

隐匿性近视相关因素的研究进展

陈兴玉^{1,2}, 石晶^{1,2}, 谭小波^{1,2}, 杨洁^{1,2}, 米若宁^{1,2}

引用: 陈兴玉, 石晶, 谭小波, 等. 隐匿性近视相关因素的研究进展. 国际眼科杂志 2022;22(9):1496-1499

Chengde 067000, Hebei Province, China. 13503142476@163.com

Received: 2021-11-25 Accepted: 2022-07-29

基金项目: 河北省自然科学基金项目(No.H2020406019); 河北省科技厅“技术创新引导专项-科技工作会商”项目; 承德市科学技术研究与发展计划项目(No.202006A038)

作者单位:¹(067000) 中国河北省承德市, 承德医学院;

²(067000) 中国河北省承德市, 承德医学院附属医院眼科

作者简介: 陈兴玉, 在读硕士研究生, 研究方向: 小儿斜弱视。

通讯作者: 石晶, 毕业于河北医科大学, 硕士, 主任医师, 硕士研究生导师, 研究方向: 小儿斜弱视. 13503142476@163.com

收稿日期: 2021-11-25 修回日期: 2022-07-29

摘要

隐匿性近视是指在儿童正常年龄段视力范围之内, 眼轴长度超出相应年龄段正常范围, 角膜曲率低于正常值范围, 二者缺一不可所形成的一种特殊类型的近视。由于隐匿性近视儿童的视力在正常范围内, 近视筛查中极易被忽视, 在未及时进行近视防控的情况下, 隐匿性近视极易发展成显性近视, 不仅视觉发育受到严重影响, 视功能也将产生不可逆的改变。研究发现, 隐匿性近视眼轴长度、角膜曲率、视网膜、脉络膜等不同于普通近视, 可通过这些指标的变化辅助诊断, 观察其发展进程。本文旨在总结国内外关于隐匿性近视儿童眼轴长度、角膜曲率、黄斑区视网膜厚度、黄斑区脉络膜厚度等相关因素的研究进展, 以期对相关临床研究提供参考依据。

关键词: 隐匿性; 近视; 眼轴; 角膜曲率; 黄斑区视网膜厚度; 黄斑区脉络膜厚度

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.9.15

Research progress on related factors of occult myopia

Xing-Yu Chen^{1,2}, Jing Shi^{1,2}, Xiao-Bo Tan^{1,2}, Jie Yang^{1,2}, Ruo-Ning Mi^{1,2}

Foundation items: Hebei Natural Science Foundation Project (No. H2020406019); Technology Innovation Guidance Project-Science and Technology Work Conference Project; Chengde Science and Technology Research and Development Plan Project (No. 202006A038)

¹Chengde Medical University, Chengde 067000, Hebei Province, China; ²Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Chengde Medical University, Chengde 067000, Hebei Province, China

Correspondence to: Jing Shi. Chengde Medical University, Chengde 067000, Hebei Province, China; Department of Ophthalmology, Affiliated Hospital of Chengde Medical University,

Abstract

• Occult myopia refers to a special type of myopia, which is caused by the axial length beyond the normal range of children's normal age, and the corneal curvature is lower than the normal range of children with the normal age range of the vision. Because the vision of occult myopia children is within the normal range, it is easy to be ignored in myopia screening. Without timely myopia prevention and control, occult myopia is very easy to develop into dominant myopia, not only the visual development is seriously affected, but visual function will also produce irreversible changes. It is found that the axial length, corneal curvature, retina and chorioid of occult myopia are different from those of ordinary myopia. The change of these indicators can be used to assist the diagnosis and observe their development process. The purpose of this paper is to summarize the research progress at home and abroad on ocular axis length, corneal curvature, macular retinal thickness, macular choroidal thickness and other related factors in children with occult myopia, in order to provide references for related clinical research.

• KEYWORDS: occult; myopia; eye axis; corneal curvature; macular retinal thickness; macular choroidal thickness

Citation: Chen XY, Shi J, Tan XB, et al. Research progress on related factors of occult myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(9):1496-1499

0 引言

近视是屈光不正中发病率最高的一种类型, 近年来随着科技的日新月异, 电子产品的快速发展, 儿童近视发生率也在逐年升高, 成为目前国内外重点关注的疾病之一。2020年我国儿童青少年总体近视率为52.7%^[1], 预计到2050年, 中国儿童青少年近视患病率将上升至84%^[2]。目前近视的发展呈现出低龄化、高发态势。儿童时期所发生的近视, 随着年龄的增长近视度数会逐渐增加, 发生年龄越小, 发展成高度近视的几率越大^[3], 因此对于儿童近视的诊疗成为了目前研究的重点、热点问题。国内目前对于近视的分类很多, 根据屈光成分可分为屈光性近视和轴性近视, 根据近视度数可分为轻度(<-3.00D)、中度(-3.00~-6.00D)及高度(>-6.00D)近视, 根据病程进展和病理变化可分为单纯性近视和病理性近视等^[4]。儿童眼球仍处于生长发育阶段, 在近视筛查中经常发现儿童视力、眼屈光均处于正常年龄段范围之内, 但由于较平的角

膜曲率掩盖了儿童较长眼轴所造成的轴性近视,经过专家们的研究将其称之为隐匿性近视,这种近视不属于目前已知近视分类中的任意一种类型,在诊疗过程中时常容易被忽视,导致儿童近视速度发展较快,造成不可逆的眼底病变。随着儿童近视患病率的不断增加,对于隐匿性近视的研究是必要且迫切的,本文旨在为隐匿性近视的早期发现和诊断提供更加坚实的依据,以期更好地预防儿童近视的发生发展。

1 隐匿性近视的特点

1.1 定义 隐匿性近视是指在儿童正常年龄段视力范围之内,眼轴长度超出相应年龄段正常范围,角膜曲率低于儿童正常值范围,二者缺一不可所形成的一种特殊类型的近视。

1.2 眼轴和角膜曲率 隐匿性近视儿童的眼轴较长,大于正常年龄段儿童眼轴,而角膜曲率较平,小于正常年龄段儿童角膜曲率。正常儿童眼轴长度为3~4岁 $21.78 \pm 0.74\text{mm}$,5~6岁 $22.07 \pm 2.04\text{mm}$,7岁 $22.73 \pm 2.20\text{mm}$,8岁 $22.47 \pm 2.52\text{mm}$ 。正常儿童角膜曲率为3~4岁 $43.56 \pm 1.26\text{D}$,5~6岁 $44.24 \pm 1.29\text{D}$,7岁 $43.39 \pm 1.27\text{D}$,8岁 $43.26 \pm 1.16\text{D}$ ^[5]。

1.3 屈光度 隐匿性近视儿童眼屈光度在正常年龄段儿童范围之内或远视储备减少。儿童生长发育过程中,眼部处于“正视化”过程,随着年龄的增长逐渐发展为正视眼,而隐匿性近视儿童的眼屈光同样处于正视化过程。隐匿性近视儿童较普通近视儿童角膜较为平坦,代偿了部分轴性近视,导致眼屈光度处于正常范围之内。

1.4 眼底改变 与近视儿童相比,隐匿性近视儿童黄斑区视网膜厚度、黄斑区脉络膜厚度各分区呈现不同程度变薄的趋势。

2 隐匿性近视的相关因素

2.1 眼轴和角膜曲率 隐匿性近视实质上也是一种轴性近视,但因其角膜曲率低于正常儿童,导致眼屈光度表现正常,使近视筛查中较容易忽视其变化,因此对于眼轴和角膜曲率与隐匿性近视的关系的研究是必要的。目前,国内外研究表明,儿童眼轴长度与等效球镜度具有相关性^[6-8]。Guo等^[9]对3~6岁中国学龄前儿童行横断面研究发现,近视患病率从3岁到6岁增加了3.7%,中国儿童在此年龄段以轻度近视为主,眼轴长度每增加1mm,近视度数增加0.45D。Tideman等^[10-11]对6~9岁荷兰儿童行前瞻性队列研究发现,从6岁至9岁儿童平均眼轴伸长率为 $0.21 \pm 0.009\text{mm/a}$,9岁时近视患病率为12.0%。Lu等^[12]对山东4~18岁儿童及青少年研究发现,16岁青少年中高度轴向近视(眼轴长度 $\geq 26.0\text{mm}$)的患病率高于10%。同时,角膜曲率与儿童近视也具有相关性,李强强等^[13]对6~18岁上海儿童及青少年研究发现等效球镜度与角膜曲率呈较弱的负相关($P < 0.001$)。角膜曲率在儿童3岁时已接近成人,以后随年龄的变化极小,目前国内外对于角膜曲率的单独研究较少,而对于眼轴长度/角膜曲率半径(AL/CRC)的研究较多。Foo等^[14]对3岁亚洲儿童研究表明等效球镜度与AL/CRC之间的相关性强于单独的眼轴长度或角膜曲率半径之间的相关性,随着AL/CRC每增加0.1,等效球镜度向近视屈光度偏移0.74D。Scheiman等^[15]对6~12岁儿童进行14a随访研究发现,随着近视的发展和稳定,角膜曲率显著变平,平均AL/CRC在基线时为3.15,末次随访增加到3.31。Li等^[16]对6~17

岁中国近视儿童及青少年研究发现,94.4%的近视儿童及青少年AL/CRC > 3.00 。Hashemi等^[17]对伊朗成人研究也具有同样发现,屈光不正与AL/CRC的相关性强于单独的眼轴长度或角膜曲率半径,随着AL/CRC每增加1个单位,向近视屈光度偏移12.1D。

综上,眼轴长度的增加和角膜曲率的变平与儿童近视的发展息息相关,而隐匿性近视作为一种特殊的近视类型,因其具有眼轴较长、角膜曲率较平的特点,所以眼轴长度、角膜曲率与隐匿性近视之间具有相关性,但具体机制仍需进一步研究证实。

2.2 黄斑区视网膜厚度 视网膜是由色素上皮层和感觉神经层组成,前部止于锯齿缘,后部止于视盘。在频域相干光断层扫描的深度增强成像技术(SDT-OCT)中可以清楚地观察到神经纤维层、色素上皮层具有高反射性,内外丛状层、内外核层具有中反射性,光感受器具有低反射性。目前在视网膜机制的研究中发现,近视儿童的浅表视网膜血管密度降低,导致中心凹无血管区面积扩大^[18-19]。从黄斑区视网膜平面分布来看,随着青少年儿童近视度数的增加,黄斑区浅层毛细血管密度降低,以内环颞侧为甚,深层毛细血管密度降低,以外环范围内为甚,视网膜厚度降低,以内环和外环范围为甚^[20];从黄斑区视网膜垂直结构来看,随着近视度数的增加,中心凹周围区域视网膜层不对称性(上/下半视网膜层厚度)增加($P < 0.001$),而旁中心凹区域视网膜层不对称性略有下降($P < 0.05$)^[21]。Del-Prado-Sánchez等^[22]对3~16岁青少年的研究也证明了这一点,近视儿童的黄斑神经节细胞层厚度显著变薄,Zereid等^[23]认为视网膜厚度在内层和外层黄斑中心凹较厚,在旁中心凹和中心凹周围区域内、外层较薄。同时,有研究发现,近视与黄斑区视网膜厚度的分布相关,近视儿童旁中心凹视网膜平均变薄 $6\mu\text{m}$,且视网膜厚度及各层纵向变化幅度很小(18mo内平均变化小于 $2\mu\text{m}$)^[24]。因此,近视儿童黄斑区视网膜厚度呈现出平面及垂直结构上不均匀分布的变化。

另有研究发现眼轴长度与视网膜厚度具有相关性,冯晶晶等^[25]对学龄期近视儿童研究发现,黄斑中心区视网膜厚度与眼轴长度呈正相关,内环平均视网膜厚度、内环下方视网膜厚度、外环平均视网膜厚度、外环上方、下方及颞侧视网膜厚度等均与眼轴长度呈负相关。Jonas等^[26]研究却有不同结论,近视眼轴延长与赤道和赤道前区域的视网膜变薄有关,而中心凹视网膜厚度大多不受眼轴长度的影响。也有研究认为黄斑区颞侧视网膜厚度与眼轴长度相关,而鼻侧及中心凹下视网膜厚度与眼轴长度无相关性^[27],也有学者认为高度近视人群(眼轴长度 $> 25.5\text{mm}$)黄斑区视网膜厚度与眼轴长度具有相关性,而非高度近视人群(眼轴长度 $< 25.5\text{mm}$)黄斑区视网膜厚度与眼轴长度无相关性^[28]。对于眼轴长度是否与黄斑区视网膜厚度相关,考虑上述研究结论不同的原因可能与儿童近视发展程度、样本量大小及儿童年龄的不同等其他因素有关。在目前的相关研究中,多数高度近视儿童黄斑区视网膜厚度出现不均匀变薄,而非高度近视儿童视网膜厚度几乎无显著变化,因此,需要更多实验数据证实其相关性。目前,专家共识认为,近视儿童中心凹处血管密度随眼轴长度的增长而变大,黄斑区无血管区面积随眼轴长度的增长而变小^[29]。由此,无论从机制还是眼轴长度来看,黄斑区视网膜厚度均与儿童近视具有一定的相关性,中心凹平

均视网膜厚度与屈光度呈负相关,各分区视网膜厚度也随着屈光度的不同而有所变化。隐匿性近视儿童具有眼轴较长的特点,因此有学者推测隐匿性近视与黄斑区视网膜厚度也具有一定的相关性。目前国内外还未有具体描述隐匿性近视与视网膜厚度关系的相关研究,需要进行更加深入的研究及随访,从而得出更加有利的证据。若隐匿性近视儿童黄斑区视网膜厚度具有相应变化,这将对临床早期诊治具有重要意义,有利于控制儿童近视的发展,提高儿童的生活质量。

2.3 黄斑区脉络膜厚度 脉络膜位于视网膜和巩膜之间,起于前部锯齿缘,后止于视神经周围,脉络膜的血液循环营养视网膜外层,内含丰富的色素起遮光暗房的作用。动物和临床研究表明,脉络膜厚度诱导或反映与眼部生长或成熟有关的眼部生理变化,且脉络膜变薄发生在近视进展的早期^[30]。与非近视儿童相比,近视儿童黄斑区脉络膜厚度变薄的概率为0.9999^[31],这对于早期近视儿童的诊断极具意义。关于黄斑区脉络膜的研究发现,脉络膜体积、血管体积及颞侧脉络膜厚度随着近视度数的增加而增加^[32]。Zhong等^[33]对中国儿童研究发现近视儿童的中心凹下脉络膜厚度和平均脉络膜厚度更小,而脉络膜血管密度更大。从黄斑区脉络膜厚度的分布情况来看,Deng等^[34]研究认为近视发展过程中脉络膜的变薄情况分布不均,Liu等^[35]对6~10岁温州儿童的研究结果正好与之相呼应,中心凹平均脉络膜厚度比距中心凹500 μm 的鼻区厚,也比距中心凹1000 μm 的鼻区厚。Read等^[36]对10~15岁儿童及青少年黄斑区脉络膜进行分区,随访研究18mo发现,与非近视儿童及青少年相比,近视儿童及青少年的中心凹下脉络膜厚度更薄,鼻侧和鼻下位置脉络膜最薄,上方和颞上位置脉络膜最厚,中心凹下脉络膜厚度在18mo内显著增加(平均增加13 \pm 22 μm)。关于黄斑区脉络膜厚度与屈光度的关系,Tuncer等^[37]对土耳其人群研究发现屈光度每增加1D,中心凹下脉络膜厚度下降50.24 μm 。因此,儿童近视与黄斑区脉络膜厚度具有相关性。另有研究发现,眼轴长度与黄斑区脉络膜厚度也具有一定的相关性,且呈较强的负相关^[38-39]。Heirani等^[40]对伊朗人群进行横断面研究发现眼轴长度每增加1mm,中心凹下脉络膜厚度平均减少13.48 μm 。

综上,随着屈光度增加,中心凹下脉络膜厚度变薄;随着眼轴长度增加,中心凹下脉络膜厚度也变薄。对于隐匿性近视儿童,因其眼轴具有变长的特点,所以黄斑区脉络膜厚度与隐匿性近视可能具有一定的相关性。目前国内外关于近视儿童黄斑区脉络膜的研究已经相对完整,而关于隐匿性近视与脉络膜之间的联系还未有相关研究。脉络膜作为眼底重要的组成部分,其血流丰富,对视网膜起着营养作用,是眼底不可缺少的重要结构。因此,关于早期脉络膜厚度变化的研究对于临床中隐匿性近视的早期诊治具有不可缺少的作用,但目前相关研究较少。随着SDT-OCT的快速发展,其能清晰、直观地测量脉络膜厚度,填补脉络膜厚度研究的空白,为隐匿性近视儿童脉络膜厚度的测量提供了更加便捷的方式。

2.4 其他因素 年龄、性别、种族、遗传、环境等因素在近视发展过程中具有重要的作用。随着年龄的增长,屈光力降低、近视患病率增加^[41]。Dong等^[2]研究发现小于7岁的儿童近视患病率为4.7%,16~18岁时增加至56.2%。性别与儿童近视同样具有相关性。张加裕等^[42]对7~14

岁儿童近视患病率调查分析发现,女性儿童近视患病率较同年龄段男性儿童高。同时,也有研究发现,不同种族的儿童近视患病率也存在差异,汉族>回族>吉尔吉斯族>维吾尔族>哈萨克族^[43]。近视儿童遗传学相关研究显示,AREG(rs12511037)、GABRR1(rs13215566)及PDE10A(rs12206610)等基因型与近视移位、近视发生率或等效球镜度变化显著相关^[44]。4q25、15q14和MIPEP变异共同使高度近视的风险增加了10倍^[45]。环境对儿童近视的发生也存在相应的影响,Alvarez-Peregrina等^[46]研究表明使用屏幕时间更长,户外活动时间更短的儿童近视患病率更高。目前国内外关于近视儿童的相关因素研究已经相对明确,但隐匿性近视是否也与上述因素具有相关性,还需要进行更多的临床研究。

3 小结与展望

儿童近视与年龄、性别、种族、遗传、环境、眼轴长度、角膜曲率、黄斑区视网膜厚度及黄斑区脉络膜厚度等相关,而隐匿性近视作为一种特殊类型的近视,可能对儿童远视力降低、视力疲劳、眼位改变、眼球扩张、眼底改变等具有显著影响,如不加以干预,可能逐步发展为显性近视,甚至高度近视,乃至失明,对儿童的生活及学习产生诸多干扰,因此及早发现、治疗及随访是必不可少的。隐匿性近视因其在临床诊疗过程中不明显、不突出、易被忽视的特征,国内外对于其影响因素的研究较少。本文旨在为隐匿性近视相关因素的研究提供一些理论依据,为临床早期诊疗提供相应的理论基础,以期在隐匿性近视早期进行相应干预(如增加户外运动、低浓度阿托品及哺光仪治疗等),从而有效降低儿童近视发病率。

参考文献

- 1 我国儿童青少年总体近视率为52.7%。初中生世界 2021; 46:5
- 2 Dong L, Kang YK, Li Y, et al. Prevalence and time trends of myopia in children and adolescents in China: a systemic review and meta-analysis. *Retina* 2020;40(3):399-411
- 3 李辉,许江涛. 眼球生物学参数与儿童近视的相关性研究进展. 中国斜视与小兒眼科杂志 2020;28(4):45-47
- 4 赵堪兴,杨培增. 眼科学. 北京:人民卫生出版社 2013; 221
- 5 阎洪禄,高建鲁. 小兒眼科学. 北京:人民卫生出版社 2002; 29
- 6 Cruickshank FE, Logan NS. Optical 'dampening' of the refractive error to axial length ratio: implications for outcome measures in myopia control studies. *Ophthalmic Physiol Opt* 2018;38(3):290-297
- 7 Ma YY, Zou HD, Lin SL, et al. Cohort study with 4-year follow-up of myopia and refractive parameters in primary schoolchildren in Baoshan District, Shanghai. *Clin Exp Ophthalmol* 2018;46(8):861-872
- 8 Li T, Jiang B, Zhou XD. Axial length elongation in primary school-age children: a 3-year cohort study in Shanghai. *BMJ Open* 2019; 9(10):e029896
- 9 Guo XX, Fu M, Ding XH, et al. Significant axial elongation with minimal change in refraction in 3- to 6-year-old Chinese preschoolers. *Ophthalmology* 2017;124(12):1826-1838
- 10 Tideman JW, Polling JR, Vingerling JR, et al. Axial length growth and the risk of developing myopia in European children. *Acta Ophthalmol* 2018;96(3):301-309
- 11 Tideman JW, Polling JR, Jaddoe VWV, et al. Environmental risk factors can reduce axial length elongation and myopia incidence in 6- to 9-year-old children. *Ophthalmology* 2019;126(1):127-136
- 12 Lu TL, Wu JF, Ye X, et al. Axial length and associated factors in children: the Shandong children eye study. *Ophthalmologica* 2016;235(2):78-86
- 13 李强强,王悦,郑康杰. 6~18岁儿童眼部屈光度、眼轴长度和角

- 膜曲率分析. 预防医学 2020;32(9):917-919
- 14 Foo VH, Verkicharla PK, Ikram MK, *et al.* Axial length/corneal radius of curvature ratio and myopia in 3-year-old children. *Transl Vis Sci Technol* 2016;5(1):5
- 15 Scheiman M, Gwiazda J, Zhang QH, *et al.* Longitudinal changes in corneal curvature and its relationship to axial length in the Correction of Myopia Evaluation Trial (COMET) cohort. *J Optom* 2016;9(1):13-21
- 16 Li X, Hu Q, Wang QR, *et al.* Analysis of ocular structural parameters and higher-order aberrations in Chinese children with myopia. *World J Clin Cases* 2021;9(27):8035-8043
- 17 Hashemi H, Khabazkhoob M, Mirafteb M, *et al.* Axial length to corneal radius of curvature ratio and refractive errors. *J Ophthalmic Vis Res* 2013;8(3):220-226
- 18 Gołębiewska J, Białą-Gosek K, Czeszyk A, *et al.* Optical coherence tomography angiography of superficial retinal vessel density and foveal avascular zone in myopic children. *PLoS One* 2019;14(7):e0219785
- 19 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
- 20 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. 国际眼科杂志 2021;21(5):789-795
- 21 Deng JJ, He XG, Zhang B, *et al.* Increased vertical asymmetry of macular retinal layers in myopic Chinese children. *Curr Eye Res* 2019;44(2):225-235
- 22 Del-Prado-Sánchez C, Seijas-Leal O, Gili-Manzanaro P, *et al.* Choroidal, macular and ganglion cell layer thickness assessment in Caucasian children measured with spectral domain optical coherence tomography. *Eur J Ophthalmol* 2021;31(6):3372-3378
- 23 Zereid FM, Osuagwu UL. Myopia and regional variations in retinal thickness in healthy eyes. *J Ophthalmic Vis Res* 2020;15(2):178-186
- 24 Read SA, Alonso-Caneiro D, Vincent SJ. Longitudinal changes in macular retinal layer thickness in pediatric populations: myopic vs non-myopic eyes. *PLoS One* 2017;12(6):e0180462
- 25 冯晶晶, 巨朝娟, 王立华, 等. 学龄期近视儿童黄斑区视网膜厚度分析. 中国斜视与小兒眼科杂志 2018;26(4):29-31
- 26 Jonas JB, Xu L, Wei WB, *et al.* Retinal thickness and axial length. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(4):1791-1797
- 27 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
- 28 Chung YW, Choi MY, Kim JS, *et al.* The association between macular thickness and axial length in myopic eyes. *Biomed Res Int* 2019;2019:8913582
- 29 刘林, 邹俊, 李敏, 等. 青年近视患者黄斑区血管密度与眼轴长度相关性的研究. 国际眼科学学术会议组织委员会 2017:1
- 30 Prousalis E, Dastiridou A, Ziakas N, *et al.* Choroidal thickness and ocular growth in childhood. *Surv Ophthalmol* 2021;66(2):261-275
- 31 Fontaine M, Gaucher D, Sauer A, *et al.* Choroidal thickness and ametropia in children: a longitudinal study. *Eur J Ophthalmol* 2017;27(6):730-734
- 32 Matalia J, Anegondi NS, Veebooy L, *et al.* Age and myopia associated optical coherence tomography of retina and choroid in pediatric eyes. *Indian J Ophthalmol* 2018;66(1):77-82
- 33 Zhong YY, Zeng L, Chen Z, *et al.* Ocular anatomical and functional characteristics in anisometric Chinese children. *Optom Vis Sci* 2021;98(5):476-482
- 34 Deng JJ, Li XL, Jin JL, *et al.* Distribution pattern of choroidal thickness at the posterior pole in Chinese children with myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2018;59(3):1577-1586
- 35 Liu WQ, Wang DD, Yang XX, *et al.* Topographic distribution features of the choroidal and retinal nerve fiber layer thickness in Chinese school-aged children. *Int J Ophthalmol* 2020;13(9):1459-1466
- 36 Read SA, Alonso-Caneiro D, Vincent SJ, *et al.* Longitudinal changes in choroidal thickness and eye growth in childhood. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2015;56(5):3103-3112
- 37 Tuncer I, Karahan E, Zengin MO, *et al.* Choroidal thickness in relation to sex, age, refractive error, and axial length in healthy Turkish subjects. *Int Ophthalmol* 2015;35(3):403-410
- 38 He XG, Deng JJ, Yin Y, *et al.* Macular choroidal thickness in Chinese preschool children: decrease with axial length but no evident change with age. *Int J Ophthalmol* 2019;12(9):1465-1473
- 39 康崢, 杨晖. 学龄前儿童脉络膜厚度的研究. 中华眼科杂志 2019;55(2):111-114
- 40 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
- 41 Lira RPC, Arieta CEL, Passos THM, *et al.* Distribution of ocular component measures and refraction in Brazilian school children. *Ophthalmic Epidemiol* 2017;24(1):29-35
- 42 张加裕, 王强, 林思思, 等. 温州地区7~14岁儿童近视眼患病率和眼轴及其相关因素分析. 中华眼科杂志 2016;52(7):514-519
- 43 Shi YM, Wang Y, Cui AZ, *et al.* Myopia prevalence and ocular biometry: a cross-sectional study among minority versus Han schoolchildren in Xinjiang Uygur Autonomous Region, China. *Eye (Lond)* 2021[Epub ahead of print]
- 44 Lin YY, Ding Y, Jiang DD, *et al.* Genome-wide association of genetic variants with refraction, axial length, and corneal curvature: a longitudinal study of Chinese schoolchildren. *Front Genet* 2020;11:276
- 45 Liu JB, Zhang RP, Sun LX, *et al.* Genotype-phenotype correlation and interaction of 4q25, 15q14 and MIPEP variants with myopia in southern Chinese population. *Br J Ophthalmol* 2021;105(6):869-877
- 46 Alvarez-Peregrina C, Sánchez-Tena MÁ, Martínez-Perez C, *et al.* The relationship between screen and outdoor time with rates of myopia in Spanish children. *Front Public Health* 2020;8:560378