

- tent stem cell-derived neural cells against excitotoxicity[J]. *Int J Mol Sci*, 2023, 24(16):12605.
- [24] NABERANI M, MUKAI T, SHINTAKU H. Preventing brain damage from hypoxic-ischemic encephalopathy in neonates: Update on mesenchymal stromal cells and umbilical cord blood cells[J]. *Am J Perinatol*, 2022, 39(16):1754-1763.
- [25] CHEN W, ZHANG Y, LIANG J, et al. Disrupting astrocyte-neuron lactate transport prevents cocaine seeking after prolonged withdrawal[J]. *Sci Adv*, 2023, 9(43):4462.
- [26] CIAMPI F, SORDILLO L M, GANDY J C, et al. Evaluation of natural plant extracts as antioxidants in a bovine in vitro model of oxidative stress[J]. *J Dairy Sci*, 2020, 103(10):8938-8947.
- [27] ANAMARIA J, AUREL S. Neuroinflammation in cerebral ischemia and ischemia/reperfusion injuries: From pathophysiology to therapeutic strategies[J]. *Int J Mol Sci*, 2021, 23(1):14.
- [28] ZHANG X, PENG K, ZHANG X. The function of the NMDA receptor in hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Front Neurosci*, 2020, 6(14):567665.
- [29] YU T, WANG L, ZHANG L, et al. Mitochondrial fission as a therapeutic target for metabolic diseases: Insights into antioxidant strategies[J]. *Antioxidants (Basel)*, 2023, 12(6):1163.
- [30] DENG K, LI Y, XIAO M, et al. Lycium ruthenicum murr polysaccharide protects cortical neurons against oxygen-glucose deprivation/reperfusion in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Int J Biol Macromol*, 2020, 158:562-568.
- [31] YANG X L, ZENG M L, SHAO L, et al. NFAT5 and HIF-1 α Coordinate to regulate NKCC1 expression in hippocampal neurons after hypoxia-ischemia [J]. *Front Cell Dev Biol*, 2019, 13(7): 339.
- [32] LI J, WANG K, LIU M, et al. Dexmedetomidine alleviates cerebral ischemia-reperfusion injury via inhibiting autophagy through PI3K/Akt/mTOR pathway[J]. *J Mol Histol*, 2023, 54(3):173-181.
- [33] BANJARA S, SURAWEEA C D, HINDS M G, et al. The Bcl-2 family: Ancient origins, conserved structures, and divergent mechanisms[J]. *Biomolecules*, 2020, 10(1):128.
- [34] QIN X, CHENG J, ZHONG Y, et al. Mechanism and treatment related to oxidative stress in neonatal hypoxic-ischemic encephalopathy[J]. *Front Mol Neurosci*, 2019, 12:88.
- [35] KORCZOWSKA-ŁACKA I, SŁOWIKOWSKI B, PIEKUT T, et al. Disorders of endogenous and exogenous antioxidants in neurological diseases[J]. *Antioxidants (Basel)*, 2023, 12(10):1811.
- [36] STOCKWELL B R, FRIEDMANN ANGELI J P, BAYIR H, et al. Ferroptosis: a regulated cell death nexus linking metabolism, redox biology, and disease[J]. *Cell*, 2017, 171(2): 273-285.
- [37] STOCKWELL B R. Ferroptosis turns 10: Emerging mechanisms, physiological functions, and therapeutic applications[J]. *Cell*, 2022, 185(14): 2401-2421.
- [38] 常熙雯, 赵安鹏, 姚苑腾, 等. 铁死亡在缺氧相关脑损伤中的研究进展[J]. *生理学报*, 2023, 75(2): 255-268.
- [39] ZHANG T L, ZHANG Z W, LIN W, et al. Reperfusion after hypoxia-ischemia exacerbates brain injury with compensatory activation of the anti-ferroptosis system: based on a novel rat model[J]. *Neural Regen Res*, 2023, 18(10):2229-2236.
- [40] 黄莹, 唐晓芳. 新生儿缺氧缺血性脑病血小板参数的监测及临床意义[J]. *血栓与止血学*, 2020, 26(5):729-731.
- [41] 付新成, 吴阳坤. 亚低温联合鼠神经生长因子对缺氧缺血性脑病患儿凝血功能及神经功能的影响[J]. *临床医学研究与实践*, 2020, 5(3):100-101.

收稿日期: 2023-12-04

(本文编辑: 吴迪汉)

视盘旁萎缩弧在近视中的研究进展

李颖颖, 胡欣欣, 赵娜, 陆勤康

doi:10.3969/j.issn.1671-0800.2024.03.040

【中图分类号】 R778 【文献标志码】 C 【文章编号】 1671-0800(2024)03-0416-05

近视是指人眼在调节放松状态下, 平行光线经眼球屈光系统后聚焦在视网膜之前的一种屈光状态。

基金项目: 宁波市 2025 重大科技项目(2021Z054); 宁波市眼科临床医学研究中心(2022L003); 宁波市省市共建重点学科(2016-S05); 国家自然科学基金(82000887); 浙江省自然科学基金(LY20C090001); 浙江省医药卫生科技计划项目(2023RC090); 宁波市自然科学基金(2022J029); 宁波市公益性科技计划项目(2022S052)

作者单位: 315040 宁波, 宁波大学附属人民医院(李颖颖、胡欣欣、赵娜、陆勤康); 宁波大学医学部(李颖颖)

通信作者: 陆勤康, Email: luqinkang@163.com

近年来, 全球近视患病率急剧上升, 预计到 2050 年, 近视患者将达 47.58 亿(占世界人口的 49.8%), 其中, 高度近视患者达 9.38 亿(占世界人口的 9.8%)^[1]。随着近视度数的增加, 眼轴不断被拉长, 导致视网膜和脉络膜变薄, 眼底可出现各种结构变化, 包括黄斑区的豹纹状眼底、脉络膜视网膜萎缩、漆裂纹、脉络膜新生血管和视盘区的视盘旋转、视盘倾斜、视盘旁萎缩弧(peripapillary atrophy, PPA)等改变^[2]。在东亚、东南亚地区, 近视相关眼底病变已成为成人视力

损伤和盲的主要原因。目前,关于近视性眼底改变的研究主要聚焦于高度近视引起的黄斑区改变,与近视相关的 PPA 研究相对较少。PPA 是近视中最常见的早期眼部体征,尤其是高度近视,研究近视中 PPA 的不同分区及结构改变,可为近视的预后判断以及发病机制的探讨提供依据。本文主要就 PPA 在近视中的研究进展进行综述。

1 PPA

1.1 分区与结构 PPA 在眼底表现为视盘周围视网膜和脉络膜萎缩,常呈新月形的标志性结构。结合眼底照相和光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT),可将 PPA 分为四个区:α区、β区、γ区和δ区^[3]。α区定义为 PPA 外围视网膜色素上皮层(retinal pigment epithelium, RPE)的不规则色素增强和色素减退,最常见于视盘水平颞侧,其次是颞下侧和颞上侧,鼻侧最少见。α区在组织学上同时存在 RPE 和 Bruch 膜(BM),几乎所有正常人眼中均存在此结构。β区定义为视盘边缘与α区之间裸露的脉络膜大血管及巩膜,组织学上缺失 RPE 结构。根据 BM 的止点,传统β区可进一步分为新β区和γ区,新β区在组织学上存在 BM,而γ区不存在 BM^[4]。在高度近视眼中,视盘旁巩膜缘不断伸长和变薄,可形成δ区。δ区 PPA 定义为γ区内无直径 50 μm 以上血管的区域,且该区域宽度至少为 300 μm^[5]。现有的研究表明,β区与青光眼的发生发展关系密切^[6-7];γ区与轴向近视及视盘形态改变密切相关,但是与青光眼无关^[4,8];δ区只见于高度近视眼中,与青光眼及青光眼相关视神经损伤的发生相关^[5,9]。

1.2 微循环特点 光学相干断层扫描成像(OCTA)是在 OCT 基础上发展起来的无创血管成像技术,能实现对视网膜和脉络膜的分层可视化,并量化血流面积及密度。但是由于其图像质量易受到高度近视眼底视盘扭曲的影响,目前研究主要聚焦于高度近视黄斑中心脉络膜特征,对视盘旁的血流特点关注较少。利用 OCTA 评估近视 PPA 微循环特点,可为探究近视的发病机制提供更多信息。

近年来研究发现传统 PPA-β与微血管密度呈负相关,Sun 等^[10]分析了近视中传统 PPA-β与眼底微血管之间的关系,结果显示 PPA-β面积每增加 1 mm²,

视盘旁毛细血管密度降低 1.472%,黄斑旁深层毛细血管密度降低 1.029%。PPA-β面积还与黄斑区及视盘旁脉络膜厚度呈负相关,PPA-β面积每增加 1 mm²,黄斑区及视盘旁脉络膜厚度分别降低 14.93 μm 和 9.54 μm。在此基础上,Hu 等^[11]进一步研究了 PPA 分区微循环特点,结果显示脉络膜微血管密度分别与新β区、γ区面积成反比,且脉络膜微血管密度α区>γ区>β区,提示近视眼中可能存在 PPA 微循环缺陷。近来研究发现视盘旁的脉络膜血管系统与视乳头(optic nerve head, ONH)组织的灌注密切相关,青光眼和高度近视患者的 PPA 区内可出现局部脉络膜微血管丢失(choroidal microvasculature dropout, CMvD),在 OCTA 上表现为无血管的小暗区。Lei 等^[12]发现与轻至中度近视眼相比,高度近视者的 MvD 面积更大,脉络膜毛细血管层血管密度更低,暗示高度近视者更易存在灌注缺陷,视神经损伤较重,通过进一步的相关性分析得出 MvD 面积与屈光度呈负相关、与眼轴以及传统 PPA-β面积呈正相关。因此,研究近视 PPA 与眼底微循环变化对于预测近视预后及早期防控有重要意义。

2 PPA 在近视中的研究意义

PPA 又称近视弧,与近视有关。目前,关于 PPA 的形成和扩大机制尚不清楚,有学者研究与近视 PPA 发生发展的相关因素,结果显示眼轴是与 PPA 相关的唯一独立因素,眼轴增长引起的视盘机械性牵拉和视网膜脉络膜萎缩可能是其主要原因^[13]。

Koh 等^[14]对 19~25 岁的 593 例亚裔高度近视患者进行眼底筛查,其中 579 例具有 PPA,PPA 的发生率高达 98.3%。Chang 等^[15]对来自中国、马来西亚和印度三个国家的 40 岁及以上的 330 例高度近视患者进行眼底病变分析,发现 268 例(81.2%)高度近视眼中出现 PPA,其中中国人中具有 PPA 的占 87.9%。类似的,He 等^[13]在上海开展了一项基于高度近视人群的研究,共纳入高度近视眼 134 例,其中 112 例(83.6%)有 PPA。上述研究结果的差异提示 PPA 的出现可能还与年龄、性别、种族、地区以及收入等因素有关,这与先前的研究结果一致。此外,上述研究均依赖于眼底照相,虽然眼底照相广泛应用于临床,具有方便快捷的优点,但是对于 PPA 的判别

受主观影响,可重复性较差,可能影响最终结果。综上所述,PPA在近视人群中普遍存在,特别是高度近视,因此,研究近视与PPA的关系对进一步探索近视的发病机制以及临床近视防控具有重要价值。

2.1 PPA与近视程度的关系 随着研究的深入,发现PPA的结构变化与眼轴长度及屈光度数的改变密切相关,PPA大小能在一定程度上反映出轴性近视程度,可作为预测儿童近视发展和预后的重要临床指标之一,对于评估近视的发生发展具有一定指导意义。

Zhang等^[16]研究8~11岁小学生近视眼进展与视盘形态改变及传统PPA-β间的关系,结果显示在近视眼中,垂直PPA-β和水平PPA-β的发生率分别为75.68%和75.96%,其面积随着眼轴和屈光度的增加而不断扩大。Lee等^[17]对儿童近视患者随访两年,观察其在眼轴增长期间新PPA-β的变化,结果显示76%的眼睛PPA-β面积增加,其中具有γ区的眼睛比例也相应增加,且PPA-β面积增加与眼底血管干的牵拉程度成正比。还有学者回顾分析95例6~11岁近视患者,通过多元回归和附加亚组分析,发现传统PPA-β越小,近视发展的速度越快,原因可能是小PPA-β意味着其处于近视发展的早期阶段,近视进一步发展的空间大^[18]。一项为期2年的前瞻性队列研究结果与之一致,基线时没有传统PPA-β的儿童近视程度明显快于基线时有PPA-β者^[19]。因此,传统PPA-β可以被认为是早期近视的替代标志物和近视快速发展的预测因素。随着年龄增加,老年人也可出现萎缩弧,但其形成机制与近视性萎缩弧不同,结构改变以及视网膜受损程度均较轻,主要是由于视网膜退行性病变,与近视的发生发展无关。

国家卫健委公布的数据显示,近视学生中有10%~16%为高度近视。高度近视可诱发一系列眼部其他并发症,包括青光眼,视网膜变性,视网膜脱落,黄斑病变等,PPA作为近视的早期眼底改变,其与上述眼部并发症的相关性研究也逐渐增多。

2.2 近视性PPA与青光眼的关系 流行病学研究显示,青光眼与近视密切相关,原发性开角型青光眼(primary open-angle glaucoma, POAG)中6%~29%患有近视,8%~10%近视人群在随访中可发展为青光眼^[20]。Marcus等^[21]对13项近视与POAG的相关流行病学研究进行荟萃分析,结果显示低至高度屈

光不正均为POAG发病的危险因素[OR: 1.92 (95% CI 1.54 ~ 2.38)],其中高度近视的相对危险度更高[OR: 2.46 (95% CI 1.93 ~ 3.15)]。Xu等^[22]在北京开展的一项大样本横断面研究结果与之相似,屈光度数超过-6.0 D与发生青光眼视神经病变明显相关。此外,近视经常对青光眼的诊断构成挑战,一些青光眼中常见的眼部表现同样可发生在非青光眼的近视眼中,包括视野缺损、视网膜神经纤维层变薄以及眼底微血管灌注缺陷等。随着近视发病率的不断攀升,快速鉴别近视与青光眼对提高患者视力预后非常重要。

越来越多的研究提示新PPA-β与青光眼的发生密切相关,PPA-γ与轴向近视相关,PPA-δ与高度近视及青光眼相关视神经损害相关,因此研究PPA分区的特征性改变可能对于鉴别近视合并青光眼具有一定意义。Vianna等^[23]分别比较了55例近视合并青光眼患者与74例近视非青光眼患者的新PPA-β与PPA-γ,发现青光眼患者中的新PPA-β面积大于非青光眼者,PPA-γ面积小于非青光眼者,但是两组β和γ区域广泛重叠,对于近视合并青光眼的诊断能力有限。基于此项研究,Almeida等^[24]提出采用PPA-γ与新PPA-β的比值指标更适合,该比值的中位数在近视合并青光眼组低于近视非青光眼组(0.31 vs 0.57),差异有统计学意义($P < 0.05$),但是两组的比例分布重叠较多,对于鉴别青光眼仍有一定局限性。Jonas等^[9]分析中高度近视眼中青光眼视神经病变(glaucomatous optic neuropathy, GON)与PPA-δ改变的相关性,经多元分析发现GON的发生与PPA-δ的直径呈正相关,可能是因为存在PPA-δ的患者后巩膜筛板伸长和变薄,从而影响其内部血液供应和轴浆运输,使得近视眼患者对眼压的耐受度降低,从而增加青光眼及GON的发病率。因此,PPA对识别青光眼及GON具有一定价值。

视野缺损是青光眼的主要特征之一,随着病情的发展,可从早期的旁中心暗点逐步发展为鼻侧阶梯、环形暗点及晚期的管状视野。高度近视也可出现青光眼样视野损伤,但其发展相对稳定,为非进行性。目前已有文献报道,视网膜和脉络膜微循环改变与视野损伤具有相关性。Kim等^[25]发现存在中心视野缺损或者视力下降的近视合并青光眼患者,其深层视盘旁血管密度及神经节细胞内丛状层厚度明

显降低,提示视力和视野可在一定程度上反映患者视乳头损伤及血流状态。Park等^[26]对84例近视合并青光眼患者传统PPA-β的脉络膜微循环特点进行分析,结果显示有视野缺损的患者其PPA-β面积明显大于无视野缺损者,且CMvD在有中心视野缺损患者中的发生率明显高于无中心视野缺损者(77.4% vs 36.4%)。以上研究表明,当近视患者出现PPA扩大或OCTA提示出现CMvD及微血管密度降低时,需注意排除是否存在青光眼并发症。因此,PPA及微血管密度在青光眼长期监测中具有重要指导价值。

2.3 近视性PPA与眼底病变的关系 PPA与近视性眼底病变的发生密切相关。Chen等^[27]研究发现PPA面积是近视性黄斑病变发生的危险因素,PPA面积每增加1 mm²,近视性萎缩性黄斑病变和近视性新生血管性黄斑病变的发病风险分别增加22%和72%。刘维锋等^[28]对25例46眼高度近视眼的回顾性分析研究结果与之相符,发现当高度近视眼出现PPA-γ或PPA发展为环形弧时,其发生近视性眼底病变的发生率明显增加。此外,有学者发现PPA还与抗血管内皮生长因子(anti-VEGF)治疗近视性脉络膜新生管(CNV)的预后相关,PPA越小,治疗后视力提高的可能性越大^[29]。因此,密切关注PPA的进展有助于及时发现近视性眼底病变并对其进行早期干预,改善预后。

PPA与年龄相关性黄斑变性(AMD)的关系尚不明确,Chang等^[30]分析了PPA与AMD黄斑地图状萎缩(geographic atrophy, GA)的相关性,发现PPA普遍存在于有GA发生的眼中(86.4%),且PPA与GA的线性距离(缓冲带)越短,两者发生融合的可能性越大,缓冲带的平均退化速度为163.0 μm/年。Garg等^[31]发现早期AMD中网状假性玻璃膜疣(reticular pseudodrusen, RPD)的发生与传统PPA-β密切相关,但是在控制脉络膜厚度因素后两者相关性无统计学意义。这与北京一项AMD的5年随访研究结果相符,该研究认为传统PPA-β与AMD的发生无关^[32]。

Wang等^[33]对近视与糖尿病视网膜病变(DR)之间的关联进行系统评价与meta分析,结果显示轴性近视为DR发生的保护因素,且眼轴每增加1 mm,发生DR和威胁视力的DR(VTDR)风险分别降低21%和30%。由于PPA与轴性近视密切相关,Tan等^[34]分析PPA与DR的相关性,通过多因素分析显示传统

PPA-β是DR的保护因素,且独立于眼轴和屈光状态,有传统PPA-β发生DR的风险较无PPA-β降低42%。此外,Lin等^[35]纳入91例儿童1型糖尿病(T1DM)无DR患者和444例成人2型糖尿病(T2DM)无DR患者,与相应数量的健康人对比后发现,T1DM的传统PPA-β面积明显较小,而T2DM的视盘椭圆指数(optic disc ovality, ODO)明显更大,说明在DR发生之前,高血糖已经对视盘及周围结构产生影响,且在不同年龄和DM类型中表现各异。但是,目前研究显示PPA-γ较先前定义的传统PPA-β与轴向近视更相关,因此PPA-γ可能是与DR更相关的保护因素,值得进一步探究。

3 总结与展望

综上所述,探索PPA在近视与其他眼病之间的联系与区别,对疾病的鉴别诊断及预后判断具有一定的临床指导意义。然而,目前对于PPA的分区及测定主要依赖于临床工作者对眼底照相的判别,误差大且耗时较长,从而导致研究结果的差异性,因此对PPA的准确分区与测量对临床研究尤为重要。现阶段人工智能以其独特的图像识别优势,已成为眼科研究领域的一大热点,因此,利用人工智能实现PPA的精准分区和定量分析将为新的研究方向和思路。

利益冲突 所有作者声明无利益冲突

参 考 文 献

- [1] HOLDEN B A, FRICKE T R, WILSON D A, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036-1042.
- [2] 中华医学会眼科学分会眼视光学组, 中国医师协会眼科医师分会眼视光专业委员会, 中国非公立医疗机构协会眼科专业委员会视光学组, 等. 高度近视防控专家共识(2023)[J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2023, 25(6): 401-407.
- [3] WANG Y X, PANDA-JONAS S, JONAS J B. Optic nerve head anatomy in myopia and glaucoma, including parapapillary zones alpha, beta, gamma and delta: Histology and clinical features[J]. *Progress in Retinal and Eye Research*, 2021, 83: 100933.
- [4] DAI Y, JONAS J B, HUANG H, et al. Microstructure of parapapillary atrophy: beta zone and gamma zone[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2013, 54(3): 2013-2018.
- [5] JONAS J B, JONAS S B, JONAS R A, et al. Parapapillary atrophy: histological gamma zone and delta zone[J]. *PloS One*, 2012, 7(10): e47237.
- [6] YAMADA H, AKAGI T, NAKANISHI H, et al. Microstructure of peripapillary atrophy and subsequent visual field progression in

- treated primary open-angle glaucoma[J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(3): 542-551.
- [7] YOO Y J, LEE E J, KIM T W. Intereye difference in the micro-structure of parapapillary atrophy in unilateral primary open-angle glaucoma[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2016, 57(10): 4187-4193.
 - [8] JONAS J B, WANG Y X, ZHANG Q, et al. Parapapillary gamma zone and axial elongation-associated optic disc rotation: The Beijing eye study[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2016, 57(2): 396-402.
 - [9] JONAS J B, WEBER P, NAGAOKA N, et al. Glaucoma in high myopia and parapapillary delta zone[J]. *PloS One*, 2017, 12(4): e0175120.
 - [10] SUN J, WANG J, YOU R, et al. Is the retinal vasculature related to β -peripapillary atrophy in nonpathological high myopia? An optical coherence tomography angiography study in Chinese adults[J]. *Journal of Ophthalmology*, 2018, 2018: 7895238.
 - [11] 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(London)*, 2021, 35(2): 455-463.
 - [12] LEI J, FAN Y, WU Y, et al. Microvascular alterations of peripapillary choriocapillaris in young adult high myopia detected by optical coherence tomography angiography[J]. *Journal of Personalized Medicine*, 2023, 13(2): 289.
 - [13] HE X, DENG J, XU X, et al. Design and pilot data of the high myopia registration study: Shanghai child and adolescent large-scale eye study (SCALE-HM)[J]. *Acta Ophthalmologica*, 2021, 99(4): e489-e500.
 - [14] KOH V, TAN C, TAN P T, et al. Myopic maculopathy and optic disc changes in highly myopic young asian eyes and impact on visual acuity[J]. *American Journal of Ophthalmology*, 2016, 164: 69-79.
 - [15] CHANG L, PAN C W, OHNO-MATSUI K, et al. Myopia-related fundus changes in singapore adults with high myopia[J]. *American Journal of Ophthalmology*, 2013, 155(6): 991-999.
 - [16] ZHANG J S, LI J, WANG J D, et al. The association of myopia progression with the morphological changes of optic disc and β -peripapillary atrophy in primary school students[J]. *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2022, 260(2): 677-687.
 - [17] LEE K M, CHOUNG H K, KIM M, et al. Change of β -Zone parapapillary atrophy during axial elongation: Boramae myopia cohort study report 3[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2018, 59(10): 4020-4030.
 - [18] MOON Y, LIM H T. Relationship between peripapillary atrophy and myopia progression in the eyes of young school children[J]. *Eye(London)*, 2021, 35(2): 665-671.
 - [19] KIM M, CHOUNG H K, LEE K M, et al. Longitudinal changes of optic nerve head and peripapillary structure during childhood myopia progression on OCT: Boramae myopia cohort study report 1[J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(8): 1215-1223.
 - [20] 卓业鸿,葛坚.重视近视与青光眼的相关性[J].*中华眼视光学与视觉科学杂志*,2020,22(9): 641-644.
 - [21] MARCUS M W, DE VRIES M M, JUNOY MONTOLIO F G, et al. Myopia as a risk factor for open-angle glaucoma: a systematic review and meta-analysis[J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(10): 1989-1994.
 - [22] XU L, WANG Y, WANG S, et al. High myopia and glaucoma susceptibility the Beijing eye study[J]. *Ophthalmology*, 2007, 114(2): 216-220.
 - [23] VIANNA J R, MALIK R, DANTHUREBANDARA V M, et al. Beta and gamma peripapillary atrophy in myopic eyes with and without glaucoma[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2016, 57(7): 3103-3111.
 - [24] ALMEIDA I, USHIDA M, LINS I, et al. Peripapillary atrophy in myopic eyes: Comparison of gamma to beta zone ratio between those with and without glaucoma[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2016, 57(14): 6031.
 - [25] KIM S A, PARK C K, PARK H Y L. Factors affecting visual acuity and central visual function in glaucoma patients with myopia[J]. *American Journal of Ophthalmology*, 2023, 253: 106-118.
 - [26] PARK H Y L, JEON S J, PARK C K. Features of the choroidal microvasculature in peripapillary atrophy are associated with visual field damage in myopic patients[J]. *American Journal of Ophthalmology*, 2018, 192: 206-216.
 - [27] CHEN Q, HE J, HU G, et al. Morphological characteristics and risk factors of myopic maculopathy in an older high myopia population-based on the new classification system (ATN)[J]. *American Journal of Ophthalmology*, 2019, 208: 356-366.
 - [28] 刘维锋,石安娜,曾瑛,等.高度近视眼弧形斑形态与眼底病变关系的研究[J].*眼科新进展*,2011,31(9): 842-845.
 - [29] YOON J U, KIM Y M, LEE S J, et al. Prognostic factors for visual outcome after intravitreal anti-VEGF injection for naive myopic choroidal neovascularization[J]. *Retina*, 2012, 32(5): 949-955.
 - [30] CHANG P, TAN A, JAFFE G J, et al. Analysis of peripapillary atrophy in relation to macular geographic atrophy in age-related macular degeneration[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2016, 57(4): 2277-2282.
 - [31] GARG A, BLUMBERG D M, AL-ASWAD L A, et al. Associations between β -peripapillary atrophy and reticular pseudodrusen in early age-related macular degeneration[J]. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2017, 58(5): 2810-2815.
 - [32] YOU Q S, XU L, YANG H, et al. Five-year incidence of age-related macular degeneration: the Beijing Eye Study[J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(12): 2519-2525.
 - [33] WANG X, TANG L, GAO L, et al. Myopia and diabetic retinopathy: A systematic review and meta-analysis[J]. *Diabetes Research and Clinical Practice*, 2016, 111: 1-9.
 - [34] TAN N Y Q, THAM Y C, DING Y, et al. Associations of peripapillary atrophy and fundus tessellation with diabetic retinopathy[J]. *Ophthalmology*. *Retina*, 2018, 2(6): 574-581.
 - [35] LIN Q, JIA Y, LI T, et al. Optic disc morphology and peripapillary atrophic changes in diabetic children and adults without diabetic retinopathy or visual impairment[J]. *Acta Ophthalmologica*, 2022, 100(1): e157-e166.

收稿日期:2023-09-15
(本文编辑:陈志翔)