

· 综述 · doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2023.19.021

网络首发 [https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20230516.1553.008\(2023-05-17\)](https://link.cnki.net/urlid/50.1097.R.20230516.1553.008(2023-05-17))

光学相干断层扫描血管成像在不同屈光状态 临床应用的研究进展*

杨双综述,李鸿[△]审校

(重庆医科大学附属第一医院眼科,重庆 400016)

[摘要] 异常屈光状态如近视、远视、屈光参差等可导致不可逆转的视功能损害,并表现出不同的眼底循环系统改变。对不同屈光状态下眼底循环系统改变的规律及其相互之间关系的研究,有助于发现疾病的发生、发展规律,对异常屈光状态的早期识别、早期预防具有重要意义,可为临床制订干预措施、治疗方案提供思路。光学相干断层扫描血管成像(OCTA)作为一项简单、快速、无创的新型血流成像技术,在眼底疾病的诊疗中已经有了广泛的应用,其通过扫描血管内红细胞的运动,清晰显示出视网膜、脉络膜的血流密度与组织结构形态,为研究不同屈光状态的眼底循环系统改变提供了可能。该文对 OCTA 在不同屈光状态中的应用进行综述,以期临床疾病研究提供参考。

[关键词] 光学相干断层扫描血管成像;近视;远视;屈光参差;综述

[中图法分类号] R778.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2023)19-3004-06

Research progress on the clinical application of optical coherence tomography angiography in different refractive states*

YANG Shuang, LI Hong[△]

(Department of Ophthalmology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing 400016, China)

[Abstract] Abnormal refractive states such as myopia, hyperopia, and anisometropia can lead to irreversible visual impairment and also show different changes in fundus circulatory system. The study of the changes of fundus circulatory system under different refractive states and their relationship with each other is helpful to discover the law of disease occurrence and development, which is of great significance for the early identification and early prevention of abnormal refractive state, and provides ideas for clinical formulation of interventions and treatment plans. Optical coherence tomography angiography (OCTA) as a simple, rapid, non-invasive new blood flow imaging technology, has been widely used in the diagnosis and treatment of fundus diseases, it scans the movement of red blood cells in blood vessels, so as to clearly show the blood flow density and tissue structure morphology of the retina and choroid, which provides the possibility for studying the changes of fundus circulatory system in different refractive states. This article reviewed the application of OCTA in different refractive states, in order to provide references for clinical disease research.

[Key words] optical coherence tomography angiography; myopia; hyperopia; anisometropia; review

屈光状态变化是人生长发育的必经过程,在儿童时期主要由远视逐渐向正视、近视发展,在这个变化过程中部分患者因为眼球结构、屈光介质的变化会出现异常屈光状态,如近视、远视、屈光参差等^[1],最终导致视力下降,从而影响生长发育及生活质量。眼轴长度(axial length, AL)、角膜屈光力的变化是引起屈光状态改变的重要原因,其中眼轴长度的相关性最强^[2]。既往研究表明,随着眼轴长度的改变,视网膜和脉络膜的厚度及血管密度也会出现一系列变化^[3]。

但是这些改变是否会诱发相关疾病,进而引起不可逆性视功能损害,逐渐受到临床重视。因此,了解不同屈光状态下视网膜、脉络膜血流、厚度的变化,对防止因异常屈光状态导致不可逆眼底病变的发生具有重要意义。光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)是一种用于眼部血流成像的新兴技术,利用简单无创的方法探测血管中的红细胞运动,清晰显示视网膜脉络膜各层次的结构,并得到三维血管图像^[4]。荧光血管造影术(fun-

* 基金项目:国家自然科学基金面上项目(81974131)。 作者简介:杨双(1996—),在读硕士研究生,主要从事晶状体、青光眼疾病研究。

[△] 通信作者, E-mail: lihongqmu@163.com。

dus fluorescein angiography, FFA) 和吲哚菁绿血管造影(indocyanine green angiography, ICGA)通过静脉注射造影剂也可以用于检查眼底血管系统,但这种检查是侵入性的,可能会产生一些不良反应,如呕吐、恶心和造影剂过敏等,或者其他更严重的问题^[5],与 FFA 及 ICGA 相比,OCTA 能在无创的情况下快速对眼底结构进行识别和确定,具有显著优势。现对 OCTA 在不同屈光状态下的临床应用作一简要描述,以期为临床提供参考。

1 OCTA 在近视中的临床应用

近视是指平行光线经眼的屈光系统折射后焦点落在视网膜前方的一种屈光状态,可引起一系列眼底改变,最终导致视力损害。研究发现近视的发病率逐年增高,尤其是在东亚国家^[6],我国作为人口大国,近视的患病率不容小觑。

1.1 视网膜

1.1.1 视网膜血流

LIU 等^[7]对 208 只不同近视程度的眼睛行 OCTA 检查发现,视网膜微血管在视网膜浅层、深层及全层的密度都与近视程度呈负相关,且与屈光度变化相比,视网膜微血管系统对眼轴长度的变化更为敏感,作者以此推测在近视进展过程中,由于眼球的不断伸长,视网膜逐渐拉伸,从而导致血管密度逐渐下降,这与 AL-SHEIKH 等^[8]、GOLEBIEWSKA 等^[9]的研究一致。MIN 等^[10]认为,高度近视人群与健康人群相比,旁中心凹血管密度降低,且这种改变在浅表毛细血管(SCP)更明显,他们推测 SCP 的改变发生在深层毛细血管(DCP)之前,且浅层毛细血管密度(SCPVD)的改变与旁中心凹视网膜厚度呈正相关。而 LV 等^[11]的研究发现在近视儿童中,DCP 随着眼轴长度增长而降低,SCP 未发现明显改变,他们认为这是因为眼轴过度伸长引起的机械拉伸更容易影响和破坏深层的小直径视网膜血管,由此推测 DCP 的改变发生在近视早期。还有一些研究者认为随着眼轴的增长,深层血管密度反而增加^[12-13]。总之,目前对于近视患者视网膜血流改变的说法不一,考虑到大血管对物理和化学改变的抵抗力更强,微血管密度可能成为评估血管改变的更敏感指标。史佳慧等^[14]应用 OCTA 观察青少年近视患者佩戴角膜塑形镜(OK 镜)后眼底微循环的变化,结果发现佩戴 OK 镜后 SCP 及 DCP 均明显增加,但眼轴长度未发生明显变化,由此推测在近视发展过程中,眼底微血流密度的改变早于眼轴长度的改变,OK 镜可能通过改善眼底血液循环达到延缓近视进展的目的,在一定程度上避免病理性近视的发生。周海生等^[15]利用 OCTA 随访监测发现病理性近视继发脉络膜新生血管(pm-CNV)的患者玻璃体腔注射康柏西普后,SCP 及 DCP 均增加,这也为临床精准治疗 pm-CNV 提供可靠依据;且另有研究表明,OCTA 诊断 pm-CNV 的灵敏度为 96.7%,特异度为 100%,与金标准 FFA 一致性呈中等程度^[16]。

因此,利用 OCTA 对 SCP、DCP 的定期检测对于预防病理性近视的发生、评估疗效等都具有重要意义。

1.1.2 视网膜厚度

刘玉婷等^[17]在利用 OCTA 比较不同程度近视青少年儿童黄斑区视网膜厚度时发现,随着近视屈光度的增加,视网膜厚度降低,且旁中心凹、外环范围内降低更为明显。这与 MIN 等^[10]的研究一致,推测是因为黄斑旁中心凹处大血管更少,由于大血管对物理和化学改变的抵抗力更强,因此缺少大血管的旁中心凹区对轴向拉伸的抵抗力更弱,视网膜变薄更明显。然而,也有一些研究者发现随着眼轴长度的增长,视网膜厚度逐渐增加^[13,18],这可能是由于中心凹处的内界膜及后极部玻璃体与视网膜相连,一方面减弱了巩膜对视网膜的牵拉,另一方面玻璃体的反复牵拉引起视网膜水肿增厚。由此可见,对于视网膜厚度与屈光度及眼轴长度的关系仍没有统一定论,还需进一步的探索。

1.1.3 黄斑中心凹无灌注区(FAZ)

GOLEBIEWSKA 等^[9]研究发现,近视儿童较健康儿童 FAZ 面积增大,且与眼轴长度呈负相关。而 XIUYAN 等^[13]发现 FAZ 面积与眼轴长度及视网膜厚度均呈负相关,GHASSEMI 等^[19]在健康人群中也有相同发现。这可能是由于眼轴长度的增长引起视网膜变薄,血管管腔变狭窄,从而使血管密度进一步降低,最终导致 FAZ 面积增大。DONG 等^[20]首次报道了不同近视程度患者 FAZ 的形态变化,他们发现眼轴长度与 FAZ 的周长及面积均相关,这也表明了建立 FAZ 的定量参数,并以此作为疾病分期的生物标志物的可能性。但还有一部分研究者发现近视儿童及成人在 FAZ 面积上与正视人群没有明显差异,FAZ 面积与眼轴长度没有相关性^[11,21]。总之,进一步确定 FAZ 的变化与眼轴长度的相关性,为监测近视相关疾病的进展和评估预后提供了可能。

1.2 脉络膜

1.2.1 脉络膜血流

AL-SHEIKH 等^[8]研究发现近视人群与健康人群相比,脉络膜毛细血管总空腔数量减少,但总流动空腔面积和平均流动空腔面积明显增多,但作者认为这不能排除是因为眼轴长度增长导致脉络膜毛细血管膨胀和拉伸引起,这与 SPAIDE 等^[22]的研究结论一致,同时该研究认为脉络膜毛细血管流动空腔面积的增加与年龄的增长相关,笔者由此可以推测脉络膜血流改变可能与衰老机制有关,但这还需要进一步深入研究。而 MIN 等^[10]认为近视人群和健康人群脉络膜毛细血管平均流动空腔面积及脉络膜毛细血管灌注区面积没有差异。YANG 等^[23]利用血流分析仪评估近视人群的搏动性眼血流和搏动体积等指标发现,近视患者伴随着脉络膜供血减少,并认为这可能与血管变窄和血管壁变硬有关。还有研究者发现用阿托品、阿扑吗啡或强光治疗近视豚鼠可以抑制近视的发

展及脉络膜血流灌注的降低,这说明增加脉络膜血流灌注可以抑制近视的发展,而它也可以成为近视发展的直接预测指标及其长期标志物^[24]。JIANG 等^[25]的研究进一步证实,低强度红光治疗可以有效控制近视的发展,其机制可能是因为低强度红光照射后会增加眼底血液的流动和代谢,尤其是脉络膜血流灌注,从而改善巩膜缺氧导致的巩膜重塑,达到控制近视发展的作用。

1.2.2 脉络膜厚度

AL-SHEIKH 等^[8]研究发现近视人群与健康人群相比,脉络膜厚度降低,并推测脉络膜厚度的减少与眼轴长度的增长有关。XIUYAN 等^[13]、MIN 等^[10]进一步证实了这一观点。但以上研究均未发现脉络膜厚度与脉络膜毛细血管灌注的相关性,因此推测脉络膜毛细血管灌注在近视的发生上是独立于眼轴长度变化的影响因素。但也有研究者发现近视豚鼠的脉络膜毛细血管灌注与脉络膜厚度呈正相关^[26]。另有动物实验也发现,注射血管扩张药物哌唑嗪不仅可以促进形觉剥夺小鼠脉络膜厚度与脉络膜毛细血管灌注的提高,还可以有效减轻巩膜的缺氧程度,明显减缓近视发展^[27]。ZHOU 等^[28]也发现,在低强度红光照射 9 个月后,患儿的脉络膜厚度明显增加,推测其可能原因是增加了脉络膜血流,并减少了巩膜缺氧,达到了控制近视进展的目的。总之,目前脉络膜血流改变在近视进展中发挥的作用逐渐受到临床重视,但研究还相对较少,未来还需要进一步探索。

2 OCTA 在远视中的临床应用

远视即调节放松的状态下平行光线通过眼的屈光系统后成像在视网膜之后的一种屈光状态。低度远视本身是眼球发育的一个过程,在这个过程中远视度数逐渐降低,逐步发育成正视,但部分患者在这期间远视度数过高,出现中高度远视。还有少部分高度远视患者伴随后极部小眼征(PM)出现,PM 是以高度远视、短眼轴、视网膜黄斑褶皱为主要临床表现的一种眼部发育障碍性疾病,后期会导致严重的弱视^[29],因其眼前段往往无异常表现,在临床上容易被忽略。研究表明,中高度远视患儿容易形成斜视、弱视,并造成不可逆的视功能损害,但早期积极进行训练,可改变其屈光度,改善预后^[30]。

2.1 视网膜

2.1.1 视网膜血流

LV 等^[11]研究发现高度远视组黄斑区 DCPVD 高于近视组及正视组,且与眼轴长度密切相关,但 SCPVD 没有明显差异,这与李晨晨等^[31]、李娜等^[32]的研究一致,他们推测 DCP 可能是视网膜最重要的灌注丛,DCP 的差异可能是导致近视发展的原因。VENKATESH 等^[33]研究发现 PM 患者与健康对照人群相比,中心凹 SCPVD、DCPVD 均升高,且与远视程度呈正相关。然而与以上研究结论不同,ABROUG 等^[34]研究发现 PM 患者与健康对照人群

相比,SCPVD 没有明显差异,而 DCPVD 明显降低。总之,目前大多数研究认为远视患者黄斑区 DCPVD 增高,但对 PM 患者视网膜血流的改变还存在争议,还需进一步研究。

2.1.2 视网膜厚度

李晨晨等^[31]研究发现高度远视儿童与对照组相比,中心凹视网膜厚度及平均视网膜厚度无明显差异。这与 SASAKI 等^[35]的研究结论一致。但 LV 等^[11]却认为远视组中心凹视网膜厚度较近视及对照组增高。也有研究者发现 PM 患者眼中央黄斑厚度明显高于单纯高度远视眼和正常眼,且以内层增厚最为明显,并与远视程度呈正相关^[33,35]。彭小维等^[36]发现,高度远视性弱视患者在经屈光矫正及弱视治疗后,视盘周围视网膜神经纤维层和黄斑中心凹视网膜厚度均有变薄的趋势。且研究表明不同的矫正方式会影响患儿屈光度的变化,适当的远视欠矫正保留了患儿的部分远视以刺激调节,符合正常儿童正视化的过程,相对于远视足矫正或许能更好地促进眼球生长,改善患儿的屈光状态^[37]。

2.1.3 FAZ

SASAKI 等^[35]研究发现高度远视眼的 FAZ 面积与健康眼无明显差异,但 PM 组的 FAZ 面积却小于高度远视组及对照组,这与 VENKATESH 等^[33]的研究结论一致,但上述研究均未描述 FAZ 面积与远视程度的相关性。总之,目前关于远视患者 FAZ 面积及周长的研究较少,还需进一步探索。

2.2 脉络膜

目前对于远视患者脉络膜变化的研究相对较少,有研究者发现 PM 患者较健康对照组中心凹下脉络膜厚度明显增高,且与年龄、眼轴长度呈负相关,但在脉络膜血流灌注上未发现明显差异及相关性。目前还缺乏应用 OCTA 观察单纯远视患者脉络膜血流及厚度改变的研究,相信进一步的研究对明确儿童屈光状态变化的机制具有重大意义。

3 OCTA 在屈光参差中的临床应用

屈光参差是指双眼间屈光度数不相等,可以导致双眼融像困难、立体视觉损伤、弱视等^[38],目前认为双眼眼轴增长速度不同是产生屈光参差的主要原因^[39]。既往研究表明眼轴长度的改变将会导致眼底结构的变化,因此对非弱视性屈光参差患者双眼眼部结构的差异进行研究,对评估患者双眼视功能的差异,监测疾病进展均有积极意义,有助于在疾病早期进行积极有效的干预。

3.1 视网膜

3.1.1 视网膜血流

WU 等^[40]研究发现在近视性屈光参差患者中,长眼轴眼与对侧眼相比,SCPVD、DCPVD 明显降低,这与 LIU 等^[41]的研究结论一致。但谭亮章等^[42]认为,长眼轴眼较对侧眼 SCPVD 明显增加,DCPVD 没有明显差异。虽然还有一些研究发现 SCPVD、DCPVD

在屈光参差患者双眼间的差异无统计学意义,但通过对结果的分析可以看到长眼轴眼血流密度增高的趋势^[43]。且最新的研究发现只有在双眼屈光度差异 >1.5 D 时,双眼 SCPVD 差异才有统计学意义,以下方和中心凹区增加最为明显^[44]。ZHANG 等^[45]研究发现治疗后的屈光参差弱视患儿 SCPVD 增加。从以上研究可以推测增加黄斑区 SCP 可能是保证长眼轴眼视功能的关键,但它增加的机制及如何维持或改善近视性屈光参差患者视功能仍需进一步研究。

3.1.2 视网膜厚度

谭亮章等^[42]研究发现在近视性屈光参差患者中,长眼轴眼与对侧眼视网膜厚度无明显差异,这与 VINCENT 等^[46]的研究结果一致。虽然在黄灿凤等^[43]的研究中屈光参差患者双眼视网膜厚度的差异无统计学意义,但他们推测长眼轴眼视网膜厚度较对侧眼有变薄的趋势,但这还需要扩大样本量进一步研究确认。还有研究者认为近视性屈光参差患者长眼轴眼较对侧眼视网膜厚度增大^[44],这种变化在远视性屈光参差患者中也有发现^[47],且远视性屈光参差患者在治疗后黄斑区下方视网膜有变薄的趋势^[48]。总之,对于屈光参差患者双眼视网膜厚度的研究结果差异较大,还需进一步探索。

3.1.3 FAZ

XIONG 等^[44]认为屈光参差患者双眼 FAZ 面积没有明显差异,这与谭亮章等^[42]、黄灿凤等^[43]的研究结论一致。但 WU 等^[40]认为长眼轴眼较对侧眼 FAZ 面积增大,这与 GHASSEMI 等^[19]在近视患者中的研究结果一致。

3.2 脉络膜

3.2.1 脉络膜血流

WU 等^[49]研究发近视性屈光参差患者长眼轴眼较对侧眼脉络膜血管密度降低,脉络膜毛细血管流动空腔面积增多,且与双眼眼轴长度的差异有相关性。这与 LIU 等^[41]、WU 等^[40]、XIONG 等^[44]的研究结果一致。LIU 等^[50]进一步发现只有在双眼屈光度差异 >1.5 D 时,双眼脉络膜血管密度降低才有统计学意义,这意味着在屈光参差早期,增加脉络膜血流灌注可能有维持长眼轴眼视功能,减缓疾病进展的作用。

3.2.2 脉络膜厚度

研究发现,近视性屈光参差患者长眼轴眼较对侧眼脉络膜厚度降低,且降低程度与脉络膜血管密度降低及脉络膜毛细血管流动空腔面积增多程度呈正相关^[49]。这与其他一些研究者的结论一致^[40-41,44,46,50],且 LIU 等^[41]认为双眼脉络膜厚度的差异是影响双眼眼轴长度和屈光度的独立危险因素。而研究证实 OK 镜和阿托品滴眼液在控制近视进展的同时可缩小屈光参差量^[51-52],但只有 OK 镜减少了屈光参差双眼间眼轴长度差值^[53]。总之,青少年屈光参差患者长期佩戴 OK 镜后可导致长眼轴眼脉络膜厚度增加,进而延

缓眼轴长度增长,减小屈光参差双眼间眼轴长度差值,对控制屈光参差的发展具有良好效果^[54]。

4 总结与展望

高度近视、高度远视及严重的屈光参差最终都可能会导致不可逆转的视功能损害,因此早期发现、积极治疗对疾病的预后具有重大意义。OCTA 作为一种简单、快速、非侵入性的新型血流成像技术,虽然也有一定的局限性,但它能够对不同屈光状态下视网膜、脉络膜的血管形态分层检测,并提供清晰的三维图像,帮助进一步认识疾病的发生、进展机制,有助于对疾病的早期预防及积极干预。期望未来随着相关软件和硬件的研发,OCTA 还可以延伸到临床各系统的诊断与治疗,在医学领域的应用范围将更加广阔。

参考文献

- [1] 曾俊,刘陇黔. OCTA 对青少年近视人群视网膜微血管密度的观察[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志,2020,22(5):354-359.
- [2] BREMOND-GIGNAC D. Myopia in children[J]. Med Sci (Paris),2020,36(8/9):763-768.
- [3] 赵秋雅,邢怡桥,杜磊,等. 视盘周围血管密度和视网膜神经纤维层厚度与眼轴长度和屈光度的相关性分析[J]. 眼科新进展,2020,40(8):769-771.
- [4] SHARMA S,ANG M,NAJJAR R P,et al. Optical coherence tomography angiography in acute non-arteritic anterior ischaemic optic neuropathy[J]. Br J Ophthalmol,2017,101(8):1045-1051.
- [5] STANGA P E,LIM J I,HAMILTON P. Indocyanine green angiography in chorioretinal diseases: indications and interpretation: an evidence-based update[J]. Ophthalmology,2003,110(1):15-23.
- [6] RUDNICKA A R,KAPETANAKIS V V,WATHERN A K,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[J]. Br J Ophthalmol,2016,100(7):882-890.
- [7] LIU M,WANG P,HU X,et al. Myopia-related stepwise and quadrant retinal microvascular alteration and its correlation with axial length[J]. Eye (Lond),2021,35(8):2196-2205.
- [8] AL-SHEIKH M,PHASUKKIJWATANA N,DO LZ-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.

- [9] GOŁEBIEWSKA J, BIAŁA-GOSEK K, CZESZYK A, et al. Optical coherence tomography angiography of superficial retinal vessel density and foveal avascular zone in myopic children[J]. *PLoS One*, 2019, 14(7): e0219785.
- [10] MIN C H, AL-QATTAN H M, LEE J Y, et al. Macular microvasculature in high myopia without pathologic changes: an optical coherence tomography angiography study[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2020, 34(2): 106-112.
- [11] LV L, LI M, CHANG X, et al. Macular retinal microvasculature of hyperopia, emmetropia, and myopia in children[J]. *Front Med (Lausanne)*, 2022, 9: 900486.
- [12] ZHU Q, XING X, WANG M, et al. Characterization of the three distinct retinal capillary plexuses using optical coherence tomography angiography in myopic eyes[J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2020, 9(4): 8.
- [13] XIUYAN Z, QINGMEI T, QIUXIN W, et al. Thickness, vessel density of retina and choroid on OCTA in young adults (18—24 years old) [J]. *Microvasc Res*, 2021, 136: 104169.
- [14] 史佳慧, 郎莉莉, 赵义平, 等. 应用 OCTA 观察青少年近视患者配戴角膜塑形镜后眼底微循环的变化[J]. *国际眼科杂志*, 2023, 23(3): 512-516.
- [15] 周海生, 杨亚军, 郭世烜. 基于 OCTA 评价康柏西普玻璃体腔注射治疗病理性近视继发脉络膜新生血管的疗效[J]. *实用药物与临床*, 2021, 24(8): 700-702.
- [16] 李惠, 吴昌凡, 张雷, 等. 相干光层析血管成像术在高度近视眼诊治中的运用[J]. *临床眼科杂志*, 2019, 27(6): 565-568.
- [17] 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[J]. *国际眼科杂志*, 2021, 21(5): 789-795.
- [18] 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[J]. *生命科学仪器*, 2019, 17(2): 59-63.
- [19] GHASSEMI F, MIRSHAHI R, BAZVAND F, et al. The quantitative measurements of foveal avascular zone using optical coherence tomography angiography in normal volunteers[J]. *J Curr Ophthalmol*, 2017, 29(4): 293-299.
- [20] DONG Y M, ZHU H Y, LIU Z H, et al. Various configuration types of the foveal avascular zone with related factors in normal Chinese adults with or without myopia assessed by swept-source OCT angiography[J]. *Int J Ophthalmol*, 2022, 15(9): 1502-1510.
- [21] WEN C, PEI C, XU X, et al. Influence of axial length on parafoveal and peripapillary metrics from swept source optical coherence tomography angiography[J]. *Curr Eye Res*, 2019, 44(9): 980-986.
- [22] SPAIDE R F. Choriocapillaris flow features follow a power law distribution: implications for characterization and mechanisms of disease progression[J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 170: 58-67.
- [23] YANG Y S, KOH J W. Choroidal blood flow change in eyes with high myopia[J]. *Korean J Ophthalmol*, 2015, 29(5): 309-314.
- [24] ZHOU X, ZHANG S, ZHANG G, et al. Increased choroidal blood perfusion can inhibit form deprivation myopia in guinea pigs[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020, 61(13): 25.
- [25] JIANG Y, ZHU Z, TAN X, et al. Effect of repeated low-level red-light therapy for myopia control in children: a multicenter randomized controlled trial[J]. *Ophthalmology*, 2022, 129(5): 509-519.
- [26] ZHANG S, ZHANG G, ZHOU X, et al. Changes in choroidal thickness and choroidal blood perfusion in guinea pig myopia[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 60(8): 3074-3083.
- [27] ZHOU X, ZHANG S, ZHANG G, et al. Increased choroidal blood perfusion can inhibit form deprivation myopia in guinea pigs[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020, 61(13): 25.
- [28] ZHOU L, XING C, QIANG W, et al. Low-intensity, long-wavelength red light slows the progression of myopia in children: an eastern China-based cohort [J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2022, 42(2): 335-344.
- [29] ZOR K R, KÜÇÜK E, GÜNAYDIN N T, et al. Ocular findings in posterior microphthalmos [J]. *Saudi J Ophthalmol*, 2019, 33(1): 41-45.
- [30] 曾莉, 赵姣, 胡卜丹, 等. 高度远视性屈光不正儿童屈光状态远期变化的 Logistic 回归分析[J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*, 2017, 25(2): 10-12, 23.
- [31] 李晨晨, 崔瑞. 利用 OCTA 评估屈光不正对学龄儿童的黄斑区血流密度及视网膜厚度的临床效果[J]. *内蒙古医学杂志*, 2021, 53(12): 1502-1503.
- [32] 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[J]. *国际眼科杂志*, 2020, 20(8): 1439-1442.
- [33] VENKATESH R, JAIN K, SRINIVASAN P, et al. Retinal structural and vascular changes in

- posterior microphthalmos [J]. *Clin Exp Optom*, 2020, 103(5): 634-640.
- [34] ABROUG N, KSIAA I, LUPIDI M, et al. Swept source-OCT and swept source-OCT angiography findings in posterior microphthalmos [J]. *Int Ophthalmol*, 2019, 39(12): 2709-2719.
- [35] SASAKI K, SASAKI K, HIROTA M, et al. Comparisons of size of foveal avascular zone area among children with posterior microphthalmos, high hyperopia, and normal eyes [J]. *Int Ophthalmol*, 2022, 42(8): 2599-2607.
- [36] 彭小维, 殷小龙, 杨洋, 等. 高度远视性弱视患者弱视治疗对视网膜神经纤维层厚度的影响 [J]. *实用临床医学*, 2019, 20(5): 48-49, 68.
- [37] 唐秀平, 邹云春, 李利文, 等. 欠矫和足矫对高度远视屈光不正性弱视患儿的疗效分析 [J]. *国际眼科杂志*, 2021, 21(2): 372-376.
- [38] LIU J, LI J, CHEN Z, et al. Anisometropic amblyopia: interocular contrast and viewing luminance effects on aniseikonia [J]. *Transl Vis Sci Technol*, 2020, 9(3): 11.
- [39] TONG L, SAW S M, CHIA K S, et al. Anisometropia in Singapore school children [J]. *Am J Ophthalmol*, 2004, 137(3): 474-479.
- [40] WU H, XIE Z, WANG P, et al. Differences in retinal and choroidal vasculature and perfusion related to axial length in pediatric anisomyopes [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021, 62(9): 40.
- [41] LIU F, NIU L, GUO J, et al. Quantitative evaluation of retinal and choroidal vascularity and retrobulbar blood flow in patients with myopic anisometropia by CDI and OCTA [J]. *Br J Ophthalmol*, 2023, 107(8): 1172-1177.
- [42] 谭亮章, 田芳, 张红. 基于 OCTA 的近视性屈光参差患者黄斑区血流密度及视网膜厚度分析 [J]. *眼科新进展*, 2020, 40(3): 268-271.
- [43] 黄灿凤, 徐国兴. 屈光参差患者双眼血管密度与视网膜厚度的相关性研究 [J]. *国际眼科杂志*, 2020, 20(6): 1022-1026.
- [44] XIONG F, MAO T, WANG J, et al. Superficial retinal vessel density and foveal avascular zone in myopic anisometropia: an OCTA-based study in young Chinese children [J]. *Biomed Res Int*, 2022, 2022: 1229009.
- [45] ZHANG T, XIE S, LIU Y, et al. Effect of amblyopia treatment on macular microvasculature in children with anisometropic amblyopia using optical coherence tomographic angiography [J]. *Sci Rep*, 2021, 11(1): 39.
- [46] VINCENT S J, COLLINS M J, READ S A, et al. Retinal and choroidal thickness in myopic anisometropia [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 54(4): 2445-2256.
- [47] KASEM M A, BADAWI A E. Changes in macular parameters in different types of amblyopia: optical coherence tomography study [J]. *Clin Ophthalmol*, 2017, 11: 1407-1416.
- [48] 陈嘉锡, 何花. 远视屈光参差性弱视患儿视网膜结构学研究 [J]. *中国斜视与小儿眼科杂志*, 2019, 27(1): 15-19.
- [49] WU H, ZHANG G, SHEN M, 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.
- [50] LIU X, LIN Z, WANG F, et al. Choroidal thickness and choriocapillaris vascular density in myopic anisometropia [J]. *Eye Vis (Lond)*, 2021, 8(1): 48.
- [51] TSAI W S, WANG J H, LEE Y C, et al. Assessing the change of anisometropia in unilateral myopic children receiving monocular orthokeratology treatment [J]. *J Formos Med Assoc*, 2019, 118(7): 1122-1128.
- [52] LIN L, LAN W, LIAO Y, et al. Treatment outcomes of myopic anisometropia with 1% atropine: a pilot study [J]. *Optom Vis Sci*, 2013, 90(12): 1486-1492.
- [53] JI N, NIU Y, QIN J, et al. Orthokeratology lenses versus administration of 0.01% atropine eye drops for axial length elongation in children with myopic anisometropia [J]. *Eye Contact Lens*, 2022, 48(1): 45-50.
- [54] 崔晓剑, 李林, 郭疆, 等. 青少年近视性屈光参差患者配戴角膜塑形镜后脉络膜厚度及眼轴的变化 [J]. *国际眼科杂志*, 2022, 22(9): 1533-1538.

(收稿日期: 2023-01-26 修回日期: 2023-05-22)

(编辑: 冯甜)