

高度近视脉络膜结构与血流变化的研究新进展

罗丽佳^{1,2}, 刘可¹, 段宣初^{2,3}

引用: 罗丽佳, 刘可, 段宣初. 高度近视脉络膜结构与血流变化的研究新进展. 国际眼科杂志 2022;22(7):1107-1112

基金项目: 国家自然科学基金项目 (No.81670859, 81970801); 湖南省重点领域研发计划资助项目 (No.2020SK2133); 湖南省自然科学基金项目 (No.2019JJ40001); 长沙市科技局重点研发项目 (No. kh1801229); 爱尔眼科集团科研基金项目 (No. AR1906D1, AM1906D2)

作者单位:¹(410000) 中国湖南省长沙市, 中南大学湘雅二医院眼科;²(410000) 中国湖南省长沙市, 长沙爱尔眼科医院;³(410000) 中国湖南省长沙市, 中南大学爱尔眼科学院

作者简介: 罗丽佳, 在读硕士研究生, 副主任医师, 研究方向: 屈光不正、青光眼。

通讯作者: 段宣初, 博士, 教授, 主任医师, 博士研究生导师, 研究方向: 青光眼. duanxchu@126.com

收稿日期: 2021-09-16 修回日期: 2022-06-01

摘要

近视是目前最常见的屈光不正。高度近视, 尤其是病理性高度近视往往会伴发一系列眼底病理改变, 如 Fuchs 斑、脉络膜新生血管 (CNV) 等, 可导致严重的视功能损伤。近年研究发现脉络膜厚度和血流的改变在高度近视进展过程中起着重要作用。脉络膜的厚度改变可以直接反映其结构和功能的异常, 高度近视眼脉络膜厚度较正常眼显著变薄, 且不同区域变薄程度存在差异。同时, 脉络膜是眼部供血的主要来源, 其血流状况直接决定了眼球的供血是否充分。因此观察高度近视眼脉络膜厚度及血流的改变, 对探讨近视的进展或观察其病理性改变具有十分重要的意义。本综述阐述了高度近视脉络膜结构、厚度及血流改变情况等, 同时分析讨论了近年研究的新进展及目前存在的主要问题、所面临的新挑战和今后的研究方向, 期望为临床监测高度近视的发生和进展提供帮助。

关键词: 高度近视; 脉络膜厚度; 黄斑中心凹下脉络膜厚度; 脉络膜血流; 脉络膜血管

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.7.08

New research progress on changes of choroidal structure and blood flow in high myopia

Li-Jia Luo^{1,2}, Ke Liu¹, Xuan-Chu Duan^{2,3}

Foundation items: National Natural Science Foundation of China (No.81670859, 81970801); Key Research and Development

Program of Hunan Province (No.2020SK2133); Natural Science Foundation of Hunan Province (No.2019JJ40001); Science and Technology Foundation of Changsha (No.kh1801229); Technology Foundation of Aier Eye Hospital (No.AR1906D1, AM1906D2)

¹Department of Ophthalmology, the Second Xiangya Hospital of Central South University, Changsha 410000, Hunan Province, China; ²Changsha Aier Eye Hospital, Changsha 410000, Hunan Province, China; ³Aier Eye Academy of Central South University, Changsha 410000, Hunan Province, China

Correspondence to: Xuan - Chu Duan. Changsha Aier Eye Hospital, Changsha 410000, Hunan Province, China; Aier Eye Academy of Central South University, Changsha 410000, Hunan Province, China. duanxchu@126.com

Received: 2021-09-16 Accepted: 2022-06-01

Abstract

• Myopia is the most common ametropia. High myopia, especially pathological high myopia, is often accompanied by a series of fundus pathological changes, such as Fuchs spot and choroidal neovascularization (CNV), etc, which can lead to serious damage of visual function. In recent years, it has been found that the changes of choroidal thickness and blood flow play a considerable role in the progression of high myopia. The change of choroidal thickness can directly reflect the abnormality of its structure and function. The choroidal thickness in high myopia is significantly thinner than that in normal people, and the thinning degree varies in different regions. At the same time, the choroid is the main source of blood supply to the eyes, and its blood flow directly determines whether the blood supply is sufficient to the eyes. Therefore, observing the changes of choroidal thickness and blood flow in high myopia is of great significance to explore the progress of myopia or observe its pathological changes. This review illustrates the choroidal structure, thickness and choroidal blood flow changes of high myopia. At the same time, it analyzes and discusses the new research progress and main existing problems in recent years, the new challenges and future research directions, hoping to provide help for clinical monitoring of the occurrence and progression in high myopia.

• KEYWORDS: high myopia; choroidal thickness; subfoveal choroid thickness; choroidal blood flow; choroidal vessels

Citation: Luo LJ, Liu K, Duan XC. New research progress on changes of choroidal structure and blood flow in high myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(7):1107-1112

0 引言

近视是一种最常见的屈光不正,也是许多患者功能性失明的主要原因之一。当近视度数 $\geq -6.0D$ 或者眼轴长度 $\geq 26.0mm$,伴有或不伴有眼底视网膜、脉络膜的退行性改变,即被定义为高度近视^[1]。高度近视除了远视力下降,还会增加眼部的病理风险,如视网膜脱离、黄斑出血、脉络膜新生血管(choroidal neovascularization, CNV)、并发性白内障及青光眼等,对人们的工作和日常生活带来极大的不便^[2]。近年来高度近视已经成为世界范围内的一个重大公共健康问题,目前我国高度近视人群高达8700万,约占人口总数的6.3%^[3],是导致成人致盲的重要病因之一。有研究表明,脉络膜变薄是引起高度近视眼底退行性改变和视力下降的重要原因^[4]。脉络膜在人眼中起着重要作用,其不仅能给视网膜色素上皮(retinal pigment epithelium, RPE)层和视神经提供血供及营养支持,还能清除组织产生的代谢废物,调节眼球生长^[5]。脉络膜组织血供丰富,血管的充盈状态影响其厚度变化。脉络膜血管充盈不足时,可引起氧供不足,导致脉络膜变薄、萎缩,继而出现感光细胞损伤,最终导致视力受损。脉络膜的厚度改变可以直接反映其结构和功能的异常,因此观察高度近视眼脉络膜的厚度及血流的改变,对探讨近视进展或观察其病理性改变具有十分重要的意义^[6]。

1 高度近视发展与脉络膜形态结构改变的相关性

高度近视主要表现为玻璃体腔的延长、眼轴的增长,使得眼球的机械牵拉力增大,视网膜和脉络膜也因受到牵拉而变薄,其相应的血流供应减少,从而导致眼部后段组织循环障碍^[7]。脉络膜血管密度降低、大血管丢失及血管变窄可导致脉络膜供血不足,使其处于缺氧状态,继而引起脉络膜萎缩、厚度变薄^[4]。高度近视眼的后极部,尤其是黄斑部,有时可出现黄白色或白色条纹样组织,被称为漆裂纹。这是由于RPE层-Bruch膜-脉络膜毛细血管复合体受到机械性牵拉,导致弹力不足而出现破损,最后由瘢痕组织修复形成。漆裂纹的形成会加速脉络膜的血管损坏,使黄斑部出血加重而影响视力。无论是单纯高度近视性黄斑出血还是CNV合并高度近视性黄斑出血,均伴随Bruch膜的破裂^[8]。

有研究显示,近视度数的增加和脉络膜组织的调节能力不足密切相关^[9]。脉络膜可分泌转铁蛋白、视黄醛、内皮素、一氧化氮等调控眼球生长的因子至巩膜,同时将起始于视网膜的视觉信号和调控信号传递到巩膜,从而控制眼球的延伸^[10]。体内外多种因素可引起活性氧与活性氮的过量产生,并在视网膜与脉络膜中聚集,致使丙二醛过多地生成和累积,诱导巩膜组织细胞凋亡,使得眼球的正常生长发育调控机制遭到损坏,继而眼球增长过快,最终导致高度近视的形成^[11]。

高度近视屈光度数增长,眼轴也相应地拉长,眼球形态发生明显改变。眼后段特别是视盘周围和黄斑部的巩膜局限性扩张形成后巩膜葡萄肿。这一形态学改变会机械性损伤视网膜和脉络膜,使得它们的血流发生改变,血管弹性下降、血管阻力变大,甚至出现毛细血管腔闭塞,从而引发缺血和缺氧,继而导致视网膜、脉络膜的厚度变薄。Tanaka等^[12]和Zhou等^[13]研究表明有后巩膜葡萄肿的患者相比无后巩膜葡萄肿的患者,其黄斑中心凹下脉络膜厚度(subfoveal choroid thickness, SFCT)和视盘鼻侧脉络膜厚度显著变薄。

2 脉络膜形态结构及血流的测量方法

眼底脉络膜吲哚菁绿造影(indocyanine green angiography, ICGA)通过向静脉注射吲哚菁绿(ICG)染料对眼底血管进行检查。该染料能够高效地与血浆蛋白结合,不易从血管内皮渗出,可以显示脉络膜病灶边界、大小和位置,动态观察脉络膜的血管和循环状况^[14]。此外ICGA激发和发射波长是近红外波,不易被RPE阻断^[5]。但是ICGA造影因为血管的重复和交叉,导致难以区分。此外,ICGA可能引起多种不良反应,包括过敏反应、葡萄膜炎、脉络膜新生血管等^[15]。

光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)目前已经广泛应用于眼科检查。其利用近红外光及光学干涉原理,通过扫描眼后节并进行断层成像,可以很好地展示视网膜结构,获取视网膜截面图信息,但由于技术限制和受视网膜散射的影响,导致脉络膜的细微结构无法清楚显示。频域相干光断层深度增强成像技术(enhanced depth imaging spectral domain optical coherence tomography, EDI SD-OCT)是一种分辨率更高、成像速度更快的检查手段,能够清晰地显示脉络膜图像,检测脉络膜的厚度^[16]。特别是EDI SD-OCT的使用,能够准确测量脉络膜血管的直径、脉络膜的厚度等,为诊断脉络膜病变提供依据。目前临床上采用光学相干断层扫描血管成像技术(optical coherence tomography angiography, OCTA)用于评估视盘的结构、形态及血流改变。OCTA是一种无创性、无需造影剂的检查,有较高的轴向分辨率。该检查不仅能够获得高分辨率的组织结构图像信息,而且可以分层观察视网膜、脉络膜的血管形态和血流密度,然后进行三维成像和量化分析。除此之外,还可以对黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积大小进行测定^[17],且可以通过伪彩功能鉴别正常和异常的血管组织。脉络膜毛细血管位于Bruch膜上方 $9\mu m$ 至下方 $31\mu m$ 之间的区域,OCTA上显示脉络膜毛细血管为颗粒状,中大血管呈网状、树枝状。广域扫描频源OCTA(swept-source optical coherence tomography angiography, SS-OCTA)是一种更加新颖的技术,其利用更长波长($1050nm$)的激光扫描光,在更大范围($12mm \times 12mm$)的扫描区域中分析眼底血管系统,并且能够很好地观察黄斑以外的周边部,对于临床识别视网膜缺血和评估视觉功能提供帮助^[18]。SS-OCTA结合血流检测算法,可以观察视网膜浅层毛细血管、FAZ、视网膜内外血管丛、脉络膜毛细血管和脉络膜中大血管。

3 高度近视脉络膜厚度和血流变化

3.1 高度近视脉络膜厚度改变 多项研究表明,脉络膜厚度和屈光度、眼轴长度呈负性相关。周凌霄等^[19]使用 EDI SD-OCT 对高度近视患者的黄斑区进行扫描,发现高度近视患者的 SFCT 约为 $110.6 \pm 85.2 \mu\text{m}$,相比随机抽取的年龄及性别匹配的正常对照组 ($0.35 \pm 0.67\text{D}$) 的 SFCT ($263.0 \pm 92.9 \mu\text{m}$) 显著变薄。这一发现与 El-Shazly 等^[20]、Kim 等^[21]、Flores-Moreno 等^[22] 研究结果相一致。上述研究表明近视眼的 SFCT 明显薄于正常眼,而眼轴延长、脉络膜萎缩、后巩膜葡萄肿等可能是 SFCT 变薄的原因。Heirani 等^[23]报道近视患者屈光度每增长 1D, SFCT 下降 $8.71 \mu\text{m}$;眼轴长度每增长 1mm, SFCT 减少 $13.48 \mu\text{m}$ 。金楠等^[24]研究观察到的情况与之类似,但 SFCT 随眼轴和屈光度增加而降低的幅度更大。韩雅军等^[25]测量了近视儿童患者的脉络膜厚度,发现伴随近视度数的增长,脉络膜有明显变薄的趋势,尤其在高度近视中特别明显。王丹阳等^[26]对 7~16 岁学龄儿童进行研究,随着近视度数的增加,黄斑区不同位置的脉络膜厚度均变薄,但其变薄的程度并不一致,中心凹及其周围 1mm 内的脉络膜厚度比起周边部变化相对明显。随着近视的发展,脉络膜厚度变薄,血流灌注减少,视网膜内外层血液供应受到影响,从而诱导血管内皮生长因子 (vascular endothelial growth factor, VEGF) 产生过量,脉络膜出现新生血管,进一步导致视力下降。

脉络膜厚度在眼后节不同位置分布不均,多数研究显示正常人群中脉络膜厚度从黄斑中心凹到周边逐渐降低,通常在中心凹处最厚,在中心凹鼻侧最薄。这可能是因为视锥细胞聚集在中心凹,此处血供最丰富,代谢最旺盛。Bhayana 等^[27]将以黄斑为中心,直径 6mm 范围的脉络膜划分为 9 个区域,发现鼻侧外环区的平均脉络膜厚度最薄,上方内环区的平均脉络膜厚度最厚,且靠近中心凹内环区的脉络膜均厚于中心凹外环区。周凌霄等^[19]研究发现,正常眼脉络膜最薄处在黄斑中心凹鼻侧略偏下,而高度近视眼脉络膜最薄处在鼻下方,且厚度只有正常眼最薄处的 1/3。也有研究认为,无论近视程度如何,脉络膜最薄处均位于黄斑中心凹鼻侧,但最厚处却有变化,低度近视及高度近视眼脉络膜最厚处在黄斑中心凹下方,而中度近视眼脉络膜最厚处在黄斑中心凹颞侧,超高度近视眼脉络膜最厚处在黄斑中心凹上方^[20]。金楠等^[24]利用扫频源光相干断层扫描 (SS-OCT) 测量脉络膜厚度时发现其随位置不同而变化,在水平方向自鼻侧向颞侧逐渐增加;在垂直方向自中心凹向上逐渐增加,自中心凹向下逐渐减少。而在学龄儿童中,研究表明黄斑中心凹鼻侧和下方脉络膜相对较薄,中心凹颞侧和上方相对较厚^[26]。Hoseini-Yazdi 等^[28]认为,无论近视程度高低,脉络膜在中心凹处最厚,越向周边越薄,且随象限发生变化,从中心凹向鼻侧脉络膜厚度减少 40%,而向上方脉络膜厚度减少 10%,近视度数越高脉络膜越薄,厚度改变在黄斑区比黄斑外区变化更明显。总而言之,在高度近视中,随着近视度数的加深,脉络膜厚度整体呈下降趋势,且不同部位脉络膜厚度

的变化程度不均匀,鼻侧脉络膜厚度改变显著高于其他区域,黄斑区脉络膜厚度改变显著高于黄斑外区。高度近视患者脉络膜最薄处位于黄斑中心凹鼻侧,最厚处的位置尚存在争议。

3.2 高度近视脉络膜血管形态和血流变化 高度近视眼底并发症的产生和脉络膜血管形态学的变化相关,有研究表明病理性近视的血管往往伴随不同程度的纤维增生和管腔堵塞,从而导致脉络膜逐渐萎缩变薄^[29]。此外,近视眼中脉络膜毛细血管还可发生密度减小、管腔直径变大、血管间的间隙变大、血管内皮孔径减少等结构和功能改变。OCTA 观察高度近视患者斑片状萎缩区内脉络膜的大血管及毛细血管消失;弥漫性萎缩区内脉络膜血管密度降低^[30]。Al-Sheikh 等^[31]利用 OCTA 观察发现,高度近视眼的脉络膜毛细血管密度相对正常眼明显降低,且血流灌注不足,其空洞总面积 ($3.715 \pm 0.257\text{mm}^2$) 比正常眼 ($3.596 \pm 0.194\text{mm}^2$) 明显变大。

高度近视眼眼轴伸长,眼后节扩张变薄,脉络膜血管组织显现清晰。视网膜、脉络膜变薄,其血管密度下降,微小血管氧供和血供均不足,继而出现相应部位的萎缩。脉络膜血液循环障碍导致了高度近视脉络膜、视网膜退行性改变,引起眼底并发症的发生及进展^[32]。高度近视眼眼球扩张,毛细血管组织出现微循环障碍,致使动、静脉出现闭塞,甚至栓塞形成,使得视网膜、脉络膜的血液循环障碍进一步加重,其营养供给更加不足,继而导致恶性循环。高度近视眼伴随着眼轴的增加,黄斑部位的脉络膜受眼轴延伸的牵拉力影响,引发脉络膜明显变薄,血管变细,其细微组织结构发生改变,导致脉络膜的微血管灌注受到影响,微循环出现障碍,脉络膜血管进一步萎缩、变薄,继而出现黄斑病变,眼底的缺血还会刺激 VEGF 表达上调,增加脉络膜发生新生血管的风险,加重视力损伤^[33]。Wong 等^[34]研究报道,在 43 眼高度近视性黄斑病变眼中 17 眼眼底呈镶嵌状萎缩,20 眼呈弥漫状萎缩,6 眼呈斑片状萎缩。无论是弥漫性或是斑片性萎缩的患眼均观察到脉络膜毛细血管血流障碍,即使是仅有镶嵌状萎缩的患眼中也有 3 眼呈现出毛细血管的空洞信号。高度近视眼脉络膜的毛细血管血流异常,随着近视性黄斑病变程度的加重,其血流障碍逐渐严重。Venkatesh 等^[35]观察到 55.8% 的高度近视眼存在局灶性或斑片性脉络膜、视网膜萎缩及视乳头周围脉络膜空洞 (intrachoroidal cavitation, ICC)。研究显示,ICC 多见于近视程度较高、眼轴较长、年龄偏大的患者。Mo 等^[36]分析认为,高度近视组和正常屈光度数组 ($+0.50 \sim -0.50\text{D}$) 的脉络膜毛细血管密度相比差异不明显,而病理性近视组较正常屈光度数组和高度近视组明显偏低。这可能是由于脉络膜和视网膜的毛细血管密度均相对稳定,只有当脉络膜进入显著病理损伤的阶段,才会有脉络膜的毛细血管密度改变。

3.3 脉络膜厚度和脉络膜血流的相关性 眼底 ICGA 显示,黄斑中心凹下的脉络膜血管充盈速度最快、血管密度最高。Zhang 等^[37]通过给豚鼠颈椎脱位或切断颞部睫状

动脉观察豚鼠近视眼脉络膜厚度及脉络膜血流灌注(choroidal blood perfusion, ChBP)的变化,发现脉络膜厚度和 ChBP 均显著降低,而在恢复期均升高,脉络膜厚度的变化与 ChBP 的变化呈正相关,分析认为脉络膜变薄的同时 ChBP 降低,使得邻近巩膜和视网膜相对缺氧,从而触发组织结构发生一系列变化,加剧眼轴的增长和近视的发展。Fitzgerald 等^[38]对形觉剥夺性近视鸡进行观察,发现其在去除形觉剥夺后,视力逐渐恢复,脉络膜血流逐渐增加,脉络膜厚度相比近视时也明显增厚。这可能是由于近视状态时视盘颞侧睫状血管系统受到损伤,与之相应的黄斑部位视网膜变性加重,与此同时脉络膜变薄。尤冉等^[39]应用增强深度成像模式的光学相干断层扫描技术(EDI-OCT)对无病理改变的高度近视患者脉络膜结构进行观察,发现除了 SFCT 降低外,其他与脉络膜血管组织相关的参数也显著降低。王媛等^[40]研究发现,无论是否伴有 CNV,高度近视患者的 SFCT 均明显变薄,且伴有 CNV 的患者脉络膜变薄更明显,考虑可能是因为脉络膜变薄引发血流灌注不足,导致视网膜和脉络膜严重缺血、缺氧,从而刺激 VEGF 的分泌,最终形成 CNV。Li 等^[41]提出,在以黄斑中心凹为圆心、直径 2.5mm,去除黄斑无血管区范围的环形区域内,高度近视眼血流密度相比正常眼血流密度明显偏低。邵伊润等^[2]同样发现高度近视眼视网膜血流密度较正常眼明显降低,当高度近视继发 CNV 时血流密度降低更多。Piao 等^[42]发现高度近视眼黄斑浅层及深层 FAZ 的面积和短轴长度、深层 FAZ 的周长和长轴长度均大于正常眼,而 SFCT 则显著低于正常眼。此外,高度近视眼中黄斑 FAZ 的面积与圆度指数密切相关。Tian 等^[43]对 1703 名中学生进行的一项前瞻性研究发现,颞侧脉络膜较薄的近视眼在 1a 后表现出明显的眼轴增长,而颞侧视网膜较薄的近视眼和非近视眼均在 1a 后表现出明显的眼轴增长。此外,黄斑中心凹下和鼻侧脉络膜、视网膜厚度与非近视或近视眼的眼轴增长均无明显相关性。

4 小结与展望

脉络膜的血流量占眼部血流总量的 90%,脉络膜是视网膜外层组织结构的血供来源,并为黄斑无血供区域提供营养^[44-45]。脉络膜结构和功能异常可引起视网膜感光受器的功能障碍甚至死亡^[44]。脉络膜厚度和血流的改变与高度近视的发生进展密切相关。高度近视眼脉络膜厚度较正常眼显著变薄,但不同区域的变薄程度并不相同^[19-28]。有研究发现,随着近视度数的加深,脉络膜最薄处的位置由鼻下方向颞上方移动^[19]。这可能与近视相关的机械牵拉有关。当双眼视近,眼球向内转位,由于视神经起源于眼眶的鼻上部,视神经在周围巩膜的牵拉颞侧比鼻侧更明显,导致视盘颞侧的巩膜组织扩张,而脉络膜和 Bruch 膜缺乏弹性,无法完全覆盖扩张后的视乳头周围巩膜,导致边缘向黄斑方向后退,从而形成视乳头周围萎缩区^[46-47]。这也与视乳头周围萎缩区多发于颞侧这一临床现象相吻合。此外,由于脉络膜的基底膜与 Bruch 膜相

连,当高度近视眼眼球扩张时会引起脉络膜、Bruch 膜后退和脉络膜毛细血管移位。而大中型毛细血管随 Bruch 膜后退产生的移位则相对不明显。Jonas 等^[48]对 87 例高度近视患者进行观察发现,超过 50% 的患者眼底存在大脉络膜血管和视网膜血管的位置改变,并且与视盘萎缩弧 γ 区的扩大、弥漫性视网膜脉络膜萎缩、黄斑区 Bruch 膜缺陷呈正相关。

脉络膜厚度与其血流灌注存在相关性。高度近视引起眼球后极部巩膜显著向后扩张,导致视网膜、脉络膜机械性拉伸、变薄,其组织结构严重损伤,影响后极部微循环,以致血管出现异常改变。有研究发现,高度近视眼轴长度的增加可以引起脉络膜血管僵硬,血管直径变窄,导致脉络膜血流灌注不足^[49]。黄斑区是视锥细胞集中区,其代谢速度快,耗氧量高,因此对缺血缺氧特别敏感,当血流灌注不足时会影响视网膜内外层血液供应,诱导 VEGF 过量分泌,形成 CNV^[50],进一步加剧视网膜及脉络膜组织的萎缩变薄,引起漆裂纹样改变、Fuchs 斑等,致使高度近视患者视力受损,严重情况下甚至完全失明。Liu 等^[51]观察屈光参差性近视患者双眼脉络膜厚度和毛细血管密度时发现,近视程度越高,脉络膜厚度越薄;当屈光参差超过 1.50D 时脉络膜血流空洞增加,脉络膜毛细血管密度降低。然而,Al-Sheikh 等^[31]、Milani 等^[52]和 Panda-Jonas 等^[53]发现近视眼脉络膜厚度与其毛细血管灌注无相关性。考虑可能是由于脉络膜毛细血管层厚度约为 $10\mu\text{m}$ ^[54],占脉络膜总厚度的百分比很小,而脉络膜大血管层则占总厚度的 80%^[55],且近视眼 SFCT 变薄主要影响脉络膜大血管 Haller 层和脉络膜中血管 Sattler 层,而对脉络膜毛细血管层影响较小^[56]。因此,脉络膜厚度的改变可能和大血管的密度及血流灌注之间的关系更为密切。

近视在全世界范围内呈现快速增长的趋势,现已成为世界范围内的一个重大公共健康问题。近视尤其是高度近视会增加各种威胁视力的病理风险。已经有多项研究发现脉络膜变薄与高度近视的发生和进展有密切的联系^[19-28],也有许多研究显示高度近视眼底并发症的产生和脉络膜血管形态学的变化相关^[29-36]。高度近视眼脉络膜变薄、脉络膜血流减少,脉络膜血管物理性质、血流改变等变化增加了高度近视视网膜脉络膜血管疾病的风险。如何利用现有的医疗仪器设备及技术观察和评估高度近视患者脉络膜结构及血流改变,一直是眼科临床医师所需要探索和深究的问题。目前多数研究仅局限于讨论黄斑中心凹及黄斑周围区域的脉络膜厚度及血流的改变,对于整体脉络膜的研究甚少。此外,多数研究倾向于使用 EDI SD-OCT 手动测量脉络膜厚度,由此导致的人为误差不可忽视。现已有部分研究使用 SS-OCT 全自动 3D 算法在 $12\text{m}\times 12\text{mm}$ 的大扫描区域中分析眼底血管系统,并能自动测量脉络膜厚度^[57]。我们期待未来能有更多相关研究,利用最新技术监测并分析高度近视患者脉络膜形态和血流的变化,为临床眼底脉络膜病变的检查提供指导和诊断标准,以便及时发现病变并对症治疗,对改善疾病预后,提高高度近视患者生活质量,降低失明率有着重大意义。

参考文献

1 Xiong SY, He XG, Deng JJ, *et al.* Choroidal thickness in 3001 Chinese children aged 6 to 19 years using swept-source OCT. *Sci Rep* 2017; 7: 45059

2 邵伊润, 毛剑波, 沈丽君, 等. 高度近视继发脉络膜新生血管和单纯高度近视患眼以及正常眼黄斑区血流参数对比观察. *中华眼底病杂志* 2019; 35(5): 446-450

3 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

4 Whitmore SS, Sohn EH, Chirco KR, *et al.* Complement activation and choriocapillaris loss in early AMD: implications for pathophysiology and therapy. *Prog Retin Eye Res* 2015; 45: 1-29

5 Ng DS, Chan LK, Ng CM, *et al.* Visualising the choriocapillaris: Histology, imaging modalities and clinical research - A review. *Clin Exp Ophthalmol* 2022; 50(1): 91-103

6 Bilgin B, Karadag AS. Choroidal thickness in keratoconus. *Int Ophthalmol* 2020; 40(1): 135-140

7 Lejoyeux R, Benillouche J, Ong J, *et al.* Choriocapillaris: fundamentals and advancements. *Prog Retin Eye Res* 2022; 87: 100997

8 顾操, 沈炜, 孙伟峰, 等. 病理性近视不同机制黄斑出血的临床观察. *中国眼耳鼻喉科杂志* 2019; 19(6): 414-417

9 Fujiwara A, Morizane Y, Hosokawa M, *et al.* Factors affecting choroidal vascular density in normal eyes; quantification using en face swept-source optical coherence tomography. *Am J Ophthalmol* 2016; 170: 1-9

10 Venkatesh K, Khanna N, Sivaranjani S, *et al.* A rare case of bilateral choroidal coloboma within deep posterior staphyloma associated with macular hole retinal detachment. *Indian J Ophthalmol* 2019; 67(5): 699-700

11 訾迎新, 金明. 氧化应激在高度近视发病机制中的作用研究进展. *眼科新进展* 2020; 40(4): 388-391

12 Tanaka N, Shinohara K, Yokoi T, *et al.* Posterior staphylomas and scleral curvature in highly myopic children and adolescents investigated by ultra-widefield optical coherence tomography. *PLoS One* 2019; 14(6): e0218107

13 Zhou LX, Shao L, Xu L, *et al.* The relationship between scleral staphyloma and choroidal thinning in highly myopic eyes: the Beijing Eye Study. *Sci Rep* 2017; 7(1): 9825

14 肖勇, 周俊, 夏世刚, 等. 荧光素钠联合吲哚菁绿眼底血管造影在糖尿病性视网膜病变诊断及治疗中的应用价值分析. *哈尔滨医药* 2020; 40(5): 426-427

15 沈小秋, 黄颖, 郑燕, 等. 荧光素钠和吲哚菁绿眼底血管造影不良反应分析. *中国现代医学杂志* 2021; 31(14): 85-91

16 漆雅, 张丰菊. OCT在健康人群脉络膜厚度研究中的应用及相关进展. *大连医科大学学报* 2018; 40(4): 353-357

17 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

18 Tang WY, Guo JL, Zhuang XN, *et al.* Wide-field swept-source optical coherence tomography angiography analysis of the periarterial capillary-free zone in branch retinal vein occlusion. *Transl Vis Sci Technol* 2021; 10(2): 9

19 周凌霄, 魏文斌, 邵蕾. 限定人群高度近视脉络膜厚度分布的研究. *临床眼科杂志* 2019; 27(1): 1-4

20 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. *Eur J Ophthalmol* 2017; 27(5): 577-584

21 Kim TY, Lee MW, Baek SK, *et al.* Comparison of retinal layer thicknesses of highly myopic eyes and normal eyes. *Korean J Ophthalmol* 2020; 34(6): 469-477

22 Flores-Moreno I, Lugo F, Duker JS, *et al.* The relationship between axial length and choroidal thickness in eyes with high myopia. *Am J Ophthalmol* 2013; 155(2): 314-319.e1

23 Heirani M, Shandiz JH, Shojaei A, *et al.* Choroidal thickness profile in normal Iranian eyes with different refractive status by spectral-domain optical coherence tomography. *J Curr Ophthalmol* 2020; 32(1): 58-68

24 金楠, 史雪颖, 张红梅, 等. 天津医科大学本科学子脉络膜厚度分布及其影响因素. *中华眼底病杂志* 2018; 34(4): 363-367

25 韩雅军, 石晶, 谭小波, 等. 儿童隐匿性高度近视脉络膜厚度变化及其影响因素研究进展. *国际眼科杂志* 2021; 21(5): 836-839

26 王丹阳, 谭倩, 秦嘉敏, 等. 学龄儿童眼球后极部脉络膜厚度及相关因素分析. *中山大学学报(医学版)* 2020; 41(1): 103-111

27 Bhayana AA, Kumar V, Tayade A, *et al.* Choroidal thickness in normal Indian eyes using swept-source optical coherence tomography. *Indian J Ophthalmol* 2019; 67(2): 252-255

28 Hoseini-Yazdi H, Vincent SJ, Collins MJ, *et al.* Wide-field choroidal thickness in myopes and emmetropes. *Sci Rep* 2019; 9(1): 3474

29 Kang SH, Hong SW, Im SK, *et al.* Effect of myopia on the thickness of the retinal nerve fiber layer measured by Cirrus HD optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010; 51(8): 4075-4083

30 李惠, 吴昌凡, 张雷, 等. 相干光层析血管成像术在高度近视眼门诊中的运用. *临床眼科杂志* 2019; 27(6): 565-568

31 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

32 Kang EC, Seo JG, Kim BR, *et al.* Clinical outcomes of intravitreal bevacizumab versus photodynamic therapy with or without bevacizumab for myopic choroidal neovascularization: a 7-year follow-up study. *Retina* 2017; 37(9): 1775-1783

33 田春柳, 赵军, 张娟美, 等. 基于OCTA的高度近视患眼黄斑区视网膜血管密度分析. *眼科新进展* 2020; 40(3): 257-260

34 Wong CW, Teo YCK, Tsai STA, *et al.* Characterization of the choroidal vasculature in myopic maculopathy with optical coherence tomographic angiography. *Retina* 2019; 39(9): 1742-1750

35 Venkatesh R, Jain K, Aseem A, *et al.* Intrachoroidal cavitation in myopic eyes. *Int Ophthalmol* 2020; 40(1): 31-41

36 Mo J, Duan AL, Chan S, *et al.* Vascular flow density in pathological myopia: an optical coherence tomography angiography study. *BMJ Open* 2017; 7(2): e013571

37 Zhang S, Zhang GY, Zhou X, *et al.* Changes in choroidal thickness and choroidal blood perfusion in Guinea pig myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60(8): 3074-3083

38 Fitzgerald ME, Wildsoet CF, Reiner A. Temporal relationship of choroidal blood flow and thickness changes during recovery from form deprivation myopia in chicks. *Exp Eye Res* 2002; 74(5): 561-570

39 尤冉, 郭笑霄, 陈曦, 等. 高度近视患者视网膜和脉络膜形态结构研究. *临床和实验医学杂志* 2018; 17(22): 2396-2400

40 王媛, 张金嵩, 李秀娟. 高度近视并发脉络膜新生血管患者黄斑中心凹下脉络膜厚度变化. *眼科新进展* 2015; 35(10): 949-951

- 41 Li M, Yang Y, Jiang H, *et al.* Retinal microvascular network and microcirculation assessments in high myopia. *Am J Ophthalmol* 2017; 174: 56-67
- 42 Piao HL, Guo Y, Zhang HW, *et al.* Acircularity and circularity indexes of the foveal avascular zone in high myopia. *Sci Rep* 2021; 11(1): 16808
- 43 Tian FF, Zheng DQ, Zhang J, *et al.* Choroidal and retinal thickness and axial eye elongation in Chinese junior students. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021; 62(9): 26
- 44 赵露, 王康, 王薇, 等. 视网膜中央动脉阻塞眼脉络膜结构相关参数的改变. *眼科新进展* 2021; 41(4): 343-345
- 45 金波, 郭菊, 安广琪, 等. 特发性黄斑前膜患者视网膜和脉络膜厚度分析: 基于扫频源 OCT. *眼科新进展* 2021; 41(5): 434-437
- 46 Jonas JB, Wang YX, Zhang Q, *et al.* Parapapillary gamma zone and axial elongation-associated optic disc rotation: the Beijing eye study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; 57(2): 396-402
- 47 Zhang Q, Xu L, Wei WB, *et al.* Size and shape of bruch's membrane opening in relationship to axial length, gamma zone, and macular bruch's membrane defects. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019; 60(7): 2591-2598
- 48 Jonas JB, Yan YN, Zhang Q, *et al.* Choroidal shift in myopic eyes in the 10-year follow-up Beijing eye study. *Sci Rep* 2021; 11(1): 14658
- 49 Yang YS, Koh JW. Choroidal blood flow change in eyes with high myopia. *Korean J Ophthalmol* 2015; 29(5): 309-314
- 50 Wakabayashi T, Ikuno Y. Choroidal filling delay in choroidal neovascularisation due to pathological myopia. *Br J Ophthalmol* 2010; 94(5): 611-615
- 51 Liu XT, Lin ZY, Wang FF, *et al.* Choroidal thickness and choriocapillaris vascular density in myopic anisometropia. *Eye Vis (Lond)* 2021; 8(1): 48
- 52 Milani P, Montesano G, Rossetti L, *et al.* Vessel density, retinal thickness, and choriocapillaris vascular flow in myopic eyes on OCT angiography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018; 256(8): 1419-1427
- 53 Panda-Jonas S, Holbach L, Jonas JB. Choriocapillaris thickness and density in axially elongated eyes. *Acta Ophthalmol* 2021; 99(1): 104-110
- 54 Borrelli E, Sarraf D, Freund KB, *et al.* OCT angiography and evaluation of the choroid and choroidal vascular disorders. *Prog Retin Eye Res* 2018; 67: 30-55
- 55 毛甜. 青少年近视人群脉络膜厚度及其影响因素研究. 南昌大学 2018
- 56 Zhao J, Wang YX, Zhang Q, *et al.* Macular choroidal small-vessel layer, sattler's layer and haller's layer thicknesses: the Beijing eye study. *Sci Rep* 2018; 8(1): 4411
- 57 Pinilla I, Sanchez-Cano A, Insa G, *et al.* Choroidal Differences between Spectral and Swept-source Domain Technologies. *Curr Eye Res* 2021; 46(2): 239-247