

# 不同屈光度近视青少年儿童黄斑区血管密度和视网膜厚度的比较

刘玉婷, 雷颖庆, 田敏, 唐敏, 段成霞, 吕红彬

引用: 刘玉婷, 雷颖庆, 田敏, 等. 不同屈光度近视青少年儿童黄斑区血管密度和视网膜厚度的比较. 国际眼科杂志 2021; 21(5): 789-795

基金项目: 四川省科技厅资助项目 (No.2020JDKP0072); 四川省卫健委资助项目 (No.20PJ135); 西南医科大学科研项目 (No.2019ZQN040); 泸州市校联合科研项目 (No.2017LZXNYD-J01)  
作者单位: (646000) 中国四川省泸州市, 西南医科大学附属医院眼科

作者简介: 刘玉婷, 西南医科大学在读硕士研究生, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 吕红彬, 博士, 教授, 主任医师, 研究方向: 眼底病. [oculistlvhongbin@163.com](mailto:oculistlvhongbin@163.com)

收稿日期: 2020-10-14 修回日期: 2021-04-07

## 摘要

目的: 通过光学相干断层扫描血管成像技术 (OCTA) 观察与比较不同屈光度近视青少年儿童黄斑区血管密度和视网膜厚度的变化, 并探讨其相关性。

方法: 前瞻性横断面研究。纳入 6~18 岁青少年儿童 115 例 230 眼。根据等效球镜度数 (SE) 分为 4 组: 正视组 16 例 32 眼, 低度近视组 47 例 94 眼, 中度近视组 34 例 68 眼, 高度近视组 18 例 36 眼。RTVueXR 扫描黄斑区 6mm×6mm 范围, 系统自动分区, 分为以黄斑中心小凹为中心, 直径分别为 1mm 的中心凹 (fovea) 环、1~3mm 的内环 (parafovea)、3~6mm 的外环 (perifovea), 且每个圆环被进一步划分为颞 (T)、上 (S)、鼻 (N)、下 (I) 4 个象限, 定量分析各分区浅层、深层毛细血管密度和视网膜厚度。

结果: 正视、低度、中度和高度近视组黄斑区整体浅层毛细血管密度依次显著减低, 分别为 (44.4±3.5)%、(44.8±3.8)%、(44.3±3.8)%、(42.6±4.5)% ( $F=2.963, P=0.033$ ), 内环颞侧浅层毛细血管密度分别为 (46.1±3.5)%、(46.8±5.1)%、(46.2±4.3)%、(43.8±5.5)% ( $F=3.436, P=0.018$ ); 四组黄斑区整体深层毛细血管密度随着近视度数增加亦显著降低, 分别为 (49.9±4.1)%、(48.4±4.7)%、(47.9±5.5)%、(45.3±4.7)% ( $F=4.806, P=0.003$ ), 外环深层毛细血管密度分别为 (49±4.4)%、(47.2±5.2)%、(46.6±6)%、(43.6±5.1)% ( $F=5.495, P=0.001$ )。四组黄斑区整体视网膜厚度分别为 293.9±12.9、295.5±13.0、290.9±12.0、284.5±10.7 $\mu\text{m}$  ( $F=6.606, P<0.001$ )。内环颞侧、鼻侧浅层毛细血管密度与 SE 呈正相关 ( $r=0.221, 0.219, P=0.001, 0.001$ ), 外环颞侧、上方、鼻侧、下方深层毛细血管密度与 SE 呈正相关 ( $r=0.172, 0.200, 0.250, 0.296, P=0.011, 0.003, <0.001, <0.001$ ); 黄斑区除中心凹外其余区域视网膜厚度与 SE 均呈正相关 ( $P<0.05$ )。

结论: 随着青少年儿童近视度数的增加, 黄斑区浅层毛细血管密度降低, 以内环颞侧为甚; 深层毛细血管密度降低, 以外环范围内为甚; 视网膜厚度降低, 以内环和外环范围为甚。青少年儿童近视随着屈光度增加, 会导致黄斑区结构和血流循环的变化, 在高度近视眼中改变尤为显著。

关键词: 光学相干断层扫描血管成像技术; 近视; 黄斑; 毛细血管密度; 视网膜厚度; 儿童

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2021.5.08

## Comparison of macular vascular density and retinal thickness in children with different degrees of myopia

Yu-Ting Liu, Ying-Qing Lei, Min Tian, Min Tang, Cheng-Xia Duan, Hong-Bin Lyu

Foundation items: Project of Sichuan Provincial Science and Technology Department (No.2020JDKP0072); Project of Health Commission of Sichuan Province (No.20PJ135); Project of Southwest Medical University (No.2019ZQN040); Project of Luzhou scientific research (No.2017LZXNYD-J01)

Department of Ophthalmology, the Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China

Correspondence to: Hong-Bin Lyu. Department of Ophthalmology, the Affiliated Hospital of Southwest Medical University, Luzhou 646000, Sichuan Province, China. [oculistlvhongbin@163.com](mailto:oculistlvhongbin@163.com)

Received: 2020-10-14 Accepted: 2021-04-07

## Abstract

• AIM: To observe and compare the changes of macular vascular density and retinal thickness in children and adolescents with different degrees using optical coherence tomography angiography (OCTA), then analyze their correlation.

• METHODS: Our prospective cross-sectional study included 230 eyes of 115 children and adolescents aged 6-18a. According to spherical equivalent power (SE), they were divided into four groups: emmetropia group (32 eyes of 16 cases), mild myopia group (94 eyes of 47 cases), moderate myopia group (68 eyes of 34 cases), and high myopia group (36 eyes of 18 cases). Using RTVue XR scans of the 6mm×6mm region of the macula, the system automatically divided it into three rings: 1mm (fovea) ring, 1mm-3mm (parafovea) ring, and 3mm-6mm (perifovea) ring. And each ring was further divided into four quadrants: temporal (T), superior (S), nasal (N), and inferior (I). Quantitatively analysis was

performed for the superficial and deep capillary densities and retinal thickness of each sector.

• **RESULTS:** The superficial capillary density in the macula was in turn significantly decreased as in emmetropia ( $44.4 \pm 3.5$ )%, mild myopia ( $44.8 \pm 3.8$ )%, moderate myopia ( $44.3 \pm 3.8$ )%, and high myopia ( $42.6 \pm 4.5$ )% groups ( $F = 2.963, P = 0.033$ ). The superficial capillary density of parafovea's temporal side were ( $46.1 \pm 3.5$ )%, ( $46.8 \pm 5.1$ )%, ( $46.2 \pm 4.3$ )%, and ( $43.8 \pm 5.5$ )% in the four groups, respectively ( $F = 3.436, P = 0.018$ ). Similarly, the deep capillary density of the four groups was ( $49.9 \pm 4.1$ )%, ( $48.4 \pm 4.7$ )%, ( $47.9 \pm 5.5$ )%, and ( $45.3 \pm 4.7$ )%, respectively ( $F = 4.806, P = 0.003$ ). The deep capillary density of the perifovea was ( $49 \pm 4.4$ )%, ( $47.2 \pm 5.2$ )%, ( $46.6 \pm 6$ )%, and ( $43.6 \pm 5.1$ )% in the 4 groups, respectively ( $F = 5.495, P = 0.001$ ). The retinal thickness of the four groups was  $293.9 \pm 12.9$ ,  $295.5 \pm 13.0$ ,  $290.9 \pm 12.0$ , and  $284.5 \pm 10.7 \mu\text{m}$  ( $F = 6.606, P < 0.001$ ). The superficial capillary densities of parafoveal's temporal and nasal sides were positively correlated with SE ( $r = 0.221, 0.219, P = 0.001, 0.001$ ). The deep capillary density of perifovea's temporal, superior, nasal and inferior side were positively correlated with SE ( $r = 0.172, 0.200, 0.250, 0.296, P = 0.011, 0.003, < 0.001, < 0.001$ ). The central retinal thickness except the fovea were positively correlated with SE ( $P < 0.05$ ).

• **CONCLUSION:** With the increase of myopia degree of children and adolescents, the superficial capillaries density in the macula decreases, especially in the parafovea's temporal side; as well as the deep capillaries density, especially decreases in the perifovea. The central retinal thickness decreases in both parafovea and perifovea. With the myopia degree of children and adolescents increases, the structure and capillary circulation of the macula will be influenced, especially in the high myopia group.

• **KEYWORDS:** optical coherence tomography angiography; myopia; macula; capillary density; retinal thickness; children

**Citation:** Liu YT, Lei YQ, Tian M, et al. Comparison of macular vascular density and retinal thickness in children with different degrees of myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2021;21(5):789-795

## 0 引言

近视发病率逐年增加,预计到2050年,全球近视人群将增加至47.58亿<sup>[1]</sup>。Rudnicka等<sup>[2]</sup>发现东亚人患病率最高,15岁近视率达到69%。我国学龄儿童的近视发展状况堪忧,1年级和7年级学生的近视患病率分别达到12.0%和67.4%,近视的年发生率均为20%~30%<sup>[3]</sup>。随着近视进展会导致许多眼部并发症的发生。尤其在高度近视出现威胁视力的眼后部病变,如漆裂纹形成、脉络膜视网膜萎缩、视网膜脱离、黄斑病变和青光眼等<sup>[4]</sup>。对近视发生发展及其病理改变的深入研究,将有助于采取有效的防控措施。光学相干断层扫描血管成像技术(optical coherence tomography angiography, OCTA)是近年已推广应用的、无创性检测眼底血液循环的方法。与眼底荧光素血管造影或吲哚菁绿血管造影相比, OCTA 图像不会因染料渗

漏引起高荧光遮蔽深层血管,可以生成高对比度、高清晰度的浅层和深层毛细血管图像,为眼底血管性疾病的描述和量化、发病机制研究,以及新疗法的开发和评估提供关键数据<sup>[5]</sup>。而且,因为其无创性,容易被儿童和青少年及其家长所接受。目前已利用 OCTA 对多种眼底疾病进行视网膜脉络膜血管的定量研究<sup>[6-11]</sup>。利用 OCTA 对近视黄斑区血管参数的检测也逐渐兴起,但大多数研究对于黄斑区周边血管了解甚少,并且极少有研究将黄斑血流参数分区独立分析<sup>[12-13]</sup>。在本项研究中,我们利用高分辨率的 RTVueXR 系统,对不同屈光度的青少年儿童黄斑区  $6\text{mm} \times 6\text{mm}$  范围浅层、深层毛细血管密度和视网膜厚度进行定量比较,并探讨其与屈光度的相关性,旨在发现不同屈光度近视青少年儿童的视网膜血管和厚度的变化,为近视防控提供更多临床证据。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 纳入 2019-07/2020-06 在西南医科大学附属医院就诊的青少年儿童共 115 例 230 眼进行前瞻性、横断面研究。散瞳验光,根据等效球镜度数(spherical equivalent, SE)进行严格分组:正视组:SE 为  $-0.5 \sim +0.5\text{D}$  16 例 32 眼,将正视组作为对照组,低度近视组:SE  $\leq -3.00\text{D}$  47 例 94 眼,中度近视组:  $-3.00 < \text{SE} \leq -6.00\text{D}$  34 例 68 眼,高度近视组:SE  $> -6.00\text{D}$  18 例 36 眼。纳入者及家属均知情同意,且研究经本院伦理委员会批准。纳入标准:(1)6~18 岁的青少年儿童;(2)双眼最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)均在 1.0 及以上;(3)双眼眼压均在正常范围内( $10 \sim 21\text{mmHg}$ ,  $1\text{mmHg} = 0.133\text{kPa}$ );(4)眼前节及眼底检查正常。排除标准:(1)患有可能会影响眼部血液循环的疾病,如青光眼、高血压和糖尿病;(2)既往眼手术史或外伤史;(3)检查时配合不良或图像质量差者;(4)其他眼底疾病,如黄斑裂孔、黄斑区新生血管、黄斑萎缩、视神经炎等。

## 1.2 方法

**1.2.1 一般检查** 对于纳入的所有对象,做好个人信息的记录,包括年龄、性别等,依次进行各项常规检查,包括:散瞳验光,非接触式眼压计测量眼压,裂隙灯显微镜、眼底镜检查, IOL Master(Carl Zeiss, Co, CA)测量眼轴。

**1.2.2 OCTA 检查** 本研究采用 RTVueXR(Optovue, Inc., Fremont, CA)获取黄斑区的血管密度及视网膜厚度。该系统的扫描频率为 70kHz,波长 840nm。它利用分光谱振幅去相关血管成像算法检测血流,然后通过运动校正技术去除伪影,获得微血管图,图像分辨率为  $304 \times 304$  像素,各相扫描时间为 2.9s。使用 HDAngioRetina 模式扫描以黄斑中心凹为中心  $6\text{mm} \times 6\text{mm}$  范围,采集 OCT 及 OCTA 图像,所有检查均由同一位熟练操作的医师执行,只纳入信号强度  $\geq 7$  的扫描图像进行分析。将黄斑区按照早期糖尿病视网膜病变研究(ETDRS)的分区划分为以黄斑中心凹为中心,直径分别为 1mm 的中心凹(fovea)环、1~3mm 的内环(parafovea)、3~6mm 的外环(perifovea),且每个圆环被进一步划分为颞(temporal, T)、上(superior, S)、鼻(nasal, N)、下(inferior, I)四个象限,共 9 个区域。系统自动分层视网膜,浅层毛细血管丛(superficial capillary plexus, SCP)界限为视网膜内界膜下  $3\mu\text{m}$  至内丛状层下  $15\mu\text{m}$ ,深层毛细血管丛(deep capillary plexus, DCP)界限为内丛状层下  $15 \sim 70\mu\text{m}$ ;视网膜厚度包括内界膜至色素上皮层的厚度。研究黄斑区 9 个区域浅层、深层毛细血管丛的血管密度和

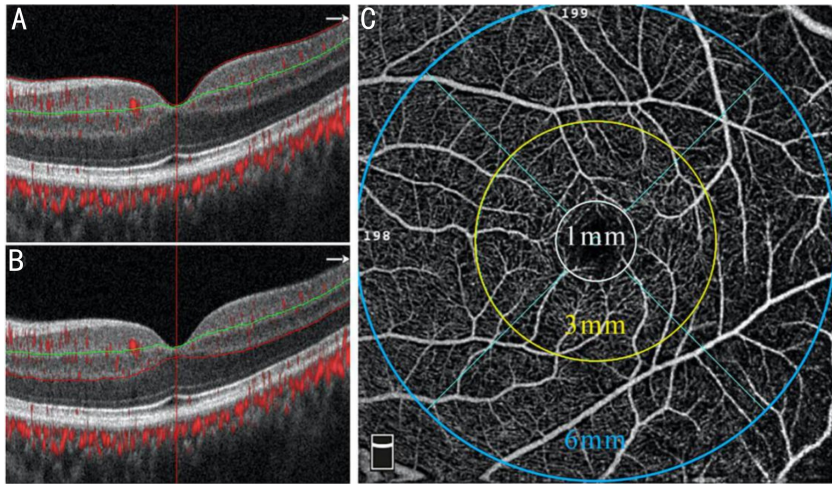


图1 OCTA 分层和分区示意图 A:浅层毛细血管层(视网膜内界膜下 3 $\mu\text{m}$  至内丛状层下 15 $\mu\text{m}$ );B:深层毛细血管层(内丛状层下 15~70 $\mu\text{m}$ );C:黄斑 6mm $\times$ 6mm 范围,直径分别为 1mm 的中心凹环、1~3mm 的内环、3~6mm 的外环,且每个圆环被进一步划分为颞、上、鼻、下四个象限。

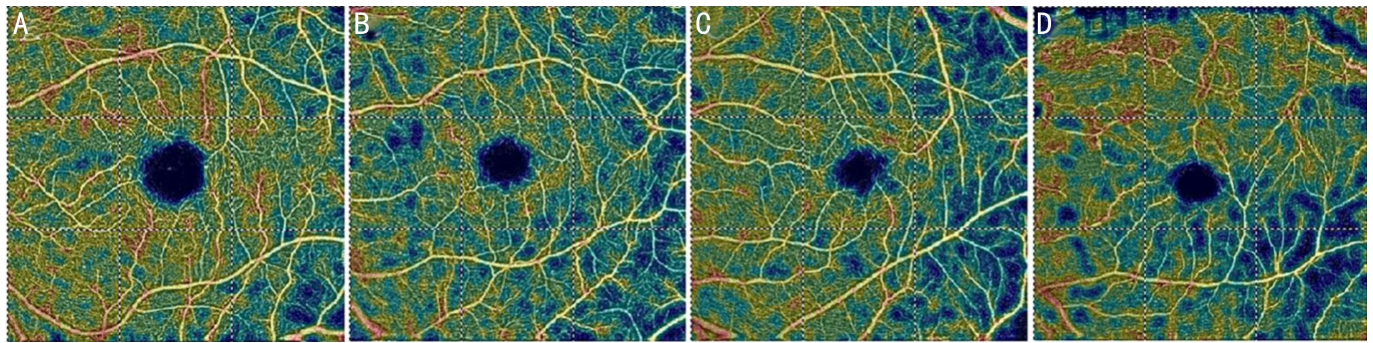


图2 不同屈光度浅层毛细血管密度图像比较 A:正视组;B:低度近视组;C:中度近视组;D:高度近视组。以高度近视组的毛细血管密度减少最为显著。

表1 各组患者一般信息和眼球参数比较

参数	正视组	低度近视组	中度近视组	高度近视组	$F/\chi^2$	$P$
年龄( $\bar{x}\pm s$ ,岁)	11.3 $\pm$ 3.9	11.7 $\pm$ 3.4	11.6 $\pm$ 3.0	11.9 $\pm$ 2.7	0.201	0.895
性别(男/女,例)	9/7	23/24	18/16	8/10	0.602	0.896
SE( $\bar{x}\pm s$ ,D)	0.0 $\pm$ 0.3	-1.7 $\pm$ 0.6	-4.2 $\pm$ 0.9	-7.6 $\pm$ 1.5	620.026	<0.001
眼轴( $\bar{x}\pm s$ ,mm)	23.6 $\pm$ 1.3	24.1 $\pm$ 1.0	24.8 $\pm$ 1.4	25.5 $\pm$ 1.6	16.794	<0.001

注:正视组:SE 为-0.5~+0.5D;低度近视组:SE $\leq$ -3.00D;中度近视组:-3.00<SE $\leq$ -6.00D;高度近视组:SE>-6.00D。

相应区域的视网膜厚度,见图1。所有参数使用自动化软件进行计算。

统计学分析:采用统计学软件 SPSS 17.0 对数据进行分析,计量资料服从正态分布用均数 $\pm$ 标准差进行描述,不服从正态分布用中位数及四分位数描述。计数资料组间比较采用卡方检验。四组间比较根据资料是否服从正态分布分别采用单因素方差分析和秩和检验,组间两两比较采用 Bonferroni 法。各指标与屈光度的相关性采用 Pearson 直线相关或 Spearman 秩相关分析。以  $P<0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 基本资料比较 共纳入 115 例青少年儿童,四组年龄、性别差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),四组 SE 分别为 0.0 $\pm$ 0.3、-1.7 $\pm$ 0.6、-4.2 $\pm$ 0.9、-7.6 $\pm$ 1.5D,差异有统计学意义( $P<0.001$ )。四组眼轴分别为 23.6 $\pm$ 1.3、24.1 $\pm$ 1.0、24.8 $\pm$ 1.4、25.5 $\pm$ 1.6mm,差异有统计学意义( $P<0.001$ ),见表1。

2.2 四组黄斑区浅层毛细血管密度比较 四组整体比较时,在黄斑区整体、内环、内环颞侧和鼻侧浅层毛细血管密

度差异均有统计学意义( $P=0.033$ 、0.024、0.018、0.032),其余范围差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两两比较时,在内环颞侧,高度近视组浅层毛细血管密度低于中度近视组、低度近视组和正视组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );在黄斑区整体、内环和内环鼻侧,高度近视组浅层毛细血管密度低于低度近视组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),高度近视组与中度近视组和正视组相比差异均无统计学意义( $P>0.05$ );在所有黄斑区浅层毛细血管密度分区内,正视组与低度近视组、中度近视组,低度近视组与中度近视组相比差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),见图2,表2。

2.3 四组间黄斑区深层毛细血管密度比较 四组整体比较时,在黄斑区整体、内环颞侧、外环及其4个象限深层毛细血管密度差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),其余范围差异无统计学意义( $P>0.05$ )。两两比较时,在黄斑区整体、外环、外环上方、鼻侧和下方,高度近视组深层毛细血管密度低于中度近视组、低度近视组和正视组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );在内环颞侧,高度近视组深层毛细血管密度高于正视组,差异有统计学意义( $P<0.05$ ),高度近视

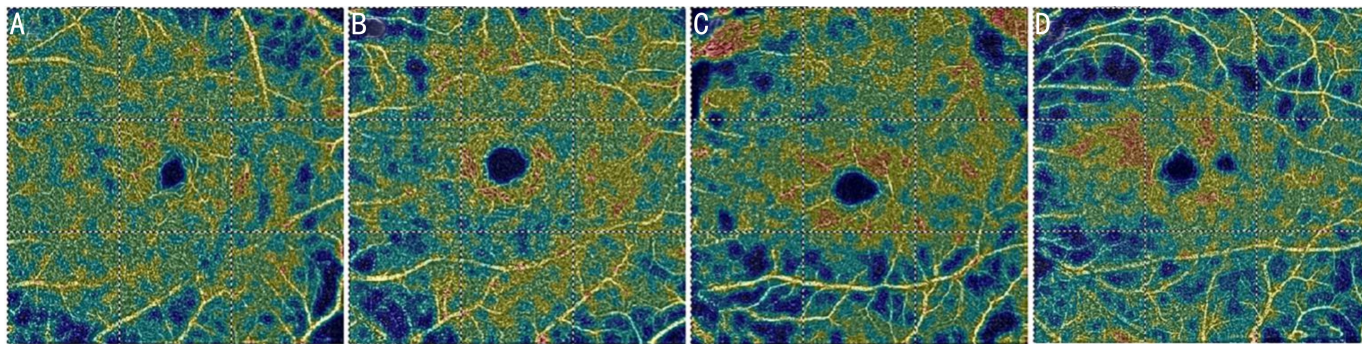


图3 不同屈光度深层毛细血管密度图像比较 A:正常组;B:低度近视组;C:中度近视组;D:高度近视组。以高度近视组的毛细血管密度减少最为显著。

表2 黄斑区各组各部位浅层毛细血管密度的比较

部位	正视组	低度近视组	中度近视组	高度近视组	F	P
整体	44.4±3.5	44.8±3.8 <sup>a</sup>	44.3±3.8	42.6±4.5	2.963	0.033
中心凹	20.2±4.9	19.2±5.8	18.6±5.7	19.3±5.8	0.612	0.608
内环	47.5±4	48.2±4.1 <sup>a</sup>	47.7±4.1	45.7±4.9	3.210	0.024
颞侧	46.1±3.5 <sup>a</sup>	46.8±5.1 <sup>a</sup>	46.2±4.3 <sup>a</sup>	43.8±5.5	3.436	0.018
上方	49.2±4.2	50.1±3.8	49.9±4.5	48.5±4.5	1.391	0.246
鼻侧	46.6±4.5	47.3±4.6 <sup>a</sup>	46.4±5	44.3±6.1	2.978	0.032
下方	47.6±5.3	48.7±4.6	48±4.6	46.4±6.0	1.904	0.130
外环	48.6±3.7	48.1±3.7	49.3±3.8	47.9±3.5	1.496	0.217
颞侧	43.6±4.8	43.4±4.3	43.6±4.9	41.8±4.3	1.334	0.264
上方	48.9±4.0	48.6±3.8	49.7±4.2	48.7±3.8	1.015	0.387
鼻侧	52.8±3.4	52.1±3.6	53.5±3.6	52.5±3.5	1.889	0.132
下方	49±3.9	48.8±3.7	50.2±3.9	48.6±3.5	2.029	0.111

注:正视组:SE为-0.5~+0.5D;低度近视组:SE≤-3.00D;中度近视组:-3.00<SE≤-6.00D;高度近视组:SE>-6.00D。<sup>a</sup>P<0.05 vs 高度近视组。

表3 黄斑区各组各部位深层毛细血管密度的比较

部位	正视组	低度近视组	中度近视组	高度近视组	F/Z	P
整体	49.9±4.1 <sup>a</sup>	48.4±4.7 <sup>a</sup>	47.9±5.5 <sup>a</sup>	45.3±4.7	4.806	0.003
中心凹	35.5±5.9	35.3±6.5	34.8±7.3	35.2±7.2	0.089	0.966
内环	52.2±2.7	53.2±3.6	53.4±4.3	53.6±6.9	0.544	0.652
颞侧	52.3(50.4,54.1) <sup>a</sup>	53.9(52.6,55.6)	53.9(51.2,56.5)	54.5(53.3,57.0)	10.242	0.017
上方	51.8±3.2	52.9±4.0	53.3±4.7	52.8±10.3	0.37	0.775
鼻侧	53.2±2.6	53.9±3.9	54.3±4.1	55.1±3.4	1.261	0.289
下方	51.5±4.0	52±4.7	52.1±5.4	53.3±4.8	0.775	0.509
外环	49±4.4 <sup>a</sup>	47.2±5.2 <sup>a</sup>	46.6±6 <sup>a</sup>	43.6±5.1	5.495	0.001
颞侧	52.7(49.3,54.9) <sup>a</sup>	51.9(47.0,54.1) <sup>a</sup>	51.0(46.6,54.0)	48.1(44.1,52.3)	8.533	0.036
上方	49.2±5.5 <sup>a</sup>	47.2±6.0 <sup>a</sup>	47.2±7.0 <sup>a</sup>	43.9±6.4	3.675	0.013
鼻侧	48.4±5.0 <sup>a</sup>	45.8±6.1 <sup>a</sup>	45.5±6.8 <sup>a</sup>	41.9±6.4	5.376	0.001
下方	46.8±4.7 <sup>a</sup>	45.7±5.8 <sup>a</sup>	44±6.5 <sup>a</sup>	40.8±5.1	6.96	<0.001

注:正视组:SE为-0.5~+0.5D;低度近视组:SE≤-3.00D;中度近视组:-3.00<SE≤-6.00D;高度近视组:SE>-6.00D。<sup>a</sup>P<0.05 vs 高度近视组。

组与中度近视组和低度近视组相比差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),在外环颞侧,高度近视组深层毛细血管密度低于正视组和低度近视组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),高度近视组与中度近视组差异无统计学意义( $P>0.05$ )。在所有黄斑区深层毛细血管丛血管密度分区内,正视组与低度近视组、正视组与中度近视组、低度近视组与中度近视组比较,差异均无统计学意义( $P>0.05$ ),见表3,图3。

#### 2.4 四组间黄斑视网膜厚度比较

四组整体比较时,在黄

斑区整体、内环及其4个象限、外环及其4个象限视网膜厚度差异均有统计学意义( $P<0.05$ );在中心凹环处,视网膜厚度差异均无统计学意义( $P>0.05$ )。两两比较时,在所有黄斑区分区内,正视组与低度近视组和中度近视组,低度近视组与中度近视组,差异均无统计学意义( $P>0.05$ );在黄斑区整体、内环及其上方、下方和外环及其颞侧、上方、下方,高度近视组视网膜厚度低于中度近视组、低度近视组、正视组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ );在

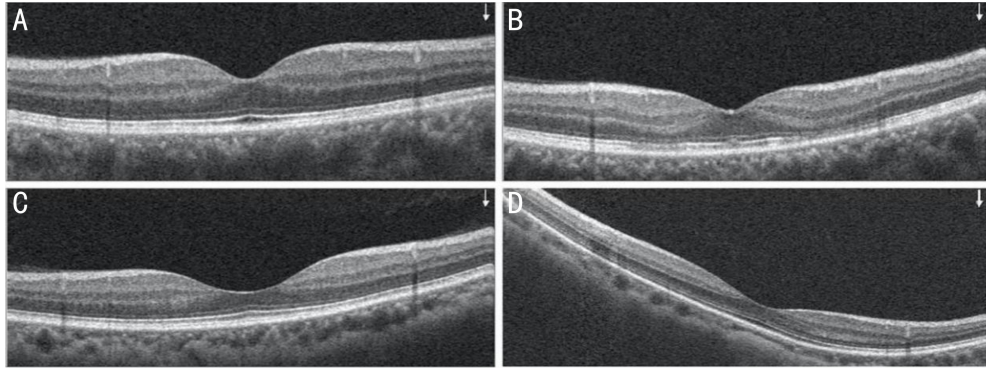


图4 不同屈光度视网膜厚度图像比较 A:正常组;B:低度近视组;C:中度近视组;D:高度近视组。

表4 黄斑区各组各部位视网膜厚度的比较

部位	正视组	低度近视组	中度近视组	高度近视组	F	P
整体	293.9±12.9 <sup>a</sup>	295.5±13.0 <sup>a</sup>	290.9±12.0 <sup>a</sup>	284.5±10.7	6.606	<0.001
中心凹	244.0±15.8	246.9±18.9	243.6±17.1	248.2±11.9	0.796	0.497
内环	322.3±14.1 <sup>a</sup>	325.1±13.8 <sup>a</sup>	321.4±11.8 <sup>a</sup>	314.5±13.1	5.178	0.002
颞侧	311.9±15.2 <sup>a</sup>	315.5±14.1 <sup>a</sup>	312.4±12.2 <sup>a</sup>	304.4±13.2	2.260	0.002
上方	328.2±14.0 <sup>a</sup>	329.9±14.5 <sup>a</sup>	325.9±11.8 <sup>a</sup>	319.9±12.3	4.650	0.004
鼻侧	326.3±14.1	329.9±14 <sup>a</sup>	325.8±12.9	319.9±13.5	4.441	0.005
下方	322.7±14.2 <sup>a</sup>	325.2±14.3 <sup>a</sup>	321.7±12.0 <sup>a</sup>	313.8±15.0	5.388	0.001
外环	287.3±13.5 <sup>a</sup>	288.4±13.5 <sup>a</sup>	283.5±13.5 <sup>a</sup>	276.8±10.9	6.699	<0.001
颞侧	271.6±15.1 <sup>a</sup>	273.4±12.6 <sup>a</sup>	267.3±21.7 <sup>a</sup>	260.4±11.4	5.786	0.001
上方	291.1±14.2 <sup>a</sup>	292.4±14.7 <sup>a</sup>	286.4±16.1 <sup>a</sup>	279.7±8.8	6.956	<0.001
鼻侧	308.5±13.6 <sup>a</sup>	310.1±15.5 <sup>a</sup>	306.4±13.1	300.8±13.2	3.493	0.017
下方	277.7±14.8 <sup>a</sup>	278±13.5 <sup>a</sup>	274.3±11.6 <sup>a</sup>	267.1±13.1	5.953	0.001

注:正视组:SE为-0.5~+0.5D;低度近视组:SE≤-3.00D;中度近视组:-3.00<SE≤-6.00D;高度近视组:SE>-6.00D。<sup>a</sup>P<0.05 vs 高度近视组。

表5 黄斑区浅层毛细血管密度与近视屈光度的相关性

变量	整体	中心凹	内环	内环颞侧	内环上方	内环鼻侧	内环下方	外环	外环颞侧	外环上方	外环鼻侧	外环下方
r	0.201	0.041	0.201	0.221	0.104	0.219	0.087	0.003	0.108	-0.015	-0.055	-0.013
P	0.002	0.534	0.002	0.001	0.118	0.001	0.191	0.966	0.113	0.831	0.422	0.852

表6 黄斑区深层毛细血管密度与近视屈光度的相关性

变量	整体	中心凹	内环	内环颞侧	内环上方	内环鼻侧	内环下方	外环	外环颞侧	外环上方	外环鼻侧	外环下方
r	0.246	0.030	-0.066	-0.170	-0.028	-0.124	-0.116	0.263	0.172	0.200	0.250	0.296
P	<0.001	0.677	0.363	0.019	0.705	0.092	0.111	<0.001	0.011	0.003	<0.001	<0.001

内环鼻侧,高度近视组视网膜厚度低于低度近视组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),在外环鼻侧,高度近视组视网膜厚度低于正常组、低度近视组,差异均有统计学意义( $P<0.05$ ),见表4,图4。

**2.5 黄斑区浅层毛细血管密度与近视屈光度的相关性分析** 黄斑区整体、内环及其颞侧和鼻侧浅层毛细血管密度与SE呈正相关( $r=0.201, 0.201, 0.221, 0.219, P=0.002, 0.002, 0.001, 0.001$ ),即近视度数越高浅层毛细血管密度越小;中心凹环、内环的上方与下方、外环及其四个象限浅层毛细血管密度与SE均无相关性( $P>0.05$ ),见表5。

**2.6 黄斑区深层毛细血管密度与近视屈光度的相关性分析** 黄斑区整体、外环及其4个象限深层毛细血管密度与SE呈正相关( $r=0.246, 0.263, 0.172, 0.200, 0.250, 0.296, P<0.001, <0.001, 0.011, 0.003, <0.001, <0.001$ ),即近视度数越高深层毛细血管密度越小;内环颞侧深层毛细血管密

度与SE呈负相关( $r=-0.170, P=0.019$ ),即近视度数越高深层毛细血管密度越大;中心凹环、内环及其上方、鼻侧和下方深层毛细血管密度与SE均无相关性( $P>0.05$ ),见表6。

**2.7 黄斑区视网膜厚度与近视屈光度的相关性分析** 黄斑区整体、内环及其4个象限、外环及其4个象限的视网膜厚度与SE呈正相关(均 $P<0.05$ ),即近视度数越高视网膜厚度越薄;中心凹环视网膜厚度与SE无相关性( $P>0.05$ ),见表7。

### 3 讨论

随着教育压力的增加,近视青少年儿童患病率也急剧上升<sup>[14]</sup>,既往研究提出随着近视屈光度数的增加,眼轴会逐渐增长,虽然还未发生眼底严重病理改变但其视网膜已经发生相对应的变化<sup>[15]</sup>。在解剖学上,微血管比大血管更靠近黄斑中央凹<sup>[15]</sup>,因此我们应当在矫正视力的同时

表7 黄斑区视网膜厚度与近视屈光度的相关性

变量	整体	中心凹	内环	内环颞侧	内环上方	内环鼻侧	内环下方	外环	外环颞侧	外环上方	外环鼻侧	外环下方
r	0.290	-0.046	0.220	0.209	0.225	0.196	0.225	0.304	0.290	0.317	0.213	0.278
P	<0.001	0.502	0.001	0.002	0.001	0.004	0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002	<0.001

综合分析近视人群眼底结构和微血管分布。OCTA 在血流的测量中具有很好的重复性和再现性<sup>[16]</sup>,并且可有效降低伪影,将视网膜自动分层,对于观察黄斑区的血流参数具有良好的可靠性<sup>[17]</sup>。本研究利用 OCTA 对四组不同屈光度青少年儿童的黄斑区进行 6mm×6mm 范围检测,检测范围包括黄斑中心凹、旁中心凹和中心凹周围,分区分别观察浅层毛细血管丛、深层毛细血管丛的血管密度和相应区域视网膜厚度,比既往研究观察范围更广、更细致。

对于黄斑区血管密度的研究,大多数研究认为近视人群浅层和深层毛细血管密度随着近视屈光度数增加而降低<sup>[15,18-21]</sup>。Fan 等<sup>[19]</sup>对 24~49 岁的 12 例受试者的研究表明视网膜浅层和深层毛细血管密度在旁中心凹范围内均随近视屈光度增加而降低。Leng 等<sup>[22]</sup>对 8~87 岁的 68 例受试者的研究表明高度近视患者浅层毛细血管密度更低,但是深层毛细血管密度无明显差异。而本研究发现随着近视屈光度增加,视网膜深层毛细血管密度降低,并且以外环范围内为甚,在内环范围差异无统计学意义。影响结果的因素除了不同研究纳入受试者年龄范围不一样,既往研究的受试者平均年龄大于 18 岁,而本研究纳入者是 6~18 岁青少年儿童,平均年龄 11 岁左右,加之既往研究样本量偏小,可能存在差异。

目前对青少年儿童近视黄斑区的研究甚少。Gołębiewska 等<sup>[23]</sup>的研究发现,近视儿童黄斑 3mm×3mm 范围黄斑区整体和旁中心凹的浅层毛细血管密度以及旁中心凹视网膜厚度显著低于正视儿童,与屈光度呈负相关,两者之间中央凹环范围内浅层毛细血管密度和视网膜厚度无显著差异。这一结论与我们的结论一致:高度近视组较中度近视组、低度近视组及正视组浅层、深层毛细血管密度和视网膜厚度降低。本研究还发现浅层毛细血管密度降低仅在内环颞侧为甚。Lam 等<sup>[24]</sup>的研究显示仅在黄斑的外环发现视网膜厚度随近视屈光度降低。但宋婷婷等<sup>[25]</sup>的研究结果分析,随着近视屈光度的增加,黄斑中心区、内环鼻侧部位的视网膜厚度逐渐升高,与本研究结果不一致。而本研究发现随着近视屈光度增加视网膜厚度降低,以旁中心凹、外环范围内为甚。究其原因,在中心凹环范围内,各组间浅层、深层毛细血管密度和视网膜厚度差异均无统计学意义,可能与该范围包括中心凹无血管区,对于血管密度变化影响较小,且中心凹是视力的敏感区,视网膜厚度可能有代偿性增加,因而各组间无显著差异。在正视组与低度近视组、正视组与中度近视组、低度近视组与中度近视组之间各指标差异均无统计学意义,说明可能近视达到一定程度后才会观察到更加明显的差别。这提醒我们必须重视高度近视患者,在其发生病理性眼底改变之前进行监测和控制,以免造成更严重的视功能损害。

对于不同近视屈光度的青少年儿童黄斑区血管密度、视网膜厚度与屈光度的相关性分析中,本研究发现总体上

浅层毛细血管密度、深层毛细血管密度、视网膜厚度均与近视屈光度呈负相关,即这三个指标的检测值随着近视屈光度增加而减少,具有一致性,可能是因为近视屈光度增加,眼轴增长,视网膜的拉伸,从而血管管径减小血管密度降低。

本研究存在一定的局限性。因为属于横断面研究的限制,纳入样本量相对较小,难以排除个体差异对于测量结果的影响,亟待进一步增大样本量以进一步证实该研究结果。另外,儿童的眼球处于发育增长期,年龄的影响不可忽视,本组因样本量的限制,没有对年龄进行分层研究。总之,OCTA 可作为一种无创、实用的影像学技术定量评估并发现与屈光不正相关的各种早期病理改变,这些早期变化的发现对于疾病早期并发症的预防提供了关键的证据,这将在未来青少年儿童近视防控工作中发挥重要作用。

参考文献

- 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
- Rudnicka AR, Kapetanakis VV, Wathern AK, et al. Global variations and time trends in the prevalence of childhood myopia, a systematic review and quantitative meta-analysis: implications for aetiology and early prevention. *Br J Ophthalmol* 2016;100(7):882-890
- Wang SK, Guo YF, Liao CM, et al. Incidence of and factors associated with myopia and high myopia in Chinese children, based on refraction without cycloplegia. *JAMA Ophthalmol* 2018;136(9):1017-1024
- Kempen JH, Mitchell P, Lee KE, et al. The prevalence of refractive errors among adults in the United States, Western Europe, and Australia. *Arch Ophthalmol* 2004;122(4):495-505
- Mansouri K. Optical coherence tomography angiography and glaucoma: searching for the missing link. *Expert Rev Med Devices* 2016; 13(10): 879-880
- Daruich A, Matet A, Dirani A, et al. Central serous chorioretinopathy: Recent findings and new physiopathology hypothesis. *Prog Retin Eye Res* 2015;48:82-118
- Yarmohammadi A, Zangwill LM, Diniz-Filho A, et al. Relationship between optical coherence tomography angiography vessel density and severity of visual field loss in Glaucoma. *Ophthalmology* 2016;123(12): 2498-2508
- Cheung CMG, Lai TYY, Ruamviboonsuk P, et al. Polypoidal choroidal vasculopathy: definition, pathogenesis, diagnosis, and management. *Ophthalmology* 2018;125(5):708-724
- Chua J, Chin CWL, Hong J, et al. Impact of hypertension on retinal capillary microvasculature using optical coherence tomographic angiography. *J Hypertens* 2019;37(3):572-580
- Durbin MK, An L, Shemonski ND, et al. Quantification of retinal microvascular density in optical coherence tomographic angiography images in diabetic retinopathy. *JAMA Ophthalmol* 2017; 135(4): 370-376
- O'Bryhim BE, Apte RS, Kung N, et al. Association of preclinical alzheimer disease with optical coherence tomographic angiography findings. *JAMA Ophthalmol* 2018;136(11):1242-1248

12 冯立森, 杨叶, 胡亮, 等. 应用光学相干断层扫描血管成像技术分析近视眼黄斑区微血管变化. 温州医科大学学报 2017;47(6):391-396

13 李娜, 齐艳华. 利用 OCTA 评估屈光不正对学龄儿童黄斑区血流及视网膜厚度的影响. 国际眼科杂志 2020;20(8):1439-1442

14 Ma YY, Qu XM, Zhu XF, et al. Age-specific prevalence of visual impairment and refractive error in children aged 3-10 years in Shanghai, China. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(14):6188-6196

15 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

16 Yu J, Jiang CH, Wang XL, et al. Macular perfusion in healthy Chinese: an optical coherence tomography angiogram study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(5):3212-3217

17 Li XX, Wu W, Zhou H, et al. A quantitative comparison of five optical coherence tomography angiography systems in clinical performance. *Int J Ophthalmol* 2018;11(11):1784-1795

18 Al-Sheikh M, Phasukkijwatana N, Dolz-Marco R, et al. Quantitative OCT angiography of the retinal microvasculature and the choriocapillaris in myopic eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58(4):2063-2069

19 Fan H, Chen HY, Ma HJ, et al. Reduced macular vascular density in

myopic eyes. *Chin Med J (Engl)* 2017;130(4):445-451

20 Hassan M, Sadiq MA, Halim MS, et al. Evaluation of macular and peripapillary vessel flow density in eyes with no known pathology using optical coherence tomography angiography. *Int J Retina Vitreous* 2017;3:27

21 Venkatesh R, Sinha S, Gangadharaiah 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

22 Leng YX, Tam EK, Falavarjani KG, et al. Effect of age and myopia on retinal microvasculature. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina* 2018;49(12):925-931

23 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

24 Lam DS, Leung KS, Mohamed S, et al. Regional variations in the relationship between macular thickness measurements and myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48(1):376-382

25 宋婷婷, 齐雪. 光学相干断层扫描分析对青少年近视眼的黄斑区视网膜血管密度及厚度价值的研究. 生命科学仪器 2019;18(2):59-63