

DOI:10.12025/j.issn.1008-6358.2019.20181176

病理性近视脉络膜厚度与后巩膜葡萄肿的关联分析

周彦萍¹, 宋珉璐², 袁源智^{1*}, 汪枫桦^{2*}

1. 复旦大学附属中山医院眼科, 上海 200032

2. 上海交通大学附属第一人民医院眼科, 上海 200080

[摘要] **目的:**探讨病理性近视中心凹下脉络膜厚度与后巩膜葡萄肿间的相关性。**方法:**回顾性连续收集病理性近视患者129例,共258眼。根据B超及眼底检查,将患者分为后巩膜葡萄肿组(52例,80眼)和无后巩膜葡萄肿组(77例,154眼)。采用光学相干断层扫描仪增强深度扫描模式(optical coherence tomography with enhanced depth imaging, EDI-OCT)测量中心凹下脉络膜厚度(CSFCT)。分析各组研究对象的眼部生物学特征与后巩膜葡萄肿之间的关系。**结果:**与无后巩膜葡萄肿患者相比,后巩膜葡萄肿患者年龄较大、眼轴较长、近视较深及CSFCT较薄($P < 0.05$)。年龄、性别1:1配对的病例对照亚组分析提示,后巩膜葡萄肿患眼眼轴长、CSFCT薄($P < 0.001$)。多因素logistics回归分析发现,矫正年龄、眼轴和CSFCT后,年龄增加 $[\Delta = 5$ 岁,OR (95%CI) = 1.319 (1.120~1.554); $P = 0.001$]、眼轴变长 $[\Delta = 1$ mm, OR (95%CI) = 1.898 (1.418~2.541); $P < 0.001$]是后巩膜葡萄肿发生的危险因素;而CSFCT增加 $[\Delta = 50 \mu\text{m}$, OR (95%CI) = 0.314 (0.174~0.567); $P < 0.001$]是后巩膜葡萄肿发生的保护因素。其中,CSFCT下降诊断后巩膜葡萄肿的曲线下面积(area under the curve, AUC)最高,为0.866(95%CI 0.821~0.911, $P < 0.001$); Youden指数最大化时,其诊断后巩膜葡萄肿的灵敏度为90.0%、特异度为68.8%,阳性似然比为2.718。**结论:**病理性近视伴发后巩膜葡萄肿患者具有眼轴长、脉络膜薄等特点;CSFCT下降诊断后巩膜葡萄肿的价值较高,但不能作为诊断后巩膜葡萄肿的特异性指标。

[关键词] 病理性近视;后巩膜葡萄肿;脉络膜厚度**[中图分类号]** R 778.1⁺1**[文献标志码]** A

Correlation analysis between posterior staphyloma and choroidal thickness in pathologic myopic eyes

ZHOU Yan-ping¹, SONG Min-lu², YUAN Yuan-zhi^{1*}, WANG Feng-hua^{2*}

1. Department of Ophthalmology, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China

2. Department of Ophthalmology, Shanghai General Hospital, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200080, China

[Abstract] **Objective:** To investigate the relationship between posterior staphyloma and choroidal thickness in pathologic myopic eyes. **Methods:** A total of 129 consecutive patients with pathologic myopia (258 eyes) were retrospectively selected. Patients were classified as posterior staphyloma (80 eyes of 52 patients) and non-posterior staphyloma (154 eyes of 77 patients), according to ultrasonography and fundus examination. Central subfoveal choroidal thickness (CSFCT) was measured by optical coherence tomography using enhanced depth imaging (EDI-OCT). The relationship between ocular biometric characteristics and posterior staphyloma was further analyzed. **Results:** Compared with patients without posterior staphyloma, patients with posterior staphyloma were older, had longer axial length, deeper myopia and thinner CSFCT. Moreover, 1:1 age- and gender-matched case-control subgroup analysis showed that patients had longer axial length and thinner CSFCT ($P < 0.001$). After adjusting age, axial length, and CSFCT, the risk of posterior staphyloma increased when age ($\Delta = 5$ years old, OR [95%CI] = 1.319 [1.120, 1.554], $P = 0.001$) or axial length increased ($\Delta = 1$ mm, OR [95%CI] = 1.898 [1.418, 2.541], $P < 0.001$); while the risk of posterior staphyloma decreased when CSFCT increased ($\Delta = 50 \mu\text{m}$, OR [95%CI] = 0.314 [0.174, 0.567], $P < 0.001$). Among these indexes, the area under the curve (AUC) of CSFCT was the highest (AUC = 0.866, 95%CI 0.821-0.911, $P < 0.001$). The positive likelihood ratio of CSCF diagnosed posterior staphyloma was 2.718 with 90.0% of sensitivity and 68.8% of specificity, when Youden's index was the highest (sensitivity, 90.0%;

[收稿日期] 2018-10-24**[接受日期]** 2019-04-12**[基金项目]** 上海市科学技术委员会(引导)项目基金(16411952900), Supported by Innovation Plan of Shanghai Science and Technology Committee (16411952900).**[作者简介]** 周彦萍, 博士, 住院医师. E-mail: zhou.yanping@zs-hospital.sh.cn

* 通信作者(Corresponding authors). Tel: 021-64041990-2684, E-mail: yuan.yuanzhi@zs-hospital.sh.cn; Tel: 021-63240090, E-mail: shretina@sjtu.edu.cn

specificity, 68.8%). **Conclusions:** Comparing to pathologic myopic eyes without posterior staphyloma, posterior staphyloma eyes have longer axial length and thinner CSFCT. The decline of CSFCT is of high value in the diagnosis of posterior scleral staphyloma, but it cannot be used as a specific indicator.

[Key Words] pathologic myopia; posterior staphyloma; choroidal thickness

病理性近视后巩膜葡萄肿是指眼球壁局部曲率小于周边眼球的局限性向外膨出^[1]。后巩膜葡萄肿常伴发严重视网膜脉络膜萎缩的眼底病变,严重损伤视功能^[2]。有研究^[3-4]认为,后巩膜葡萄肿是导致脉络膜变薄的关键因素。脉络膜循环为外层视网膜提供氧分和营养物质^[5],脉络膜受损可能是影响视功能的主要原因。近年来,随着光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)设备的发展,增强深度扫描技术(enhanced depth imaging, EDI)^[6]使得脉络膜量化得以实现。脉络膜萎缩受年龄、眼轴、性别等多种因素的影响。脉络膜厚度下降是诊断近视早期眼底萎缩(豹纹状眼底)的特异性指标之一^[7],但目前尚不确定脉络膜萎缩是否为诊断后巩膜葡萄肿的指标。因此,本研究通过对比分析伴和不伴后巩膜葡萄肿的病理性近视患者的眼底特征,进一步探讨脉络膜厚度下降与后巩膜葡萄肿的相关性。

1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性连续收集 2013 年 4 月至 12 月在上海市第一人民医院眼科门诊就诊并诊断为病理性近视的患者 129 例。其中,男性 37 例、女性 92 例,年龄 21~65 岁,平均(44±13)岁。纳入标准:未散瞳情况下近视度数超过-6.00 D 或眼轴长度大于或等于 26.5 mm 的高度近视患者。排除标

准:明显屈光介质浑浊而影响眼底检查患者;有眼部手术史,包括接受任何一种近视矫正手术、白内障手术、内眼手术和眼外伤手术史患者;除病理性病理改变之外的其他眼部疾病,如青光眼、年龄相关性黄斑变性、中心性浆液性视网膜脉络膜病变、葡萄膜炎、视网膜动静脉阻塞、糖尿病性视网膜病变、眼部肿瘤等;半年内接受光动力治疗脉络膜新生血管者或半年内接受玻璃体腔注射贝伐单抗、雷珠单抗等抗血管内皮生长因子生物制剂者;弱视、先天性近视患者;高血压、糖尿病等系统性疾病患者;不能配合完成眼部系统检查的患者。本研究通过医院伦理委员会审核批准。

1.2 眼部系统检查 所有患者均完成以下检查:(1)未散瞳情况下屈光度检测,随后由指定验光师进行国际标准视力表验光检查,获得最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA),BCVA 转换为 logMAR 视力(最小分辨视角,minimum angle of resolution, MAR),记录为 logMAR=lg(1/小数视力);(2)眼轴测量(IOLMaster, Carl Zeiss, 德国);(3)眼压检查(TX-20, Canon, 日本);(4)眼底照相(Canon CR-DGi 或 Topcon TRC-50DX, 日本);(5)眼部 B 超检查(B-scan, Quantel Medical, 法国);(6)对完成眼内压测量的患者用复方托吡卡胺滴眼液进行充分散瞳,由指定医师进行双目间接检眼镜检查,明确后巩膜葡萄肿及病变累及的范围(图 1)。

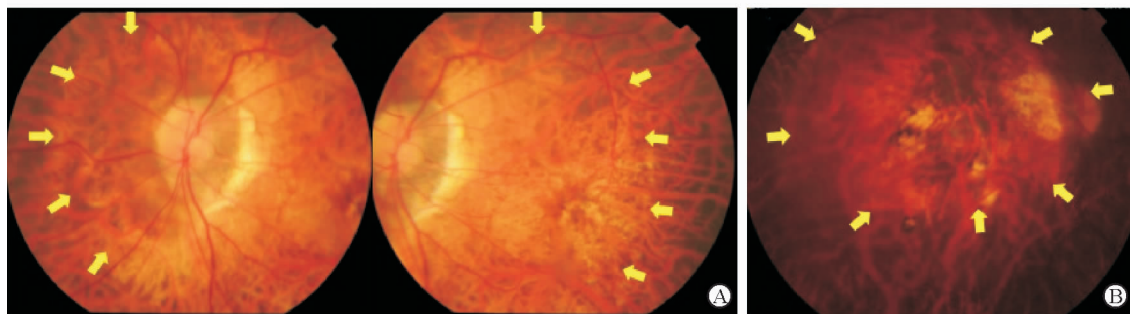


图 1 病理性近视合并后巩膜葡萄肿眼底所见

A:后巩膜葡萄肿累及视盘鼻侧及后极部,眼底表现为弥漫性萎缩;B:后巩膜葡萄肿局限于后极部视盘颞侧,视盘鼻侧无累及,眼底表现为局灶性萎缩。黄色箭头为后巩膜葡萄肿边界范围

1.3 OCT 扫描和脉络膜厚度测量 本研究采用 Cirrus 4000 型高扫描仪(5.2 版; Carl Zeiss

Meditec, 德国),对所有入组患者进行双眼 OCT 检查,采用黄斑容积 512×128 扫描及 6 mm 高清 5 线

水平和垂直方扫描模式(EDI 模式)。中心凹下脉络膜厚度 (central subfoveal choroidal thickness, CSFCT)指中心凹处视网膜色素上皮层外侧边缘至脉络膜巩膜交界面的垂直距离。OCT 检查时,在水平扫描线和垂直扫描线上测量,取水平与垂直位的平均值,记录为 CSFCT。

1.4 眼底萎缩程度分级 根据眼底照相,依照病理性近视 META-PM 分级^[2],将眼底萎缩程度分为豹纹状眼底(C1)、弥漫性萎缩(C2)、局灶性萎缩(C3)、黄斑萎缩(C4)。

1.5 统计学处理 采用 SPSS 20.0 软件进行统计学分析,计量资料均以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用独立样本 t 检验;分类数据采用 χ^2 检验。后巩膜葡萄肿组和无后巩膜葡萄肿组组间比较后按照性别、年龄 1 : 1 配对,其中年龄配对范围为 ± 1 岁;配对后,计量资料

的比较采用配对样本 t 检验,分类资料比较采用 McNemar 检验。采用受试者工作曲线 (receiver operating characteristic, ROC)和曲线下面积(area under the curve, AUC)判断 CSFCT、眼轴、年龄对后巩膜葡萄肿的诊断价值,并计算 Youden 指数(灵敏度+特异度-1)最大化时的灵敏度、特异度和阳性似然比。检验水准(α)为 0.05。

2 结果

2.1 两组患者的一般资料比较 129 例患者,共 258 眼。其中,52 例(80 眼)患后巩膜葡萄肿,其中 28 例诊断为双眼后巩膜葡萄肿、24 例诊断为单眼后巩膜葡萄肿;77 例无后巩膜葡萄肿。结果(表 1)表明:后巩膜葡萄肿组患者年龄更大、矫正视力更差、屈光度数更深、眼轴更长、CSFCT 减小($P < 0.05$)。

表 1 两组病理性近视患者一般资料的比较

指 标	后巩膜葡萄肿组	无后巩膜葡萄肿组	<i>P</i> 值
病例数/人(眼)	52(80)	77(154)	—
年龄/岁	51.0 $\pm$ 10.4	38.8 $\pm$ 12.5	<0.001
性别(男/女)	12/40	25/52	0.247
眼压 IOP/mmHg	16.03 $\pm$ 2.42	16.26 $\pm$ 2.56	0.509
等效球镜/D	-14.022 $\pm$ 2.990	-10.748 $\pm$ 3.149	<0.001
眼轴/mm	29.63 $\pm$ 1.49	27.80 $\pm$ 1.30	<0.001
LogMAR 视力	0.48 $\pm$ 0.42	0.14 $\pm$ 0.25	<0.001
CSFCT/ μ m	49.3 $\pm$ 29.6	130.5 $\pm$ 68.4	<0.001

CSFCT:中心凹下脉络膜厚度;1 mmHg=0.133 kPa

2.2 两组患者按年龄和性别 1 : 1 配对后一般资料及眼底特征比较 将两组患者进行年龄、性别 1 : 1 配对,结果(表 2)表明:伴后巩膜葡萄肿组较无后巩

膜葡萄肿组患者屈光度数更深、眼轴更长、CSFCT 更薄,且眼底萎缩更严重($P < 0.001$)。

表 2 两组患者按年龄和性别 1 : 1 配对后一般资料及眼底特征比较

指 标	后巩膜葡萄肿组	无后巩膜葡萄肿组	<i>P</i> 值
病眼数	70	70	—
年龄/岁	50.7 $\pm$ 10.4	50.8 $\pm$ 10.3	0.509
眼压 IOP/mmHg	16.04 $\pm$ 2.55	16.75 $\pm$ 3.08	0.120
等效球镜/D	-14.124 $\pm$ 2.968	-11.285 $\pm$ 2.904	<0.001
眼轴/mm	29.53 $\pm$ 1.48	28.01 $\pm$ 1.23	<0.001
LogMAR 视力	0.45 $\pm$ 0.30	0.26 $\pm$ 0.30	<0.001
CSFCT/ μ m	51.2 $\pm$ 30.1	92.6 $\pm$ 52.9	<0.001
眼底萎缩程度分级			<0.001
C1:豹纹状眼底	17	49	
C2:弥漫性萎缩	39	14	
C3:局灶性萎缩	7	7	
C4:黄斑萎缩	7	0	

* McNemar 检验:同组间 C2、C3、C4 与 C1 相比;1 mmHg=0.133 kPa

2.3 影响后巩膜葡萄肿的多因素 logistics 回归分析 结果(表3)表明:年龄增长、眼轴变长、CSFCT变薄是后巩膜葡萄肿的危险因素($P<0.001$);矫正

年龄、眼轴和 CSFCT 中的 2 项指标后,另一项指标仍为后巩膜葡萄肿的危险因素($P<0.001$)。

表 3 影响后巩膜葡萄肿的多因素 logistics 回归分析

影响指标	矫正前		矫正后	
	OR 值(95%CI)	P 值	OR 值(95%CI)	P 值
年龄($\Delta=5$ 岁)	1.418 (1.257~1.600)	<0.001	1.319 (1.120~1.554)	0.001
眼轴($\Delta=1$ mm)	2.362 (1.869~2.984)	<0.001	1.898 (1.418~2.541)	<0.001
CSFCT($\Delta=50\text{ }\mu\text{m}$)	0.177 (0.106~0.297)	<0.001	0.314 (0.174~0.567)	<0.001

* 矫正年龄、眼轴和 CSFCT 中的其他 2 项。CSFCT:中心凹下脉络膜厚度

2.4 ROC 分析有效指标的诊断价值 结果(图2、表4)表明:CSFCT 诊断后巩膜葡萄肿的 AUC 最大,为 0.866;Youden 指数最大化时,其诊断后巩膜葡萄肿的灵敏度为 90.0%、特异度为 68.8%。其次为眼轴($\text{AUC}=0.827$)、年龄($\text{AUC}=0.786$)。

3 讨论

后巩膜葡萄肿是病理性近视的特征性改变,其确切发病机制仍不明确。目前认为,眼轴恶性增长和年龄增长是可能形成后巩膜葡萄肿的危险因素之一,后极部巩膜在眼轴增长时逐步扩张变薄,向后形成局限性膨隆,即后巩膜葡萄肿。巩膜变薄是后巩膜葡萄肿的关键因素^[8-9]。脉络膜介于巩膜与视网膜之间,是一层丰富的血管组织,除营养外层视网膜外,亦可分泌生长因子刺激或抑制巩膜生长;同时,一定厚度的脉络膜能影响信号从视网膜向巩膜的传递,相当于信号通路上的屏障作用,从而参与调控巩膜生长或眼轴变化^[5]。因此,本研究通过对比分析伴后巩膜葡萄肿和不伴后巩膜葡萄肿的病理性近视患者一般资料和眼底特征,从而探讨年龄、眼轴、CSFCT 与后巩膜葡萄肿之间的关系。

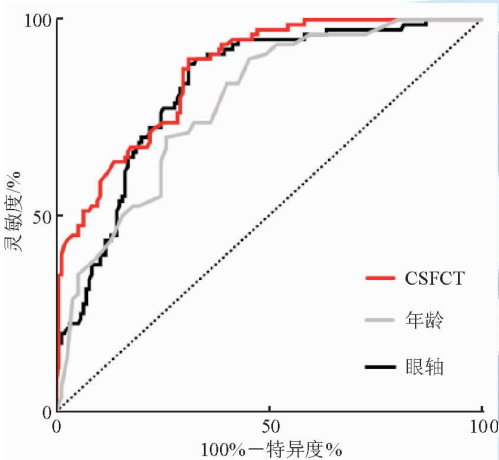


图 2 诊断后巩膜葡萄肿有效指标的 ROC 曲线

表 4 诊断后巩膜葡萄肿有效指标的 AUC、灵敏度和特异度

指 标	AUC (95%CI)	P 值	灵敏度* /%	特异度* /%	阳性似然比
CSFCT	0.866 (0.821~0.911)	<0.001	90.0	68.8	2.718
眼轴	0.827 (0.773~0.880)	<0.001	88.8	68.8	2.847
年龄	0.786 (0.728~0.845)	<0.001	90.0	55.5	1.980

AUC:曲线下面积;CSFCT:中心凹下脉络膜厚度;* Youden 指数最大化时取值

3.1 后巩膜葡萄肿的危险因素 本研究回顾连续性病例 129 例 258 眼,双眼均诊断为病理性近视。根据既往 B 超和眼底检查记录,将 28 例双眼及 24 例单眼后巩膜葡萄肿病例纳入伴后巩膜葡萄肿组,77 例双眼无后巩膜葡萄肿病例纳入无后巩膜葡萄肿组。结果表明,与无后巩膜葡萄肿组患者相比,伴后巩膜葡萄肿的病理性近视患者年龄更大、眼轴更长、近视更深、视功能更差。后巩膜葡萄肿发生的危险因素有一定争议。一些研究^[3,10-12]认为,后

巩膜葡萄肿形成与眼轴变长相关;另有研究^[13-16]认为,年龄增长才是后巩膜葡萄肿形成的关键危险因素;而 Ohno-Matsui 等^[14]发现,年龄、性别与后巩膜葡萄肿的形成密切相关,眼轴长度与后巩膜葡萄肿无明显相关性;眼轴小于 26.5mm 的近视眼患亦可发生后巩膜葡萄肿^[16]。因此,本研究进一步通过年龄、性别的 1:1 匹配,对比分析伴和不伴后巩膜葡萄肿患眼的临床特征,结果发现,后巩膜葡萄肿组具有眼轴长、近视深、中心凹下脉络膜更薄的临床

特征;与 Zhou 等^[3]人口学研究结果一致。

3.2 后巩膜葡萄肿的病理改变 后巩膜葡萄肿是病理性近视的特征性标志之一。随着病理性近视发展,后巩膜葡萄肿可加重脉络膜循环障碍,继发脉络膜萎缩、漆裂纹、脉络膜新生血管(choroidal neovascularization,CNV)、出血、瘢痕化等一系列病变,严重损害视功能。本研究发现,后巩膜葡萄肿患眼的眼底萎缩程度更严重。既往研究^[2,17]认为,豹纹状眼底作为病理性近视的早期改变,大多不存在严重眼底病变,可以认作非病理性近视改变。本研究中,后巩膜葡萄肿组有 17 眼(24%)表现为豹纹状眼底,其余眼底为弥漫性萎缩(57 眼)、局灶性萎缩(7 眼)、黄斑萎缩(7 眼),萎缩较于无后巩膜葡萄肿组重($P<0.001$)。后巩膜葡萄肿患眼后极部局部扩张明显,伴 Bruch 膜扩张、延展,而 Bruch 膜断裂易继发眼底出血、漆裂纹等并发症^[18]。此外,伴后巩膜葡萄肿的患眼后极部巩膜不断扩张导致脉络膜厚度进一步下降,光感受器细胞因氧分及营养匮乏,功能和结构恶化,最终导致低视力发生。因此,对于超高度近视伴长眼轴和脉络膜萎缩者,应仔细检查后极部及周边视网膜,一旦发现后巩膜葡萄肿,应嘱患者加强随访,必要时行后巩膜加固术预防视功能恶化。

3.3 后巩膜葡萄肿的防治 病理性近视患者早期可表现为豹纹状眼底,无明显视力下降或视物变形等症状,仅表现为脉络膜厚度减小,而无视网膜异常改变^[7]。本研究发现伴后巩膜葡萄肿的病理性近视患者 CSFCT 下降,多因素 logistics 回归分析提示,年龄、眼轴与后巩膜葡萄肿形成正相关,而 CSFCT 与后巩膜葡萄肿形成负相关。研究^[19]发现,去除巩膜支撑的脉络膜仍能在正常眼内压或眼内压增加时维持一定张力。而对于病理性近视患者,眼轴变长、极度扩张的后极部使脉络膜厚度显著减小,脉络膜失去原有功能而更易形成后巩膜葡萄肿。后巩膜加固术可显著改善长眼轴后巩膜葡萄肿患者的预后^[20-21]。本研究认为,如果研发出可以稳定脉络膜血流及其原有功能的药物,患者视功能有望进一步得到改善。因此,后巩膜葡萄肿的防治对于预防病理性近视患者视功能受损加重具有重要意义。

3.4 年龄、眼轴、CSFCT 对后巩膜葡萄肿的诊断价值 既往研究^[7]发现,CSFCT 下降对诊断早期豹纹状眼底有较高的灵敏度(81.8%)和特异度

(74.2%)。本研究采用 ROC 曲线分析发现,CSFCT 诊断后巩膜葡萄肿的 AUC 最高(0.866),其次为眼轴($AUC = 0.827$),年龄的 AUC 最小(0.786)。因此,CSFCT 和眼轴可能是诊断后巩膜葡萄肿的有效指标。研究^[22]发现,葡萄肿内脉络膜厚度较葡萄肿外缘脉络膜厚度更薄,界限明显,提示后巩膜葡萄肿与脉络膜厚度减小具有显著相关性。然而,国外研究^[16]认为,眼轴变长并不是后巩膜葡萄肿形成的必要条件,短眼轴也可伴发后巩膜葡萄肿。本研究发现,当后巩膜葡萄肿发生位置远离中心凹,如少数后巩膜葡萄肿发生于视盘鼻侧、下方或视盘时,眼轴不能反映后巩膜葡萄肿发生与否;而大多数后巩膜葡萄肿(宽黄斑型和窄黄斑型)病变累及黄斑,眼轴可反映后巩膜葡萄肿的深度。因此,对于后巩膜葡萄肿,眼轴可能具有较高的敏感度,但特异度不高。这同时说明,后巩膜葡萄肿的发生、发展可能由多种因素导致。

综上所述,伴后巩膜葡萄肿的病理性近视患者具有年龄较大、近视较深、眼轴较长和 CSFCT 下降等临床特征。后巩膜葡萄肿是脉络膜萎缩的关键因素,患者眼底视网膜脉络膜萎缩严重,但 CSFCT 下降并不是诊断后巩膜葡萄肿的特异性指标。临床医师在工作中应关注病理性近视患者是否伴发后巩膜葡萄肿;对于已发生后巩膜葡萄肿的患者应加强随访,及时发现并发症,早发现早治疗才能延缓视功能恶化。本研究的不足之处:(1)使用蔡司 Cirrus 4000 OCT-EDI 扫描模式,巩膜厚度无法测量;(2)缺乏广角 OCT 扫描和广角眼底照相;(3)为回顾性研究,缺乏长期随访资料。

参考文献

- [1] OHNO-MATSUI K, LAI T Y, LAI C C, et al. Updates of pathologic myopia[J]. Prog Retin Eye Res, 2016, 52: 156-187.
- [2] OHNO-MATSUI K, KAWASAKI R, JONAS J B, et al. International photographic classification and grading system for myopic maculopathy[J]. Am J Ophthalmol, 2015, 159(5):877-883.e877.
- [3] ZHOU L X, SHAO L, XU L, et al. The relationship between scleral staphyloma and choroidal thinning in highly myopic eyes: The Beijing Eye Study[J]. Sci Rep, 2017, 7(1):9825.
- [4] IKUNO Y, TANO Y. Retinal and choroidal biometry in highly myopic eyes with spectral-domain optical coherence tomography[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2009, 50(8):

- 3876-3880.
- [5] NICKLA D L, WALLMAN J. The multifunctional choroid [J]. *Prog Retin Eye Res*, 2010, 29(2):144-168.
- [6] SPAIDE R F, KOIZUMI H, POZZONI M C. Enhanced depth imaging spectral-domain optical coherence tomography [J]. *Am J Ophthalmol*, 2008, 146(4):496-500.
- [7] ZHOU Y, SONG M, ZHOU M, et al. Choroidal and retinal thickness of highly myopic eyes with early stage of myopic chorioretinopathy: tessellation [J]. *J Ophthalmol*, 2018, 2018:2181602.
- [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.
- [9] ELLABBAN A A, TSUJIKAWA A, MURAOKA Y, et al. Dome-shaped macular configuration: longitudinal changes in the sclera and choroid by swept-source optical coherence tomography over two years [J]. *Am J Ophthalmol*, 2014, 158(5):1062-1070.
- [10] CHANG L, PAN C W, OHNO-MATSUI K, et al. Myopia-related fundus changes in Singapore adults with high myopia [J]. *Am J Ophthalmol*, 2013, 155(6):991-999, e991.
- [11] HSIANG H W, OHNO-MATSUI K, SHIMADA N, et al. Clinical characteristics of posterior staphyloma in eyes with pathologic myopia [J]. *Am J Ophthalmol*, 2008, 146(1):102-110.
- [12] CURTIN B J, KARLIN D B. Axial length measurements and fundus changes of the myopic eye. I. The posterior fundus [J]. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 1970, 68:312-334.
- [13] 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.
- [14] OHNO-MATSUI K, ALKABES M, SALINAS C, et al. Features of posterior staphylomas analyzed in wide-field fundus images in patients with unilateral and bilateral pathologic myopia [J]. *Retina*, 2017, 37(3):477-486.
- [15] SAMARAWICKRAMA C, MITCHELL P, TONG L, et al. Myopia-related optic disc and retinal changes in adolescent children from singapore [J]. *Ophthalmology*, 2011, 118(10):2050-2057.
- [16] WANG N K, WU Y M, WANG J P, et al. Clinical characteristics of posterior staphylomas in myopic eyes with axial length shorter than 26.5 millimeters [J]. *Am J Ophthalmol*, 2016, 162:180-190, e181.
- [17] FANG Y, YOKOI T, NAGAOKA N, et al. Progression of myopic maculopathy during 18-year follow-up [J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(6):863-877.
- [18] WANG N K, LAI C C, CHOU C L, et al. Choroidal thickness and biometric markers for the screening of lacquer cracks in patients with high myopia [J]. *PLoS One*, 2013, 8(1):e53660.
- [19] VAN ALPHEN G W. Choroidal stress and emmetropization [J]. *Vision Res*, 1986, 26(5):723-734.
- [20] CORONEO M T, BEAUMONT J T, HOLLOWS F C. Scleral reinforcement in the treatment of pathologic myopia [J]. *Aust N Z J Ophthalmol*, 1988, 16(4):317-320.
- [21] LIU B, MA W, LI Y, et al. Macular buckling using a three-armed silicone capsule for foveoschisis associated with high myopia [J]. *Retina*, 2016, 36(10):1919-1926.
- [22] YAMAGISHI T, KOIZUMI H, YAMAZAKI T, et al. Choroidal thickness in inferior staphyloma associated with posterior serous retinal detachment [J]. *Retina*, 2012, 32(7):1237-1242.

[本文编辑] 姬静芳