有斜视或弱视;(4)既往或正在应用延缓近视进展的药物或仪器;(5)无法固视视标,无法获取清晰视网膜结构。本研究经本院伦理委员会审批通过,并遵循《赫尔辛基宣言》,患儿及监护人均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 常规检查 每位患儿均接受详细的眼科检查,包括裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、裂隙灯显微镜、眼压、角膜地形图、白到白角膜直径(white-to-white corneal diameter, WTW)、最薄角膜厚度(minimum corneal thickness, MCT)、医学验光、角膜内皮细胞计数、AL、广角眼底照相。

1.2.2 OCTA 检查 采用 OCTA 行黄斑区视网膜检测。检查过程中嘱患儿注视蓝色光标,开启眼球运动追踪模式,选取黄斑区 3mm×3mm 范围进行扫描,并进行运动校正,保存扫描质量 $>(6/10)$ 的图像。根据 ETDRS 分区,以黄斑中心凹为圆点,分别是直径为 1mm 的黄斑中心凹区及直径 1~3mm 的外环区。两条放射线将外环区分为黄斑区鼻侧、颞侧、上方、下方 4 个亚区。

利用 OCTA 系统自带软件对视网膜分层,记录黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积、周长(PERIM)、非圆指数(AI)、拱环外 300 μ m 同心圆内血流密度(FD-300)、浅层视网膜毛细血管(superficial capillary plexus, SCP)血流密度、深层视网膜毛细血管(deep capillary plexus, DCP)血流密度、全层视网膜厚度、内层视网膜厚度、外层视网膜厚度等参数。其中,SCP 指内界膜(internal limiting membrane, ILM)到内丛状层(inner plexiform layer, IPL)上 10 μ m;DCP 指 IPL 上 10 μ m 至外丛状层(outer plexiform layer, OPL)下 10 μ m;全层视网膜指 ILM 到视网膜色素上皮层(retinal pigment epithelium, RPE);内层视网膜指 ILM 至 IPL;外层视网膜指 IPL 至 RPE。OCTA 检查生成的近视眼和非近视眼黄斑区 SCP、DCP en face 图和血流密度图以及 B-scan 扫描图,见图 1~3。本文基于全层视网膜毛细血管对 FAZ 进行统计。

统计学分析:采用 SPSS 23.0 统计学软件进行数据分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 法对计量资料进行正态性检验。本研究所有计量资料均满足正态分布,故采用均数 \pm 标准差形式记录。计量资料采用配对样本 t 检验。采用 Pearson 相关分析视网膜毛细血管血流密度及厚度与 AL 的相关性。所有检验均为双侧检验, $P < 0.05$ 表示差异有统计学意义。

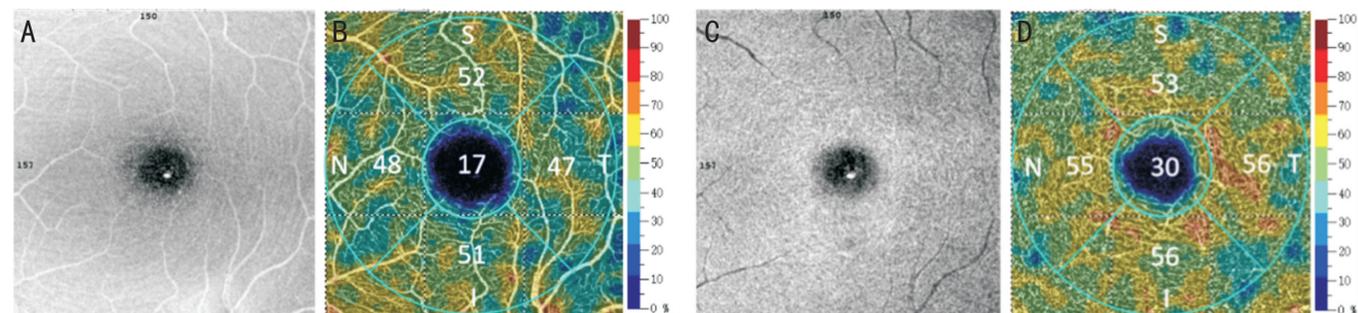


图1 近视眼 OCTA 生成的黄斑区视网膜毛细血管血流密度图 A: SCP en face 图; B: SCP 血流密度图; C: DCP en face 图; D: DCP 血流密度图。

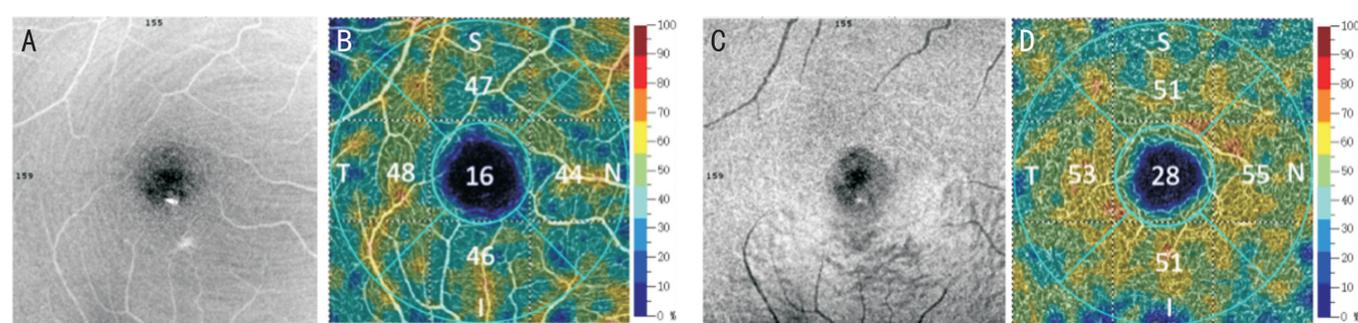


图2 非近视眼 OCTA 生成的黄斑区视网膜毛细血管血流密度图 A: SCP en face 图; B: SCP 血流密度图; C: DCP en face 图; D: DCP 血流密度图。

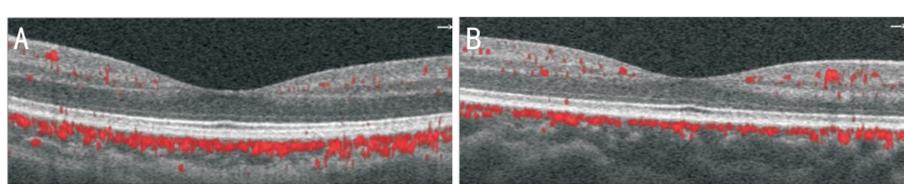


图3 近视眼和非近视眼 OCTA B-scan 扫描生成的黄斑区视网膜结构图 A: 近视眼; B: 非近视眼。

2 结果

2.1 纳入患儿基本资料比较 本研究共纳入单眼近视患儿 32 例 64 眼, 其中男 15 例, 女 17 例, 初诊年龄 8~16 (平均 10.88 ± 2.34) 岁。入组患儿双眼按 SER 进行分组, $SER \leq -0.75D$ 纳入近视组, 平均 $SER -2.15 \pm 1.10D$; 对侧健眼纳入非近视组, 平均 $SER 0.01 \pm 0.48D$ 。基本资料显示, 近视组 UCVA 明显低于非近视组, 差异有统计学意义 ($P < 0.01$), 近视组 SER、AL 明显高于非近视组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)。两组患儿其余指标比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 1。

2.2 两组黄斑区 FAZ 面积和 PERIM 及 AI 与 FD-300 参数比较 近视组与非近视组黄斑区 FAZ 面积、PERIM、AI、FD-300 比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 2。

2.3 两组黄斑区 SCP 和 DCP 血流密度比较 近视组黄斑区上方 SCP 血流密度大于非近视组, 差异有统计学意义 ($P = 0.029$), 余区域黄斑区 SCP 血流密度比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。近视组黄斑中心凹 DCP 血流密度明显大于非近视组, 差异有统计学意义 ($P = 0.010$), 余区域黄斑区 DCP 血流密度比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$), 见表 3。

2.4 两组黄斑区全层和内层及外层视网膜厚度比较 除黄斑中心凹以外, 近视组黄斑区颞侧、上方、鼻侧及下方全层视网膜厚度均明显小于非近视组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.01$)。近视组黄斑区颞侧内层视网膜厚度略低于非近视组, 差异有统计学意义 ($P = 0.043$), 余区域黄斑区内

层视网膜厚度比较差异均无统计学意义 ($P > 0.05$)。近视组黄斑中心凹、黄斑区颞侧、上方、鼻侧及下方的外层视网膜厚度均明显小于非近视组, 差异均有统计学意义 ($P < 0.05$), 见表 4。

2.5 AL 与 OCTA 各参数的相关性分析 相关性分析显示, 黄斑中心凹 SCP、DCP 血流密度与 AL 呈显著正相关 ($r = 0.432, 0.541$, 均 $P < 0.01$), 下方黄斑区 DCP 血流密度与 AL 呈负相关 ($r = -0.272, P = 0.030$), 余区域视网膜血流密度与 AL 未见明显相关性 (均 $P > 0.05$)。

黄斑中心凹、黄斑区颞侧、上方、鼻侧及下方内层视网膜厚度与 AL 呈显著正相关 ($r = 0.452, 0.389, 0.313, 0.401, 0.445$, 均 $P < 0.05$)。黄斑区上方、鼻侧及下方外层视网膜厚度与 AL 呈显著负相关 ($r = -0.308, -0.309, -0.330$, 均 $P < 0.05$), 余区域外层视网膜厚度与 AL 未呈明显相关性 (均 $P > 0.05$)。

3 讨论

近视是导致青少年视力障碍的首要病因^[11]。近视眼 AL 延长, 眼球壁机械性牵拉, 可导致眼底视网膜毛细血管密度、结构等发生一系列改变^[12-13]。由于视网膜毛细血管成像困难, 既往关于眼底视网膜血流与近视发展的相关研究进展缓慢。OCTA 作为一种新型、非侵入性成像技术, 可量化分析视网膜毛细血管密度及各层厚度, 是观察眼底视网膜血流情况的理想手段。本研究利用 OCTA 观察单眼近视患儿双眼黄斑区视网膜毛细血管血流密度及各层厚度, 并分析它们与 AL 之间的相关性。另外, 本次

表 1 纳入患儿基本资料比较

指标	近视组	非近视组	<i>t</i>	<i>P</i>
近视程度较高眼别(眼,%)				
右眼	14(44)	-		
左眼	18(56)	-		
UCVA($\bar{x}\pm s$, LogMAR)	0.58±0.26	0.05±0.09	10.944	<0.01
SER($\bar{x}\pm s$, D)	-2.15±1.10	0.01±0.48	-10.000	<0.01
WTW($\bar{x}\pm s$, mm)	11.76±0.41	11.76±0.42	-0.571	0.572
MCT($\bar{x}\pm s$, μm)	555.34±30.25	554.44±28.08	0.621	0.539
角膜平坦 K 值($\bar{x}\pm s$, D)	42.22±1.44	42.17±1.46	1.513	0.140
角膜陡峭 K 值($\bar{x}\pm s$, D)	43.30±1.55	43.41±1.62	-1.639	0.111
角膜内皮细胞密度($\bar{x}\pm s$, cells/mm ²)	3022.56±302.97	3044.09±275.97	-0.745	0.462
眼压($\bar{x}\pm s$, mmHg)	16.94±2.21	17.00±2.81	-0.175	0.862
AL($\bar{x}\pm s$, mm)	24.78±0.92	23.84±0.79	9.984	<0.01

表 2 两组黄斑区 FAZ 面积、PERIM、AI、FD-300 参数比较

组别	眼数	FAZ 面积(mm ²)	PERIM(mm)	AI	FD-300(%)	$\bar{x}\pm s$
近视组	32	0.28±0.10	2.04±0.38	1.12±0.04	50.39±2.63	
非近视组	32	0.28±0.11	2.10±0.47	1.12±0.04	49.68±3.84	
<i>t</i>		-1.432	-1.815	-0.325	1.382	
<i>P</i>		0.162	0.079	0.747	0.177	

表 3 两组黄斑区 SCP 和 DCP 血流密度比较 ($\bar{x}\pm s$, %)

指标	近视组	非近视组	<i>t</i>	<i>P</i>
SCP 血流密度				
黄斑中心凹	19.21±6.61	19.04±4.92	0.226	0.823
颞侧	48.02±2.28	47.68±2.89	0.756	0.455
上方	51.06±2.11	49.82±3.11	2.292	0.029
鼻侧	48.91±2.23	48.23±2.89	1.283	0.209
下方	50.66±3.46	50.28±3.15	0.694	0.493
DCP 血流密度				
黄斑中心凹	34.30±7.23	32.83±6.75	2.729	0.010
颞侧	53.90±2.61	53.99±3.07	-0.141	0.889
上方	53.21±2.72	53.19±3.18	0.024	0.981
鼻侧	54.07±2.51	53.98±2.90	0.147	0.884
下方	52.16±3.38	52.46±2.93	-0.412	0.683

表 4 两组黄斑区全层和内层及外层视网膜厚度比较

项目/区域	近视组	非近视组	<i>t</i>	<i>P</i>	($\bar{x}\pm s$, μm)
全层					
黄斑中心凹	249.44±23.88	247.19±17.57	0.740	0.465	
颞侧	310.69±10.05	315.94±11.24	-5.382	<0.01	
上方	325.09±11.57	330.03±12.05	-5.764	<0.01	
鼻侧	323.53±11.43	329.06±11.86	-7.525	<0.01	
下方	319.81±10.91	324.78±10.51	-4.493	<0.01	
内层					
黄斑中心凹	47.75±8.27	47.41±8.44	1.036	0.308	
颞侧	103.19±5.67	103.88±6.12	-2.114	0.043	
上方	114.59±6.65	114.63±6.21	-0.083	0.934	
鼻侧	111.38±7.10	111.63±6.41	-0.701	0.488	
下方	115.66±6.23	115.06±5.79	1.174	0.249	
外层					
黄斑中心凹	203.22±10.30	204.47±10.75	-2.461	0.020	
颞侧	206.97±6.91	211.38±7.72	-5.734	<0.01	
上方	209.50±7.49	214.56±7.93	-7.551	<0.01	
鼻侧	211.63±7.73	216.97±8.19	-7.594	<0.01	
下方	203.34±7.39	208.72±7.75	-5.206	<0.01	

研究以单眼近视患儿为自身对照,遗传、近距离用眼时间、环境等近视诱发因素可得到很好的控制,可减少个体差异导致的偏倚,结果可信度较高。

视网膜由 ILM、IPL、OPL 等 10 层结构组成,视网膜毛细血管主要分布在内五层,视网膜外五层基本为无血管区域^[14]。视网膜内五层自周边向黄斑中心凹逐渐变薄、消失,形成 FAZ。FAZ 是形成眼部敏锐视功能的重要区域,FAZ 相关参数可反映黄斑区血流灌注情况,是疾病早期的可靠观测指标^[15]。本研究中,入组患儿双眼黄斑区 FAZ、PERIM、FD-300 等参数未见明显差异。这一结果提示,尚未出现明显退行性病变的近视眼,早期视网膜血管可自我代偿维持其营养供应,以保证黄斑区视网膜功能正常。

随着近视度数增加、AL 延长,尚未发生眼底病变的视网膜血管已经有所改变^[16]。因此研究 SCP、DCP 血流密度在近视早期的变化,有助于了解近视发病机制,对近视

防控工作有重要意义。但是目前针对不同近视患者 SCP、DCP 血流密度变化的研究仍存在很多争议。Yang 等^[17]研究发现,随着近视度数加深,患者黄斑区 SCP 和 DCP 血流密度均明显下降。谭亮章等^[18]对双眼近视性屈光参差患者进行研究发现,长 AL 眼黄斑区上半区、下半区、旁中心凹浅层视网膜血流密度明显大于对侧眼。鲁伟聪等^[19]研究结果显示,仅黄斑中心凹视网膜血管密度与近视屈光度、AL 呈弱正相关,余区域参数与屈光度、AL 未呈明显相关性。而本研究中,近视眼黄斑区上方 SCP 及黄斑中心

凹 DCP 血流密度明显高于对侧眼,有统计学差异。上述研究结果不一致,推测可能与研究对象年龄、屈光度、AL 范围不同;黄斑区分区量化方法不同等有关。

随着近视发展,视网膜厚度明显下降^[20-21]。本研究根据 EDTRS 法对视网膜进行分区,采用软件自带视网膜分层方法,观察两组黄斑区视网膜各亚层、各分区的厚度差异。研究显示,近视眼黄斑区颞侧、上方、鼻侧、下方全层视网膜厚度均明显低于对侧眼,黄斑中心凹全层视网膜厚度未见明显差异。推测是机体在近视进展过程中,可能通过损害旁中心视网膜以维持黄斑中心凹视网膜结构,进而保证中心凹视功能正常。值得注意的是,本研究还发现近视眼黄斑区内层视网膜厚度中,仅颞侧视网膜厚度小于对侧眼;而近视眼黄斑区外层视网膜各分区厚度均明显小于对侧眼,提示近视进展过程中,随着眼球扩张、AL 延长,视网膜外层变薄先于内层。

本研究进一步分析了各区 SCP 血流密度、DCP 血流密度、内层视网膜厚度以及外层视网膜厚度与 AL 的相关性。研究发现,黄斑中心凹 SCP、DCP 血流密度与 AL 呈显著正相关,与黄灿凤等^[22]的研究结果一致。但 Venkatesh 等^[23]研究显示,DCP 血流密度与 AL 呈显著正相关,而 SCP 血流密度与 AL 不具有相关性。推测研究结果不一致的可能原因有研究对象屈光差异,仪器对视网膜血管分层差异等。此外,本研究还发现黄斑区内层视网膜厚度与 AL 呈显著正相关,黄斑区上方、鼻侧、下方外层视网膜厚度与 AL 呈显著负相关。既往研究表明,内层视网膜氧供主要由浅层视网膜毛细血管网负责,外层视网膜氧供由深层视网膜毛细血管和脉络膜血管共同负责^[14,24]。上述研究结果提示,近视进展过程中,随着 AL 增长,视网膜、脉络膜微循环系统可能显示不同的代偿状态,影响其负责的视网膜亚层,进而影响视网膜组织结构与功能。

综上所述,本研究首次发现单眼近视患儿近视眼黄斑区上方 SCP 血流及黄斑中心凹 DCP 血流呈代偿性密度上升状态。此外,AL 延长与黄斑区内层视网膜厚度增加,黄斑区鼻侧、上方及下方外层视网膜厚度下降相关。提示视网膜、脉络膜毛细血管系统在近视早期可能发挥不同的作用。但本研究样本量较少且未能分析患儿脉络膜组织相关参数。因此,后期仍需扩大样本量,进一步分析视网膜、脉络膜相关参数在近视进展中的变化及它们间的交互作用,以期对近视发病机制的研究提供更多的数据支撑。

参考文献

- 1 Dolgin E. The myopia boom. *Nature* 2015;519(7543):276-278
- 2 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
- 3 Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, et al. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(6):2510-2519
- 4 Rozema J, Dankert S, Iribarren R, et al. Axial growth and lens power loss at myopia onset in Singaporean children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60(8):3091-3099
- 5 Li M, Yang Y, Jiang H, et al. Retinal microvascular network and

- microcirculation assessments in high myopia. *Am J Ophthalmol* 2017;174:56-67
- 6 He J, Chen Q, Yin Y, et al. Association between retinal microvasculature and optic disc alterations in high myopia. *Eye (Lond)* 2019;33(9):1494-1503
- 7 仇长宇, 石圆圆, 宫玉波, 等. OCTA 在青少年眼底检查及其与眼轴关系研究中的应用. *国际眼科杂志* 2019;19(6):1086-1088
- 8 Laíns I, Wang JC, Cui Y, et al. Retinal applications of swept source optical coherence tomography (OCT) and optical coherence tomography angiography (OCTA). *Prog Retin Eye Res* 2021;84:100951
- 9 Lin FB, Li F, Gao K, et al. Longitudinal changes in macular optical coherence tomography angiography metrics in primary open-angle glaucoma with high myopia: a prospective study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021;62(1):30
- 10 Choi WJ. Imaging motion: a comprehensive review of optical coherence tomography angiography. *Adv Exp Med Biol* 2021;1310:343-365
- 11 Holden B, Sankaridurg P, Smith E, et al. Myopia, an underrated global challenge to vision: where the current data takes us on myopia control. *Eye (Lond)* 2014;28(2):142-146
- 12 Cheng D, Chen Q, Wu YF, et al. Deep perifoveal vessel density as an indicator of capillary loss in high myopia. *Eye (Lond)* 2019;33(12):1961-1968
- 13 Jonas JB, Wang YX, Dong L, et al. Advances in myopia research anatomical findings in highly myopic eyes. *Eye Vis (Lond)* 2020;7:45
- 14 罗金香, 肖满意, 段宜初. OCTA 在评估高度近视眼底形态及血流变化中应用的研究进展. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2020;22(10):789-795
- 15 Kim K, Kim ES, Yu SY. Optical coherence tomography angiography analysis of foveal microvascular changes and inner retinal layer thinning in patients with diabetes. *Br J Ophthalmol* 2018;102(9):1226-1231
- 16 Wang XL, Kong XM, Jiang CH, et al. Is the peripapillary retinal perfusion related to myopia in healthy eyes? A prospective comparative study. *BMJ Open* 2016;6(3):e010791
- 17 Yang DW, Cao D, Zhang L, et al. Macular and peripapillary vessel density in myopic eyes of young Chinese adults. *Clin Exp Optom* 2020;103(6):830-837
- 18 谭亮章, 田芳, 张红. 基于 OCTA 的近视性屈光参差患者黄斑区血流密度及视网膜厚度分析. *眼科新进展* 2020;40(3):268-271
- 19 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. *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2019;21(8):608-613
- 20 Ismael ZF, El-Shazly AAEF, Farweez YA, et al. Relationship between functional and structural retinal changes in myopic eyes. *Clin Exp Optom* 2017;100(6):695-703
- 21 Read SA, Alonso-Caneiro D, Vincent SJ. Longitudinal changes in macular retinal layer thickness in pediatric populations: Myopic vs non-myopic eyes. *PLoS One* 2017;12(6):e0180462
- 22 黄灿凤, 徐国兴. 屈光参差患者双眼血管密度与视网膜厚度的相关性研究. *国际眼科杂志* 2020;20(6):1022-1026
- 23 Venkatesh R, Sinha S, Gangadharaiiah D, et al. Retinal structural-vascular-functional relationship using optical coherence tomography and optical coherence tomography - angiography in myopia. *Eye Vis (Lond)* 2019;6:8
- 24 Scarinci F, Varano M, Parravano M. Retinal sensitivity loss correlates with deep capillary plexus impairment in diabetic macular ischemia. *J Ophthalmol* 2019;2019:7589841