

近视程度对青年脉络膜影响的超广域扫频光学相干断层扫描研究

陈丽^{1,2}, 冷红梅², 郭楚云^{2,3}, 宁欣如², 刘逸^{2,3}, 沈亚丹^{1,2}, 韦丁杨⁴, 成洪壮^{1,2}, 韩悦^{1,2},
凌若岚^{2,3}, 王茜^{2,3}, 钟捷^{2,3}, 李杰^{2,3}

1. 成都中医药大学眼科学院, 四川 成都 610032; 2. 四川省医学科学院·四川省人民医院(电子科技大学附属医院)眼科, 四川 成都 610072; 3. 电子科技大学医学院, 四川 成都 610054; 4. 成都市金牛区人民医院, 四川 成都 610036

【摘要】目的 研究使用超宽视场扫描源光学相干断层扫描血管成像(SS-OCTA)观察患有近视的年轻成年人脉络膜厚度(CT)和脉络膜血管指数(CVI)的变化。**方法** 招募了104名年轻成年人的178只眼睛,均接受以黄斑为中心的24 mm×20 mm的SS-OCTA扫描,分为正视组(0 D~-0.50 D)、轻度近视组(-0.75 D~-3.00 D)、中度近视组(-3.25 D~-5.75 D)、高度近视组(-6.00 D~)。脉络膜图像被分为五个区域和144个网格进行了CT和CVI分析。**结果** 相比于正视组,轻度近视眼的CT在黄斑区和颞上区分别下降了12.02%和7.89% ($P<0.05$),而CVI在所有区域变化均无统计学意义。在高度近视眼中,所有区域的CT和CVI都明显下降($P<0.05$)。在144个网格中,轻度近视组有36个(25.00%)网格,中度近视有76个网格(52.78%)的CT明显下降,主要分布在黄斑区、颞上区和颞下区。在高度近视中,包括鼻侧区域在内的绝大多数格子(90.28%),显示出CT的显著下降。然而,对于轻度和中度近视,少数网格显示出明显的CVI下降(分别为4.86%和11.81%)。**结论** 年轻的成年人近视患者的脉络膜变薄最初发生在黄斑和颞上区,随后从后极向周边扩展,有先颞侧后鼻侧的发展趋势。CT的变化先于CVI的变化,这两个事件可能不会同时发生。

【关键词】 近视;脉络膜厚度;脉络膜血流指数;扫描源光学相干断层血管成像;青年人

【中图分类号】 R778.1⁺1

【文献标志码】 A

【文章编号】 1672-6170(2025)04-0116-07

The effect of myopia on choroid in young people through ultra-widefield swept-frequency optical coherence tomography angiography CHEN Li^{1,2}, LENG Hong-mei², GUO Chu-yun^{2,3}, NING Xin-ru², LIU Yi^{2,3}, SHEN Ya-dan^{1,2}, WEI Ding-yang⁴, CHENG Hong-zhuang^{1,2}, HAN Yue^{1,2}, LING Ruo-lan^{2,3}, WANG Xi^{2,3}, ZHONG Jie^{2,3}, LI Jie^{2,3} 1. Eye School of Chengdu University of Traditional Chinese Medicine, Chengdu 610032, China; 2. Department of Ophthalmology, Sichuan Academy of Medical Sciences & Sichuan Provincial People's Hospital (Affiliated Hospital of University of Electronic Science and Technology of China), Chengdu 610072, China; 3. School of Medicine, University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China; 4. Chengdu Jinniu District People's Hospital, Chengdu 610036, China

【Corresponding author】 LI Jie

【Abstract】Objective To investigate the changes in choroidal thickness (CT) and choroidal vascular index (CVI) in young adults with myopia using ultra-widefield swept-source optical coherence tomography angiography (SS-OCTA). **Methods** This study recruited 178 eyes of 104 young adults. The young adults underwent 24 mm × 20 mm SS-OCTA scans centered on the fovea. The eyes were categorized into an emmetropia, a mild myopia, a moderate myopia and high myopia groups. The choroidal images were divided into five areas and 144 grids. These were analyzed for CT and CVI. **Results** Compared to emmetropia, the CT of mild myopia eyes were decreased by 12.02% and 7.89% in the macular and temporal superior areas, respectively ($P<0.05$), while CVI remained unchanged in all areas. In high myopia eyes, both CT and CVI were decreased significantly in all areas ($P<0.05$). Of the 144 grids, 36 grids (25.00%) in mild myopia group showed a significant decrease in CT and 76 grids (52.78%) in moderate myopia, mainly distributed in the macular, temporal superior and temporal inferior area. In high myopia, the majority of the grids (90.28%), including the nasal area, showed a significant decrease in CT. However, for mild and moderate myopia, a few grids showed significant CVI decrease (4.86% and 11.81%, respectively). **Conclusions** Choroidal thinning in young adults with myopia initially occurs in the macular and temporal superior areas, followed by expansion from the posterior pole to the periphery, with a trend of developing from the temporal to the nasal side. Changes in CT precede changes in CVI, and the two events may not occur concurrently.

【Key words】 Myopia; Choroid thickness; Choroidal vascular index; Swept-source optical coherence tomography angiography; Young adults

近视是视力丧失的常见原因,未矫正的近视是

全球远视力障碍的主要原因,预期到2050年,将有47.58亿人患有近视(占世界人口的49.8%)。脉络膜位于视网膜和巩膜之间,含丰富血管组织,部分为巩膜提供血流。近视患者脉络膜血流减少,导致其厚度变薄,引起巩膜缺氧及病理性近视^[1]。因

【基金项目】 四川省自然科学基金项目(编号:2023NSFC0592);人类疾病基因研究四川省重点实验室开放课题(编号:2021kflx002)。

【通讯作者】 李杰

此,脉络膜的厚度及血流变化在近视发展中至关重要。本研究应用的机器为临床常用的光学相干断层扫描(OCT),较之前不同,该机器不仅能够分析视网膜层,还可以分析脉络膜层解剖结构的精细细节^[2]。既往有研究者使用 OCT 研究得出,随近视度数增加,脉络膜厚度(CT)变薄^[3,4],黄斑中心凹下及黄斑区脉络膜血管指数(CVI)降低^[5]。但既往研究大多范围太小,不能体现更周边脉络膜的变化情况。且 CT 值还会受年龄影响^[6],既往针对青年人的研究甚少。本次研究使用近期商用的 SS-OCTA 对 20~30 岁的青年人患者进行检查,单次扫描可获取 24 mm×20 mm 范围(视场角约 120°)眼底血流图像^[7],并进一步分析不同近视程度对眼底各区域 CT 及 CVI 的影响。

1 资料与方法

1.1 一般资料 2022 年 6 月至 2023 年 6 月在四川省人民医院眼科门诊完善各项检查,通过问卷招募

青年人 104 例,根据等效球镜将参与者分为正视组(0 D~-0.50 D)28 例、轻度近视组(-0.75 D~-3.00 D)50 例、中度近视组(-3.25 D~-5.75 D)50 例、高度近视组(-6.00 D~)50 例。纳入标准:①自愿参与本研究,并签署知情同意书;②年龄 20~30 岁;③最佳矫正视力 ≥ 1.0 ;④眼压:10~21 mmHg;⑤屈光介质透明;⑥眼底除视盘旁近视弧改变、豹纹状改变、周边视网膜变性区(非压迫白)以外无其他异常。排除标准:①有严重干眼不能配合者;②有视网膜疾患、视神经疾患、葡萄膜炎、眼外伤、屈光手术及内眼手术史、青光眼及青光眼家族史者;③有颅脑外伤或病变、高血压、糖尿病等可致眼部改变的全身性疾患。四组一般资料进行比较,等效球镜度、眼轴、眼压的差异均有统计学意义($P<0.05$),性别差异无统计学意义($P>0.05$)。见表 1。本研究经四川省人民医院伦理委员会批准,受检者或其监护人签署知情同意书。

表 1 研究对象一般资料比较

组别	样本量(右/左)	性别(男/女)	等效球镜度(D)	眼轴(mm)	眼压(mmHg)
正视组	28(14/14)	9/19	-0.08±0.14	23.71±0.87	15.63±2.33
轻度近视组	50(25/25)	15/35	-2.05±0.75	24.17±0.89	15.84±2.52
中度近视组	50(26/24)	15/35	-4.27±0.77	25.06±0.73	14.83±2.23
高度近视组	50(28/22)	15/35	-7.58±1.62	26.38±1.02	15.61±3.11
统计量		$\chi^2=0.992$	$F=801.230$	$F=152.060$	$F=2.905$
P		0.992	0.000	0.000	0.035

1.2 屈光度和生物测量参数 使用非接触眼压计测量眼压,光学生物测量仪测量眼轴长度,电脑验光仪以及试镜获得被检查者真实屈光度。使用 SS-OCTA[北滨鲲图湃(北京)医疗科技有限公司]测

量以黄斑中心凹为中心 24 mm×20 mm 范围眼底图像(图 1),使用内置软件智能分层技术,自动识别脉络膜层(对明显分层错误的进行手动矫正),并提供量化后的 CT 及 CVI。

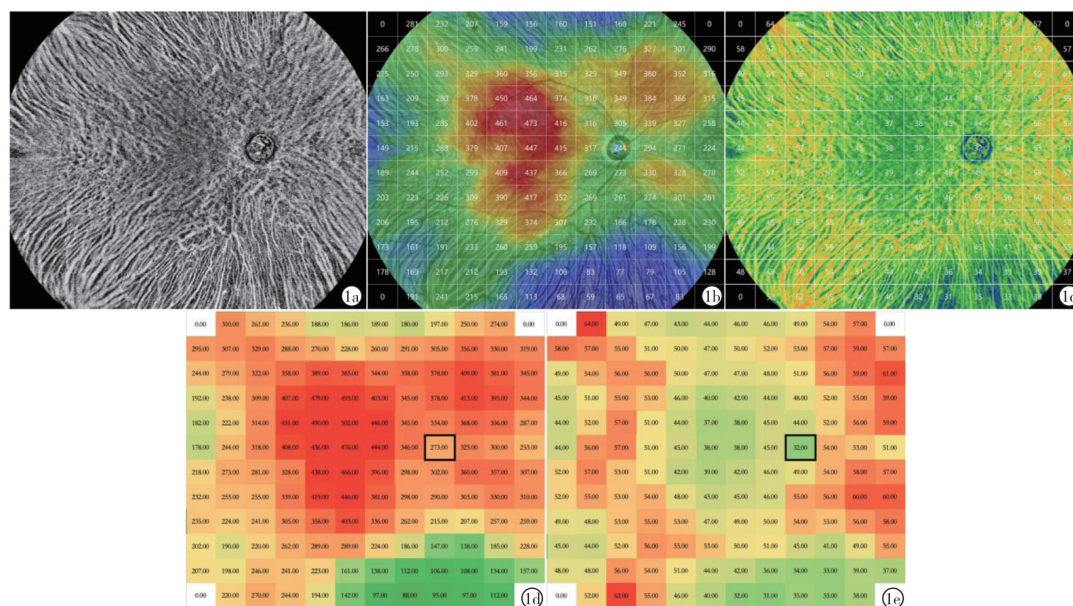


图 1 SS-OCTA 图像(CT CVI) a:典型病例的 24 mm×20 mm 脉络膜血流结构图;b:CT 图;c:CVI 图;d:12×12 网格 CT 值;e:12×12 网格 CVI 值;d 图及 e 图中黑框为视乳头位置

1.3 图像采集及处理 SS-OCTA 图像采集方法由熟练的检查者在上午 10 时至下午 5 时采集图片。选取清晰且信号强度大于等于 7(满分 10 分)的图像进行分析。通过内置软件自动划分脉络膜层,对自动分层有误的进行手动矫正(上界为 Bruch 膜,下界为脉络膜与巩膜交界线),并测量 CT 值(区域内脉络膜厚度平均值)和三维 CVI(区域内脉络膜血管体积与脉络膜体积的比值)。

1.4 观察指标 比较四组不同部位 CT 及 CVI。观察范围为以黄斑中心凹为中心 24 mm×20 mm,将 24 mm×20 mm 图像划分为五分区及 12×12 宫格。评估了左右眼的 CT 值及 CVI 值均水平对称,所以将来自左眼的数据水平翻转后进行统计分析。

1.5 统计学方法 采用 SPSS 23.0 软件统计分析数据。计数资料以频数或百分比表示,组间比较采用卡方检验;计量资料以均数±标准差表示,若数据符合正态分布,则采用单因素方差分析比较组间均值差异,若差异有统计学意义,进一步采用 LSD 法进行事后多重比较;若数据不符合正态分布,则采用非参数 Kruskal-Wallis 检验进行分析。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 24 mm×20 mm OCTA 范围内 CT 及 CVI 值的整体水平分析 正视、轻度近视、中度近视、高度近视四个组平均 CT(表 2),各组与正视组比较 CT 值,仅轻度近视组与正视组无统计学差异($P=0.206$),中度近视组、高度近视组与正视组相比,CT 值下降,差异均有统计学意义($P<0.05$)。正视、轻度近视、中度近视、高度近视四个组在 24 mm×20

mm 范围内的平均 CVI(表 2),各组与正视组比较 CVI 值,轻度近视组、中度近视组与正视组差异无统计学意义($P>0.05$),仅高度近视组较正视组 CVI 降低,差异有统计学意义($P<0.05$)。

表 2 各组平均 CT 值及 CVI 值比较

组别	样本量	CT 平均值(μm)	CVI 平均值(%)
正视组	28	220.64±36.96	41.68±4.45
轻度近视组	50	211.82±31.08	41.55±3.34
中度近视组	50	198.36±29.70 *	40.93±3.23
高度近视组	50	170.80±21.98 *	38.30±3.51 *
F		23.378	9.116
P		<0.05	<0.05

* 与正视组比较, $P<0.05$

2.2 12 mm×12 mm OCTA 范围内 CT 及 CVI 值的五分区分析 本研究将 12×12 宫格中间 16 格定义为黄斑中心区(C),即血管弓以内范围,其余部分使用十字架划分为颞上区(ST)、鼻上区(SN)、颞下区(IT)、和鼻下区(IN)(图 2)比较。四个组的五个区域内 CT 及 CVI 均大致呈下降趋势(表 3、表 4)。将轻度、中度、高度近视组的 CT 值和 CVI 值分别与正视组的比较,轻度近视眼的 CT 随屈光度增加,在黄斑区和颞上区分别下降了 12.02% 和 7.89% ($P<0.05$),且黄斑区下降最明显,其他三个区差异无统计学意义(表 3),而 CVI 在所有区域变化均无统计学意义(表 4)。在高度近视眼中,所有区域的 CT 和 CVI 都明显下降($P<0.05$)(表 3、表 4)。在正视组、轻度近视组、中度近视组及高度近视组,CT 及 CVI 均在鼻下区最低(表 3、表 4)。

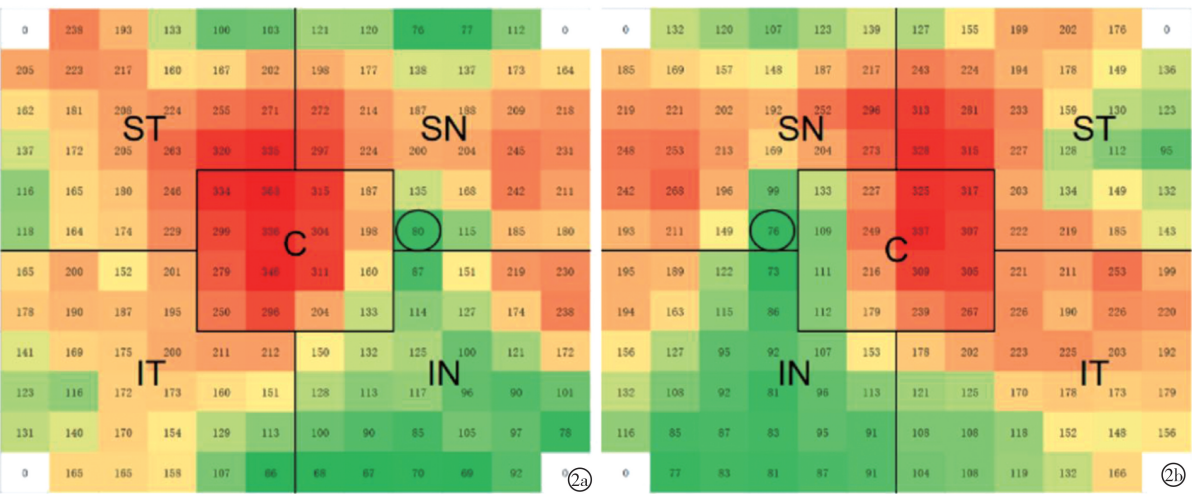


图 2 双眼分区图 黑色圆圈为视乳头位置,a:右眼五分区图像;b:左眼五分区图像

2.3 24 mm×20 mm OCTA 范围内 CT 及 CVI 值的 12×12 小方格分析 为更加细致的分析不同区域脉络膜的变化情况,将 24 mm×20 mm 范围眼底划

分为 12×12 个小方格,比较 144 个小方格的变化(图 3)。轻度近视组 CT 与正视组比较,黄斑区及黄斑区附近开始变薄,而血管弓以外区域(尤其是

鼻侧)有增厚的趋势,随近视度数继续增长,血管弓以外区域也逐渐变薄(图 4)。轻度近视组 CT 与正视组相比,有 36 格(25.00%)降低有统计学意义,仅 1 格(0.69%)增加有统计学意义,CT 值下降区域主要集中在黄斑区、颞上区;中度近视组 CT 与正视组相比,有 76 格(52.78%)的降低具有统计学意义;高度近视组 CT 与正视组相比,CT 在 130 格(90.28%)的变薄都具有统计学意义。

就 CVI 而言,轻度近视、中度近视组与正视组

相比,黄斑区及黄斑区附近开始降低,而血管弓以外区域(尤其是鼻侧)有升高的趋势,直到高度近视组 CVI 大范围降低(图 5);轻度近视组 CVI 与正视组相比,仅有 7 格(4.86%)的降低具有统计学意义,5 格(3.47%)的升高具有统计学意义;中度近视组 CVI 与正视组相比,有 17 格(11.81%)的降低具有统计学意义,2 格(1.39%)的升高具有统计学意义;高度近视组 CVI 与正视组相比,有 64 格(44.44%)的降低都具有统计学意义。

表 3 五分区内 CT(μm)变化情况

组别	样本量	黄斑区	颞上区	鼻上区	颞下区	鼻下区
正视组	28	277.96 $\pm$ 68.63	246.54 $\pm$ 38.3	234.88 $\pm$ 54.41	209.15 $\pm$ 39.88	163.43 $\pm$ 32.77
轻度近视组	50	244.78 $\pm$ 47.74 *	227.10 $\pm$ 39.18 *	238.69 $\pm$ 40.98	203.15 $\pm$ 34.83	162.34 $\pm$ 31.09
中度近视组	50	226.74 $\pm$ 57.49 *	210.53 $\pm$ 37.36 *	229.92 $\pm$ 44.41	184.32 $\pm$ 28.94 *	155.17 $\pm$ 26.12
高度近视组	50	180.64 $\pm$ 39.51 *	195.74 $\pm$ 29.65 *	185.15 $\pm$ 37.58 *	167.53 $\pm$ 24.27 *	130.69 $\pm$ 20.14 *
F		7.364	2.278	7.251	7.829	6.996
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

* 与正视组比较, $P<0.05$

表 4 五分区内 CVI(%) 变化情况

组别	样本量	黄斑区	颞上区	鼻上区	颞下区	鼻下区
正视组	28	41.77 $\pm$ 5.23	44.31 $\pm$ 3.83	42.11 $\pm$ 5.33	43.95 $\pm$ 5.05	36.29 $\pm$ 6.59
轻度近视组	50	40.85 $\pm$ 4.08	43.11 $\pm$ 3.75	43.40 $\pm$ 3.74	43.99 $\pm$ 4.3	36.05 $\pm$ 4.77
中度近视组	50	40.93 $\pm$ 5.57	42.45 $\pm$ 4.6	42.94 $\pm$ 4.03	42.43 $\pm$ 4.23	35.93 $\pm$ 3.89
高度近视组	50	37.14 $\pm$ 5.46 *	41.91 $\pm$ 4 *	39.72 $\pm$ 4.45 *	39.96 $\pm$ 4.87 *	32.21 $\pm$ 5.34 *
F		7.364	2.278	7.251	7.829	6.996
P		<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05

* 与正视组比较, $P<0.05$

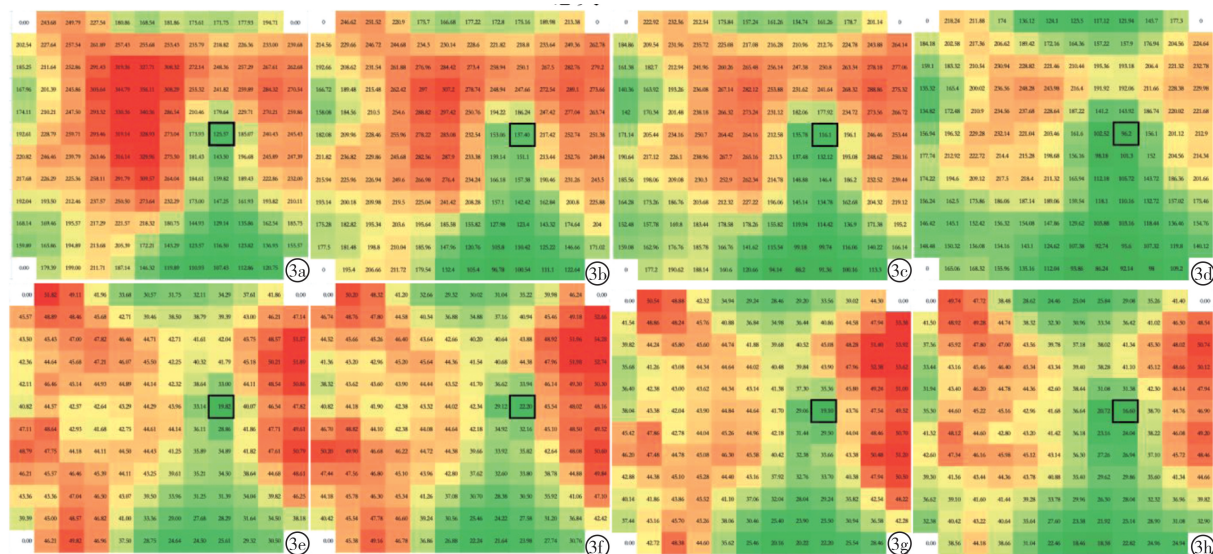


图 3 12 $\times$ 12 网格分区 CT 值及 CVI 值图 各组 24 mm $\times$ 20 mm 范围划分为 12 $\times$ 12 网格的 CT 值(第一行,单位为 μm)及各组的 CVI 值(第二行,单位为%)。a:正视组 12 $\times$ 12 网格的 CT 值;b:轻度近视组 12 $\times$ 12 网格的 CT 值;c:中度近视组 12 $\times$ 12 网格的 CT 值;d:高度近视组 12 $\times$ 12 网格的 CT 值;e:正视组 12 $\times$ 12 网格的 CVI 值;f:轻度近视组 12 $\times$ 12 网格的 CVI 值;g:中度近视组 12 $\times$ 12 网格的 CVI 值;h:高度近视组 12 $\times$ 12 网格的 CVI 值;每个网格的背景颜色不同,以区分 CT 及 CVI 的不同值(绿到红表示数值由小到大),黑框为视乳头位置

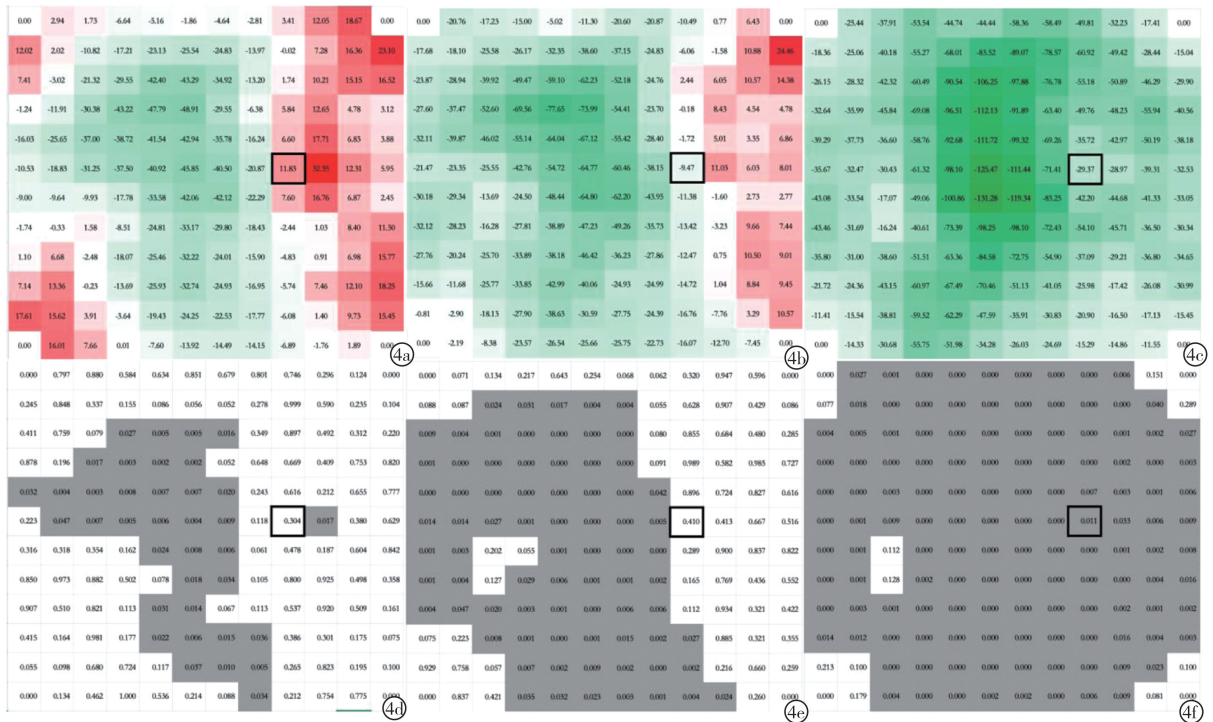


图4 12×12 网格分区 CT 值比较差值图 各组与正组的 24 mm×20 mm 范围划分为 12×12 网格的 CT 差值(第一行,单位为 μm)、各组与正视组 CT 比较 P 值(第二行)。a:轻度近视组与正视组 12×12 网格的 CT 差值;b:中度近视组与正视组 12×12 网格的 CT 差值;c:高度近视组与正视组 12×12 网格的 CT 差值;d:轻度近视组与正视组 CT 比较 P 值;e:中度近视组与正视组 CT 比较 P 值;f:高度近视组与正视组 CT 比较 P 值;每个网格的背景颜色不同,以区分 CT 差值的不同值(红色表示增厚,绿色表示变薄),第二行 $P < 0.05$ 用灰色表示,黑框为视乳头位置

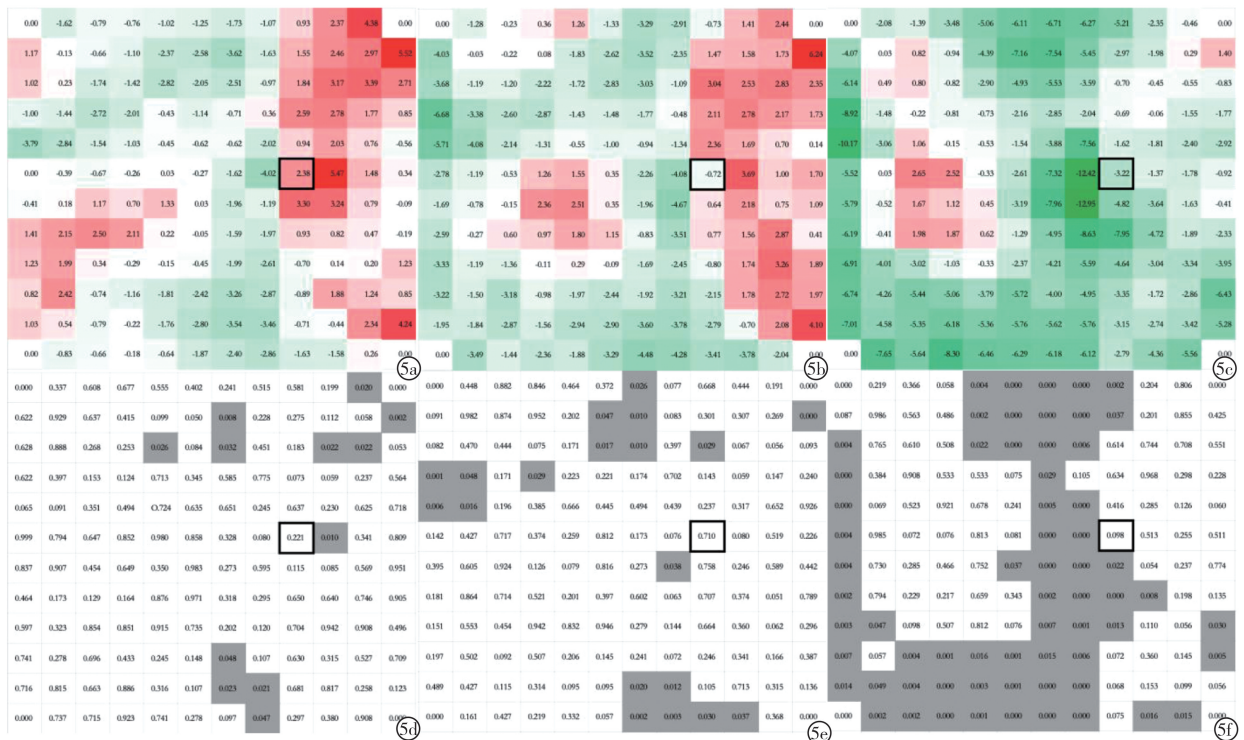


图5 12×12 网格分区 CVI 值比较差值图 各组与正视组的 24 mm×20 mm 范围划分为 12×12 网格的 CVI 差值(第一行,单位为 μm)、各组与正视组 CVI 比较 P 值(第二行)。a:轻度近视组与正视组 12×12 网格的 CVI 差值;b:中度近视组与正视组 12×12 网格的 CVI 差值;c:高度近视组与正视组 12×12 网格的 CVI 差值;d:轻度近视组与正视组 CVI 比较 P 值;e:中度近视组与正视组 CVI 比较 P 值;f:高度近视组与正视组 CVI 比较 P 值;每个网格的背景颜色不同,以区分 CVI 差值的不同值(红色表示升高,绿色表示降低),第二行 $P < 0.05$ 用灰色表示。

3 讨论

研究使用快速广域的 SS-OCTA, 获取不同近视程度青年人 24 mm×20 mm 范围的眼底图像, 机器内置软件自动计算 12×12 个小格 CT 及 CVI 值, 分析不同近视程度患者脉络膜的变化情况。研究显示, 近视程度增加时, 脉络膜逐步变薄, 首先在黄斑区和颞上区显现, 随后由后极向周边扩展, 颞侧早于鼻侧。高度近视时, 脉络膜显著变薄, 黄斑区的变化尤为明显。CVI 也会随近视加重而逐渐降低, 高度近视组显著降低。

本研究利用新型 SS-OCTA 扫描系统, 获取 24 mm×20 mm 的眼底图像。研究显示, 在 24 mm×20 mm 区域, 高度近视的平均 CT 值明显低于正视眼, 与以往研究一致, 即近视程度与眼轴增长相关^[8-11]。但低度近视组的 CT 厚度与正视组相比并无显著变化。推测轻度近视组鼻侧、颞上及颞下区域 CT 有增厚趋势。Huang 等认为近视初期脉络膜增厚与正常发育有关^[12]。

研究显示, 脉络膜变薄首先发生在黄斑部, 并逐渐向外扩展, 最终在高度近视组中表现为广泛变薄, 且黄斑中心区的变薄最为明显。已有研究指出, 黄斑区脉络膜的持续变薄可能与近视黄斑病变^[13]发展相关。且脉络膜变薄是高度近视和病理性近视进展的重要指标^[14]。本研究也能观察到随近视的进展, CT 值变薄, 脉络膜变薄范围由黄斑区逐渐扩大, 且黄斑区变薄最明显。

本研究还探究了近视对脉络膜 CVI 的影响。三维 CVI 是脉络膜血管腔体积与总脉络膜体积的比例。既往研究采用二值化方法利用增强深度成像光学相干层析成像 (EDI-OCT) 来计算脉络膜血管指数 (CVI, 指脉络膜管腔面积与脉络膜横截面面积的比率)^[15], 发现成人 CVI 与屈光度和眼轴长度无关, 但本研究在高度近视组中, 三维 CVI 明显下降。脉络膜作为三维结构, 其三维信息评估脉络膜血管系统比二维扫描更为准确。轻度近视组、中度近视组与正视组相比, CVI 轻度下降, 但差异并无统计学意义。在轻度及中度近视组, CVI 在黄斑区及血管弓附近有降低, 而在血管弓以外区域 (尤其鼻侧) 有升高趋势, 此变化趋势与 CT 一致, 由于本研究为横断面观察性研究, 无法确定血流与厚度变化的因果关系。结果显示, 高度近视患者的脉络膜 CT 及 CVI 显著低于正视眼, 表明其脉络膜血流密度和血供均有所减少, 且厚度也有所减薄。尽管无法确认因果关系, 但血供减少与 CT 值降低存在显著关联。本研究发现, 青年近视程度加深时, CT 值减薄, 血流指数降低。CVI 可能成为预测青年近视进展的生物标记。

本研究还发现各组中 CT 及 CVI 均在鼻下区最低。扩大观察范围至 24 mm×20 mm 后, 发现在视乳头鼻侧的 CT 及 CVI 大于视乳头及鼻下区。CT 及 CVI 在鼻下区最低可以通过视杯的发育中胚裂位于下方来解释。在各组内 CT 及 CVI 的最低位置定位均相同, 说明近视程度虽影响 CT 及 CVI 的数值变化, 但并不影响 CT 及 CVI 的分布。

本研究仍有不足之处: 首先, 样本量太小, 如果有更大的样本量, 可能会发现更多的信息, 且更可靠; 其次, 在扫描 OCTA 时, 没有根据 AL 进行校正, 眼轴会影响眼底图像的横向尺度; 此外, 机器自带软件大多数情况下能对脉络膜层进行准确的划分, 但仍存在需要手动校正的时候; 最后, 本研究是一个横断面研究, 无法证明近视进展与 CT、CVI 变化的因果关系。

【参考文献】

- [1] Wu H, Chen W, Zhao F, et al. Scleral hypoxia is a target for myopia control[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2018, 115(30): 7091-7100.
- [2] Chhablani J, Barteselli G. Clinical applications of choroidal imaging technologies[J]. Indian journal of ophthalmology, 2015, 63(5): 384-390.
- [3] El-Shazly AA, Farweez YA, ElSebaay ME, et al. Correlation between choroidal thickness and degree of myopia assessed with enhanced depth imaging optical coherence tomography[J]. European journal of ophthalmology, 2017, 27(5): 577-584.
- [10] Klein T, Wieser W, Reznicek L, et al. Multi-MHz retinal OCT[J]. Biomedical optics express, 2013, 4(10): 1890-1908.
- [4] Flores-Moreno I, Lugo F, Duker JS, et al. The relationship between axial length and choroidal thickness in eyes with high myopia[J]. American journal of ophthalmology, 2013, 155(2): 314-319.
- [5] Liu L, Zhu C, Yuan Y, et al. Three-Dimensional Choroidal Vascularity Index in High Myopia Using Swept-Source Optical Coherence Tomography[J]. Current eye research, 2022, 47(3): 484-492.
- [6] Zhou H, Dai Y, Shi Y, et al. Age-Related Changes in Choroidal Thickness and the Volume of Vessels and Stroma Using Swept-Source OCT and Fully Automated Algorithms[J]. Ophthalmology Retina, 2020, 4(2): 204-215.
- [7] Liu X, Chen S, Leng H, et al. New findings on choroidal features in healthy people by ultra-widefield swept-source optical coherence tomography angiography[J]. Sci Rep, 2023, 13(1): 9215.
- [8] Read SA, Fuss JA, Vincent SJ, et al. Choroidal changes in human myopia: insights from optical coherence tomography imaging[J]. Clinical & experimental optometry, 2019, 102(3): 270-285.
- [9] Zhang Q, Neitz M, Neitz J, et al. Geographic mapping of choroidal thickness in myopic eyes using 1050-nm spectral domain optical coherence tomography[J]. Journal of innovative optical health sciences, 2015, 8(4): 1550012.
- [10] Read SA, Alonso-Caneiro D, Vincent SJ, et al. Longitudinal changes in choroidal thickness and eye growth in childhood[J]. Investigative ophthalmology & visual science, 2015, 56(5): 3103-3112.