

近视人群黄斑微血管改变及白内障手术对其微血管的影响

梁雪梅, 李莉

引用: 梁雪梅, 李莉. 近视人群黄斑微血管改变及白内障手术对其微血管的影响. 国际眼科杂志 2022;22(11):1832-1835

作者单位: (530012) 中国广西壮族自治区南宁市, 南宁爱尔眼科医院

作者简介: 梁雪梅, 毕业于中山大学, 硕士, 副主任医师, 研究方向: 眼底病。

通讯作者: 李莉, 毕业于广西医科大学, 硕士, 博士研究生导师, 主任医师, 院长, 研究方向: 白内障、眼底病. lxmyanke@163.com

收稿日期: 2022-02-16 修回日期: 2022-09-26

摘要

高度近视眼底改变可能和视网膜及脉络膜的微血管改变有关。光学相干断层扫描血管成像(OCTA)作为新兴的无创检查技术,能对视网膜组织形态和血管系统进行体内成像。并通过OCTA的自动分层及量化技术,对视网膜及脉络膜血流进行量化,为及早发现近视眼底病变及监测手术对近视眼底病变的发生发展提供极大帮助。本文总结了近视人群视网膜结构和血流的OCTA改变,以及白内障手术对近视人群黄斑结构和血流的影响。使眼科医生能够更全面深入地了解近视视网膜微血管的特点,为高度近视白内障手术后可能发生的血流改变进行预判和监测。

关键词: 近视; 光学相干断层扫描血管成像; 黄斑微血管; 白内障手术

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2022.11.14

Changes of macular microvasculature and the influence of cataract surgery on microvasculature in patients with myopia

Xue-Mei Liang, Li Li

Nanning Aier Eye Hospital, Nanning 530012, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China

Correspondence to: Li Li. Nanning Aier Eye Hospital, Nanning 530012, Guangxi Zhuang Autonomous Region, China. lxmyanke@163.com

Received: 2022-02-16 Accepted: 2022-09-26

Abstract

• The fundus changes in high myopia are highly associated with retinal and choroidal microvasculature alterations. As an emerging non-invasive screening technology, optical coherence tomography angiography (OCTA) can measure the retinal tissue morphology as well as vessel network *in vivo*. The retinal and choroidal

blood flow are quantified by automatic stratification and quantification technology of OCTA, which have provided great benefits for early detection of the lesions in fundus structures of a myopic eye and monitoring the occurrence and progression of myopic fundus diseases. In this review, the OCTA changes in retinal structure and blood flow are outlined, and the influences on the macular microstructure and blood flow after cataract surgery in patients with myopia are summarized. Comprehensive and in-depth understanding of macular microvasculature in myopic eyes can assist ophthalmologists to predict and monitor the underlying microvascular changes of myopia after cataract surgery.

• **KEYWORDS:** myopia; optical coherence tomography angiography; macular microvasculature; cataract surgery

Citation: Liang XM, Li L. Changes of macular microvasculature and the influence of cataract surgery on microvasculature in patients with myopia. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022; 22(11): 1832-1835

0 引言

近视是始于儿童或青少年时期的最常见眼部疾病之一,在东南亚地区,80%~90%的近视发生在青少年^[1]。中国和日本是近视的高发区,2019年国家卫健委公布的数据显示,我国近视的总体患病率是53.6%,其中高中生的近视患病率达81%^[2]。近视防控已经上升为我国的一项基本国策。从全球范围来看,预计到2050年,全球近视及高度近视患病率将增加至49.8%和9.8%^[3]。高度近视定义为等效球镜 $\leq -6.0D$ 或轴向长度 $\geq 26mm$,与眼轴的异常增长有关^[4]。病理性近视则是在高度近视的基础上,伴有巩膜、脉络膜、视网膜及视网膜血管改变等多种眼底特征性病变^[5]。在临床工作中,不少设备可以得到视网膜结构和血流图像,眼科常用的包括荧光素血管造影,吲哚青绿血管造影和光学相干断层扫描血管成像(optical coherence tomography angiography, OCTA)。OCTA作为一项无创、快捷的新影像学技术,已广泛应用于眼底疾病、青光眼和神经眼科疾病领域^[6]。它是在OCT原理的基础上通过对视网膜同一位置进行连续的扫描,探测视网膜血管中流动的红细胞轨迹,同时对视网膜的组织形态和血管系统进行体内成像^[7]。通过OCTA的自动分层及量化技术,对黄斑区和视盘周围视网膜浅层、深层、脉络膜毛细血管层血流密度,以及黄斑中心凹无血管区(foveal avascular zone, FAZ)面积进行量化,通过病灶及其周围微血管的异常形态及相关参数的变化,从而评估疾病的发展和转归,在一些视网膜脉络膜疾病的早期诊断和治疗检查中具有重要临床意义。近视人群眼底微血管改变是目前研究的

热点。本文总结了 OCTA 在近视视网膜微血管中的应用,以及白内障手术对近视人群视网膜结构和微血管的影响。以期眼科医生在对近视人群进行手术前,对可能的血流改变进行预判和评估,也为术后可能发生的与血流改变相关的并发症进行预判和监测。

1 OCTA 对视网膜及脉络膜血流的量化功能

市面上常见的 OCTA 主要来源于 Zeiss、Optovue、Heldelberg、视微等公司。目前德国 Zeiss 公司的 HD-OCT AngioPlex 和美国 Optovue 公司的 AngioPlex 机器自带定量分析仪器。其他公司的定量分析需要通过第三方软件如斐济图像处理软件等实现。关于测量位置主要是黄斑区视网膜,脉络膜毛细血管层和视盘周围。

1.1 黄斑区视网膜血流密度 黄斑区常用测量范围有 3mm×3mm 和 6mm×6mm,其中,3mm×3mm 测量范围包括直径 1mm 的中心凹和 3mm 的旁中心凹区域,此范围包含了 FAZ,是富含视锥细胞且视觉最敏锐的部位。6mm×6mm 测量范围是直径 6mm 区域的上方、下方、颞侧、鼻侧 4 个方向血流密度。FAZ 面积和视网膜毛细血管血流密度与视功能密切相关,是视网膜疾病活动的良好预测指标^[8]。文献报道正常眼 FAZ 平均面积是 0.16~0.58mm²,与性别、年龄、人种、测量的层次等多种因素有关^[8-11]。血流密度是指选定区域内血流信号的面积所占整体区域面积的百分比,分为视网膜浅层毛细血管血流密度、深层毛细血管血流密度,反映视网膜灌注与循环的状态。正常血流密度在 50%~60% 相对稳定,一些损害到视网膜循环的疾病在早期即可出现血流密度的下降。健康眼血流密度受年龄、人种、眼轴长度、测量的层次等因素影响^[10-11],且和视网膜内层厚度相关^[12]。有文献研究发现高度近视 FAZ 面积增大,黄斑区血流密度和视盘周围血流密度与眼轴呈负相关,与最佳矫正视力呈正相关,这可能反映高度近视黄斑区血流灌注不足^[13-14]。Ye 等^[15]研究发现病理性近视视网膜深层毛细血管丛减少,肌样体带和椭圆体带变薄,这很好地解析了病理性近视最佳矫正视力无法提高的原因。近视患者视网膜血流密度降低,特别是深层血流密度,这可能还和眼轴延长后,视网膜血管管径变小,密度稀疏有关,血液循环减少,影响了视网膜的营养供应^[13]。FAZ 面积、浅层血流密度、深层血流密度是临床上最常用的量化指标。

1.2 脉络膜毛细血管层血流密度 脉络膜主要由血管组成,眼球血液总量的 90% 在脉络膜,其中 70% 在脉络膜毛细血管层。由于 OCTA 信号的衰减和红细胞的散射,目前市面上的 OCTA 主要是对毛细血管层进行检查。不同公司 OCTA 对脉络膜毛细血管层的分层略有不同,大致是 Bruch 膜上 10μm 至 Bruch 膜下 30μm 范围的一层致密网状毛细血管,是视细胞和视网膜色素上皮细胞的血供来源^[16]。在 OCTA 的 en-face 图像中,脉络膜毛细血管由亮信号和暗信号组成,亮信号代表有血流,暗信号代表留空,对应于解剖位置上血管之间的空隙。故血流密度为亮信号所占面积与整体研究区域面积的百分比。同样,这一比值受性别、年龄、人种、饮食习惯等影响^[17-18]。与正视眼相比,近视眼脉络膜厚度明显变薄,尤其是高度近视,随着眼轴延长,脉络膜血管被相应拉长,视网膜光感受器和脉络膜毛细血管稀疏,氧气和营养物质供应减少,视锥、视杆细胞营养障碍,引起高度近视视功能障碍^[19-20]。OCTA 表现为脉络膜血管密度降低,这些变化与近视眼轴长度显著

相关,提示近视者脉络膜血流灌注受到干扰^[21-22]。通过 OCTA 早期监测局部脉络膜血流参数,可能及早发现和预防近视性视网膜病变,脉络膜血液灌注改变或许可以作为近视的“快速预测指标”^[21]。相反,Scherm 等^[23]认为近视眼平均流量信号与正视眼相比无显著性差异,随着近视眼轴的增加,脉络膜毛膜毛细血管血流依然保持一个恒定的水平。但 Scherm 等^[23]研究参与者屈光度为 -1~-6D,眼轴亦是小于 26mm,也就是低、中度近视,这时人眼通过血流的自我调节机制,可以维持在正常范围也未尝不可。

1.3 视盘及其周围区血流密度 视盘是视神经起始部,视网膜神经节细胞在此处汇聚,其周边血管呈放射状分布,表层由视网膜中央动脉供血。视盘及其周围血流密度与视神经纤维层 (retinal nerve fibre layer, RNFL) 厚度有关^[12,24]。视盘及其周围血流密度量化主要用于青光眼及视神经疾病。以往文献对近视眼血流的相关研究主要集中在黄斑区及脉络膜的血流改变,而关于近视眼视盘的血流研究较少。Wang 等^[25]对健康的近视者进行视盘周围血流灌注研究发现高度近视视盘周围血流密度与眼轴呈负相关,与 RNFL 厚度呈正相关。这可能导致近视对血管疾病的易感性增加。Sung 等^[26]使用 OCTA 测量视乳头周围浅层和深层毛细血管血流密度,发现随着眼轴延长,视乳头周围浅层及深层血流密度均显著减少。高度近视者视盘周围的血流密度降低是否是其易患视神经病变、青光眼等的原因之一呢? Jonas 等^[27]的研究证实了这一点,高度近视随着眼轴增加,视盘旁 delta 区扩大和视盘增大,发生视神经病变的概率增加。同时,临床经验告诉我们,近视和开角型青光眼相关,远视和闭角型青光眼相关。大量基于人口的流行病学研究也提出,近视是青光眼发生的相关因素之一^[28]。

2 白内障手术对近视视网膜结构和血流的影响

白内障超声乳化摘除术是最常见的内眼手术,据统计,整个手术过程 9~12.5min,眼压超过 60mmHg 的时间占到了 48%~85%^[29]。术中超声乳化和皮质抽吸两个时间点,随着眼压升高,搏动性眼血流持续下降,提示白内障手术中持续高眼压可能造成眼内血流量减少^[30]。短暂急剧的眼压升高致视网膜血管管径变窄,塌陷^[31],视乳头血供失代偿,急性视野缺损^[32]。同时,研究表明接受过白内障手术的患者发生视神经缺血的风险更高^[33-34]。黄斑微血管的正常结构对视功能至关重要,病理性近视患者最佳矫正视力与黄斑区血流密度呈正相关^[35]。眼科医生在白内障手术中,要重视眼压的变化,寻求对高度近视结构及血流损害更小的手术方式。高度近视合并白内障患者往往以核性白内障为主,超声能量大,手术时间长,前房不稳定,眼压过高或过低,对视网膜的扰动或牵拉,视网膜光损伤,血-视网膜屏障破坏等都可能影响视网膜微血管^[36]。高度近视本身视网膜结构和微血管就可能存在异常,那么超声乳化白内障摘除术是否会导致或加重近视患者黄斑区结构或血流灌注改变呢? Ashraf 等^[37]观察高度近视白内障手术后 6mo 内黄斑结构的变化,高度近视患者接受白内障手术对术前存在的黄斑异常的发生率或特征没有显著影响,手术后 2mo 黄斑水肿发生率约为 9%。高于 Kusbeci 等^[38]报道的无近视者白内障手术后 3mo 黄斑水肿 5.5% 的发生率。高度近视术后容易发生黄斑水肿,与脉络膜变薄、黄斑区血流减少,对术中眼压波动造成的创伤更敏感有关^[39]。吴松一等^[40]使用 OCTA 观察超声乳化

白内障吸除术后不同眼轴患者黄斑血流密度的变化,结果表明正常眼及低、中度近视眼手术前后黄斑中心凹厚度、黄斑区中心凹及旁中心凹血流灌注密度均无明显改变,而高度近视(眼轴>26mm)白内障患者手术后黄斑中心凹厚度明显增加,黄斑区血流密度明显下降。这些术后改变促使眼科医生更加重视对高度近视白内障患者术前的谈话沟通,优化术中超声乳化手术参数,减少对黄斑结构的影响。Li等^[41]用OCTA评估对比低度近视和高度近视接受超声乳化白内障摘除手术前后黄斑区血流密度的变化,高度近视术后浅层血流密度明显低于低度近视,且高度近视组浅层及深层血流密度在术后3mo突然显著下降,此外,高度近视患者术后血管密度和视网膜厚度波动较非高度近视患者明显,这可能表明高度近视患者的视网膜结构和血管功能比非高度近视眼患者更差,黄斑功能更容易受到手术的影响。

近视性脉络膜新生血管(choroidal neovascularization, CNV)是危害视力的严重并发症,5.2%~11.3%的病理性近视患者会发生近视性CNV^[42]。高度近视白内障手术后4a内近视性CNV的发生率达12.5%^[43]。这提示手术可能引起脉络膜血流动力学的改变,使原有血管渗漏或出血,并诱发CNV的产生^[44];手术伴有眼内巨噬细胞的侵袭,已知巨噬细胞具有血管生成特性,可能诱导新生血管形成^[45]。

过去10a,飞秒激光辅助的白内障手术在临床使用越来越广泛,特别对于高度近视人群,激光撕囊的圆度和集中度更好,并减少超声能量,手术效果更佳^[46]。但是术中用于固定眼球的真空吸引环,在真空抽吸过程中引起眼压短暂升高(高达40mmHg)^[47],可能会引起眼血流的变化。急剧的眼压升高可能会诱导缺血-再灌注损伤,进而导致视网膜神经节细胞的凋亡以及视神经和视网膜的损伤^[48]。既往研究表明,高度近视接受飞秒激光辅助白内障手术对近视患者是安全的,仅出现黄斑鼻侧外层视网膜水肿^[47]。关于飞秒激光辅助的白内障手术对高度近视血流的影响,目前暂无相关研究文献。Zhang等^[49]使用OCTA观察同样使用飞秒激光负压吸引的角膜屈光手术前后黄斑及视乳头的微血管变化,仅黄斑深层血流密度在术后第1d明显降低,术后1mo恢复正常,而黄斑浅层及视乳头血流密度无明显改变。因此,是否高度近视飞秒激光辅助白内障手术后视网膜微血管的改变也是暂时的,一过性的,目前还不得而知。但白内障毕竟属于内眼手术,对视网膜的影响是否比角膜屈光手术损害更大,如此对比结论似乎存在偏倚,不能完全说明问题。期待关于高度近视飞秒白内障术后微血管的相关研究。

3 小结

近视是引起非矫正视力障碍最常见原因。高度近视眼底并发症严重影响视力,威胁人类眼健康。高度近视的病理变化可能与视网膜和脉络膜的结构及微血管改变有关。高度近视白内障术后视网膜浅层及深层血流密度明显降低,CNV及黄斑水肿发病率增高,表明高度近视人群黄斑功能更容易受到手术的影响。本文对近视相关视网膜微血管OCTA改变及白内障手术对微血管的影响进行总结,为及早发现近视微血管异常,监测白内障手术对近视微血管的影响提供思路。

参考文献

1 Resnikoff S, Jonas JB, Friedman D, et al. Myopia - A 21st century

public health issue. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2019;60(3):Mi-Mii
2 慕璟玉,王雁,杨依宁,等.近视的流行病学、病因学与发病机制研究现状. *眼科新进展* 2021;41(11):1089-1096
3 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
4 Morgan IG, Ohno - Matsui K, Saw SM. Myopia. *Lancet* 2012;379(9827):1739-1748
5 Wong TY, Ferreira A, Hughes R, et al. Epidemiology and disease burden of pathologic myopia and myopic choroidal neovascularization: an evidence-based systematic review. *Am J Ophthalmol* 2014;157(1):9-25.e12
6 王敏.对光相干断层扫描血管成像的再认识. *中华眼底病杂志* 2019;35(1):1-2
7 White B, Pierce M, Nassif N, et al. In vivo dynamic human retinal blood flow imaging using ultra - high - speed spectral domain optical coherence tomography. *Opt Express* 2003;11(25):3490-3497
8 Falavarjani KG, Shenazandi H, Naseri D, et al. Foveal avascular zone and vessel density in healthy subjects: an optical coherence tomography angiography study. *J Ophthalmic Vis Res* 2018;13(3):260-265
9 Gómez-Ulla F, Cutrin P, Santos P, et al. Age and gender influence on foveal avascular zone in healthy eyes. *Exp Eye Res* 2019;189:107856
10 Coscas F, Sellam A, Glacet - Bernard A, et al. Normative data for vascular density in superficial and deep capillary plexuses of healthy adults assessed by optical coherence tomography angiography. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(9):OCT211-OCT223
11 Wylegała A, Wang LF, Zhang SJ, et al. Comparison of foveal avascular zone and retinal vascular density in healthy Chinese and Caucasian adults. *Acta Ophthalmol* 2020;98(4):e464-e469
12 Yu J, Gu RP, Zong Y, et al. Relationship between retinal perfusion and retinal thickness in healthy subjects: an optical coherence tomography angiography study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016;57(9):OCT204-OCT210
13 He JN, Chen QY, Yin Y, et al. Association between retinal microvasculature and optic disc alterations in high myopia. *Eye (Lond)* 2019;33(9):1494-1503
14 Khan MH, Lam AKC, Armitage JA, et al. Impact of axial eye size on retinal microvasculature density in the macular region. *J Clin Med* 2020;9(8):E2539
15 Ye J, Wang MY, Shen MX, et al. Deep retinal capillary plexus decreasing correlated with the outer retinal layer alteration and visual acuity impairment in pathological myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2020;61(4):45
16 Hagag AM, Gao SS, Jia YL, et al. Optical coherence tomography angiography: technical principles and clinical applications in ophthalmology. *Taiwan J Ophthalmol* 2017;7(3):115-129
17 Chun LY, Silas MR, Dimitroyannis RC, et al. Differences in macular capillary parameters between healthy black and white subjects with Optical Coherence Tomography Angiography (OCTA). *PLoS One* 2019;14(10):e0223142
18 Karti O, Zengin MO, Kerci SG, et al. Acute effect of caffeine on macular microcirculation in healthy subjects: an optical coherence tomography angiography study. *Retina* 2019;39(5):964-971
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 Su L, Ji YS, Tong NT, et al. Quantitative assessment of the retinal microvasculature and choriocapillaris in myopic patients using swept -

source optical coherence tomography angiography. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2020;258(6):1173-1180

21 Zhou XT, Ye C, Wang XY, et al. Choroidal blood perfusion as a potential "rapid predictive index" for myopia development and progression. *Eye Vis (Lond)* 2021;8(1):1

22 Wu H, Zhang GY, Shen MX, et al. Assessment of choroidal vascularity and choriocapillaris blood perfusion in anisomyopic adults by SS-OCT/OCTA. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2021;62(1):8

23 Scherm P, Pettenkofer M, Maier M, et al. Choriocapillary blood flow in myopic subjects measured with OCT angiography. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging Retina* 2019;50(5):e133-e139

24 Yun YI, Kim YW, Lim HB, et al. Peripapillary vessel parameters and Mean ocular perfusion pressure in young healthy eyes: OCT angiography study. *Br J Ophthalmol* 2021;105(6):862-868

25 Wang XL, Kong XM, Jiang CH, et al. Is the peripapillary retinal perfusion related to myopia in healthy eyes? A prospective comparative study. *BMJ Open* 2016;6(3):e010791

26 Sung MS, Lee TH, Heo H, et al. Clinical features of superficial and deep peripapillary microvascular density in healthy myopic eyes. *PLoS One* 2017;12(10):e0187160

27 Jonas JB, Weber P, Nagaoka N, et al. Glaucoma in high myopia and parapapillary delta zone. *PLoS One* 2017;12(4):e0175120

28 Shen L, Melles RB, Metlapally R, et al. The association of refractive error with Glaucoma in a multiethnic population. *Ophthalmology* 2016;123(1):92-101

29 Khng C, Packer M, Fine IH, et al. Intraocular pressure during phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2006;32(2):301-308

30 王振茂, 张铭志. 白内障超声乳化吸除术中高灌注压下眼内血流的变化. *眼科* 2013;22(2):82-85

31 Zhao YY, Chang PJ, Yu F, et al. Retinal vessel diameter changes induced by transient high perfusion pressure. *Int J Ophthalmol* 2014;7(4):602-607

32 Pillunat LE, Anderson DR, Knighton RW, et al. Autoregulation of human optic nerve head circulation in response to increased intraocular pressure. *Exp Eye Res* 1997;64(5):737-744

33 Yang HK, Park SJ, Byun SJ, et al. Risk of nonarteritic anterior ischemic optic neuropathy after cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 2019;207:343-350

34 Lam BL, Jabaly-Habib H, Al-Sheikh N, et al. Risk of non-arteritic anterior ischaemic optic neuropathy (NAION) after cataract extraction in the fellow eye of patients with prior unilateral NAION. *Br J Ophthalmol* 2007;91(5):585-587

35 Mo J, Duan AL, Chan S, et al. Vascular flow density in pathological

myopia; an optical coherence tomography angiography study. *BMJ Open* 2017;7(2):e013571

36 苏舒, 吴丝, 吴坚, 等. 白内障患者术中实时眼底检查的可行性及其临床意义. *中华实验眼科杂志* 2020;38(4):331-335

37 Ashraf H, Koohestani S, Nowroozadeh MH. Early macular changes after phacoemulsification in eyes with high myopia. *J Ophthalmic Vis Res* 2018;13(3):249-252

38 Kusbeci T, Eryigit L, Yavas G, et al. Evaluation of cystoid macular edema using optical coherence tomography and fundus fluorescein angiography after uncomplicated phacoemulsification surgery. *Curr Eye Res* 2012;37(4):327-333

39 管怀进. 重视白内障超声乳化手术对眼内组织的影响. *中华实验眼科杂志* 2021;39(4):273-279

40 吴松一, 李贵洲, 蔡泽煌, 等. 超声乳化白内障摘除术后不同眼轴患者黄斑血流灌注密度的变化. *局解手术学杂志* 2019;28(12):1000-1003

41 Li TT, Guadie A, Feng L, et al. Influence of cataract surgery on macular vascular density in patients with myopia using optical coherence tomography angiography. *Exp Ther Med* 2020;20(6):258

42 Chan NSW, Teo K, Cheung CMG. Epidemiology and diagnosis of myopic choroidal neovascularization in Asia. *Eye Contact Lens* 2016;42(1):48-55

43 Hayashi K, Ohno - Matsui K, Futagami S, et al. Choroidal neovascularization in highly myopic eyes after cataract surgery. *Jpn J Ophthalmol* 2006;50(4):345-348

44 Blair CJ, Ferguson J Jr. Exacerbation of senile macular degeneration following cataract extraction. *Am J Ophthalmol* 1979;87(1):77-83

45 Tsutsumi C, Sonoda KH, Egashira K, et al. The critical role of ocular-infiltrating macrophages in the development of choroidal neovascularization. *J Leukoc Biol* 2003;74(1):25-32

46 Alió JL, Abdou AA, Puente AA, et al. Femtosecond laser cataract surgery: updates on technologies and outcomes. *J Refract Surg* 2014;30(6):420-427

47 Vetter JM, Holzer MP, Teping C, et al. Intraocular pressure during corneal flap preparation: comparison among four femtosecond lasers in porcine eyes. *J Refract Surg* 2011;27(6):427-433

48 Cho KJ, Kim JH, Park HY, et al. Glial cell response and iNOS expression in the optic nerve head and retina of the rat following acute high IOP ischemia-reperfusion. *Brain Res* 2011;1403:67-77

49 Zhang Y, Lan JQ, Cao D, et al. Microvascular changes in macula and optic nerve head after femtosecond laser - assisted LASIK: an optical coherence tomography angiography study. *BMC Ophthalmol* 2020;20(1):107