

# 高度近视眼底形态学研究进展

晏鑫<sup>1</sup>, 亢泽峰<sup>1</sup>, 李书娇<sup>1</sup>, 关瑞娟<sup>2</sup>

引用:晏鑫,亢泽峰,李书娇,等.高度近视眼底形态学研究进展.国际眼科杂志 2023;23(2):212-216

基金项目:国家中医药管理局中医药传承与创新“百千万”人才工程(岐黄工程)岐黄学者;北京市石景山区亢泽峰名医传承工作室项目;深圳市医疗卫生三名工程(No.SZSM201812090);首都卫生发展科研专项(No.2022-1-4181)

作者单位:<sup>1</sup>(100040)中国北京市,中国中医科学院眼科医院;  
<sup>2</sup>(810000)中国青海省西宁市,青海省人民医院眼科

作者简介:晏鑫,男,在读博士研究生,研究方向:青少年近视防控、眼底病。

通讯作者:亢泽峰,男,博士,主任医师,教授,博士研究生导师,研究方向:近视防控、眼底病及低视力. zefeng2531@163.com

收稿日期:2022-03-21 修回日期:2023-01-04

## 摘要

高度近视是目前世界范围内造成视力障碍的主要原因,随着社会的发展,近视率逐年上升。高度近视的发展与眼轴的进行性延长密切相关,而眼轴的延长不可避免的出现一系列的眼底改变,如近视弧形斑、漆裂纹、脉络膜新生血管、黄斑脉络膜萎缩、视网膜脱离、后巩膜葡萄肿等。当前近视呈现出低龄化、高度化的特点,已经成为我国主要的致盲性原因。本文针对高度近视视盘、黄斑、视网膜、脉络膜及巩膜的形态学改变,对最新研究进行简要的归纳总结,以期结合高度近视眼底形态开发智能预测模型以及临床诊断和进一步针对治疗措施的研究提供一定的参考。

关键词:高度近视;病理性近视;眼底形态学;研究进展

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.2.06

## Research progress of fundus morphology in high myopia

Xin Yan<sup>1</sup>, Ze-Feng Kang<sup>1</sup>, Shu-Jiao Li<sup>1</sup>, Rui-Juan Guan<sup>2</sup>

Foundation items: Talent Project (Qihuang Project) and Qihuang Scholar for Heritage and Innovation of Traditional Chinese Medicine; Construction Program for Inheritance Office of Ze-Feng Kang, Famous TCM Experts of Shijingshan District in Beijing; Sanming Project of Medicine in Shenzhen (No.SZSM201812090); Capital Health Development Scientific Research Project (No.2022-1-4181)

<sup>1</sup>Eye Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100040, China; <sup>2</sup>Department of Ophthalmology, Qinghai Provincial People's Hospital, Xining 810000, Qinghai Province, China

Correspondence to: Ze-Feng Kang, Eye Hospital, China Academy of Chinese Medical Sciences, Beijing 100040, China. zefeng2531@163.com

Received: 2022-03-21 Accepted: 2023-01-04

## Abstract

• High myopia is the main cause of visual impairment in the world. With the development of society, the myopia rate is increasing year by year. The development of high myopia is closely related to the progressive extension of the eye axis, and a series of fundus changes will inevitably occur with the extension of the eye axis, such as comet tail, lacquer cracks, choroidal neovascularization, macular choroidal atrophy, retinal detachment, posterior scleral staphyloma, etc. At present, characterized by younger age and high degree, myopia has become the main cause of blindness in China. This paper briefly summarizes the latest research on the morphological changes of the optic disc, macula, retina, choroid and sclera of high myopia, aiming to provide references for the development of intelligent prediction models, clinical diagnosis and further research on the treatment measures in combination with the fundus morphology of high myopia.

• KEYWORDS: high myopia; pathological myopia; fundus morphology; research progress

Citation: Yan X, Kang ZF, Li SJ, et al. Research progress of fundus morphology in high myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2023;23(2):212-216

## 0 引言

高度近视是目前世界范围内造成视力障碍的主要原因,特别是亚太地区 and 北美等地区尤为严重<sup>[1]</sup>。据预测到2050年全世界近视人口数将达到47.58亿,其中高度近视将达到9.38亿<sup>[2]</sup>。高度近视是指等效球镜度数在-6.00D以上的一种屈光不正状态<sup>[3]</sup>。其中病理性近视多指发育停止后近视仍在发展,并伴有眼底病理性变化的近视类型,亦称为进行性近视,常见眼底改变有近视弧形斑、漆裂纹、脉络膜新生血管、黄斑脉络膜萎缩、视网膜脱离、后巩膜葡萄肿等<sup>[4]</sup>。这些眼底病理改变会导致视网膜感光细胞的不可逆性损伤,严重影响患者的矫正视力,导致患者生活质量下降。因此本文就高度近视的眼底形态学改变做一简单的归纳总结,以期后续研究提供一定的参考。

### 1 视盘及其相邻组织的改变

1.1 视盘变形 高度近视进展的主要原因之一就是眼轴

的进行性延长,而眼轴延长则会不可避免的导致巩膜的拉伸变薄,由于巩膜筛板及视盘部位是巩膜最薄的部分,因此当眼轴延长时,视盘则会首先发生形态改变。目前有研究认为视盘倾斜和视盘椭圆形是高度近视的特征性改变<sup>[5]</sup>。Li等<sup>[6]</sup>的研究称在青少年高度近视群体中,视盘倾斜的情况非常普遍,并且视盘倾斜与散光度数及眼轴长度呈正比。Sun等<sup>[7]</sup>的研究指出视盘倾斜与高度近视具有明显的关联,并认为视盘的倾斜比与视网膜血管系统的血流呈负相关,据此推测视盘倾斜早于高度近视性视网膜病变的发生,视盘的变化可能是高度近视性视网膜病变的早期征兆。Jonas等<sup>[8]</sup>提出高度近视眼轴的延长可能首先导致 Bruch 膜开口向黄斑中心凹方向移动,导致视盘颞侧进行性扩大,因此观察到视盘形状呈椭圆形,另外眼轴的延长造成 Bruch 膜开口增大导致视乳头的环形  $\gamma$  区增大,因此导致视盘增大。目前的研究证实高度近视会导致视盘倾斜及椭圆形扩大,但值得注意的是,青光眼的患者也会出现类似的视盘改变,但青光眼患者的视盘会同时存在杯盘比增大的问题,而高度近视视盘改变的特征是视盘倾斜及椭圆形扩大,在临床工作中需要仔细辨别。

**1.2 视盘邻近组织的改变** 高度近视的视盘在形态学上可以分为以筛板为基础的视盘、 $\alpha$  区(由于视网膜色素上皮和周围位置改变而导致的不规则色素沉着区域)、 $\beta$  区(仅有 Bruch 膜而无视网膜色素上皮区域,可见暴露的巩膜和脉络膜血管)、 $\gamma$  区(视盘周围的大片 Bruch 膜缺失区域)和  $\delta$  区(视乳头周围被拉伸的巩膜)<sup>[9]</sup>。研究显示在中度近视眼的  $\gamma$  区可能存在 Bruch 膜开口发生位移,而高度近视眼则会出现  $\gamma$  区 Bruch 膜开口增大,从而形成视盘倾斜<sup>[10]</sup>。在高度近视眼中,视盘面积增大,筛板厚度减小,Bruch 膜开口扩大,导致  $\gamma$  区和  $\delta$  区呈环状扩大<sup>[11]</sup>。视盘周围另一个重要的结构是视网膜神经纤维层(retinal nerve fiber layer, RNFL)。Park等<sup>[12]</sup>的研究发现高度近视患者的上侧、下侧和鼻侧 RNFL 较薄,而颞侧的 RNFL 较厚。Miller等<sup>[13]</sup>研究发现视盘周围的 RNFL 厚度和脉络膜厚度呈区域性分布:RNFL 与鼻侧视盘周围脉络膜厚度呈负相关,这可能与眼轴生长及脉络膜代偿机制相关。Lin等<sup>[14]</sup>发现在高度近视的儿童群体中,随着眼轴的不断延长,视盘内的血流密度以及视盘旁和颞侧的视网膜毛细血管的血流密度都会发生显著变化。并且随着眼轴的延长,上侧、鼻侧和下侧的视盘内和视盘旁 RNFL 都显著变薄,而颞侧的 RNFL 显著增厚。视盘旁脉络膜空腔是视盘周围的橘黄色病灶,是位于脉络膜内部的空腔样结构,在 OCT 上表现为脉络膜内部的弱反射空腔,其形成与眼轴进行性延长及后巩膜葡萄肿形成等因素有关<sup>[15]</sup>。Comune等<sup>[16]</sup>认为,视盘周围的近视弧向后凹陷,对视盘周围组织产生机械牵拉,从而导致脉络膜组织分离,在脉络膜内部形成囊样空腔,在 OCT 图像上显示为弱反射空腔。Liu 则认为视盘旁脉络膜空腔的形成与视盘周围后巩膜葡萄肿形成有关<sup>[17]</sup>。高度近视随着眼轴的延长,视盘周围的 Bruch 膜和视网膜色素上皮出现局灶性的萎缩,并且 RNFL 也会出现相应的改变,而 RNFL 的变薄是一种不可

逆的改变,目前尚无有效的治疗方法,因此对于高度近视的防控十分重要。

## 2 黄斑的改变

**2.1 黄斑出血** 高度近视发生黄斑出血常见的原因有两种,分别是近视性黄斑新生血管的破裂发生出血和由于眼轴延长导致 Bruch 膜和漆状纹破裂出血。You等<sup>[18]</sup>研究发现在中高度近视患者人群中由于 Bruch 膜断裂导致的黄斑出血的发生率大于 0.4%。Jonas等<sup>[19]</sup>研究认为高度近视黄斑出血并没有独特性的表现,但其常伴有新生血管、Fuchs 斑或漆裂纹。Gallego-Pinazo等<sup>[20]</sup>也得出相同的结论。Hung等<sup>[21]</sup>研究发现高度近视黄斑出血后会在视网膜内出现高反射体征,出血吸收后视网膜内高反射体征仍稳定存在,并且出现该体征后发生黄斑牵拉的几率大大上升,因此他们认为该体征可以用来预测高度近视患者出现黄斑牵拉的风险。高度近视性黄斑出血在眼底镜下类似于年龄相关性黄斑变性所导致的黄斑出血,但高度近视会同时合并眼底豹纹状、近视弧斑及漆裂纹的改变,而年龄相关性黄斑变性不存在上述改变,却有着自身特征性的玻璃膜疣及色素的改变,在临床应提高注意,可以应用 OCTA、FFA 等辅助检查以鉴别明确出血的原因。

**2.2 黄斑裂孔** 板层黄斑裂孔是高度近视患者常见的黄斑结构异常,发生率 4.8%~20.7%<sup>[22]</sup>。大多数可能在多年内保持不变或进展很小,但也有可能进展为全层黄斑裂孔或伴有孔源性视网膜脱离,导致严重的视力受损<sup>[23]</sup>。研究表明,当黄斑中心凹视网膜劈裂发展为伴有中心凹脱离的视网膜劈裂时,孔源性视网膜脱离形成的可能性非常高<sup>[24]</sup>。Hsia等<sup>[25]</sup>的研究显示高度近视眼中的板层黄斑裂孔很不稳定,有近 40% 的几率发展为全层黄斑裂孔,并且 V 形的黄斑裂孔风险更高。Markan 等报道了 1 例高度近视患者,出现了全层黄斑裂孔,且同时伴有周边视网膜嵌顿到黄斑的裂孔中<sup>[26]</sup>。dell'Omo 等<sup>[27]</sup>报道高度近视性黄斑裂孔在女性患者中更易发生,且病情的发展与视网膜前膜和板层孔相关视网膜前增生具有明显的相关性。高度近视发生黄斑裂孔的几率较高,且易发展为全层黄斑裂孔甚至孔源性视网膜脱离,且没有明显的征兆。因此,对于高度近视合并黄斑裂孔的患者,需要高度警惕,做好随访工作。

**2.3 圆顶状黄斑** 圆顶状黄斑是指黄斑部视网膜脉络膜向内隆起的改变,常见于高度近视的患者。据报道<sup>[28]</sup>,高度近视患者圆顶状黄斑的发病率为 11%~20%。Jain 等<sup>[29]</sup>研究提出,大多数的高度近视患者仅可在 OCT 扫描中才能观察到,而在眼底检查或超声检查中,黄斑的这种隆起常常被忽略。Kumar 等<sup>[30]</sup>将圆顶状黄斑的形态分为三种类型:水平椭圆形圆顶、垂直椭圆形圆顶和圆形圆顶,而在这些形状中,垂直形比水平或圆形更容易被发现。而 Coco 等认为,大多数的圆顶状黄斑本质上是椭圆形的,因为黄斑隆起的较长轴位于水平位置<sup>[31]</sup>。Liang 等<sup>[32]</sup>最近的一项研究表明,圆顶状黄斑会增加黄斑中央凹脱离的风险,但可以降低近视性黄斑裂孔的发生。圆顶状黄斑发生的具体机制尚不明确,但其眼底表现类似于中心性浆液性

脉络膜视网膜病变,也有可能是由于局限性葡萄膜的向内隆起和巩膜过度增厚所导致,因此在临床中借助必要的辅助检查以明确诊断十分必要。

### 3 周边视网膜的改变

高度近视常见的周边视网膜改变包括近视弧斑、漆裂纹、色素变性、格子样变性等。有研究指出<sup>[33]</sup>,高度近视患者由于周边视网膜变性导致的视网膜脱离与近视的度数呈正比,并且提出近视度数每增加-1D,发生视网膜脱离的风险增加1.33倍。He等<sup>[34]</sup>研究认为近视弧斑是高度近视最常见的眼底改变,并提出它的发生率达到82.1%,他们认为眼轴长度是与近视弧斑发生相关的唯一独立因素。Liu等<sup>[35]</sup>研究发现大约3.6%的高度近视人群存在近视弧斑,并且在合并近视性黄斑病变的患者中更常见,他们认为年龄越大、近视度数越高、眼轴长度越长是近视弧斑的主要危险因素。漆裂纹是指在高度近视患者黄斑部或后极部视网膜见到的黄白色或白色条纹,呈网状或分支状。有研究<sup>[36]</sup>认为漆裂纹实质是视网膜色素上皮细胞、Bruch膜和脉络膜毛细血管层复合体机械破损的修复结果。陈彦茹等<sup>[37]</sup>研究发现高度近视出现漆裂纹的患者约为38.4%。Harimoto等<sup>[38]</sup>报道在高度近视的周边视网膜观察到了色素沉着,并且色素沉着区的视网膜敏感性显著降低。视网膜格子样变性是一种视网膜萎缩性病变,容易引起视网膜裂孔和视网膜脱离。有研究报道<sup>[39]</sup>在高度近视患者中视网膜格子样变性的发生率为16.1%。高度近视性视网膜改变的发展病程尚不十分明确。还需更长时间观察,借助相应的辅助检查仪器,早期发现视网膜的改变,以保护患者的视力。

### 4 脉络膜的改变

**4.1 脉络膜新生血管** 近视性脉络膜新生血管(myopic choroidal neovascularization, mCNV)是高度近视的最常见并发症之一,一旦出现会导致严重的视力障碍。据估计<sup>[40]</sup>,5.2%~11.3%的高度近视患者会出现mCNV,而这样的患者预后通常较差。mCNV典型的表现为扁平状、浅灰色视网膜下病变,可伴或不伴出血。而诊断mCNV则需要行OCT、FFA、ICGA、OCTA等检查。Mao等<sup>[41]</sup>研究指出mCNV眼的黄斑血管密度降低,中央凹无血管区变小且不规则,抗VEGF治疗mCNV具有良好的疗效,但大多数情况下并不能改变血管密度和中央凹无血管区,不能完全消除mCNV病变。mCNV是高度近视患者视力严重损害的主要原因,且预后较差,目前对于mCNV的治疗也局限于抗VEGF方面,但抗VEGF治疗不能完全消除mCNV所带来的影响,因此还需要深入研究探索新的治疗方法。

**4.2 脉络膜视网膜萎缩** 根据近视性视网膜病变的国际分类和分级系统<sup>[42]</sup>,脉络膜视网膜萎缩属于第三类,是边界清晰的灰白色脉络膜视网膜萎缩性病变,它极易发展或形成mCNV和黄斑萎缩,导致严重的视力损害。有研究指出,脉络膜视网膜萎缩的特征是巩膜变形、脉络膜毛细血管层萎缩、黄斑部Bruch膜缺损。在使用OCT观察时可以看到光感受器和视网膜色素上皮退化<sup>[43-44]</sup>。Du等<sup>[45]</sup>研究指出脉络膜视网膜萎缩最常位于黄斑区,其次是下侧、

颞侧、鼻侧和上侧视网膜区域。但Ohno-Matsui等<sup>[46]</sup>认为近视性脉络膜视网膜萎缩属于一种与mCNV无关的眼底改变,并把这种改变认为是病理性近视相关眼底病变中的常见表现。脉络膜的萎缩不可避免地会导致脉络膜的变薄,有研究<sup>[47]</sup>显示脉络膜的厚度与屈光度、眼轴长度呈负相关。Heirani等<sup>[48]</sup>报道近视患者屈光度每增长1D,脉络膜厚度会下降8.71 $\mu\text{m}$ ;眼轴长度每增长1mm,脉络膜厚度减少13.48 $\mu\text{m}$ 。而眼轴延长、脉络膜萎缩、后巩膜葡萄肿等可能是脉络膜厚度变薄的原因<sup>[49]</sup>。脉络膜视网膜萎缩是一种不可逆的眼底病变,可导致视网膜敏感性障碍,并由此发生视力的严重损害。高度近视的脉络膜视网膜萎缩患者在国际分级系统中被归为损害严重且预后较差的类型,因此高度近视患者的早期和定期眼底检查是尤为重要的。

### 5 巩膜的改变

高度近视引起的巩膜改变最常见改变就是后巩膜葡萄肿,它是后眼底区域的局限性向外隆起,常被认为是高度近视的标志。其组织学特征为从葡萄肿的边缘巩膜突然开始变薄,巩膜胶原纤维的排列明显紊乱,以及明显的脉络膜变薄<sup>[50]</sup>。目前后巩膜葡萄肿的病因尚不清楚,但局部脉络膜因素和巩膜向后扩张的Bruch膜的局部生物力学阻力降低是可能的病因之一<sup>[51]</sup>。对于后巩膜葡萄肿的治疗,目前已有一定的措施,如:后环扎带、后巩膜胶原交联或巩膜再生<sup>[52]</sup>。但由于其发病机制尚不明确,后巩膜葡萄肿的治疗尚无定论。随着3D-MRI技术的发展,对于高度近视眼底改变的研究有了新的发现。Matsumura等<sup>[53]</sup>应用3D-MRI技术分析高度近视眼的眼底改变,并提出高度近视患者眼球形状的改变与视力损害程度的发展相关。Ohno-Matsui等<sup>[54]</sup>应用3D-MRI和宽视野眼底成像将后巩膜葡萄肿分为六种类型:宽黄斑型、窄黄斑型、周边型、鼻型、下型和其他形态,并提出最主要的葡萄肿类型是宽黄斑型,其次是窄黄斑型。Shinohara等<sup>[55]</sup>表明,宽视野OCT可以提供后巩膜葡萄肿的断层图像,使用宽视野OCT可以观察到,脉络膜向葡萄肿边缘逐渐变薄,脉络膜从葡萄肿边缘向后极逐渐再增厚,同时葡萄肿边缘巩膜曲率半径发生变化。因为后巩膜葡萄肿多发生在眼球的赤道部,因此后巩膜葡萄肿的形成会机械地损害黄斑和视神经。目前新的诊断方法和治疗方法在高度近视方面取得了长足的进步,在发生不可逆的致盲并发症之前,预计会有预防和治疗后巩膜葡萄肿的方法。

### 6 展望

随着我国高度近视人群的不断扩大,对于高度近视的防控工作显得尤为重要,其已经成为国家高度重视的公共卫生问题。高度近视常见眼底改变有近视弧形斑、漆裂纹、脉络膜新生血管、黄斑脉络膜萎缩、视网膜脱离、后巩膜葡萄肿等。随着新的诊断技术的发展,高度近视眼底的改变在临床上也越来越多的被观察到,有利于临床眼科医师深入了解高度近视的眼底形态学改变,进而可以尽早发现、尽早预防这些可能出现的并发症。目前对于高度近视并发症的治疗措施的研究尚处于初始阶段,因此针对高度

近视眼底改变进行深入的临床治疗措施研究,将是今后的研究重点。

#### 参考文献

- 1 Morgan IG, French AN, Ashby RS, *et al.* The epidemics of myopia: aetiology and prevention. *Prog Retin Eye Res* 2018;62:134–149
- 2 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
- 3 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 重视高度近视防控的专家共识(2017). *中华眼视光学与视觉科学杂志* 2017;19(7):385–389
- 4 中华中医药学会眼科分会. 中医药防控儿童青少年近视指南(社区医生与校医版). *中国中医眼科杂志* 2021;31(7):461–465
- 5 Rezapour J, Bowd C, Dohleman J, *et al.* The influence of axial myopia on optic disc characteristics of glaucoma eyes. *Sci Rep* 2021;11(1):8854
- 6 Li MH, Ye LY, Hu GY, *et al.* Relationship between paravascular abnormalities and choroidal thickness in young highly myopic adults. *Transl Vis Sci Technol* 2022;11(6):18
- 7 Sun J, Wang JL, Wang YL. Correlation between optic disc deformation and retinal vasculature in non-pathological high myopia. *Exp Ther Med* 2021;21(4):380
- 8 Jonas JB, Zhang Q, Xu L, *et al.* Change in the ophthalmoscopic optic disc size and shape in a 10-year follow-up: the Beijing Eye Study 2001–2011. *Br J Ophthalmol* 2021[Online ahead of print]
- 9 Wang YX, Panda-Jonas S, Jonas JB. Optic nerve head anatomy in myopia and glaucoma, including parapapillary zones alpha, beta, gamma and delta: Histology and clinical features. *Prog Retin Eye Res* 2021;83:100933
- 10 Jonas JB, Wang YX, Dong L, *et al.* Advances in myopia research anatomical findings in highly myopic eyes. *Eye Vis (Lond)* 2020;7:45
- 11 Jonas RA, Holbach L. Peripapillary border tissue of the choroid and peripapillary scleral flange in human eyes. *Acta Ophthalmol* 2020;98(1):e43–e49
- 12 Park SM, Lee KB, Kim KN, *et al.* Reproducibility of retinal nerve fiber layer and macular ganglion cell layer thickness measurements by optical coherence tomography in myopic eyes. *J Glaucoma* 2021;30(9):834–838
- 13 Miller GD, Abu-Qamar O, Salim S. Evaluation of retinal nerve fiber layer, ganglion cell – inner plexiform layer, and optic nerve head inglaucoma suspects with varying myopia. *J Glaucoma* 2021;30(5):e213–e221
- 14 Lin TN, Su L, Lin JH, *et al.* Study on the optic nerve fiber layer thickness and changes in blood flow in myopic children. *Int J Gen Med* 2021;14:3287–3293
- 15 Fujimoto S, Miki A, Maruyama K, *et al.* Three-dimensional volume calculation of intrachoroidal cavitation using deep-learning-based noise reduction of optical coherence tomography. *Transl Vis Sci Technol* 2022;11(7):1
- 16 Comune C, Montorio D, Cennamo G. Optical coherence tomography angiography in myopic peripapillary intrachoroidal cavitation complicated by choroidal neovascularization. *Eur J Ophthalmol* 2021;31(4):1920–1924
- 17 Venkatesh R, Jain K, Aseem A, *et al.* Intrachoroidal cavitation in myopic eyes. *Int Ophthalmol* 2020;40(1):31–41
- 18 You QS, Peng XY, Xu L, *et al.* Myopic maculopathy imaged by optical coherence tomography: the Beijing eye study. *Ophthalmology* 2014;121(1):220–224
- 19 Jonas SB, Panda-Jonas S, Jonas JB, *et al.* Histology of neovascular myopic macular degeneration. *Sci Rep* 2021;11(1):21908

- 20 Gallego-Pinazo R, Hernández S, Dolz-Marco R. Key multimodal fundus imaging findings to recognize multifocal choroiditis in patients with pathological myopia. *Front Med (Lausanne)* 2022;8:831764
- 21 Hung KC, Chen MS, Yang CM, *et al.* Multimodal imaging of linear lesions in the fundus of pathologic myopic eyes with macular lesions. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256(1):71–81
- 22 Ohno-Matsui K, Wu PC, Yamashiro K, *et al.* IMI pathologic myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021;62(5):5
- 23 Ikuno Y. Overview of the complications of high myopia. *Retina* 2017;37(12):2347–2351
- 24 Zhang JY, Yu YP, Dai DS, *et al.* Vitrectomy with internal limiting membrane peeling and gas tamponade for myopic foveoschisis. *BMC Ophthalmol* 2022;22(1):214
- 25 Hsia Y, Ho TC, Yang CH, *et al.* Clinical characteristics and long-term evolution of lamellar macular hole in high myopia. *PLoS One* 2020;15(5):e0232852
- 26 Singh R, Markan A, Handa S, *et al.* “Macular sink hole” with intrachoroidal cavitation in a case of pathological myopia. *Indian J Ophthalmol* 2020;68(10):2296
- 27 Dell’Omo R, Virgili G, Bottoni F, *et al.* Lamellar macular holes in the eyes with pathological myopia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2018;256(7):1281–1290
- 28 Lorenzo D, Arias L, Choudhry N, *et al.* Dome-shaped macula in myopic eyes: twelve-month follow-up. *Retina* 2017;37(4):680–686
- 29 Jain M, Gopal L, Padhi TR. Dome-shaped maculopathy: a review. *Eye (Lond)* 2021;35(9):2458–2467
- 30 Kumar V, Verma S, Azad SV, *et al.* Dome-shaped macula—review of literature. *Surv Ophthalmol* 2021;66(4):560–571
- 31 García-Ben A, Kamal-Salah R, García-Basterra I, *et al.* Two- and three-dimensional topographic analysis of pathologically myopic eyes with dome-shaped macula and inferior staphyloma by spectral domain optical coherence tomography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2017;255(5):903–912
- 32 Liang IC, Shimada N, Tanaka Y, *et al.* Comparison of clinical features in highly myopic eyes with and without a dome-shaped macula. *Ophthalmology* 2015;122(8):1591–1600
- 33 Tsen CL, Sheu SJ, Chen SC, *et al.* Imaging analysis with optical coherence tomography angiography after primary repair of macula-off rhegmatogenous retinal detachment. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019;257(9):1847–1855
- 34 He XG, Deng JJ, Xu X, *et al.* Design and Pilot data of the high myopia registration study: Shanghai Child and Adolescent Large-scale Eye Study (SCALE-HM). *Acta Ophthalmol* 2021;99(4):e489–e500
- 35 Liu R, Li ZX, Xiao O, *et al.* Characteristics of peripapillary intrachoroidal cavitation in highly myopic eyes: the Zhongshan ophthalmic center-brien holden vision institute high myopia cohort study. *Retina* 2021;41(5):1057–1062
- 36 Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK, *et al.* Optical coherence tomography angiography. *Prog Retin Eye Res* 2018;64:1–55
- 37 陈彦茹, 黎晓新, 李明翰. 病理性近视引起视力下降的影像学病因分析. *中华实验眼科杂志* 2021;39(6):528–533
- 38 Harimoto A, Obata R, Yamamoto M, *et al.* Retinal pigment epithelium melanin distribution estimated by polarisation entropy and its association with retinal sensitivity in patients with high myopia. *Br J Ophthalmol* 2022;106(10):1457–1462
- 39 Nguyen HTT, Hoang TT, Pham CM, *et al.* Prevalence and related factors of myopic retinopathy – a hospital-based cross-section study in

Vietnam. *Clin Exp Optom* 2022;1-4

40 Chen ML, Xu L, Li HY, *et al.* Myopia control with multifocal lens in school-aged children: a meta-analysis. *Front Pediatr* 2022;10:889243

41 Mao JB, Shao YR, Yu JF, *et al.* Macular density alterations in myopic choroidal neovascularization and the effect of anti-VEGF on it. *Int J Ophthalmol* 2021;14(8):1205-1212

42 Ohno - Matsui K, Kawasaki R, Jonas JB, *et al.* International photographic classification and grading system for myopic maculopathy. *Am J Ophthalmol* 2015;159(5):877-883.e7

43 Fang YX, Yokoi T, Nagaoka N, *et al.* Progression of myopic maculopathy during 18-year follow-up. *Ophthalmology* 2018;125(6):863-877

44 Miere A, Capuano V, Serra R, *et al.* Evaluation of patchy atrophy secondary to high myopia by semiautomated software for fundus autofluorescence analysis. *Retina* 2018;38(7):1301-1306

45 Du R, Fang YX, Jonas JB, *et al.* Clinical features of patchy chorioretinal atrophy in pathologic myopia. *Retina* 2020;40(5):951-959

46 Ohno - Matsui K, Jonas JB, Spaide RF. Macular bruch membrane holes in highly myopic patchy chorioretinal atrophy. *Am J Ophthalmol* 2016;166:22-28

47 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

48 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

49 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

50 Wu H, Chen W, Zhao F, *et al.* Scleral hypoxia is a target for myopia control. *Proc Natl Acad Sci U S A* 2018;115(30):E7091-E7100

51 Ng DC, Cheung CL, Luk FO, *et al.* Advances of optical coherence tomography in myopia and pathologic myopia. *Eye (Lond)* 2016;30(7):901-916

52 汪宇涵, 乔利亚. 后巩膜加固术治疗病理性近视眼的研究进展. *中华眼科杂志* 2021;57(12):952-957

53 Matsumura S, Kuo AN, Saw SM. An update of eye shape and myopia. *Eye Contact Lens* 2019;45(5):279-285

54 Ohno - Matsui K, Jonas JB. Posterior staphyloma in pathologic myopia. *Prog Retin Eye Res* 2019;70:99-109

55 Shinohara K, Shimada N, Moriyama M, *et al.* Posterior staphylomas in pathologic myopia imaged by widefield optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58(9):3750-3758