临床研究 DOI：10.13406/j.cnki.cyxb.003698

基于SS-OCTA的成年近视患者黄斑区脉络膜厚度和血流特点的观察

唐 冲，计 岩，黄凡凡，史 凯，胡 蓉，万文娟
（重庆医科大学附属第一医院眼科，重庆 400016）

【摘 要】**目的：**使用扫频源光学相干断层扫描血管成像技术（swept-source optical coherence tomography，SS-OCTA）观察成年近视患者黄斑区脉络膜厚度和血流特点，并分析厚度与血流的相关变化趋势。**方法：**横断面研究。共纳入2023年4月至2023年10月于重庆医科大学附属第一医院眼科屈光门诊就诊的18～36岁成年近视患者共138例138只右眼，所有患者检查屈光状态、眼轴（axial length，AL）等常规眼科项目，根据等效球镜度数（spherical equivalent，SE）将其分为低度近视组（-3D<SE≤-0.5D）、中度近视组（-6D<SE≤-3D）及高度近视组（SE≤-6D）。SS-OCTA用于检查量化黄斑部3 mm×3 mm范围内平均脉络膜厚度（mean choroidal thickness，MCT）、脉络膜毛细血管层血流灌注面积（choriocapillaris blood flow area，CBFA）、脉络膜血管容积（choroidal vessel volume，CVV），脉络膜血管指数（choroidal vessel index，CVI），比较不同程度近视组间黄斑区MCT及各血流参数的差异，并进行相关变化趋势的分析。**结果：**不同程度近视组间，黄斑中心凹、旁中心凹及整个黄斑区3 mm×3 mm范围内的MCT、CBFA、CVV及CVI差异有统计学意义，均随着近视程度的加深而降低（P<0.01）；排除混杂因素后的偏相关性分析提示黄斑区MCT、CBFA、CVV及CVI与SE呈正相关性（r=0.457、0.434、0.395、0.401，均P=0.000），与AL呈负相关性（r=-0.470、-0.360、-0.465、-0.468，均P=0.000）；逐步线性回归提示黄斑区MCT随着SE（t=2.459，P=0.015）及CVV的增加而变厚（t=8.632，P=0.000）。**结论：**成年近视患者黄斑区脉络膜厚度呈不均一分布，随着近视程度的加深，黄斑区脉络膜厚度和血流降低，脉络膜血流状况密切影响脉络膜厚度；脉络膜可能是近视的一个重要生物标志物，本研究结果有助于揭示近视与脉络膜之间的关系。

【关键词】近视；扫频源光学相干断层扫描血管成像技术；脉络膜厚度；脉络膜毛细血管层血流灌注面积；脉络膜血管容积；络膜血管指数
【中图分类号】R773.4；R778.11 【文献标志码】A 【收稿日期】2024-01-15

Features of choroidal thickness and choroidal vascularity in the macular region of adult patients with myopia based on swept-source optical coherence tomography

Tang Chong，Ji Yan，Huang Fanfan，Shi Kai，Hu Rong，Wan Wenjuan
（*Department of Ophthalmology，The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University*）

【**Abstract**】***Objective***：To investigate the features and changing trend of choroidal thickness and choroidal vascularity in the macular region of adult patients with myopia by using swept-source optical coherence tomography（SS-OCTA）. ***Methods***：A cross-sectional study was conducted among 138 adult patients with myopia（138 right eyes），aged 18-36 years，who attended the outpatient service of Department of Ophthalmology，The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University，from April 2023 to October 2023，and routine ophthalmic examination was performed for all patients，including refractive status and axial length（AL）. According to spherical equivalent（SE），the patients were divided into low myopia group（-3D<SE≤-0.5D），moderate myopia group（-6D<SE≤-3D），and high myopia group（SE≤-6D）. SS-OCTA was used to observe and quantify mean choroidal thickness（MCT），choriocapillaris blood flow area（CBFA），choroidal vessel volume（CVV），and choroidal vessel index（CVI）of the 3 mm×3 mm macular region. MCT and choroidal vascularity parameters were compared between the groups with different degrees of myopia，and their changing trends were

作者介绍：唐 冲，Email：634577782@qq.com，
研究方向：视网膜脉络膜病变，屈光不正。
通信作者：万文娟，Email：wanwenjuancqums@163.com。
基金项目：国家自然科学基金面上资助项目（编号：81970832）；重庆市自然科学基金面上资助项目（编号：Cstc2021jcyj-msxmX0967）。
优先出版：https://link.cnki.net/urlid/50.1046.R.20250106.1328.016（2025-01-07）

analyzed. ***Results***: There were significant differences between the groups with different degrees of myopia in MCT, CBFA, CVV, and CVI in the central fovea, the parafovea, and the whole macular region within the 3 mm × 3 mm area, which decreased with the increase in the degree of myopia (P<0.01). After elimination of confounding factors, the partial correlation analysis showed that MCT, CBFA, CVV, and CVI in the whole macular region were positively correlated with SE (r=0.457, 0.434, 0.395, and 0.401, all P=0.000) and were negatively correlated with AL (r=−0.470, −0.360, −0.465, and −0.468, all P=0.000). The stepwise linear regression analysis showed that MCT gradually increased with the increase in SE (t=2.459, P=0.015) and CVV (t=8.632, P=0.000). ***Conclusion***: MCT in the macular region shows heterogeneous distribution in adult patients with myopia, and MCT and choroidal vascularity parameters in the macular region decrease with the increase in the degree of myopia, while choroidal vascularity closely affects choroidal thickness. The choroid may be an important biomarker for myopia, and the research findings of this study can help to reveal the association between myopia and the choroid.

【Key words】myopia; swept-source optical coherence tomography; choroidal thickness; choriocapillaris blood flow area; choroidal vessel volume; choroidal vessel index

近视已成为全球性的重大公共卫生问题，极度威胁人类视觉健康，预计到2050年将有47.58亿近视患者，约占世界人口的49.8%[1]。然而迄今为止，近视的形成机制尚未完全明确：既往研究多聚焦于眼轴和视网膜组织，且关于视网膜变薄、血管密度减少、血流灌注量下降的机制已达成一定程度共识[2-4]，但由于以往检测技术的局限性，相关研究仅停留在视网膜血管网络中，而对脉络膜结构与微循环的研究则相对欠缺。脉络膜作为一个高度血管化组织，其结构和功能的完整性对于维持视网膜稳态及正常视觉功能至关重要。有研究指出，在近视早期视网膜厚度尚保持稳定时，脉络膜已有变薄趋势[5]；高度近视的观察中也发现，脉络膜组织会先于视网膜病变之前发生异常改变[6-7]；Ho M 等[8]则明确指出近视患者的视力下降仅与黄斑中心凹处脉络膜的变化相关。由此推断，脉络膜的变化可能是近视发病的重要预测因子。最近，Wu H 等[9]创造性的提出了新的近视发病假说：外界视觉刺激或可通过调控脉络膜血流循环，使得血流动力学及血液流变学发生改变，巩膜微环境出现缺氧状态，进而致使近视发生，这一学说的提出为脉络膜在近视发病中的作用机理提供了新的思路与方向。

近年来，随着新型扫频源光学相干断层扫描血管成像技术（swept-source optical coherence tomography，SS-OCTA）的快速发展，以单点探测器、中心波长 1 050 nm、扫频速率 200 000 A 扫描/s 为技术核心[2,10]，具有高信噪比、深穿透性、高灵敏度、快成像速度以及真血流显示的优势，能以无创、高分辨率、多层次的三维可视化方式观察脉络膜组织结构的细微形态改变及血流动态信息，并行精准量化分析，为临床观察近视患者脉络膜变化提供了一种更优方法。因此，本研究拟通过SS-OCTA量化分析成年近视患者黄斑区脉络膜厚度及血流特点，进一步探讨微循环与结构之间的关系，旨在揭示近视与脉络膜之间的潜在相关性，为预防近视性脉络膜病变提供指导作用。

1 资料与方法

1.1 研究对象

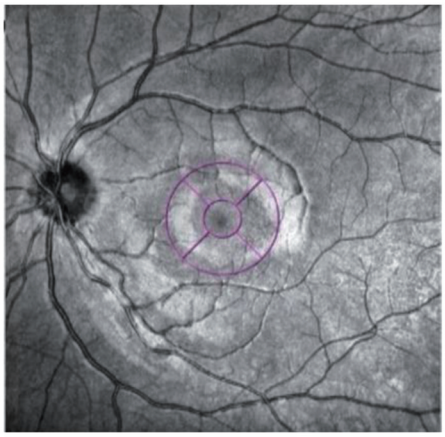
选取 2023 年 4 月至 2023 年 10 月于重庆医科大学附属第一医院眼科屈光门诊就诊的成年近视患者 138 人 138 只右眼纳入研究，并根据等效球镜度（spherical equivalent，SE）将入选者分为低度近视组（−3D<SE≤−0.5D）44 眼、中度近视组（−6D<SE≤−3D）组 48 眼及高度近视组（SE≤−6D）46 眼。纳入标准：①年龄 18～36 岁；②睫状肌麻痹后等效球镜度数>−10.00D 且≤−0.5D、眼轴长度>23.5 mm 且<28.5 mm 范围内；③最佳矫正视力（best corrected visual acuity，BCVA）≥5.0、固视功能良好、眼压正常（10~21 mmHg）；④眼底检查未见明显异常、SS-OCTA 图像信号强度≥8。排除标准：①合并其他眼部器质性病变：如青光眼、白内障、黄斑变性等；②任何可能影响眼部循环的疾病：如糖尿病、高血压等；③患有自身免疫或结缔组织病，如风湿等；④近 2 周有使用影响血管功能的药物者；⑤眼部外伤史及手术史；⑥不能配合检查者。所有参与对象都理解本研究方案并签署书面知情同意书，本研究遵循《赫尔辛基宣言》原则，并取得重庆医科大学伦理委员会的批准（批号：2022-039）。

1.2 研究方法

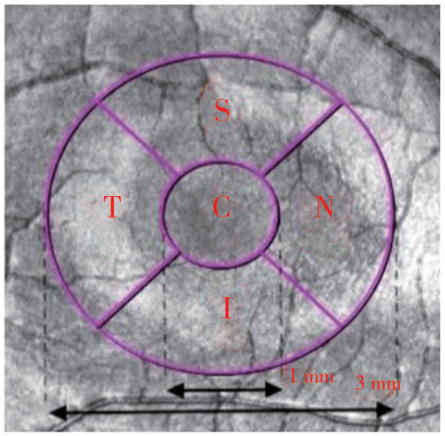
1.2.1 常规检查 所有受检者均详细询问全身及眼部病史

后，行系统全面的眼科检查，包括采用标准对数视力表测量最佳矫正远视力（best-corrected visual acuity，BCVA），非接触眼压计测量眼压（intraocular pressure，IOP），IOL Master 700生物测量仪测量眼轴长度（axial length，AL），裂隙灯检查眼前节情况，散瞳后间接检眼镜检查眼底情况。

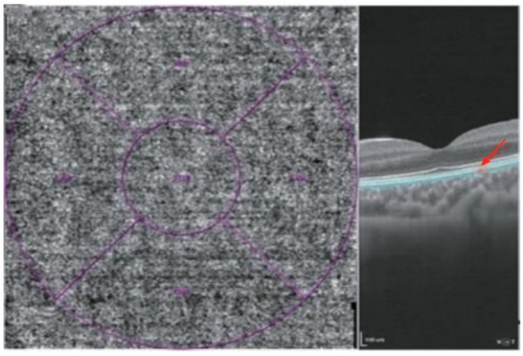
1.2.2　SS-OCTA检查　所有SS-OCTA检查均由同1名经验丰富的医师操作完成，为排除脉络膜厚度昼夜节律的影响，所有图像均在上午8点至中午12点前完成采集，采用视微影像（河南）科技有限公司VG200D行黄斑区脉络膜的SS-OCTA检查，开启设备眼球运动追踪功能，扫描模式Angio 512×512 R4，扫描深度3 mm，扫描范围3 mm×3 mm，图像信号强度≥8。系统自带软件将黄斑区脉络膜划分为以黄斑中心凹为中心直径的1 mm、1~3 mm的2个同心圆，将2个圆环定义为：黄斑中心凹（central fovea，C）和黄斑旁中心凹（parafovea）；旁中心凹被进一步划分为上（superior，S）、鼻（nasal，N）、下（inferior，I）、颞（temporal，T）4个区域（图1A、B）。本研究主要观察指标：平均脉络膜厚度（mean choroidal thickness，MCT）、脉络膜毛细血管层血流灌注面积（choriocapillaris blood flow area，CBFA）、脉络膜血管容积（choroidal vessel volume，CVV），脉络膜血管指数（choroidal vessel index，CVI）=脉络膜血管容积/脉络膜容积。脉络膜毛细血管层位于Bruch膜至Bruch膜下20 μm（图1C），脉络膜大中血管层位于Bruch膜下20 μm至脉络膜巩膜交界（图1D），CVV及CVI均于脉络膜大中血管层中获得（见图1E）。



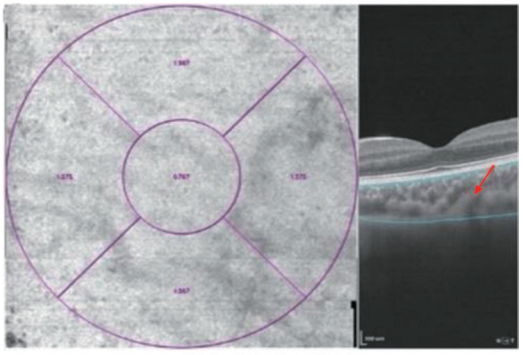
A. 黄斑区脉络膜OCTA扫描3 mm×3 mm范围图示



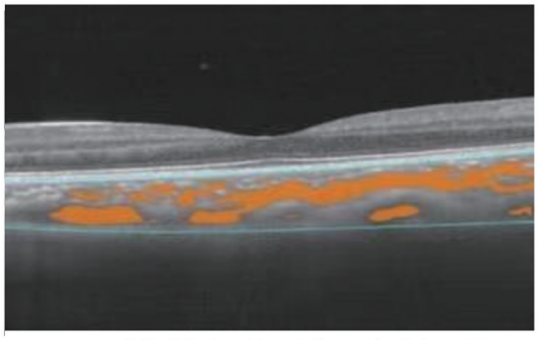
B. 黄斑区脉络膜具体分区



C. 脉络膜毛细血管层
（2条蓝色线条间区域，红色箭头所示）



D. 脉络膜大中血管层
（2条蓝色线条间区域，红色箭头所示）



E. 脉络膜大中血管血流信号（橘黄色区域）

图1　脉络膜OCTA检查分析图示

1.3 统计学方法

采用 IBM SPSS statistics 26（Chicago，IL，USA）软件进行分析，计量资料经 Shapiro-Wilk 检验后均呈正态分布，用均数 ± 标准差（$\bar{x} \pm s$）表示，计数资料以例数（n，%）表示；近视 3 组间连续变量比较采用单因素方差分析，组间两两比较用 LSD-t 检验；两连续变量间的相关性采用 Person 相关分析及排除混杂因素后的偏相关分析，黄斑区 MCT 与脉络膜各血流参数的相关性采用逐步线性回归分析；组间性别构成比的差异用卡方检验。检验水准 α=0.05。

2 结 果

2.1 一般资料

本研究共纳入近视成人患者 138 例 138 只右眼，年龄 18~36（21.91 ± 5.60）岁，其中男性 85 例（21.00 ± 5.01）岁，女性 53 例（23.36 ± 6.22）岁。按照屈光度将研究对象分为低、中、高度近视组，3 组受试者间 SE（F=409.607，P=0.000）、AL 比较存在差异（F=36.148，P=0.000），年龄、性别及眼压无差异（P>0.05）。具体人口学资料见表 1。

2.2 黄斑区平均脉络膜厚度及各血流参数差异的整体分析

采用以黄斑中心凹为中心直径 3 mm 范围内圆的脉络膜参数，分析 3 组近视患者间的差异，发现 3 组间 MCT（F=9.119，P=0.000）、CBFA（F=10.362，P=0.000）、CVV（F=7.068，P=0.001）及 CVI（F=7.706，P=0.001）比较，差异有统计学意义，均随着组间近视程度的加深而减小；进一步组间两两比较提示，差异主要集中在低度近视组与高度近视组、中度近视组与高度近视组间（P<0.05），而低度近视组与中度近视组间差异无统计学意义（P>0.05）。见表 2。

2.3 黄斑区平均脉络膜厚度及各血流参数差异的区域性分析

3 组不同程度近视患者的黄斑区脉络膜厚度分布一致性良好，基本以颞侧最厚，其次为上方及下方，再者为中心凹下，鼻侧最薄；随着组间近视程度的加深，各区域 MCT 均呈变薄趋势，3 组间差异有统计学意义（P<0.01）（图 2A）。3 组近视患者间除中心凹区域的 CVV 差异无统计学意义外（P=0.891），不同程度近视组间黄斑各亚区域的 CBFA、CVV 及 CVI 均随着近视程度的加深而减少（P<0.05）（图 2B~D）。

2.4 黄斑区平均脉络膜厚度及各血流参数与 AL 及 SE 之间的关系

以黄斑中心凹为中心直径 3 mm 范围内圆的 MCT、CBFA、CVV 及 CVI 与 SE 呈正相关性（r=0.417、0.434、0.360、0.363，均 P=0.000）（见图 3A ~ D），MCT、CBFA、CVV 及 CVI 与 AL 呈负相关性（r=−0.470、−0.350、−0.465、−0.465，均 P=0.000）（见图 3E ~ H）。控制性别、年龄、眼压后，两变量间的偏相关性分析提示：黄斑区 MCT、CBFA、CVV 及 CVI 与 SE 呈正相关性（r=0.457、0.434、0.395、0.401，均 P=0.000），MCT、CBFA、CVV 及 CVI 与 AL 呈负相关性（r=−0.470、−0.360、−0.465、−0.468，均 P=0.000）（表 3）。

2.5 黄斑区平均脉络膜厚度的影响因素分析

在逐步回归中分析了 AL、SE 及各脉络膜血流参数对黄斑区 MCT 的影响，最终在模型中保留了 2 个因素，回归方程式为 MCT（μm）=171.850+2.797 × SE（D）+181.769 × CVV（mm^3），R^2=0.897，矫正的 R^2=0.893，回归拟合模型有统计学意义（P=0.000），提示黄斑区 MCT 与 SE 及 CVV 呈正线性相关，见表 4。

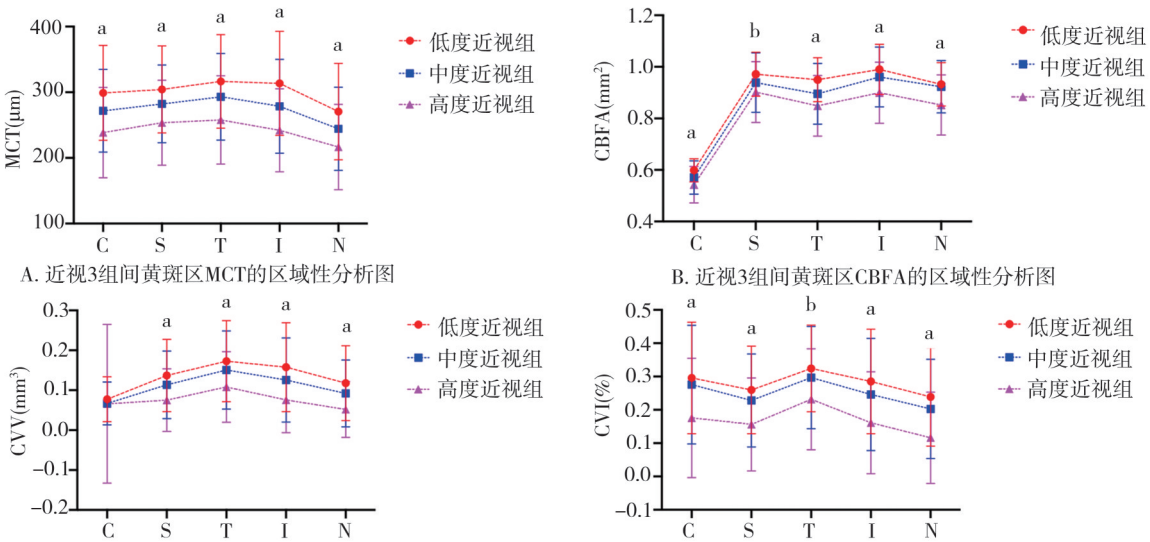
表 1 患者基本人口学资料（n，%；$\bar{x} \pm s$）

临床特征	低度近视组（n=44）	中度近视组（n=48）	高度近视组（n=46）	总样本（n=138）	F/χ^2 值	P 值
性别					4.059	0.131
男性	32（72.73）	29（60.42）	24（52.17）	85（61.59）		
女性	12（27.27）	19（39.58）	22（47.83）	53（38.41）		
年龄（岁）	21.23 ± 4.56	22．38 ± 6.48	22.07 ± 5.58	21.91 ± 5.60	0.506	0.604
SE（D）	−2.32 ± 0.62	−4.53 ± 0.70	−7.48 ± 1.16	4.81 ± 2.27	409.607	0.000
AL（mm）	25.11 ± 0.79	25.69 ± 0.79	26.51 ± 0.79	25.78 ± 0.97	36.148	0.000
IOP（mmHg）	15.64 ± 2.36	15.35 ± 2.54	15.13 ± 2.58	15.37 ± 2.49	0.463	0.631

表 2 近视 3 组人群黄斑区平均脉络膜厚度及血流参数的整体分析（$\bar{x} \pm s$）

黄斑区	低度近视组（n=44）	中度近视组（n=48）	高度近视组（n=46）	F 值	P 值
MCT（μm）	300.98 ± 70.18	274.21 ± 63.00	242.08 ± 63.57[ab]	9.119	0.000
CBFA（mm^2）	4.44 ± 0.32	4.29 ± 0.44	4.04.97 ± 0.47[ab]	10.362	0.000
CVV（mm^3）	0.66 ± 0.43	0.55 ± 0.41	0.35 ± 0.357[ab]	7.068	0.001
CVI	0.28 ± 0.13	0.25 ± 0.15	0.17 ± 0.14[ab]	7.706	0.001

注：a，与低度近视组比较，P<0.01；b，与中度近视组比较，P<0.01

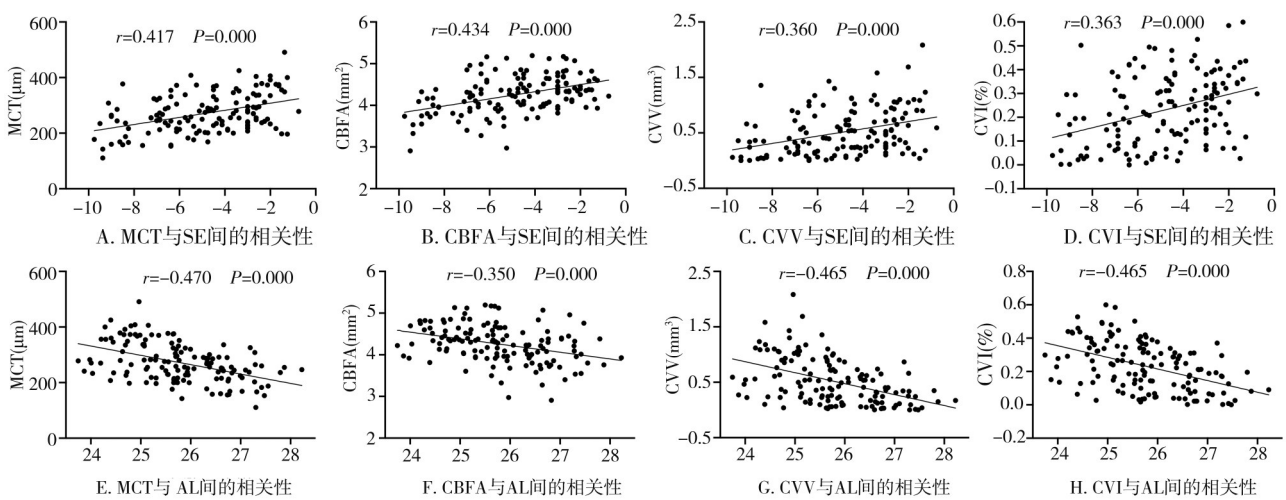


A. 近视3组间黄斑区MCT的区域性分析图　B. 近视3组间黄斑区CBFA的区域性分析图

C. 近视3组间黄斑区CVV的区域性分析图　D. 近视3组间黄斑区CVI的区域性分析图

注：a，近视3组间比较，$P<0.01$；b，近视3组间比较，$P<0.05$

图2　近视3组间黄斑部脉络膜厚度及血流参数的区域性分析



A. MCT与SE间的相关性　B. CBFA与SE间的相关性　C. CVV与SE间的相关性　D. CVI与SE间的相关性

E. MCT与 AL间的相关性　F. CBFA与AL间的相关性　G. CVV与AL间的相关性　H. CVI与AL间的相关性

图3　黄斑区脉络膜厚度及血流参数与SE及AL间的相关性

表3　黄斑区MCT及各血流参数与SE及AL之间的相关性

变量		MCT	CBFA	CVV	CVI
SE	*r*	0.457	0.434	0.395	0.401
	P	0.000	0.000	0.000	0.000
Al	*r*	−0.470	−0.360	−0.465	−0.468
	P	0.000	0.000	0.000	0.000

表4　黄斑区MCT相关因素的回归分析

项目	非标准化回归系数β	β的标准误	标准化回归系数β	*t*值	*P*值
Al(mm)	0.924	2.684	0.013	0.344	0.731
SE(D)	2.797	1.137	0.091	2.459	0.015
CBFA(mm^2)	3.688	5.145	0.024	0.717	0.475
CVV(mm^3)	181.769	21.058	1.085	8.632	0.000
CVI(%)	−87.959	59.865	−0.185	−1.469	0.144
常量	171.850	71.267		2.411	0.017

3 讨 论

近年来，脉络膜愈发成为近视研究的热点，既往基于频域OCT的研究大多停留在脉络膜厚度与毛细血管层血流，而对深层次的大中血管层穿透性弱，无法确定近视进展与脉络膜深层血流变化之间的相关性。本研究首次利用扫频源SS-OCTA对成年近视患者以黄斑中心凹为中心的眼底直径3 mm范围进行成像，并对其区域内的平均脉络膜厚度及各项脉络膜血流参数进行比较，结果显示，成年近视患者黄斑区脉络膜厚度分布欠均一，随着近视程度的加深，成年近视患者黄斑区脉络膜厚度变薄、脉络膜血流量降低，脉络膜血流密切影响近视患者的脉络膜厚度。

近视患者不同区域脉络膜的厚度存在一定差异，通常颞侧区域最厚，其次为上下方，再者为中心凹，鼻侧最薄，且黄斑周边区比黄斑旁区更薄[11-13]，本研究3组近视患者脉络膜厚度的分布与前期研究结果一致。而既往对正视眼脉络膜厚度的观察发现其表现出与近视眼不同的分布特点，正视个体脉络膜最厚点落在黄斑中心凹处，颞侧次之，鼻侧同样最薄[14-15]。由此推断，在近视进展过程中，不同区域的脉络膜厚度发生了非均质性变薄改变。相关研究指出黄斑中心凹下脉络膜厚度与等效球镜度数最为相关，近视度数越高，中心凹处脉络膜越薄，越靠近中心凹的脉络膜越易受到近视的影响，而离中心凹越远变薄效应越不明显[16-17]；路红伟[14]则进一步明确指出近视进程中，不同位置脉络膜厚度的变化存在一定规律，黄斑中心凹下脉络膜厚度减少幅度最大，黄斑中心凹颞侧2.5 mm处减少幅度最小，整个鼻侧区域脉络膜厚度减少幅度大于颞侧。综上得出，近视的发生主要使得黄斑中心凹处的脉络膜变薄，随着近视程度的加深，脉络膜最厚点从黄斑中心凹逐渐向颞侧转移。该现象可能与脉络膜血管床的分水岭区域有关，近视眼球轴向扩张过程中，该区域使得机械牵拉等因素造成黄斑中心凹下的脉络膜较其他区域更易变薄[18-19]，而鼻侧脉络膜最薄这一现象的形成则考虑与后巩膜孔位置及睫状动脉和神经丛进入球后的入口有关[20]。

既往研究发现，与正视眼相比，随着近视程度的增加，脉络膜厚度明显变薄[12,21-23]，本研究也得出相同结果。在控制性别、年龄、眼压后，黄斑区MCT与SE呈显著正相关性，进一步纳入脉络膜血流参数后的逐步线性回归分析中，该线性关系仍然存在。但有研究指出脉络膜厚度与等效球镜度数并非为完全线性相关，魏文斌和邵蕾的研究[24]结果显示：当SE>-1.00D时，中心凹下脉络膜厚度与等效球镜无显著相关；当SE<-1.00D时，中心凹下脉络膜厚度与等效球镜显著相关；包力等[25]则指出脉络膜厚度的变薄只在中度与高度近视中表现明显。由此可见近视严重程度对脉络膜厚度的改变可能有着不同程度的影响。除SE外，近视眼中脉络膜厚度与眼轴具有显著负相关性的观点已被广泛接受，有研究发现AL对黄斑中心凹下脉络膜厚度的影响甚至大于屈光度[26]，Gupta P等[27]更明确提出高度近视眼中AL是比SE对脉络膜厚度更敏感的预测因子。但也有学者认为AL与脉络膜厚度间不存在这种相关性[11]。本研究在控制性别、年龄及眼压后，发现MCT与AL呈显著负相关性（P=0.000），遗憾的是在纳入脉络膜血流参数后的回归分析中这种相关性消失。这提示，近视眼中脉络膜血流可能是更能影响脉络膜厚度的重要参数。由于脉络膜是一个血管性组织，故而本课题组猜测近视进展过程中，血管充盈状态可能与脉络膜厚度有关，本研究在最终的回归分析模型中发现近视患者的MCT明显受CVV影响，这与既往文献结果一致[28-29]，考虑脉络膜主要由大中血管组织构成，因而当脉络膜血流灌注量与血管容积增大时，脉络膜相应增厚。

脉络膜作为全身血管较密集的部位，其循环对于满足视网膜、脉络膜和巩膜的氧气需求至关重要，并参与调控视觉信号对眼屈光发育的影响，在近视发生及进展过程中起重要作用[12]。既往研究大多仅指出近视患者脉络膜厚度变薄，无法反应近视进程中脉络膜血流的动态变化情况，因此本研究进一步纳入多个脉络膜血流参数进行深入探索。前期对近视患者脉络膜毛细血管层血流的研究仍存有争议：Scherm P等[30]发现随着生理性近视的增加，脉络膜毛细血管血流灌注量维持在一个相对稳定的水平上；Milani P等的研究[4]也显示，近视组患者与对照组的脉络膜毛细血管层血流灌注面积差异无统计学意义；而温州医科大学1项对低中度近视儿童追踪1年后的研究中指出，脉络膜毛细血管层血流密度明显减少[12]，Al-Sheikh M等[22]进一步针对高度近视患者的研究发现脉络膜毛细血管层平均流动空腔面积和总流动空腔面积增加，Mo J等[31]则仅在病理性近视组间发现脉络膜毛细血管密度降低。以上结果存在差异的原因可能主要与脉络膜毛细血管层血流统计方式的不同有关。本研究观

察到近视3组间脉络膜毛细血管血流灌注面积有显著差异，组间两两比较显示高度近视组较低度及中度近视组减少，而中低度近视两组间无明显变化。表明脉络膜毛细血管血流在低中度近视范围内无显著改变，只有当近视度数达到一定程度后才能观察到有统计学差异的变化，由此推断脉络膜毛细血管血流对低中度近视的影响具有一定代偿机制。此外，本研究的另一个主要发现是CVV随着近视程度的加深而逐渐减少，CVV的下降表明随着眼球的过度拉长，大、中脉络膜血管逐渐受损，这提示脉络膜血流与近视可能存在密切联系。本研究结果与Li ZY等[32]和Xu AM等[28]的结果类似，Li ZY等[32]对低中度近视儿童的研究结果发现脉络膜血管面积（luminal area，LA）与AL呈显著负相关性，Xu AM等[28]也指出相对于低度近视组，中高度近视组脉络膜管腔容积（choroidal luminal volumes，LV）明显减少。所有这些发现表明脉络膜血流的减少与近视进展相关，那么，是近视导致了脉络膜血流的改变，还是脉络膜血流的变化诱发了近视，两者之间的因果关系有待进一步研究。

CVI是脉络膜血管容积与脉络膜容积的比值，是一种新型生物测量参数，对CVI的变化进行计算能够准确提供脉络膜大中血管容积所占比例，可作为反映脉络膜灌注状态的影像标志物[33]。基于OCT的载体研究中表明近视眼的CVI会随着AL的增加而低降低[28,34-35]，而CVI与脉络膜厚度（choroidal thickness，CT）无显著相关性[29]，本研究与前人的结果一致。然而，Agrawal R[36]等却得出与本研究相反的结论，发现黄斑区CT与CVI呈显著正相关性，该研究对象年龄较大（45~85岁），且排除了SE<-6D的人群，此外，处理图像时排除了尺寸超过100 μm的血管，这些因素可能导致了与本研究结果的差异。关于CVI与MCT之间的变化关系目前研究结果尚存争议，这与纳入人群年龄、屈光度、脉络膜血流测量方法、使用不同检查仪器等因素有关。当前比较认可的结论是，相较于CT，CVI不易受年龄、性别、眼轴、眼压、脉络膜血管腔面积以及血压等全身因素影响，变异系数远小于CT[35-37]，是一个更加稳定可靠的脉络膜血管状态评价指标。相信未来纳入近视程度跨度更大的人群，建立规模更广的近视患者CVI数据库，并将CVI及CT联合起来，能更加深刻的帮助理解近视发生发展过程中脉络膜形态结构和血流灌注变化的关系。

本研究尚存一定局限性。首先，本研究为横断面研究，缺乏纵向病例的长期观察；其次，本研究高度近视组未矫正仪器扫描时产生的光学放大效应，从而可能使得测量结果产生误差偏倚；最后，本研究没有考虑一些重要混杂因素，如眼灌注压和血压的波动。

综上所述，本研究发现成年近视患者黄斑区脉络膜厚度呈不均一分布，随着近视程度的加深，成年近视患者黄斑区脉络膜厚度变薄、脉络膜血流量降低，脉络膜血流状况密切影响成年近视患者的脉络膜厚度。本研究结果有助于进一步阐明脉络膜与近视发展之间的关系，一定程度上为近视发生发展的可能机制提供了理论依据，SS-OCTA能够详尽的呈现脉络膜结构并量化其血流情况，可作为临床评估和预防近视进程中脉络膜变化的有效手段。

参 考 文 献

[1] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 [J]. Ophthalmology, 2016, 123(5): 1036-1042.

[2] Wu H, Zhang GY, Shen MX, et al. Assessment of choroidal vascularity and choriocapillaris blood perfusion in anisomyopic adults by SS-OCT/OCTA[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2021, 62(1):8.

[3] Ye J, Wang MY, Shen MX, et al. Deep retinal capillary plexus decreasing correlated with the outer retinal layer alteration. and visual acuity impairment in pathological myopia[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2020, 61(4):45.

[4] Milani P, Montesano G, Rossetti L, et al. Vessel density, retinal thickness, and choriocapillaris vascular flow in myopic eyes on OCT angiography[J]. Albrecht Von Graefes Arch Fur Klin Und Exp Ophthalmol, 2018, 256(8): 1419-1427.

[5] Jin PY, Zou HD, Zhu JF, et al. Choroidal and retinal thickness in children with different refractive status measured by swept-source optical coherence tomography[J]. Am J Ophthalmol, 2016, 168: 164-176.

[6] Zhou LX, Shao L, Xu L, et al. The relationship between scleral staphyloma and choroidal thinning in highly myopic eyes: the Beijing Eye Study[J]. Sci Rep, 2017, 7: 9825.

[7] Jonas JB, Xu L. Histological changes of high axial myopia[J]. Eye (Lond), 2014, 28(2): 113-117.

[8] Ho M, Liu DT, Chan VC, et al. Choroidal thickness measurement in myopic eyes by enhanced depth optical coherence tomography[J]. Ophthalmology, 2013, 120(9): 1909-1914.

[9] Wu H, Chen W, Zhao F, et al. Scleral hypoxia is a target for myopia control[J]. Proc Natl Acad Sci USA, 2018, 115(30): E7091-E7100.

[10] 汪 睿，金学民，安广琪，等. 增生型糖尿病视网膜病变患眼视网膜毛细血管无灌注区面积的定量分析[J]. 中华眼底病杂志，2021，37(2)：104-108.
Wang R, Jin XM, An GQ, et al. Quantitative analysis of the measurements in retinal capillary nonperfusion areas in proliferative diabetic retinopathy patients[J]. Chin J Ocul Fundus Dis, 2021, 37(2): 104-108.

[11] Jin PY, Zou HD, Xu X, et al. Longitudinal changes in choroidal and retinal thicknesses in children with myopic shift[J]. Retina, 2019, 39(6): 1091-1099.

[12] 李疏风，李 雪，黄莹莹，等. 儿童近视进展与眼底血流及脉络膜厚度的关系[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志，2021，23(10)：759-765.
Li SF，Li X，Huang YY，et al. The relationship between myopia progression，fundus blood flow and choroidal thickness in children[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci，2021，23(10)：759-765.
[13] Flores-Moreno I，Lugo F，Duker JS，et al. The relationship between axial length and choroidal thickness in eyes with high myopia[J]. Am J Ophthalmol，2013，155(2)：314-319.
[14] 路红伟. 高度近视眼脉络膜厚度与眼轴、角膜曲率及屈光度相关性的研究[D]. 石家庄：河北医科大学，2016.
Lu HW. The Relationship between Choroidal Thickness and Axis Length and Corneal Curvature in Highly Myopia Eyes[D]. Shijiazhuang：Hebei Medical University，2016.
[15] Esmaeelpour M，Povazay B，Hermann B，et al. Three-dimensional 1060-nm OCT：choroidal thickness maps in normal subjects and improved posterior segment visualization in cataract patients[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci，2010，51(10)：5260-5266.
[16] Hoseini-Yazdi H，Vincent SJ，Collins MJ，et al. Wide-field choroidal thickness in myopes and emmetropes[J]. Sci Rep，2019，9(1)：3474.
[17] 李 敏，程慧勤，苑 影，等. 近视人群脉络膜厚度与屈光度及眼压的关系[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志，2014，16(6)：350-353.
Li M，Cheng HQ，Yuan Y，et al. The relationship between choroidal thickness and equivalent power and intraocular pressure in a myopic population[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci，2014，16(6)：350-353.
[18] 朱凯敏. 儿童屈光不正与脉络膜厚度和血流的研究[D]. 济南：山东大学，2021.
Zhu KM. Study on ametropia and choroidal thickness and blood flow in children[D]. Jinan：Shandong University，2021.
[19] Hayreh SS. In vivo choroidal circulation and its watershed zones[J]. Eye (Lond)，1990，4(Pt 2)：273-289.
[20] Read SA，Collins MJ，Vincent SJ，et al. Choroidal thickness in childhood[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci，2013，54(5)：3586-3593.
[21] Duan F，Yuan ZH，Deng JY，et al. Choroidal thickness and associated factors among adult myopia：a baseline report from a medical university student cohort[J]. Ophthalmic Epidemiol，2019，26(4)：244-250.
[22] Al-Sheikh M，Phasukkijwatana N，Dolz-Marco R，et al. Quantitative OCT angiography of the retinal microvasculature and the choriocapillaris in myopic eyes[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci，2017，58(4)：2063-2069.
[23] 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]. Eur J Ophthalmol，2017，27(5)：577-584.
[24] 魏文斌，邵 蕾. 重视对脉络膜厚度及结构的研究[J]. 中华眼科杂志，2014(6)：401-405.
Wei WB，Shao L. Attach importance to choroidal research with enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography[J]. Chin J Ophthalmol，2014(6)：401-405.
[25] 包 力，杨 涛，王晓悦，等. 近视患者视网膜及脉络膜厚度分析[J]. 华西医学，2017，32(10)：1520-1524.
Bao L，Yang T，Wang XY，et al. Analysis of the retinal and choroidal thickness in myopia patients with different diopters[J]. West China Med J，2017，32(10)：1520-1524.
[26] 李环宇，冯旺强，查 屹，等. 8～10岁矫正视力正常儿童黄斑区脉络膜厚度值及其影响因素[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志，2014，16(11)：666-670.
Li HY，Feng WQ，Zha Y，et al. Choroidal thickness and its relevant factors in 8-10 years old children with normal vision[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci，2014，16(11)：666-670.
[27] Gupta P，Saw SM，Cheung CY，et al. Choroidal thickness and high myopia：a case-control study of young Chinese men in Singapore[J]. Acta Ophthalmol，2015，93(7)：e585-e592.
[28] Xu AM，Sun GP，Duan CY，et al. Quantitative assessment of three-dimensional choroidal vascularity and choriocapillaris flow signal voids in myopic patients using SS-OCTA[J]. Diagnostics，2021，11(11)：1948.
[29] Zhou H，Dai YN，Shi YY，et al. Age-related changes in choroidal thickness and the volume of vessels and stroma using swept-source OCT and fully automated algorithms[J]. Ophthalmol Retina，2020，4(2)：204-215.
[30] Scherm P，Pettenkofer M，Maier M，et al. Choriocapillary blood flow in myopic subjects measured with OCT angiography[J]. Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina，2019，50(5)：e133-e139.
[31] Mo J，Duan AL，Chan S，et al. Vascular flow density in pathological myopia：an optical coherence tomography angiography study[J]. BMJ Open，2017，7(2)：e013571.
[32] Li ZY，Long W，Hu Y，et al. Features of the choroidal structures in myopic children based on image binarization of optical coherence tomography[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci，2020，61(4)：18.
[33] Tan KA，Laude A，Yip V，et al. Choroidal vascularity index - a novel optical coherence tomography parameter for disease monitoring in diabetes mellitus?[J]. Acta Ophthalmol，2016，94(7)：e612-e616.
[34] Gupta P，Thakku SG，Saw SM，et al. Characterization of choroidal morphologic and vascular features in young men with high myopia using spectral-domain optical coherence tomography[J]. Am J Ophthalmol，2017，177：27-33.
[35] 王一益，林 珏，张日炎，等. 基于扫频光源光学相干断层成像观察病理性近视眼脉络膜厚度和血管变化[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志，2021，23(3)：171-178.
Wang YY，Lin J，Zhang RY，et al. Changes in choroidal thickness and blood vessels in pathological myopia using swept-source optical coherence tomography[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci，2021，23(3)：171-178.
[36] 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[J]. Sci Rep，2016，6：21090.
[37] 孙功鹏，陈长征. 脉络膜血管指数在眼底疾病中的应用研究现状及进展[J]. 中华眼底病杂志，2020，36(11)：897-901.
Sun GP，Chen CZ. The status and advances in the application of choroidal vascular index in fundus diseases[J]. Chin J Ocul Fundus Dis，2020，36(11)：897-901.

（责任编辑：李青颖）

本文引用格式：
唐 冲，计 岩，黄凡凡，等. 基于SS-OCTA的成年近视患者黄斑区脉络膜厚度和血流特点的观察[J]. 重庆医科大学学报，2025，50(1)：80-87.