

高度近视眼后巩膜葡萄肿与眼底结构和微循环的关系

李昊儒 综述 魏瑞华 审校

天津医科大学眼科医院 天津医科大学眼视光学院 天津医科大学眼科研究所 国家眼耳鼻喉疾病临床医学研究中心天津市分中心 天津市视网膜功能与疾病重点实验室,天津 300384
通信作者:魏瑞华,Email:rwei@tmu.edu.cn

【摘要】 后巩膜葡萄肿(PS)指眼球后壁局部的异常膨出,是高度近视眼常见的病理性改变之一。PS常伴随着眼底微结构如巩膜、脉络膜、Bruch膜的改变。这些异常改变致使眼底微结构对眼轴扩张的抵抗力下降,或可造成相应区域组织结构的重塑,引发微血管结构的变化,进而导致后极部血液循环异常,而微循环的改变又可能继发眼底微结构的变化,严重影响患眼视力。国际上对PS的发病机制仍无明确结论,且尚无良好的预防措施和治疗方法。本文对高度近视眼PS与眼底结构及微循环的相互关系研究进行总结分析,为探究PS的发病机制、预防和治疗以及改善高度近视眼的视功能提供理论依据。

【关键词】 高度近视;后巩膜葡萄肿;眼底结构;微循环

基金项目: 国家自然科学基金项目(81770901)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20210526-00324

Relationship between posterior staphyloma and fundus structure and microcirculation in high myopia

Li Haoru, Wei Ruihua

Tianjin Key Laboratory of Retinal Functions and Diseases, Tianjin Branch of National Clinical Research Center for Ocular Disease, Eye Institute and School of Optometry, Tianjin Medical University Eye Hospital, Tianjin 300384, China
Corresponding author: Wei Ruihua, Email: rwei@tmu.edu.cn

【Abstract】 Posterior staphyloma (PS) refers to the local abnormal bulge of the posterior wall of the eyeball, which is one of the common pathological changes in high myopia. The appearance of PS is often accompanied by changes in fundus microstructure such as sclera, choroid and Bruch membrane. The abnormality of fundus microstructure leads to the decrease of its resistance to the expansion of ocular axis, or causes the remodeling of tissue structure in the corresponding area, resulting in the change of microvascular structure, and then giving rise to abnormal blood circulation in the posterior pole. The microcirculatory changes may be followed by changes in fundus microstructure, seriously affecting the visual acuity of the affected eyes. There is still no clear conclusion on the pathogenesis of PS in the world, and there are no good preventive measures or treatment methods. This article reviewed and summarized the interaction between PS, fundus structure and microcirculation in high myopia, so as to provide a theoretical basis for exploring the pathogenesis, prevention and treatment of PS and improving the visual function of high myopia.

【Key words】 High myopia; Posterior staphyloma; Fundus structure; Microcirculation

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81770901)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20210526-00324

后巩膜葡萄肿 (posterior staphyloma, PS) 是高度近视常见的病理性改变,常被认为是病理性近视的典型症状,被定义为眼球壁局部向后膨出^[1]。1977年, Curtin^[2]首次根据PS发生的部位与黄斑区的位置关系,将PS分为10种类型,其中I~V型为单纯型,VI~X型为复合型。Ohno-Matsui等^[1]在Curtin的基础上,对PS类型进行了合并和简化,将PS分为宽基底黄斑型、窄基底黄斑型、盘周型、鼻侧型、下方型以及其他型。Numa等^[3]研究发现日本高度近视人群中PS的发病率为

10.9%。Zheng等^[4]研究发现,40岁及以上新加坡高度近视人群中约1/3患有PS,且年龄及眼轴长度是影响PS发生的显著因素。目前对于PS的病理机制仍无明确结论,且没有任何一种假说可以完全解释所有类型PS的形成。随着光学相干断层扫描成像(optical coherence tomography, OCT)及光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)技术的发展,眼底血流循环情况变成可量化的参数,这为我们探索PS发生机制提供了新的研究方向。本文将对PS与眼底

结构改变和微循环变化的关系作一综述。

1 PS 的形成与巩膜、脉络膜及 Bruch 膜改变的关系

一直以来 PS 被认为是由于巩膜组织改变而形成的,但是逐渐有研究结果显示,非巩膜组织如脉络膜、Bruch 膜的改变也可能是 PS 发生和发展的始动因素^[5]。

1.1 PS 的形成与巩膜改变的关系

巩膜是眼球结构中最厚的组织,对眼球起重要作用,也被认为是决定眼球形态的主要部分。有研究发现巩膜厚度与眼轴长度成负相关,随着近视的发展眼轴逐渐增长,巩膜胶原合成减少且降解加快,在胶原纤维直径减小、巩膜厚度渐进性变薄以及眼内压力的共同作用下巩膜出现局限性扩张,进而导致 PS 的出现^[6-7]。但是并非所有高度近视眼均伴有 PS 的发生。另有研究发现高度近视眼巩膜厚度与眼轴长度并无明显相关性^[8]。Gaucher 等^[9]研究也发现部分患有 PS 的近视眼中出现黄斑部圆顶状凸起,即穹顶样黄斑。在 OCT 图像中,黄斑部的向内凸起通常表现为脉络膜和巩膜的局部增厚,这可能是 PS 的某种特殊表现形式^[10-11]。同时有研究发现高度近视伴穹顶样黄斑患者较不伴穹顶样黄斑患者的视力好^[12],这可能是由于 PS 的形成导致巩膜及脉络膜变薄,眼底血流循环减少,对视网膜功能及视力造成损害,而黄斑部的脉络膜增厚以及巩膜向内凸起可能是为了代偿性增加血液循环、抵抗巩膜后凸以及延缓视力下降而产生的一种保护性机制。

1.2 PS 的形成与脉络膜改变的关系

脉络膜是视网膜和巩膜之间富有血管且为眼球内组织提供血液和营养物质的棕色薄膜,脉络膜变薄会影响其对眼底组织的血液供应,造成视网膜功能异常及视觉质量下降,脉络膜厚度的变薄被证实可出现在 PS 中^[13]。OCT 图像可以显示 PS 边界,在广域 OCT 图像中,PS 的边缘表现为眼球壁曲率的骤然改变,脉络膜厚度于 PS 边缘部位最薄,且自边界向周边及眼底后极部逐渐增厚^[13]。PS 边界处极薄的脉络膜对眼压的缓冲作用减弱,造成巩膜组织与周边组织受力不均匀,形成葡萄肿。PS 区域脉络膜的不均匀变薄可能是造成巩膜曲率改变的原因^[14]。巩膜曲率的改变,可能会导致进入眼内的光线在 PS 区域与周边区域的成像点不同,周边区域的成像相对模糊,成像点落在视网膜后的平面上,由此产生的相对性远视误差或可刺激眼球进一步拉长^[15],进而加重屈光不正的发展以及损害青少年正常的视觉发育。除此以外,眼球脉络膜及巩膜曲率非均质性变化,也有可能造成对应区域组织重塑,导致微观结构及微血管结构的变化,造成血液循环异常,进一步损伤 PS 区域视网膜的功能及患眼的视觉健康。然而,在某些非高度近视眼的病例中,例如视网膜色素变性和小柳-原田综合征等,同样发现上述脉络膜厚度的变化特征,但是并未发现 PS 的存在^[16-17],这一现象说明脉络膜变薄并不是高度近视眼 PS 发生的特异性因素。

1.3 PS 的形成与 Bruch 膜改变的关系

Bruch 膜由 5 层结构构成,从内到外依次为视网膜色素上皮的基底膜、内胶原层、弹力纤维层、外胶原层和脉络膜毛细血

管的基底膜,它是脉络膜毛细血管和视网膜之间的屏障^[18]。Ohno-Matsui 等^[19]研究发现,伴有 PS 的高度近视眼的眼轴 OCT 图像中可见黄斑区 Bruch 膜破裂缺损。随着近视眼眼轴增长,Bruch 膜被拉伸变薄甚至可能破裂,脉络膜受到的轴向作用力增加,导致脉络膜变薄甚至微血管系统损伤,Bruch 膜破裂处邻近部位对眼球扩张的抵抗力下降,间接导致巩膜局部受压向后凸起形成 PS。Fang 等^[20]研究也发现高度近视眼中的黄斑区 Bruch 膜的缺损会导致巩膜局部松弛,引起巩膜形态异常。然而,也有研究表明高度近视眼与非高度近视眼的 Bruch 膜厚度在任何测量点处没有明显差异,即在眼轴增长的过程中,Bruch 膜随着眼球扩张而被拉伸,其厚度在各测量点无明显变化或变化程度均匀一致^[21]。由此可推测眼轴的增长可能不会引起某处 Bruch 膜厚度的骤降甚至缺损。此外,某些非高度近视眼中也可发现 Bruch 膜破裂和 PS 同时出现^[22-23]。因此,眼轴可能不是 Bruch 膜结构改变的影响因素,但 PS 的发生与 Bruch 膜的改变存在相关性。目前,有关 PS 与 Bruch 膜的研究尚少且不够深入,未来仍需进一步探索 Bruch 膜结构改变与 PS 之间的因果关系。

2 PS 的形成与眼底微循环改变的关系

稳定的血液供应为视网膜、脉络膜及巩膜等组织提供氧气和营养物质,为其发挥正常生理功能提供保障。高度近视患者眼轴增长产生持续性的机械张力可引发眼底血管进入眼内的位置及结构发生改变,进而导致供应眼球后极部黄斑区及视盘区等部位的血流也发生变化^[24]。当眼底血液供应失常,就会引发功能障碍及病理征象的出现,严重影响视力。

2.1 PS 的形成参与黄斑区微循环改变

黄斑中心凹是视网膜上视觉最敏锐的部位,黄斑区外层视网膜、脉络膜以及巩膜结构及功能的改变都可能影响中心凹处感光细胞的结构和功能,从而损伤视觉信号的传导。PS 对高度近视眼的损害与 PS 所在位置存在一定关系,以黄斑区 PS 发病率较高。Zheng 等^[4]对高度近视患者 117 例 225 眼的广域 OCT 图像进行分析,发现波及黄斑区的 PS 占有所有 PS 类型的 65.9% (31/47),其中窄基底黄斑型 PS 发生率最高,为 38.3% (18/47)。随着年龄的增加以及眼轴的增长,黄斑区脉络膜厚度显著降低;同时,在伴有 PS 的高度近视人群中黄斑中心凹下巩膜厚度显著下降^[25-26]。这可能表明在近视发展的过程中,黄斑区抵抗眼压的能力降低,导致 PS 更易出现在此区域。黄斑区病变常会造成无法矫正的视功能下降^[27]。因此研究 PS 与黄斑区血流的关系或可为改善高度近视眼的视功能提供依据。联合应用 OCT 及 OCTA 分析发现,伴有 PS 的高度近视眼黄斑中心凹下脉络膜层和视网膜层厚度显著降低,视网膜脉络膜血流灌注明显下降^[28-29]。黄斑区 PS 边缘脉络膜厚度的骤然改变可能导致血管结构发生改变,血管被机械拉伸进而变直变细,影响组织血液供应。此外,PS 区还常伴有视网膜脉络膜的萎缩,萎缩的组织对营养成分和氧气的需求降低,从而引起血流供应适应性下降^[30]。

在 PS 患者中黄斑区视网膜劈裂、脉络膜新生血管、视网膜

脉络膜萎缩等的发病率显著升高^[31-32]。宽视野眼底自发荧光成像显示视网膜脉络膜萎缩常位于黄斑区,且萎缩面积会随着病程及近视的进展逐渐变大^[33-34]。目前,临床上对 PS 的治疗方法主要为后巩膜加固术。张熙芳等^[35]应用 OCTA 观察并发现后巩膜加固术可以改善高度近视眼黄斑区血流循环。而 Mo 等^[36]应用 OCTA 对比经后巩膜加固术治疗和未治疗的高度近视合并 PS 患眼的黄斑区血流情况,发现经后巩膜加固术治疗的患眼黄斑区血流循环与未治疗患眼无明显差别。由于该研究并没有纵向比较手术前后患者眼底血流参数的变化,因此不能有效说明 PS 与血流变化无关。关于 PS 对眼底血流参数的影响以及血流变化与视功能改变的关系有待进一步研究和考证。

2.2 PS 的形成参与视盘区微循环改变

PS 除影响黄斑区外,还可能会造成眼底视盘区解剖结构及血管系统的异常。睫状后短动脉在球后视神经周围发出 10~20 个血管分支穿过巩膜,在脉络膜内形成脉络膜血管网。Moriyama 等^[37]采用吲哚菁绿血管造影观察高度近视伴有 PS 的患者,发现其睫状后短动脉穿过巩膜的位置移位到了靠近 PS 的边缘,使得 PS 所在区域的脉络膜动脉网显得较为稀疏,还观察到 PS 所在区域的脉络膜大静脉也较少,表明高度近视 PS 的存在确实会导致脉络膜血管系统的结构和形态发生异常^[37]。Moriyama 等^[38]用吲哚菁绿血管造影发现 PS 影响眼后涡静脉的出口位置,涡静脉出口多位于视盘周围,且有涡静脉高度近视眼的 PS 发生率高于无涡静脉高度近视眼。正常人群中视网膜睫状动脉的检出率较低,但吲哚菁绿血管造影下发现可检出视网膜睫状动脉的高度近视眼眼轴比未检测出视网膜睫状动脉的明显更长,青光眼的发生率更高^[39],这可能代表着更严重的近视进展阶段和对视神经的损害。此外,PS 对视盘区微循环结构的影响也会引起其他微结构的改变。一项基于 OCT 的研究发现,高度近视伴 PS 患者较无 PS 患者的视盘小、视盘倾斜度和视盘旁萎缩区面积大^[29],这些现象或许可以成为 PS 的预测指标。而视盘倾斜度和视盘旁萎缩区面积与青光眼的进展也密切相关^[40-41]。因此,对眼轴较长且伴有 PS 的高度近视人群给予更多的关注,或许对预测青光眼有重要临床诊断意义。应用 OCTA 技术可发现,与正常人比较,早期无眼底病变的高度近视患者视盘周围血管密度显著降低,且视盘旁萎缩区内脉络膜微血管减少^[42-43],但是高度近视眼 PS 的存在是否会加剧对视盘区微循环的影响及其与青光眼的关系有待更深入的研究印证。

2.3 眼底微循环的改变参与 PS 发生

当前,PS 的形成与眼底结构改变和微血管变化的因果关系尚不明确,PS 也可能是眼底微血管结构及血流循环改变而造成的继发结果。高度近视眼因其眼轴增长导致脉络膜进行性变薄、微血管受损、血流循环减少,导致脉络膜对邻近巩膜组织的营养及氧气供应不足,而缺氧可诱导巩膜成纤维细胞分化、胶原合成减少、胶原纤维形成和纤维板层重建受阻,导致巩膜进行性变薄^[44-46]。变薄的巩膜部位对眼压的缓冲作用以及对轴向拉伸作用力的抵抗能力均减弱,进而导致 PS 的发生。

这也提示我们可以通过改善脉络膜血液循环,尤其是黄斑区血流循环来改善低氧状况,延缓 PS 发展。

3 OCT 及 OCTA 检查对 PS 及血流评价的贡献及局限性

高度近视患者眼球后壁形态的观察方法有检眼镜、B 型超声、磁共振成像以及 OCT^[47]。近年来,OCT 及 OCTA 检查成为观察 PS 形态特征以及微循环特点的重要手段。OCT 可以清晰地检测出各层眼底结构,OCTA 则可以显示视网膜各层及脉络膜层的二维血流图像,广泛应用于眼底血流循环的研究^[48],OCTA 较血管造影也更加安全无创。但是 OCTA 也存在一定局限性,例如扫描深度以及范围有限,可能会影响 PS 的成像和判断,同时,PS 的存在可能会导致个别图像分层不清晰从而影响 PS 形态的判断。另外,高度近视人群特别是超高度近视患者眼底结构的改变形式多样且复杂,固视能力较差,可能影响 OCT 及 OCTA 检查对患者眼球后壁形态的图像捕获和结构重建。或许联合 3D 磁共振成像技术以及结合人工智能可以更好得研究 PS 的形态结构,开发出新的衡量 PS 特征的数据指标。

4 总结

高度近视眼 PS 常伴随着眼底结构如巩膜、脉络膜和 Bruch 膜的改变以及微循环和血管结构的异常。PS 与眼底结构和微循环间存在相互影响,但二者间的因果关系尚不明确,且 PS 对眼底不同位置血流状况的影响程度尚缺乏足够的研究证据。OCT 及 OCTA 检查仍存在局限性,多重检查方法联合应用以探究 PS 的特征可使研究结果更准确更全面。明确 PS 的发生机制对进一步探究 PS 的预防和治疗有重要指导价值。在未来,需开展大样本量的长期纵向临床观察以及必要的动物实验研究,以揭示 PS 与眼底结构和微循环的相关性及 PS 对高度近视眼的视力造成进行性损伤的原因。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

参考文献

- [1] Ohno-Matsui K. Proposed classification of posterior staphylomas based on analyses of eye shape by three-dimensional magnetic resonance imaging and wide-field fundus imaging [J]. *Ophthalmology*, 2014, 121(9): 1798-1809. DOI: 10.1016/j.ophtha.2014.03.035.
- [2] Curtin BJ. The posterior staphyloma of pathologic myopia [J]. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 1977, 75: 67-86.
- [3] Numa S, Yamashiro K, Wakazono T, et al. Prevalence of posterior staphyloma and factors associated with its shape in the Japanese population [J/OL]. *Sci Rep*, 2018, 8(1): 4594 [2022-04-16]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29545631>. DOI: 10.1038/s41598-018-22759-y.
- [4] Zheng F, Wong CW, Sabanayagam C, et al. Prevalence, risk factors and impact of posterior staphyloma diagnosed from wide-field optical coherence tomography in Singapore adults with high myopia [J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2021, 99(2): e144-e153 [2022-04-16]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32602252>. DOI: 10.1111/aos.14527.
- [5] Jonas JB, Ohno-Matsui K, Jiang WJ, et al. Bruch membrane and the mechanism of myopization: a new theory [J]. *Retina*, 2017, 37(8):

- 1428-1440. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001464.
- [6] Maruko I, Iida T, Sugano Y, et al. Morphologic analysis in pathologic myopia using high-penetration optical coherence tomography[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012, 53(7): 3834-3838. DOI: 10.1167/iov.12-9811.
- [7] Gentle A, Liu Y, Martin JE, et al. Collagen gene expression and the altered accumulation of scleral collagen during the development of high myopia[J/OL]. *J Biol Chem*, 2003, 278(19): 16587-16594 [2022-04-16]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12606541>. DOI: 10.1074/jbc.M300970200.
- [8] Hayashi M, Ito Y, Takahashi A, et al. Scleral thickness in highly myopic eyes measured by enhanced depth imaging optical coherence tomography[J]. *Eye (Lond)*, 2013, 27(3): 410-417. DOI: 10.1038/eye.2012.289.
- [9] Gaucher D, Erginay A, Lecleire-Collet A, et al. Dome-shaped macula in eyes with myopic posterior staphyloma[J]. *Am J Ophthalmol*, 2008, 145(5): 909-914. DOI: 10.1016/j.ajo.2008.01.012.
- [10] Caillaux V, Gaucher D, Gualino V, et al. Morphologic characterization of dome-shaped macula in myopic eyes with serous macular detachment[J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 156(5): 958-967. DOI: 10.1016/j.ajo.2013.06.032.
- [11] Imamura Y, Iida T, Maruko I, et al. Enhanced depth imaging optical coherence tomography of the sclera in dome-shaped macula[J]. *Am J Ophthalmol*, 2011, 151(2): 297-302. DOI: 10.1016/j.ajo.2010.08.014.
- [12] Liang IC, Shimada N, Tanaka Y, et al. Comparison of clinical features in highly myopic eyes with and without a dome-shaped macula[J]. *Ophthalmology*, 2015, 122(8): 1591-1600. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.04.012.
- [13] Shinohara K, Shimada N, Moriyama M, et al. Posterior staphylomas in pathologic myopia imaged by widefield optical coherence tomography[J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2017, 58(9): 3750-3758. DOI: 10.1167/iov.17-22319.
- [14] 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[J/OL]. *PLoS One*, 2019, 14(6): e0218107 [2022-04-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31181108>. DOI: 10.1371/journal.pone.0218107.
- [15] Cooper J, Tkatchenko AV. A review of current concepts of the etiology and treatment of myopia[J]. *Eye Contact Lens*, 2018, 44(4): 231-247. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000499.
- [16] Xu X, Fang Y, Yokoi T, et al. Posterior staphylomas in eyes with retinitis pigmentosa without high myopia[J]. *Retina*, 2019, 39(7): 1299-1304. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002180.
- [17] Takahashi H, Takase H, Terada Y, et al. Acquired myopia in Vogt-Koyanagi-Harada disease[J]. *Int Ophthalmol*, 2019, 39(3): 521-531. DOI: 10.1007/s10792-018-0841-2.
- [18] Booi JC, Baas DC, Beisekeeva J, et al. The dynamic nature of Bruch's membrane[J]. *Prog Retin Eye Res*, 2010, 29(1): 1-18. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2009.08.003.
- [19] Ohno-Matsui K, Jonas JB, Spaide RF. Macular bruch membrane holes in highly myopic patchy chorioretinal atrophy[J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 166: 22-28. DOI: 10.1016/j.ajo.2016.03.019.
- [20] Fang Y, Jonas JB, Yokoi T, et al. Macular Bruch's membrane defect and dome-shaped macula in high myopia[J/OL]. *PLoS One*, 2017, 12(6): e0178998 [2022-05-02]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28570624>. DOI: 10.1371/journal.pone.0178998.
- [21] Jonas JB, Holbach L, Panda-Jonas S. Bruch's membrane thickness in high myopia[J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2014, 92(6): e470-e474 [2022-05-02]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24612938>. DOI: 10.1111/aos.12372.
- [22] Jonas JB, Panda-Jonas S. Secondary Bruch's membrane defects and scleral staphyloma in toxoplasmosis[J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2016, 94(7): e664-e666 [2022-05-02]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27040331>. DOI: 10.1111/aos.13027.
- [23] Cheng YC, Shen JH, Chao AN, et al. Later development of posterior staphyloma in choroidal osteoma with choroidal neovascularization[J/OL]. *Retina*, 2017, 37(8): e95-e96 [2022-05-02]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28452838>. DOI: 10.1097/IAE.0000000001683.
- [24] Tanaka Y, Shimada N, Ohno-Matsui K. Extreme thinning or loss of inner neural retina along the staphyloma edge in eyes with pathologic myopia[J]. *Am J Ophthalmol*, 2015, 159(4): 677-682. DOI: 10.1016/j.ajo.2015.01.004.
- [25] Gupta P, Saw SM, Cheung CY, et al. Choroidal thickness and high myopia: a case-control study of young Chinese men in Singapore[J/OL]. *Acta Ophthalmol*, 2015, 93(7): e585-e592 [2022-05-02]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25529388>. DOI: 10.1111/aos.12631.
- [26] Verkicharla PK, Ohno-Matsui K, Saw SM. Current and predicted demographics of high myopia and an update of its associated pathological changes[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2015, 35(5): 465-475. DOI: 10.1111/opo.12238.
- [27] Saw SM, Gazzard G, Shih-Yen EC, et al. Myopia and associated pathological complications[J]. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2005, 25(5): 381-391. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2005.00298.x.
- [28] 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/OL]. *Sci Rep*, 2017, 7(1): 9825 [2022-05-02]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28852194>. DOI: 10.1038/s41598-017-10660-z.
- [29] Nie F, Ouyang J, Tang W, et al. Posterior staphyloma is associated with the microvasculature and microstructure of myopic eyes[J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2021, 259(8): 2119-2130. DOI: 10.1007/s00417-020-05057-0.
- [30] Kim GN, Lee EJ, Kim TW. Microstructure of nonjuxtapapillary microvasculature dropout in healthy myopic eyes[J/OL]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2020, 61(2): 36 [2022-05-10]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32084265>. DOI: 10.1167/iov.61.2.36.
- [31] Mimura R, Mori K, Torii H, et al. Ultra-widefield retinal imaging for analyzing the association between types of pathological myopia and posterior staphyloma[J/OL]. *J Clin Med*, 2019, 8(10): 1505 [2022-05-10]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31547036>. DOI: 10.3390/jcm8101505.
- [32] Shinohara K, Tanaka N, Jonas JB, et al. Ultrawide-field OCT to investigate relationships between myopic macular retinoschisis and posterior staphyloma[J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(10): 1575-1586. DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.03.053.
- [33] Du R, Fang Y, Jonas JB, et al. Clinical features of patchy chorioretinal atrophy in pathologic myopia[J]. *Retina*, 2020, 40(5): 951-959. DOI: 10.1097/IAE.0000000000002575.
- [34] Miere A, Capuano V, Serra R, et al. Evaluation of patchy atrophy secondary to high myopia by semiautomated software for fundus autofluorescence analysis[J]. *Retina*, 2018, 38(7): 1301-1306. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001733.
- [35] 张熙芳, 乔利亚, 李晓霞, 等. 病理性近视眼患者后巩膜加固术后视



- 网膜及脉络膜厚度与血流改变的初步研究[J]. 中华眼科杂志, 2017, 53(1): 39-45. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2017. 01. 009.
- Zhang XF, Qiao LY, Li XX, et al. A preliminary study on macular retinal and choroidal thickness and blood flow change after posterior scleral reinforcement by optical coherence tomography angiography[J]. Chin J Ophthalmol, 2017, 53(1): 39-45. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 0412-4081. 2017. 01. 009.
- [36] Mo J, Duan AL, Chan SY, et al. Application of optical coherence tomography angiography in assessment of posterior scleral reinforcement for pathologic myopia[J]. Int J Ophthalmol, 2016, 9(12): 1761-1765. DOI: 10. 18240/ijo. 2016. 12. 10.
- [37] Moriyama M, Ohno-Matsui K, Futagami S, et al. Morphology and long-term changes of choroidal vascular structure in highly myopic eyes with and without posterior staphyloma[J]. Ophthalmology, 2007, 114(9): 1755-1762. DOI: 10. 1016/j. ophtha. 2006. 11. 034.
- [38] Moriyama M, Cao K, Ogata S, et al. Detection of posterior vortex veins in eyes with pathologic myopia by ultra-widefield indocyanine green angiography[J]. Br J Ophthalmol, 2017, 101(9): 1179-1184. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2016-309877.
- [39] Watanabe T, Kasahara K, Futagami S, et al. Cilioretinal arteries and cilioretinal veins in eyes with pathologic myopia[J/OL]. Sci Rep, 2019, 9(1): 2451 [2022-05-16]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30792400>. DOI: 10. 1038/s41598-019-38616-5.
- [40] Seol BR, Park KH, Jeoung JW. Optic disc tilt and glaucoma progression in myopic glaucoma: a longitudinal match-pair case-control study[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2019, 60(6): 2127-2133. DOI: 10. 1167/iov. 18-25839.
- [41] De Moraes CG, Murphy JT, Kaplan CM, et al. β -zone parapapillary atrophy and rates of glaucomatous visual field progression: African descent and glaucoma evaluation study[J]. JAMA Ophthalmol, 2017, 135(6): 617-623. DOI: 10. 1001/jamaophthalmol. 2017. 1082.
- [42] Yaprak AC, Yaprak L. Retinal microvasculature and optic disc alterations in non-pathological high myopia with optical coherence tomography angiography[J]. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol, 2021, 259(11): 3221-3227. DOI: 10. 1007/s00417-021-05216-x.
- [43] Hu X, Shang K, Chen X, et al. Clinical features of microvasculature in subzones of parapapillary atrophy in myopic eyes: an OCT-angiography study[J]. Eye (Lond), 2021, 35(2): 455-463. DOI: 10. 1038/s41433-020-0872-6.
- [44] Wu H, Chen W, Zhao F, et al. Scleral hypoxia is a target for myopia control[J/OL]. Proc Natl Acad Sci U S A, 2018, 115(30): E7091-E7100 [2022-05-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29987045>. DOI: 10. 1073/pnas. 1721443115.
- [45] Devarajan K, Sim R, Chua J, et al. Optical coherence tomography angiography for the assessment of choroidal vasculature in high myopia[J]. Br J Ophthalmol, 2020, 104(7): 917-923. DOI: 10. 1136/bjophthalmol-2019-314769.
- [46] Liu S, Li S, Wang B, et al. Scleral cross-linking using riboflavin UVA irradiation for the prevention of myopia progression in a guinea pig model: blocked axial extension and altered scleral microstructure[J/OL]. PLoS One, 2016, 11(11): e0165792 [2022-05-22]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27829051>. DOI: 10. 1371/journal.pone. 0165792.
- [47] 张宇, 严宏. 高度近视眼球后壁形态分类及其与近视相关并发症关系研究进展[J]. 中华实验眼科杂志, 2020, 38(11): 997-1000. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20200512-00336.
- Zhang Y, Yan H. Research progress in classification of posterior wall morphology of eyeball and its relationship with myopia related complications in high myopic eyes[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2020, 38(11): 997-1000. DOI: 10. 3760/cma. j. cn115989-20200512-00336.
- [48] Spaide RF, Fujimoto JG, Waheed NK, et al. Optical coherence tomography angiography[J]. Prog Retin Eye Res, 2018, 64: 1-55. DOI: 10. 1016/j. preteyer. 2017. 11. 003.

(收稿日期:2022-08-04 修回日期:2023-04-05)

(本文编辑:张宇 骆世平)

读者·作者·编者

眼科常用英文缩略语名词解释(二)

AMD:年龄相关性黄斑变性(age-related macular degeneration)
ANOVA:方差分析(analysis of variance)
BUT:泪膜破裂时间(breakup time of tear film)
DR:糖尿病视网膜病变(diabetic retinopathy)
EAU:实验性自身免疫性葡萄膜炎(experimental autoimmune uveitis)
EGF:表皮生长因子(epidermal growth factor)
ELISA:酶联免疫吸附测定(enzyme-linked immunosorbent assay)
ERG:视网膜电图(electroretinogram)
FFA:荧光素眼底血管造影(fluorescein fundus angiography)
FGF:成纤维细胞生长因子(fibroblast growth factor)
GFP:绿色荧光蛋白(green fluorescent protein)
IFN- γ : γ 干扰素(interferon- γ)
IL:白细胞介素(interleukin)

MTT:四甲基偶氮唑盐(methyl thiazolyl tetrazolium)
NF:核转录因子(nuclear factor)
OCT:光相干断层扫描(optical coherence tomography)
OR:优势比(odds ratio)
PACG:原发性闭角型青光眼(primary angle-closure glaucoma)
PCR:聚合酶链式反应(polymerase chain reaction)
RGCs:视网膜节细胞(retinal ganglion cells)
POAG:原发性开角型青光眼(primary open angle glaucoma)
RB:视网膜母细胞瘤(retinoblastoma)
RPE:视网膜色素上皮(retinal pigment epithelium)
RNV:视网膜新生血管(retinal neovascularization)
RP:视网膜色素变性(retinitis pigmentosa)
S I t:基础泪液分泌试验(Schirmer I test)

(本刊编辑部)