

基于 EDI-OCT 技术观察远视性弱视儿童脉络膜结构的变化

黄雪英, 秦程, 崔鲲龙, 刘晓辉, 覃蓓

引用: 黄雪英, 秦程, 崔鲲龙, 等. 基于 EDI-OCT 技术观察远视性弱视儿童脉络膜结构的变化. 国际眼科杂志 2022; 22(9): 1451-1457

基金项目: 广西壮族自治区卫生健康委员会科研课题 (No. Z20211495)

作者单位: (541199) 中国广西壮族自治区桂林市, 桂林医学院第二附属医院眼科

作者简介: 黄雪英, 毕业于桂林医学院, 主治医师, 研究方向: 小儿斜视弱视、屈光不正。

通讯作者: 秦程, 毕业于桂林医学院, 主任医师, 科主任, 硕士研究生导师, 研究方向: 白内障、玻璃体视网膜疾病. 13977306440@163.com

收稿日期: 2022-02-07 修回日期: 2022-08-17

摘要

目的: 通过增强深度成像光学相干断层扫描 (EDI-OCT) 技术比较远视性弱视与同龄正常儿童脉络膜结构的差异。

方法: 选取 2021-01/12 就诊于我院的远视性弱视儿童 35 例 50 眼纳入弱视组, 选取同期就诊一般资料相匹配的健康儿童 30 例 51 眼纳入对照组, 均进行 EDI-OCT 检查, 测量脉络膜厚度 (CT), 并对图像进行处理后获取总脉络膜面积 (TCA)、血管腔面积 (LA)、基质面积 (SA)、脉络膜血管指数 (CVI)。

结果: 弱视组各区域 TCA (下方除外)、SA (外环下方除外)、LA 与 CT (下方、颞侧除外) 均明显大于对照组 ($P < 0.05$); 除外环颞侧外, 两组各区域 CVI 无明显差异 ($P > 0.05$); 除鼻侧外, 不同远视程度弱视儿童 CT 无明显差异 ($P > 0.05$)。

结论: 远视性弱视存在脉络膜结构异常, 随着远视度数增加, TCA、LA、SA 有增大趋势, 脉络膜结构改变与远视性弱视有关。

关键词: 远视性弱视; 脉络膜血管指数; 脉络膜厚度; 脉络膜血管腔面积; 脉络膜基质面积; 总脉络膜面积; 增强深度成像光学相干断层扫描 (EDI-OCT)

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.9.07

Changes of choroidal structure in children with hyperopic amblyopia observed by EDI-OCT technique

Xue - Ying Huang, Cheng Qin, Kun - Long Cui, Xiao-Hui Liu, Bei Qin

Foundation item: The Scientific Research Project of the Health Commission of Guangxi Zhuang Autonomous Region (No. Z20211495)

Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Guilin Medical University, Guilin 541199, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Correspondence to: Cheng Qin. Department of Ophthalmology, the Second Affiliated Hospital of Guilin Medical University, Guilin 541199, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. 13977306440@163.com

Received: 2022-02-07 Accepted: 2022-08-17

Abstract

• **AIM:** To compare the differences in choroidal structure between hyperopic amblyopia and normal children of the same age by the enhanced depth imaging optical coherence tomography (EDI-OCT) technique.

• **METHODS:** There were 35 cases in 50 eyes of children with hyperopic amblyopia visiting our hospital in January 2021 to December 2021 selected in the amblyopic group, and 30 cases in 51 eyes of healthy children who matched general data in the same period were selected in the control group. EDI-OCT examination was performed to measure the choroidal thickness (CT). After image processing, the total choroidal area (TCA), luminal area (LA), stromal area (SA) and choroidal vascularity index (CVI) were obtained.

• **RESULTS:** TCA (except inferior quadrant), SA (except inferior quadrant of the outer ring), LA and CT (except inferior and temporal quadrant) in the amblyopic group of each area were significantly larger than that in the control group ($P < 0.05$), and there was no significant difference in CVI between the two groups except the temporal quadrant of the outer ring ($P > 0.05$). There was no significant difference in CT for all degrees of hyperopic amblyopia, with the exception of the nasal quadrant ($P > 0.05$).

• **CONCLUSION:** Hyperopic amblyopia is accompanied with abnormal choroidal structure. As the degree of hyperopia increases, TCA, LA and SA exhibit increasing trends. The changes in choroidal structure are presumed to be related to hyperopic amblyopia.

• **KEYWORDS:** hyperopic amblyopia; choroidal vascularity index; choroidal thickness; choroidal luminal area; choroidal stromal area; total choroidal area; enhanced depth imaging optical coherence tomography (EDI-OCT)

Citation: Huang XY, Qin C, Cui KL, et al. Changes of choroidal structure in children with hyperopic amblyopia observed by EDI-OCT technique. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22(9): 1451-1457

0 引言

弱视是一种在一只或两只眼睛中表现为视力低于正常视力和对比敏感度的疾病,由视觉剥夺或异常的双眼相互作用引起。弱视的发病机制目前仍未清楚,传统观点认为弱视眼眼部结构不存在形态学异常。最近研究显示弱视眼脉络膜结构发生改变,采用增强深度成像光学相干断层扫描(EDI-OCT)技术观察发现单侧弱视眼脉络膜厚度(choroidal thickness, CT)增加^[1-2]。对 EDI-OCT 图像进行二值化处理可获得脉络膜血流相关指标,如总脉络膜面积(total choroidal area, TCA)、血管腔面积(luminal area, LA)、基质面积(stromal area, SA)、脉络膜血管指数(choroidal vascularity index, CVI)等。脉络膜血流相关指标结合脉络膜的厚度分析能较全面地了解脉络膜结构及灌注情况,以反映弱视眼脉络膜结构的改变。本研究旨在分析远视性弱视儿童脉络膜厚度、脉络膜总面积、脉络膜血管腔面积、脉络膜基质面积和脉络膜血管指数的变化及与眼轴长度(AL)、等效球镜度(SE)的相关性。

1 对象和方法

1.1 对象 收集 2021-01/12 在桂林医学院第二附属医院确诊的远视性屈光参差及远视性屈光不正弱视患者 35 例 50 眼为弱视组,年龄 5~13 [6(5, 7)] 岁,等效球镜度 4.91±1.89D,眼轴长度 21.58±0.92mm。选取同期在我院就诊的正常儿童 30 例 51 眼纳入对照组,年龄 5~12 [7(5, 10)] 岁,等效球镜度 0.78±0.59D,眼轴长度 23.03±0.86mm。纳入标准:(1)弱视组:符合弱视的诊断标准,即在视觉发育期,由于单眼斜视、未矫正的屈光参差、未矫正的高度屈光不正、形觉剥夺引起的单眼或双眼最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA) 低于相应年龄的视力,或双眼视力相差 2 行及以上,视力较低眼为弱视,其中 3~5 岁儿童视力的正常值下限为 0.5,6 岁及以上儿童视力的正常值下限为 0.7^[3];(2)对照组:BCVA ≥ 20/20,等效球镜度 -0.5~+1.75D。排除标准:(1)有早产史、神经系统疾病,或可能改变微血管血流的系统性疾病(包括糖尿病、高血压、心血管疾病等);(2)有其他眼部疾病,如视网膜病变、眼内炎、屈光介质混浊、斜视及眼内手术史;(3)合作能力较差、EDI-OCT 检查图像不清晰。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,并经桂林医学院第二附属医院伦理委员会批准,所有受试者及其监护人均签署知情同意书。

1.2 方法 所有患者均行视力、睫状肌麻痹验光、非接触眼压测量、眼轴长度测量、遮盖-去遮盖、眼外肌、裂隙灯、裂隙灯下眼底检查、Spectralis HRA OCT 检查等。其中,视力检查时配戴合适的矫正眼镜检查 BCVA,结果换算为最小分辨角对数(LogMAR)视力进行统计学分析。采用 AR-1 型电脑验光仪行电脑验光,并记录等效球镜度。采用 CT-80A 非接触眼压计测量眼压。采用 TOMEY 生物测量仪测量眼轴长度。采用 Spectralis HRA OCT 仪进行 EDI-OCT 检查,使用波长为 870nm 光源,扫描速度 40000Hz/s,对受检眼中心凹进行水平及垂直方向单线扫描,扫描线长 8.9mm,每只眼扫描 3 次,采用实时降噪自动叠加功能(ART),水平及垂直方向分别选取 1 幅最清晰的图像进行分析处理。测量范围为黄斑中心直径 6mm 区域,以中心凹为中心,黄斑区被分为 3 个直径为 1、3、6mm 大小不同的同心圆,并被分别定义为 1mm、内环、外环,同时内环、外环又被分为鼻、颞、上、下四个象限。

1.2.1 脉络膜厚度测量 脉络膜厚度界定为视网膜色素上皮层外界与脉络膜巩膜交界处的垂直距离。OCT-EDI 模式获取图像后,在“Thickness Profile”界面选择“retina”分析模式,选择“ILM”并将其标志线删除,使用自带工具勾画脉络膜的外界标记线“ILM”,点击“Save & Close”,系统自动获取含有“BM”(脉络膜内界标记线)与“ILM”(脉络膜外界标记线)的图像。移动图像中绿色定位线至所需测量的位置,读取两条定位线的距离,即该处的 CT 值(图 1)。

测量范围:中心凹下及距离中心凹上方、下方、鼻侧、颞侧 500、1000、1500、2000、2500、3000μm 处的 CT 值。其中中心凹下脉络膜厚度值(SFCT)取水平和垂直扫描线的平均值;中心 1mm 脉络膜厚度取水平 1mm(鼻侧 500μm+水平扫描线中心凹下+颞侧 500μm 脉络膜厚度平均值)与垂直 1mm(上方 500μm+垂直扫描线中心凹下+下方 500μm 脉络膜厚度平均值)两者的平均值;内环鼻侧取鼻侧 1000μm+鼻侧 1500μm 脉络膜厚度平均值;内环颞侧取颞侧 1000μm+颞侧 1500μm 脉络膜厚度平均值;内环上方取上方 1000μm+上方 1500μm 脉络膜厚度平均值;内环下方取下方 1000μm+下方 1500μm 脉络膜厚度平均值;外环鼻侧取鼻侧 2000μm+鼻侧 2500μm+鼻侧 3000μm 脉络膜厚度平均值;外环颞侧取颞侧 2000μm+颞侧 2500μm+颞侧 3000μm 脉络膜厚度平均值;外环上方取上方 2000μm+上方 2500μm+上方 3000μm 脉络膜厚度平均值;外环下方取下方 2000μm+下方 2500μm+下方 3000μm 脉络膜厚度平均值。按以上方法计算 SFCT、中心 1mm、内环鼻侧、外环鼻侧、内环颞侧、外环颞侧、内环上方、外环上方、内环下方和外环下方的 CT 值及 6mm 范围内平均 CT 值。

1.2.2 脉络膜血流相关指标测量 获取的 EDI-OCT 图像在 Image J 软件中打开,应用多边形工具勾勒出所要测量的区域,使用选区管理器(ROI manager)记录,使用 Measure 工具测量该区域 TCA,设为 S1;将图像设置为 8-bit 格式,选择 Niblack 选项进行图像自动阈值处理,然后将图像转换为 RGB Color,使用 Color Threshold 工具,在 Brightness 选择最小值为 0,最大值小于 255。将 Threshold Color 改为 black,选择 Select。将新建的选区添加 ROI manager,设为 S2,同时选中 S1 和 S2,点击 More-AND,进行交集运算,最终获得区域的 LA,设为 S3。将 S1 减去 S3,计算 SA。S3 除以 S1,计算 CVI。本研究认为 EDI-OCT 图像中暗区代表脉络膜血管腔,明区代表脉络膜基质,见图 2。分别计算各区域 LA、SA、TCA、CVI,其中中心 1mm 的 LA、SA、TCA、CVI 取水平和垂直扫描平均值,并计算 6mm 范围总 LA、SA、TCA 及平均 CVI。

统计学分析:采用 SPSS 23.0 统计学软件进行数据分析。各连续变量用 Shapiro-Wilk 进行正态性检验,符合正态分布以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)描述,两组间比较采用独立样本 *t* 检验,多组间比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用 LSD-*t* 检验;不符合正态分布以中位数及四分位间距 [$M(P_{25}, P_{75})$] 描述,两组间比较采用 Mann-Whitney *U* 检验。计数资料的组间比较采用卡方检验。相关性分析采用 Pearson 相关分析法。以 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 两组受检者一般资料比较 弱视组 35 例 50 眼,其中

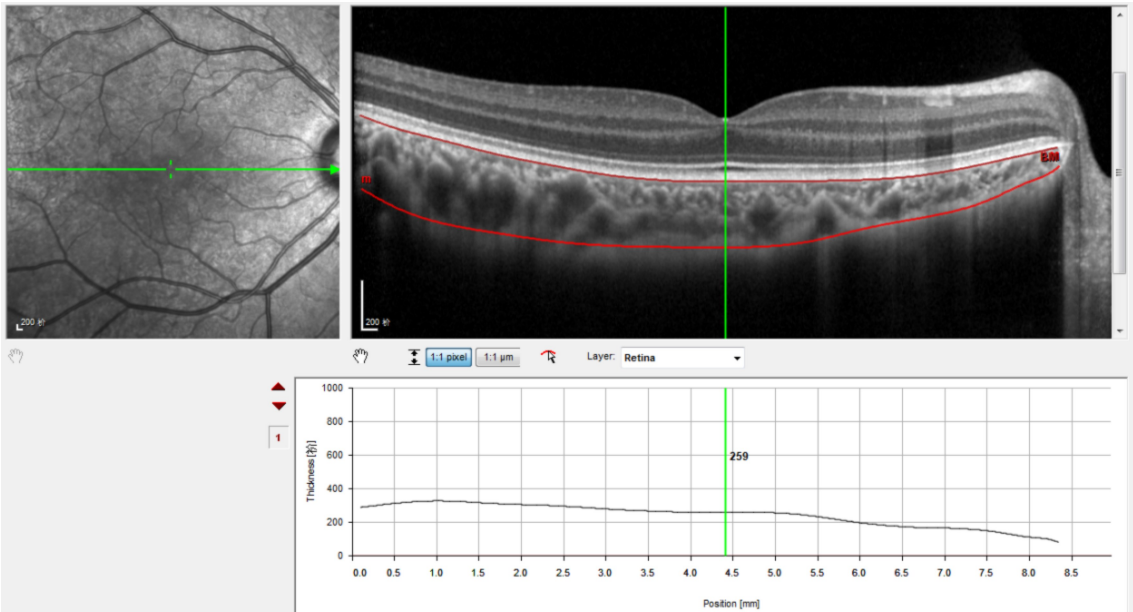


图1 脉络膜厚度测量。

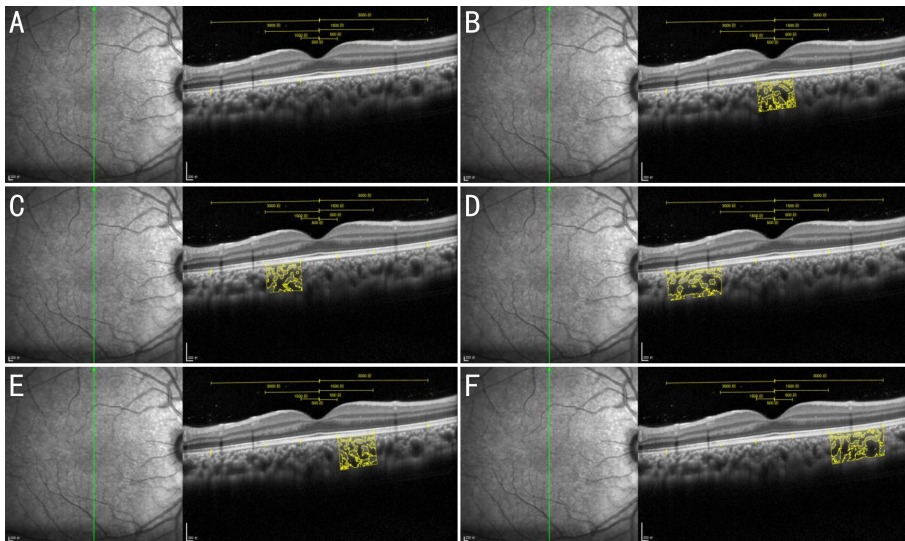


图2 脉络膜血流相关指标测量 A:垂直方向 EDI-OCT 图像;B~F:分别代表不同位置经过二值化后的图像,暗区代表脉络膜血管腔,明区代表脉络膜基质。

男 19 例 24 眼,女 16 例 26 眼,年龄 6(5,7)岁,BCVA(LogMAR) 0.3(0.2,0.525),眼轴长度 $21.58 \pm 0.92\text{mm}$,等效球镜度 $4.91 \pm 1.89\text{D}$ 。对照组 30 例 51 眼,其中男 18 例 34 眼,女 12 例 17 眼,年龄 7(5,10)岁,BCVA(LogMAR)均为 0,眼轴长度 $23.03 \pm 0.86\text{mm}$,等效球镜度 $0.78 \pm 0.59\text{D}$ 。两组受检者年龄、性别构成比较,差异无统计学意义($Z = -1.879, P = 0.06; \chi^2 = 0.215, P = 0.643$);眼轴长度、等效球镜度、BCVA 比较,差异有统计学意义($t = 8.107, P < 0.001; t = -14.721, P < 0.001; Z = -9.233, P < 0.001$)。

2.2 两组受检者 TCA 比较 弱视组除下方(内环下方 $t = -2.600, P = 0.110$;外环下方 $t = -1.214, P = 0.228$)TCA 略大于对照组,但差异均无统计学意义($P > 0.05$),余以黄斑为中心 6mm 范围内各区域 TCA 及 6mm 范围总 TCA 明显大于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 1。

2.3 两组受检者 LA 比较 弱视组除下方(内环下方 $t = -1.871, P = 0.064$;外环下方 $t = -0.567, P = 0.572$)、颞侧(内环颞侧 $t = -1.241, P = 0.218$;外环颞侧 $t = -0.690, P = 0.492$)LA 略大于对照组,但差异均无统计学意义($P >$

0.05),余以黄斑为中心 6mm 范围内各区域 LA 及 6mm 总 LA 均明显大于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 2。

2.4 两组受检者 SA 比较 相较于对照组,除外环下方 SA 无差异($Z = -1.742, P = 0.081$),弱视组以黄斑为中心 6mm 范围内各区域 SA 及 6mm 范围总 SA 均明显大于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 3。

2.5 两组受检者 CT 比较 相较于对照组,除下方(内环下方 $t = -1.907, P = 0.059$;外环下方 $t = 0.108, P = 0.914$)、颞侧(内环颞侧 $t = -1.747, P = 0.084$;外环颞侧 $t = -0.224, P = 0.823$)CT 无差异,弱视组以黄斑为中心 6mm 范围内各区域 CT 及 6mm 范围平均 CT 均明显大于对照组,差异均有统计学意义($P < 0.05$),见表 4。两组受检者各象限脉络膜厚度排序:对照组鼻侧脉络膜较其他象限薄,外环鼻侧最薄,其次为内环鼻侧,然后是外环下方,最厚区域为内环颞侧、内环上方、SFCT、中心 1mm;弱视组外环鼻侧最薄,其次是外环下方,最厚区域为 SFCT、内环上方、中心 1mm、外环上方。

表 1 不同区域 TCA 比较

区域	弱视组 (n=50)	对照组 (n=51)	t	P	($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}^2$)
中心 1mm	1120181±213858	966154±188506	-3.842	<0.001	
内环鼻侧	1016620±234894	829840±188801	-4.409	<0.001	
内环颞侧	1076023±224443	969038±186659	-2.607	0.011	
内环下方	1049610±224286	943433±184628	-2.600	0.110	
内环上方	1167172±252137	977996±200550	-4.177	<0.001	
外环鼻侧	1182390±304144	945521±262448	-4.193	<0.001	
外环颞侧	1481232±332522	1349169±268028	-2.195	0.031	
外环下方	1402224±284107	1333393±285800	-1.214	0.228	
外环上方	1636500±356758	1378959±271885	-4.075	<0.001	
6mm 范围总 TCA	11131954±2062867	9693507±1762612	-3.770	<0.001	

注:对照组:正常儿童。

表 2 不同区域 LA 比较

区域	弱视组 (n=50)	对照组 (n=51)	t	P	($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}^2$)
中心 1mm	730307±169078	646384±134532	-2.757	0.007	
内环鼻侧	663331±192855	563013±137515	-3.005	0.003	
内环颞侧	695590±193217	654781±130763	-1.241	0.218	
内环下方	682767±161776	625418±146008	-1.871	0.064	
内环上方	771333±197967	644029±153717	-3.614	<0.001	
外环鼻侧	783031±256144	637942±196272	-3.199	0.002	
外环颞侧	936870±266410	904785±194703	-0.690	0.492	
外环下方	910827±214965	885652±230711	-0.567	0.572	
外环上方	1082229±267126	913770±217695	-3.477	0.001	
6mm 范围总 LA	7256289±1674699	6475779±1296262	-2.616	0.010	

注:对照组:正常儿童。

表 3 不同区域 SA 比较

区域	弱视组 (n=50)	对照组 (n=51)	Z	P	[$M(P_{25}, P_{75}), \mu\text{m}^2$]
中心 1mm	386789(305440,441571)	316379(269560,368962)	-3.661	<0.001	
内环鼻侧	333002(286609,396757)	265578(215456,313777)	-4.340	<0.001	
内环颞侧	363781(316489,418033)	311168(260798,353189)	-3.437	0.001	
内环下方	344756(284143,414605)	303066(271338,357582)	-2.112	0.035	
内环上方	387549(323570,435752)	326718(273552,375022)	-3.084	0.002	
外环鼻侧	380154(306841,467165)	310960(232621,356650)	-3.919	<0.001	
外环颞侧	544118(424395,617568)	452471(382711,508635)	-3.542	<0.001	
外环下方	482320(388834,546433)	427341(383023,513854)	-1.742	0.081	
外环上方	521888(451759,665696)	443271(400839,520720)	-3.179	0.001	
6mm 范围总 SA	7283531(5875252,8038588)	5838028(5181616,6841126)	-3.607	<0.001	

注:对照组:正常儿童。

表 4 不同区域 CT 比较

区域	弱视组 (n=50)	对照组 (n=51)	t	P	($\bar{x} \pm s, \mu\text{m}$)
SFCT	384.00±56.67	340.75±61.65	-3.671	<0.001	
中心 1mm	381.19±56.34	338.89±59.68	-3.661	<0.001	
内环鼻侧	336.05±56.49	282.37±60.23	-4.618	<0.001	
内环颞侧	366.67±66.68	344.06±63.35	-1.747	0.084	
内环下方	355.92±53.89	334.35±59.59	-1.907	0.059	
内环上方	383.35±57.52	342.54±60.06	-3.486	0.001	
外环鼻侧	257.04±53.35	209.61±51.78	-4.534	<0.001	
外环颞侧	333.63±64.90	330.78±63.08	-0.224	0.823	
外环下方	309.42±46.97	310.54±55.99	0.108	0.914	
外环上方	372.68±56.82	334.50±62.30	-3.216	0.002	
6mm 范围平均 CT	347.99±47.45	316.84±53.07	-3.109	0.002	

注:对照组:正常儿童。

2.6 两组受检者 CVI 比较 相较于对照组,弱视组除外环颞侧 CVI 较低,差异具有统计学意义($Z = -2.534, P = 0.011$),余以黄斑为中心 6mm 范围内各区域 CVI 及 6mm 范围平均 CVI 差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 5。

2.7 不同远视程度弱视患者 CT 的比较 弱视组患者按照等效球镜度分为低度远视组($< +3.0D$, 7 例 10 眼)、中度远视组($+3.0 \sim +5.0D$, 11 例 15 眼)、高度远视组($> +5.0D$, 17 例 25 眼)。高度远视组内环鼻侧 CT 大于低度远视组,差异有统计学意义($P = 0.006$),外环鼻侧 CT 大于低度远视组和中度远视组,差异均有统计学意义($P < 0.01$)。余以黄斑为中心 6mm 范围内各区域 CT 及 6mm 范围平均 CT 三组之间差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 6。

2.8 脉络膜结构参数与 SE 和 AL 的相关性 Pearson 相关分析显示,弱视组内环鼻侧、外环鼻侧、内环上方、外环上方、内环下方、外环下方 TCA、LA 及 6mm 范围总 TCA、LA 与 SE 均存在正相关($P < 0.05$),即 SE 越大,远视度数越高,TCA、LA 增大越明显;弱视组内环鼻侧、外环鼻侧、外环上方 SA 及 6mm 范围总 SA 与 SE 均存在正相关($P < 0.05$),即 SE 越大,远视度数越高,SA 增大越明显,见表 7。弱视组内环鼻侧、外环鼻侧 TCA、SA、CT 与 AL 均存在负相关($\gamma_{TCA} = -0.300, -0.423, P_{TCA} = 0.034, 0.002; \gamma_{SA} = -0.331, -0.522, P_{SA} = 0.019, < 0.001; \gamma_{CT} = -0.388, -0.504, P_{CT} = 0.005, < 0.001$)。对照组外环颞侧、内环上方、外环上方 TCA 与 SE 均存在正相关($\gamma = 0.277, 0.29, 0.29, P = 0.049, 0.039, 0.039$),外环颞侧 LA 与 SE 存在正相关($\gamma = 0.316, P = 0.024$),中心 1mm、内环上方、外环上方、内环下方、外环下方 SA 与 SE 均存在正相关($\gamma = 0.349, 0.502, 0.434, 0.397, 0.367, P = 0.012, < 0.001, = 0.001, 0.004, 0.008$)。

3 讨论

脉络膜由大量血管组成,周围是基质组织,基质组织由结缔组织、黑色素细胞、神经和细胞外液组成。脉络膜提供视网膜外层及黄斑区的血液供应。Wallman 等^[4]研究证明眼睛能够通过响应近视或远视离焦使视网膜发生位置变化来改变其屈光状态,视网膜位置的这些变化是通过调节脉络膜的厚度实现的,脉络膜可能参与眼屈光状态的调节。近视离焦时脉络膜增厚,远视离焦时脉络膜变薄。脉络膜在弱视发病机制中的作用可能与其为外层视网膜、黄斑区供血及通过自身厚度的改变调节眼屈光状态有关。目前单侧弱视的 Meta 分析显示弱视眼脉络膜的厚度增加^[1-2],存在脉络膜结构异常,但多数研究只测量黄斑下脉络膜的厚度,并未对脉络膜中血管、基质进行研究,从而限制了对结构变化的整体认识,不能全面了解弱视脉络膜结构。本研究应用 EDI-OCT 技术评价中心凹 6mm 范围内 CT 值,同时对 EDI-OCT 图像进行二值化处理获得脉络膜血流指标 TCA、LA、SA、CVI 等信息。脉络膜血流指标结合脉络膜的厚度分析能较全面了解脉络膜结构及灌注情况,以了解弱视脉络膜结构改变情况。本研究分析了远视性弱视儿童脉络膜各项参数变化及其相关性,并与正常儿童进行比较。

本研究发现弱视眼 CT 值大于正常眼,与既往研究^[5-10]结果一致。脉络膜的厚度增加可能是由于对增厚的黄斑血液供应要求增加而导致的血流量增加,特别是当中心凹仅由脉络膜血管滋养时^[11]。也有研究认为弱视眼 CT 增加与脉络膜在调节过程中的变化有关^[12-13]。在远

视性弱视眼中,因为调节功能障碍,脉络膜将更厚,眼睛的生长将受到限制。关于各区域脉络膜厚度的差异,本研究中两组受检者均显示鼻侧最薄,然后是下方;SFCT、中心 1mm、上方及颞侧较厚,这与既往研究^[7,9,14]结果相同。部分学者推测脉络膜向下和向鼻侧变薄与巩膜后极部生长方向有关,视神经视盘向鼻侧生长,也可能与鼻侧脉络膜组织在胚胎 16wk 停止发育有关^[15-16]。本研究比较了弱视组不同远视程度儿童 CT 的差异,结果显示低度、中度、高度远视组除鼻侧具有差异外,余 6mm 范围内各区域及脉络膜平均厚度差异均无统计学意义,分析可能与本研究中低度、中度远视组纳入样本量较少有关。

Nishi 等^[17]对 29 例屈光参差性弱视患者和 20 例年龄相近的正常对照组儿童进行研究,发现弱视眼 LA 明显大于正常对照组,TCA 和 SA 差异无统计学意义。Kaderli 等^[18]对 44 例远视性屈光不正及 20 名正视者进行研究,发现远视组脉络膜血管腔直径和面积大于正视组,且随远视度数增加及眼轴的变短而增大。Guler Alis 等^[19]对 100 例 18~40 岁患者根据屈光度进行分组研究,发现 TCA、LA 和 SA 值以远视组最高,其中 TCA 和 SA 明显高于正常组及近视组,差异具有统计学意义。本研究发现远视性弱视组 TCA、LA、SA 均明显大于对照组。目前尚不清楚远视性弱视 TCA、LA 和 SA 增加原因及具体机制,认为可能与远视有关,或与弱视本身相关。尽管本研究中弱视组 CT、LA、SA 与 TCA 均增加,但 CVI 与对照组基本无明显差异。Agrawal 等^[20]认为,CVI 是研究脉络膜病理生理的有力指标,因为 CVI 的变异率小于 SFCT,与大多数生理变量无关。Terada 等^[21]报道,弱视眼($61.49\% \pm 4.95\%$)和对侧眼($61.48\% \pm 3.73\%$)的 CVI 值大于正常眼($55.69\% \pm 1.83\%$),且弱视患者与正常对照组的鉴别标准为 59%。本研究中,弱视组各区域 CVI 均超过 59%,6mm 范围平均 CVI 为 66.84% ($65.37\%, 67.91\%$),与 Terada 等^[21]报道相近,而对照组 6mm 范围平均 CVI 值 67.00% ($65.60\%, 68.71\%$),也超过 59%。Baek 等^[10]报告弱视眼 CVI 高于正常对照眼,与脉络膜厚度的增加不呈正比。而 Eraydin 等^[22]对 24 例屈光参差性弱视患者及 30 例年龄相近的正常对照组儿童进行研究,发现弱视眼 CVI 与正常对照组无明显差异。同时 Araki 等^[23]也发现 CVI 在弱视、对侧眼和正常对照眼中没有显著差异,Haller 层的局部 CVI 在单侧远视性弱视眼中不受影响。与上述研究结果相似,本研究发现弱视患者与正常健康者 CVI 基本无差异。分析认为虽然弱视眼 LA、TCA 明显增大,但两者呈比例增大,故两者比值 CVI 没有变化。目前国内关于 CVI 的研究存在较大差异,因为 CVI 的计算是基于一个简单的假设,即暗区(血管腔)和明区(基质)是脉络膜唯一的两种成分。这种假设尚未在组织学中得到明确证实。同时图像处理方法、手工测量误差均可导致 CVI 的差异。Agrawal 等^[20]研究发现 CVI 的变异系数为 3.55,而 SFCT 的变异系数为 40.30,认为 CVI 是评价脉络膜结构更为可靠的标志。本研究认为,由于 CVI 在各研究中的巨大差异,CVI 仍不能作为单一指标来评价弱视脉络膜结构,必须结合其他脉络膜参数(如 TCA、LA、SA、CT)才能更全面了解远视性弱视患者脉络膜结构变化。

此外,本研究发现随着远视度数(SE)的增加,弱视组在内环鼻侧、外环鼻侧、内环上方、外环上方、内环下方、外环下方 TCA、LA 及 6mm 范围总 TCA、LA 逐渐增加,在内

表5 不同区域 CVI 比较

[$M(P_{25}, P_{75}), \%$]

区域	弱视组 ($n=50$)	对照组 ($n=51$)	Z	P
中心 1mm	67.01 (64.81, 68.42)	67.33 (65.30, 69.01)	-1.155	0.248
内环鼻侧	66.72 (64.89, 69.74)	67.45 (65.22, 70.57)	-1.114	0.265
内环颞侧	66.73 (65.04, 68.78)	67.76 (65.94, 70.04)	-1.786	0.074
内环下方	66.24 (63.98, 68.27)	67.21 (64.21, 69.19)	-0.897	0.370
内环上方	66.81 (65.45, 68.94)	66.33 (65.07, 68.8)	-0.740	0.459
外环鼻侧	67.20 (65.37, 69.74)	67.49 (64.17, 69.42)	-0.156	0.876
外环颞侧	65.03 (63.15, 67.46)	66.57 (64.96, 68.87)	-2.534	0.011
外环下方	66.33 (64.94, 67.8)	67.37 (65.01, 69.71)	-1.766	0.077
外环上方	67.01 (65.28, 69.59)	66.91 (64.36, 68.92)	-0.482	0.630
6mm 范围平均 CVI	66.84 (65.37, 67.91)	67.00 (65.60, 68.71)	-0.808	0.419

注:对照组:正常儿童。

表6 不同远视程度弱视患者不同区域 CT 比较

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

区域	低度远视组 ($n=10$)	中度远视组 ($n=15$)	高度远视组 ($n=25$)	F	P
SFCT	364.45±51.89	388.73±52.57	389.04±61.12	0.738	0.483
中心 1mm	361.48±50.57	383.55±52.48	387.65±60.87	0.782	0.463
内环鼻侧	297.30±43.26	330.70±34.43	354.76±64.13	4.595	0.020
内环颞侧	354.00±48.24	366.16±75.90	372.04±68.90	0.254	0.777
内环下方	342.30±50.85	358.20±53.69	360.00±56.38	0.394	0.676
内环上方	367.80±50.23	381.96±39.30	390.40±68.95	0.547	0.582
外环鼻侧	218.56±32.52	237.51±29.60	284.14±57.30	9.289	0.001
外环颞侧	332.00±45.71	339.08±80.16	331.01±63.56	0.074	0.929
外环下方	298.00±44.40	314.82±42.92	310.66±51.16	0.383	0.684
外环上方	350.80±41.19	371.24±41.20	382.29±68.31	1.109	0.338
6mm 范围平均 CT	328.69±37.44	347.19±42.19	356.20±52.98	1.214	0.306

注:低度远视组:等效球镜度<+3.0D;中度远视组:+3.0D≤等效球镜度≤+5.0D;高度远视组:等效球镜度>+5.0D。

表7 弱视组脉络膜结构参数与 SE 的相关性

区域	参数	r	P
内环鼻侧	TCA	0.429	0.002
	LA	0.330	0.019
	SA	0.329	0.002
内环上方	TCA	0.384	0.006
	LA	0.349	0.013
内环下方	TCA	0.300	0.034
	LA	0.345	0.014
外环鼻侧	TCA	0.501	<0.001
	LA	0.380	0.006
	SA	0.440	0.001
外环上方	TCA	0.456	0.001
	LA	0.422	0.002
	SA	0.313	0.027
外环下方	TCA	0.309	0.029
	LA	0.315	0.026
6mm 范围	总 TCA	0.404	0.004
	总 LA	0.331	0.019
	总 SA	0.430	0.002

(AL)的增加,仅弱视组在内环鼻侧、外环鼻侧 TCA、SA、CT降低。本研究未发现 CVI 与 SE 及 AL 之间的相关性。SE 与 TCA、LA、SA 相关性较强,随着远视度数增加,TCA、LA、SA 有逐渐增大趋势。除内环鼻侧、外环鼻侧外,本研究未发现 AL 与 TCA、LA、SA、CT 的相关性。

本研究的局限性有以下几点:(1)图像的处理方法即二值化方法未能统一,存在手工测量误差。图像中信号强度在脉络膜外部区域削弱,导致图像中的暗区(血管腔)被高估,LA、CVI 值增大。(2)EDI-OCT 检查不是相同时间进行,测量结果可能受昼夜节律的影响。(3)本研究仅评估某个横断面的脉络膜结构,而不能代表整体的脉络膜结构信息。(4)本研究为横断面研究,需纵向研究进一步分析脉络膜各项参数变化情况。

综上所述,远视性弱视儿童 CT、TCA、LA、SA 较正常同龄儿童普遍增大,CVI 与正常同龄儿童无差异,且随着远视度数增加,TCA、LA、SA 有逐渐增大的趋势。脉络膜厚度结合脉络膜血流指标能更全面地了解远视性弱视脉络膜结构的变化,可为研究远视性弱视的外周机制提供临床依据。

参考文献

1 Liu YL, Dong Y, Zhao KX. A meta-analysis of choroidal thickness changes in unilateral amblyopia. *J Ophthalmol* 2017; 2017: 2915261
 2 徐治成,董益,史学锋. 弱视眼中心凹下脉络膜厚度变化的 meta 分析. *中华眼底病杂志* 2021; 37(7): 542-548

环鼻侧、外环鼻侧、外环上方 SA 及 6mm 范围总 SA 逐渐增加;对照组在外环颞侧、内环上方、外环上方 TCA 逐渐增加,在外环颞侧 LA 逐渐增加,在中心 1mm、内环上方、外环上方、内环下方、外环下方 SA 逐渐增加。随着眼轴

- 3 中华医学会眼科学分会斜视与小儿眼科学组, 中国医师协会眼科医师分会斜视与小儿眼科学组, 张伟, 等. 中国儿童弱视防治专家共识(2021年). *中华眼科杂志* 2021; 5: 336-340
- 4 Wallman J, Wildsoet C, Xu AM, *et al.* Moving the retina: Choroidal modulation of refractive state. *Vis Res* 1995; 35(1): 37-50
- 5 Hansen MH, Munch IC, Li XQ, *et al.* Visual acuity and amblyopia prevalence in 11- to 12-year-old Danish children from the Copenhagen Child Cohort 2000. *Acta Ophthalmol* 2019; 97(1): 29-35
- 6 Araki S, Miki A, Goto K, *et al.* Macular retinal and choroidal thickness in unilateral amblyopia using swept-source optical coherence tomography. *BMC Ophthalmol* 2017; 17(1): 167
- 7 Zha Y, Zhuang JF, Feng WQ, *et al.* Evaluation of choroidal thickness in amblyopia using optical coherence tomography. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30(4): 629-634
- 8 Niyaz L, Yücel OE, Arntürk N, *et al.* Choroidal thickness in strabismus and amblyopia cases. *Strabismus* 2017; 25(2): 56-59
- 9 Karaca EE, Çubuk MÖ, Akçam HT, *et al.* Choroidal thickness in Turkish children with anisometric amblyopia. *Semin Ophthalmol* 2017; 32(3): 291-296
- 10 Baek J, Lee AN, Chu M, *et al.* Analysis of choroidal vascularity in children with unilateral hyperopic amblyopia. *Sci Rep* 2019; 9: 12143
- 11 Xu JL, Zheng JW, Yu SJ, *et al.* Macular choroidal thickness in unilateral amblyopic children. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55(11): 7361-7368
- 12 Woodman - Pieterse EC, Read SA, Collins MJ, *et al.* Regional changes in choroidal thickness associated with accommodation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015; 56(11): 6414-6422
- 13 Chiang STH, Phillips JR, Backhouse S. Effect of retinal image defocus on the thickness of the human choroid. *Ophthalmic Physiol Opt* 2015; 35(4): 405-413
- 14 Hirata M, Tsujikawa A, Matsumoto A, *et al.* Macular choroidal thickness and volume in normal subjects measured by swept-source optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011; 52(8): 4971-4978
- 15 Lee K, Lee J, Lee CS, *et al.* Topographical variation of macular choroidal thickness with myopia. *Acta Ophthalmol* 2015; 93(6): e469-e474
- 16 Ikuno Y, Kawaguchi K, Nouchi T, *et al.* Choroidal thickness in healthy Japanese subjects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51(4): 2173-2176
- 17 Nishi T, Ueda T, Mizusawa Y, *et al.* Effect of optical correction on choroidal structure in children with anisohypermetropic amblyopia. *PLoS One* 2020; 15(4): e0231903
- 18 Kaderli A, Acar MA, Ünlü N, *et al.* The correlation of hyperopia and choroidal thickness, vessel diameter and area. *Int Ophthalmol* 2018; 38(2): 645-653
- 19 Guler Alis M, Alis A. Choroidal vascularity index in adults with different refractive status. *Photodiagnosis Photodyn Ther* 2021; 36: 102533
- 20 Agrawal R, Gupta P, Tan KA, *et al.* Choroidal vascularity index as a measure of vascular status of the choroid: measurements in healthy eyes from a population-based study. *Sci Rep* 2016; 6: 21090
- 21 Terada N, Miyata M, Muraoka Y, *et al.* Abnormal outer choroidal vasculature in amblyopia. *J Ophthalmol* 2019; 2019: 2097087
- 22 Eraydin B, Gedik C, Koçak N, *et al.* Choroidal vascular index in amblyopia cases. *Turkiye Klinikleri J Ophthalmol* 2020; 29(4): 288-293
- 23 Araki S, Miki A, Goto K, *et al.* Choroidal vessel density in unilateral hyperopic amblyopia using en-face optical coherence tomography. *BMC Ophthalmol* 2020; 20(1): 472