

眼底成像揭示视觉偏头痛的相关神经血管病变

薛海娜¹, 惠延年², 张 鹏¹

引用: 薛海娜, 惠延年, 张鹏. 眼底成像揭示视觉偏头痛的相关神经血管病变. 国际眼科杂志 2022;22(6):973-976

作者单位:¹(710018)中国陕西省西安市,西北大学附属医院 西安市第三医院;²(710032)中国陕西省西安市,空军军医大学西京医院眼科 全军眼科研究所

作者简介:薛海娜,女,毕业于哈尔滨医科大学,硕士,住院医师,研究方向:眼底病。

通讯作者:张鹏,男,毕业于第四军医大学,博士,副主任医师,研究方向:眼底病. zhangpengfmmu@163.com

收稿日期:2021-09-08 修回日期:2022-05-06

摘要

偏头痛是一种常见的慢性神经血管疾病,其病理生理机制尚不明确。偏头痛有多种临床表型,其中视觉偏头痛可表现为视觉先兆。视网膜偏头痛和眼麻痹性偏头痛也属于视觉偏头痛的范畴。光学相干断层扫描(OCT)及血管成像(OCTA)可以定性及定量地检测视网膜神经纤维层、神经节细胞层、视神经乳头、视网膜和脉络膜的循环状况。基于上述两种影像学的研究发现,在视觉偏头痛发病过程中,偏头痛患者的视网膜和睫状动脉短暂反复收缩,可能导致视神经、视网膜和脉络膜的缺血性损伤,随后视网膜神经纤维层及神经节细胞层变薄、视网膜微血管减少。眼底影像学检查有助于提高对视觉偏头痛相关病理生理机制的认知,而基于OCT及OCTA检查所见可作为评估视觉偏头痛病程及病情严重程度的指标。

关键词:偏头痛;光学相干断层扫描;视网膜神经纤维层;视网膜;脉络膜

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.6.18

Fundus imaging reveals relevant neurovascular pathology in visual migraine

Hai-Na Xue¹, Yan-Nian Hui², Peng Zhang¹

¹Xi'an No. 3 Hospital; The Affiliated Hospital of Northwest University, Xi'an 710018, Shaanxi Province, China; ²Department of Ophthalmology, Xijing Hospital, Eye Institute of Chinese PLA, Fourth Military Medical of University, Xi'an 710032, Shaanxi Province, China

Correspondence to: Peng Zhang. Xi'an No. 3 Hospital, The Affiliated Hospital of Northwest University, Xi'an 710018, Shaanxi Province, China. zhangpengfmmu@163.com

Received: 2021-09-08 Accepted: 2022-05-06

Abstract

• Migraine is a common chronic neurovascular disorder, its pathophysiological mechanisms are not fully

understood. There are various clinical phenotypes of migraine, among which visual migraine may present as visual aura. Retinal migraine and ophthalmoplegic migraine also belong to the category of visual migraine. Optical coherence tomography (OCT) and optical coherence tomography angiography (OCTA) can be used to detect the circulation of retinal nerve fiber layer, ganglion cell layer, optic papilla, retina and choroid qualitatively and quantitatively. Based on above two imaging findings, studies have addressed that during visual migraine pathogenesis, the transitory and recurrent constriction of the retinal and ciliary arteries, which may cause ischemic damage to the optic nerve, retina and choroid in patients with migraine, with the subsequent reduction in thickness of retinal nerve fiber layer, ganglion cell layer, and retinal microvasculature decrement. The fundus imaging examinations are helpful to improve our understanding on pathophysiological mechanisms of visual migraine, these imaging findings based on OCT and OCTA may serve as indicators to evaluate course and severity of visual migraine.

• **KEYWORDS:** migraine; optical coherence tomography; retinal nerve fiber layer; retina; choroid

Citation: Xue HN, Hui YN, Zhang P. Fundus imaging reveals relevant neurovascular pathology in visual migraine. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(6):973-976

0 引言

偏头痛是一种常见的慢性神经血管性疾病,其在人群中的发病率为15%,患者以中青年女性居多,其临床表现为一侧或双侧发作性中重度、搏动性头痛。病变范围以额颞部为主,亦可为全头痛。症状一般持续4~72h,可伴有恶心、呕吐等症状,且患者对光和声音极度敏感^[1]。偏头痛多在患者青春期起病,在中青年期达到发病高峰,而后随年龄的增加发病频率逐渐减少。根据偏头痛的主要临床表现将其分为发作性偏头痛及慢性偏头痛。发作性偏头痛又被分为先兆偏头痛和无先兆偏头痛^[2]。典型先兆包括视觉先兆或感觉及神经先兆,如面部或身体感觉麻木、刺痛、耳鸣、幻听等,持续不超过1h,而后出现严重的搏动性偏头痛^[3]。按照偏头痛发生时伴发的其他组织或脏器感觉或功能异常,偏头痛还被划分为“偏瘫性偏头痛”“腹型偏头痛”“急性神经错乱型偏头痛”“视网膜偏头痛”“眼肌麻痹性偏头痛”等^[4]。由于“视觉先兆性偏头痛”“视网膜偏头痛”及“眼肌麻痹性偏头痛”患者均有明显的视觉症状,故此类偏头痛又被归结为“视觉偏头痛”范畴^[5]。

1 视觉偏头痛的临床表现及可能的病理生理机制

视觉先兆是偏头痛患者最常见的一类先兆症状,在约

1/3的偏头痛患者中出现。患者眼前可出现闪光、暗点、视力下降或视力丧失、持续后像(物体对视觉的刺激作用停止后,该物体的映像在眼前仍然暂时存留)、视雪症(眼前出现短暂或持久的密集亮点)等^[3]。此外,在部分无先兆偏头痛患者中,若其单眼出现视觉症状,如闪光、暗点或失明等,并在视觉症状期间或开始后1h内出现头痛,则被称为“视网膜偏头痛”^[6-7]。若患者在偏头痛发作前或发作过程中出现反复发作的眼外肌麻痹,则被称为“眼肌麻痹性偏头痛”^[8]。此类患者多以动眼神经受累为主,其眼部症状如眼睑下垂、瞳孔散大及眼球运动障碍可持续数小时至10wk不等^[9-10]。

尽管偏头痛的潜在病理生理机制尚未完全明确,但越来越多的证据表明神经血管系统参与其中,且脑组织灌注不足与偏头痛的关系已被明确^[11]。偏头痛的发作涉及三叉神经血管系统的激活,该系统由三叉神经核、三叉神经节、三叉神经及其支配的脑膜血管和眼部血管网组成^[12]。三叉神经血管系统激活后,神经递质和血管活性肠肽如P物质、降钙素基因相关肽和其他神经肽释放增加。这些活性物质作用于邻近脑血管壁上,引起血管扩张,还可使血管通透性增加、血浆蛋白渗出,产生无菌性炎症,并刺激痛觉纤维传入中枢,从而导致疼痛^[13]。偏头痛通常发生于脑血管管径发生剧烈变化时^[14]。由于在偏头痛发生前或发作期间可出现短暂性脑血管痉挛,引起局部脑膜血流量减少导致脑灌注不足^[15]。在视觉先兆期或偏头痛发作期间,因血管扩张导致的局部组织血流增加或血管痉挛引起的血流减少不仅出现于颅内,也可发生于视网膜及脉络膜。尽管脑动脉和球后动脉扩张或痉挛持续时间短暂,但其导致的异常灌注仍可能导致永久性脑损伤和视网膜损伤^[16]。已有临床研究证实,偏头痛可继发视网膜动脉阻塞而使视网膜处于缺血状态,而偏头痛也是缺血性视神经病变的独立危险因素^[17]。

对于偏头痛患者而言,其大脑后部皮质(枕叶)最常受累,此区域引起的视觉症状比视网膜或脉络膜循环受损引起的视功能障碍更为常见^[18]。由于视路为视网膜神经节细胞经外侧膝状体到枕叶视皮层定向投射,当外侧膝状体及枕叶视皮层受损即能引起视网膜神经节细胞发生跨突触变性,导致患者视功能受损^[19]。

2 光学相干断层扫描及血管成像的优势

以往对于偏头痛的血流动力学研究主要聚焦于脑部,利用磁共振成像(magnetic resonance imaging, MRI)进行的研究显示,在先兆期出现视觉异常眼的对侧脑皮质枕叶或顶叶脑血流量减少,且视皮质区域的血氧水平依赖信号也发生改变^[20]。近年来的临床研究显示,偏头痛可导致患者视野受损,虽然偏头痛患者在发病期间的眼压与健康对照者之间并无显著差异^[21]。由于视野缺损程度及范围与视网膜神经纤维层(retinal nerve fiber layer, RNFL)厚度存在负相关,光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)则是一种客观、无创、快捷的眼底影像检查技术,可对视神经乳头周围RNFL、神经节细胞层(ganglion cell layer, GCL)和脉络膜厚度等进行精确测量和随访分析^[22]。近年来,光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)也在临床得到应用。OCTA通过对同一横断面进行多次OCT扫描,

以探测血管管腔中的红细胞运动信号,从而高分辨率显示视神经乳头、视网膜及脉络膜血流信息,并可获得视神经乳头、视网膜及脉络膜组织内不同层次的微血管循环图像^[23]。因此,OCT及OCTA已被用于对偏头痛等神经血管病变导致的眼部组织病理生理学异常进行分析和研究。研究显示,在多发硬化、阿尔茨海默氏病和帕金森氏病等多种神经系统性疾病患者眼内,RNFL及GCL厚度均较正常对照者减少^[24-25]。

3 视觉偏头痛患者的RNFL及GCL改变

早在OCT广泛应用于眼科临床之前,即有研究者认为偏头痛继发的脉络膜血供异常可导致视神经乳头出现局灶性缺血性损害^[26]。Ao等^[27]使用OCT对偏头痛患者的RNFL进行定量分析,发现偏头痛患者的RNFL及GCL厚度减少,即视网膜神经节细胞轴突数量较正常人减少。这些变薄的RNFL多位于视神经乳头周围的特定象限,这种在偏头痛患者眼内选择性RNFL受累的现象可能与视网膜神经节细胞轴突对局部缺血较为敏感,且偏头痛导致的眼底异常血供多发生于特定区域有关^[28]。Ekinici等^[29]使用OCT比较了视觉先兆偏头痛和无先兆偏头痛患者的RNFL厚度,结果显示先兆偏头痛患者的RNFL厚度减少最为明显,这可能与先兆偏头痛患者脑半球的后部区域通常在偏头痛发作期间灌注不良更为显著有关。由于多数患者的偏头痛总是位于同一侧,Gunes等^[30]对偏头痛与同侧RNFL的关系进行了研究,证实偏头痛一侧的RNFL较健康对照组变薄。该研究证实,偏头痛在发作期间因患侧大脑血流减少,可导致同侧RNFL出现永久性损害,且偏头痛的发作频率与RNFL厚度呈负相关。

另有研究对偏头痛患者病程与视神经乳头周围RNFL及GCL厚度的关系进行分析,发现偏头痛病程超过15a者,其RNFL及GCL厚度即出现显著下降^[31]。但也有研究认为偏头痛患者RNFL厚度减少与青光眼有关^[32]。Cursiefen等^[32]对154例青光眼进行调查研究发现,其中有28%的患者同时患有偏头痛。由于偏头痛的发生与大脑和球后动脉痉挛有关^[33]。在偏头痛发作期间,半侧大脑及同侧视网膜和视神经可因血流减少而受损。而青光眼在高眼压状态下也可表现为视神经乳头及视网膜血管痉挛、血流减少及局部组织缺血,随之导致视神经乳头及其周围视网膜神经节细胞凋亡、GCL及RNFL厚度减少^[34]。此外,RNFL厚度的变化也可能与偏头痛的严重程度相关。研究显示,患者平均RNFL厚度与偏头痛失能程度评估分值之间存在显著相关性^[35]。Yulek等^[36]使用视觉模拟评分法对偏头痛患者疼痛程度进行评估,并分析疼痛分值与患者RNFL厚度的相关性,结果显示偏头痛患者的疼痛分值与RNFL厚度无关。Feng等^[37]对关于偏头痛与RNFL厚度之间相关性的文献进行Meta分析,认为疼痛分值与RNFL厚度的相关性在不同研究中存在差异与研究使用不同的疼痛评分标准、样本量不同以及对偏头痛的诊断缺乏标准化有关。但Feng等^[37]研究显示,偏头痛患者的视神经乳头旁RNFL及GCL厚度较健康对照者减少,RNFL及GCL厚度变化可作为评价偏头痛病程及严重程度的可靠指标。

4 偏头痛患者的脉络膜厚度改变

脉络膜血流减少可导致视网膜色素上皮和光感受器

功能障碍。脉络膜厚度可因脉络膜血流减少而变薄^[38]。利用 OCT 的增强深度扫描功能可对脉络膜厚度予以定量检测。Reggio 等^[39]利用 OCT 对 77 例偏头痛患者的视网膜及脉络膜厚度进行分析,结果显示,除偏头痛患者的 RNFL、GCL 厚度均较正常人减少外,其脉络膜厚度也明显减少,且慢性偏头痛患者脉络膜厚度减少更为显著。刘柏京等^[40]对 PubMed、EMbase、Scopus、中国生物医学文献数据库等收录的有关偏头痛患者脉络膜厚度改变的相关文献进行 Meta 分析表明,偏头痛组黄斑中心凹脉络膜厚度及距中心凹鼻侧 1.0mm 处、鼻侧 2.0mm 处、颞侧 1.0mm 处、颞侧 2.0mm 处的脉络膜厚度均比正常对照组显著降低,且有先兆偏头痛和无先兆偏头痛患者各位点脉络膜厚度并无统计学差异。Ekinici 等^[29]研究也显示,偏头痛患者 RNFL 及 GCL 厚度减少,且无论有无先兆的偏头痛患者脉络膜厚度均明显减少。而 Gunes 等^[30]使用 OCT 对 47 例慢性偏头痛患者及 34 名健康对照者进行研究显示,与健康对照者相比,偏头痛患者的 GCL 厚度明显减少,但脉络膜厚度则显著增加。在不同研究中,偏头痛患者脉络膜厚度改变或为增加、或为减少,这种相互矛盾的结论可能与不同研究纳入的样本数各不相同,且与偏头痛患者的病程、是否处于偏头痛发作状态等有关。

5 视觉偏头痛患者眼底血管密度改变

由于 OCTA 可对活体视网膜、视神经乳头及脉络膜微血管循环清晰成像,且可对这些组织的血管密度及血流信息进行定量分析。Lai 等^[41]利用 OCTA 对 1 例 34 岁女性先兆性偏头痛患者的视网膜及视神经乳头血管进行检查。该患者接受检查时正处于视觉先兆期,即其右眼前有闪光感,但尚未有头痛出现。OCTA 图像显示其右眼视网膜血管弥漫性狭窄,且视神经乳头周围放射状毛细血管及黄斑中心凹深层和浅层毛细血管密度均降低。患者随后出现右侧眼痛及头痛。偏头痛发作 3h 后再次对患者进行 OCTA 检查,其右眼视神经乳头及视网膜血管形态、毛细血管密度均已恢复正常。这说明眼前闪光感的出现即脑皮质发生皮质扩散抑制后,脑血流减少一侧的视网膜血管狭窄(痉挛),导致视神经乳头、视网膜毛细血管密度下降。Dereli Can 等^[42]对 54 例儿童偏头痛患者及 47 例年龄与性别相匹配的健康志愿者的中心凹无血管区 (foveal avascular zone, FAZ) 面积、中心凹及视神经乳头周围毛细血管密度进行比较,结果显示儿童患者在偏头痛未发作时的 FAZ 面积、中心凹及视神经乳头周围毛细血管密度与正常人比较均无显著差异。Chang 等^[43]对 27 例成年偏头痛患者及 22 名健康对照者的 FAZ 面积及视神经乳头周围血管密度进行比较,结果显示偏头痛患者的 FAZ 面积扩大,且视神经乳头上区域毛细血管密度显著减低,说明偏头痛患者不仅有脑供血异常,其视网膜及视血管自身调节也受到影响。

6 小结

偏头痛是临床常见疾病,患者众多。利用 OCT 及 OCTA 对偏头痛患者的 RNFL、GCL、FAZ、视网膜及脉络膜厚度等研究表明,偏头痛在先兆期及发作过程中不仅脑部血管出现异常,眼球后血管异常也参与其中,这可能是导致视觉偏头痛发生的主要原因。视网膜和睫状动脉的短暂和反复收缩可能对偏头痛患者的视神经、视网膜和脉络

膜造成缺血性损伤。虽然有关脉络膜血管异常导致的 CT 改变在不同研究中存在矛盾之处,但偏头痛患者视神经乳头周围 RNFL、GCL 及视神经乳头周围毛细血管密度降低已在众多研究中被证实。与 MRI 等影像学检查手段相比,OCT 及 OCTA 对于偏头痛患者视网膜、脉络膜以及视神经乳头等组织的形态学和血流状态的检测更加便捷、可靠。基于 OCT 及 OCTA 对 RNFL、GCL、视神经乳头、视网膜和脉络膜组织形态和循环状态的监测,可极大提高我们对视觉偏头痛病理生理学的理解,并有助于依靠 RNFL、GCL 以及视神经乳头周围视网膜血管密度等生物学标志作为对偏头痛进行诊断和疗效随访的依据。

参考文献

- 1 陶然, 杨晓苏, 韩敏. 女性偏头痛的相关研究进展. 中华医学杂志 2019;99(15):1198-1200
- 2 宋艳玲, 胡全忠, 吴世政. 偏头痛预防性药物治疗新进展. 中华神经科杂志 2019;52(4):353-356
- 3 Charles A. The migraine aura. *Continuum (Minneapolis)* 2018;24(4, Headache):1009-1022
- 4 Blumenfeld AE, Victorio MC, Berenson FR. Complicated migraines. *Semin Pediatr Neurol* 2016;23(1):18-22
- 5 van Dongen RM, Haan J. Symptoms related to the visual system in migraine. *F1000Res* 2019;8:F1000FacultyRev-1219
- 6 Istrate BM, Vilciu C, Răgan C. Retinal migraine. *Rom J Ophthalmol* 2020;64(2):96-99
- 7 Al Khalili Y, Jain S, King KC. Retinal Migraine Headache. *Treasure Island (FL): StatPearls Publishing* 2021
- 8 Bek S, Genc G, Demirkaya S, et al. Ophthalmoplegic migraine. *Neurologist* 2009;15(3):147-149
- 9 Huang C, Amasanti M, Lovell B, et al. Recurrent painful ophthalmoplegic neuropathy. *Pract Neurol* 2017;17(4):318-320
- 10 Ambrosetto P, Nicolini F, Zoli M, et al. Ophthalmoplegic migraine: from questions to answers. *Cephalalgia* 2014;34(11):914-919
- 11 Mawet J, Kurth T, Ayata C. Migraine and stroke: in search of shared mechanisms. *Cephalalgia* 2015;35(2):165-181
- 12 Ashina M, Hansen JM, Do TP, et al. Migraine and the trigeminovascular system-40 years and counting. *Lancet Neurol* 2019;18(8):795-804
- 13 Goadsby PJ, Holland PR. An Update: Pathophysiology of Migraine. *Neurol Clin* 2019; 37(4): 651-671
- 14 Bonavita V, de Simone R, Ranieri A. Pain cognition in migraine: from basic neurophysiology to a behavioral paradigm. *Neurol Sci* 2018;39(Suppl 1):3-9
- 15 Vollesen AL, Benemei S, Cortese F, et al. Migraine and cluster headache - the common link. *J Headache Pain* 2018;19(1):89
- 16 Agostoni E, Rigamonti A. Migraine and small vessel diseases. *Neurol Sci* 2012;33(Suppl 1):S51-S54
- 17 Yap TE, Balendra SI, Almonte MT, et al. Retinal correlates of neurological disorders. *Ther Adv Chronic Dis* 2019; 10:2040622319882205
- 18 Dehghan A, Saatchian E, Sobhani M, et al. Neurochemical metabolite alterations of the occipital lobe in migraine without aura by proton magnetic resonance spectroscopy. *Neuroradiol J* 2020; 33(5): 410-415
- 19 毛俊峰, 魏世辉. 逆行跨突触变性视神经病变的研究现状. 国际眼科纵览 2016;40(6):405-408
- 20 Close LN, Eftekhari S, Wang MY, et al. Cortical spreading depression as a site of origin for migraine: role of CGRP. *Cephalalgia* 2019;39(3):428-434

- 21 McKendrick AM, Vingrys AJ, Badcock DR, *et al.* Visual field losses in subjects with migraine headaches. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2000;41(5):1239-1247
- 22 Wong D, Chua J, Lin E, *et al.* Focal structure-function relationships in primary open-angle glaucoma using OCT and OCT-A measurements. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020;61(14):33
- 23 鲍静, 周琼. 早期阿尔茨海默病患者黄斑区视网膜血管密度及厚度变化——基于OCTA的测量. *眼科新进展* 2020;40(6):547-550
- 24 Albrahim T. The potential role of nutritional components in improving brain function among patients with Alzheimers disease: a meta-analysis of RCT studies. *Neurosciences (Riyadh)* 2020;25(1):4-17
- 25 Monteiro MLR, Fernandes DB, Apóstolos - Pereira SL, *et al.* Quantification of retinal neural loss in patients with neuromyelitis optica and multiple sclerosis with or without optic neuritis using Fourier-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2012;53(7):3959-3966
- 26 Flammer J, Pache M, Resink T. Vasospasm, its role in the pathogenesis of diseases with particular reference to the eye. *Prog Retin Eye Res* 2001;20(3):319-349
- 27 Ao R, Wang RF, Yang M, *et al.* Altered retinal nerve fiber layer thickness and choroid thickness in patients with migraine. *Eur Neurol* 2018;80(3-4):130-137
- 28 Michael NDB, Hussein A, Abd Halim S, *et al.* Evaluation of optic nerve head parameters, retinal nerve fiber layer thickness, and ocular perfusion pressure in migraine patients. *Cureus* 2019;11(5):e4599
- 29 Ekinci M, Ceylan E, Cağatay HH, *et al.* Retinal nerve fibre layer, ganglion cell layer and choroid thinning in migraine with aura. *BMC Ophthalmol* 2014;14:75
- 30 Gunes A, Demirci S, Tok L, *et al.* Is retinal nerve fiber layer thickness change related to headache lateralization in migraine? *Korean J Ophthalmol* 2016;30:134-139
- 31 Tunç A, Güngen BD, Evliyaoglu F, *et al.* Evaluation of retinal nerve fiber layer, ganglion cell layer and macular changes in patients with migraine. *Acta Neurol Belg* 2017;117(1):121-129
- 32 Cursiefen C, Wisse M, Cursiefen S, *et al.* Migraine and tension headache in high - pressure and normal - pressure glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2000;129(1):102-104
- 33 Lin XG, Yi ZQ, Zhang XL, *et al.* Retinal nerve fiber layer changes in migraine: a protocol for systematic review and meta-analysis. *Medicine (Baltimore)* 2020;99(33):e21680
- 34 Sirakaya E, Kucuk B, Agadayi A, *et al.* Evaluation of the *Lamina cribrosa* thickness and depth in patients with migraine. *Int Ophthalmol* 2020;40(1):89-98
- 35 Bulboacă AE, Stănescu IC, Bolboacă SD, *et al.* Retinal nerve fiber layer thickness and oxidative stress parameters in migraine patients without aura: a pilot study. *Antioxidants (Basel)* 2020;9(6):E494
- 36 Yülek F, Dirik EB, Eren Y, *et al.* Macula and retinal nerve fiber layer in migraine patients: analysis by spectral domain optic coherence tomography. *Semin Ophthalmol* 2015;30(2):124-128
- 37 Feng YF, Guo H, Huang JH, *et al.* Retinal nerve fiber layer thickness changes in migraine: a meta-analysis of case-control studies. *Curr Eye Res* 2016;41(6):814-822
- 38 Lee SW, Yu SY, Seo KH, *et al.* Diurnal variation in choroidal thickness in relation to sex, axial length, and baseline choroidal thickness in healthy Korean subjects. *Retina* 2014;34(2):385-393
- 39 Reggio E, Chisari CG, Ferrigno G, *et al.* Migraine causes retinal and choroidal structural changes: evaluation with ocular coherence tomography. *J Neurol* 2017;264(3):494-502
- 40 刘柏京, 王伟, 曾小华. 偏头痛患者脉络膜厚度改变的系统评价. *中华解剖与临床杂志* 2020;25(5):520-526
- 41 Lai J, Dilli E. Migraine aura: updates in pathophysiology and management. *Curr Neurol Neurosci Rep* 2020;20(6):17
- 42 Dereli Can G, Can ME, Ekici A. Evaluation of retinal microvasculature and foveal avascular zone by the optical coherence tomography angiography in pediatric migraine patients. *Acta Neurol Belg* 2021;121(6):1449-1455
- 43 Chang MY, Phasukkijwatana N, Garrity S, *et al.* Foveal and peripapillary vascular decrement in migraine with aura demonstrated by optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017;58(12):5477-5484