

近视眼后极部视网膜形态与厚度的相关性

姜思雨, 王思宇, 马小力

(中国医科大学附属第一医院眼科, 沈阳 110001)

摘要 目的 探讨与眼轴长度(AL)相比,视网膜形态对黄斑区视网膜厚度的影响。方法 纳入101例志愿者101只眼,根据AL分为无轴性近视组($AL \leq 24$ mm, 27只眼)、轻度轴性近视组($AL > 24 \sim 26$ mm, 42只眼)和高度轴性近视组($AL > 26$ mm, 32只眼)。使用扫频源光学相干断层扫描获得视网膜厚度参数和眼球后极部图像,比较3组间黄斑中心凹及中心凹周围上方、下方、鼻侧、颞侧的视网膜厚度是否存在差异,运用最小二乘法拟合出与后极部视网膜形态最相符的椭圆,评估拟合椭圆的离心率(e)与上述区域视网膜厚度的相关性。结果 3组比较,5个区域的视网膜厚度均无统计学差异(均 $P > 0.05$)。对于黄斑中心凹视网膜,视网膜厚度与AL、 e 均无相关性(均 $P > 0.05$);对于中心凹周围视网膜,上方、下方、鼻侧视网膜厚度均与AL呈负相关(均 $P < 0.05$),上方、下方、鼻侧、颞侧视网膜厚度均与 e 呈负相关(均 $P < 0.05$)。 e 对中心凹周围视网膜厚度的影响比AL更显著。结论 黄斑中心凹视网膜厚度与陡峭的视网膜形态无关,中心凹周围视网膜厚度减少与陡峭的视网膜形态密切相关。

关键词 近视; 视网膜形态; 视网膜厚度; 眼轴长度; 光学相干断层扫描

中图分类号 R778 文献标志码 A 文章编号 0258-4646(2024)09-0788-05

网络出版地址 <https://link.cnki.net/urlid/21.1227.R.20240909.1729.030>

DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2024.09.004

Correlation between posterior pole retinal shape and thickness in myopic eyes

JIANG Siyu, WANG Siyu, MA Xiaoli

(Department of Ophthalmology, The First Hospital of China Medical University, Shenyang 110001, China)

Abstract **Objective** To investigate the correlation between retinal shape and thickness in the macular region by comparing with the axial length (AL). **Methods** A total of 101 volunteers (101 eyes) were included and divided into three groups based on AL: no ($AL \leq 24$ mm, 27 eyes), mild ($AL > 24 \sim 26$ mm, 42 eyes), and high ($AL > 26$ mm, 32 eyes) axial myopia groups. The retinal thickness parameters and posterior pole images were obtained by optical coherence tomography. The retinal thickness of the fovea and superior, inferior, nasal, and temporal sides of the perifovea were compared among the three groups. The least square method was applied to fit the ellipse that best matched the shape of the posterior pole retina, and the correlation between its eccentricity (e) and retinal thickness was evaluated. **Results** There were no significant differences in retinal thickness in the five areas among the three groups (all $P > 0.05$). For the fovea, retinal thickness showed no significant correlation with AL and e (both $P > 0.05$). For the perifovea, the thickness of the superior, inferior, and nasal areas negatively correlated with the AL (all $P < 0.05$), and the thickness of the superior, inferior, nasal, and temporal area negatively correlated with e (all $P < 0.05$). On perifoveal retinal thickness, e had a greater impact than AL. **Conclusion** The foveal retinal thickness is not related, while the perifoveal retinal thickness thinning is closely associated with the steep retinal shape.

Keywords myopia; retinal shape; retinal thickness; axial length; optical coherence tomography

全世界范围内近视的患病率急剧升高,预计2050年近视患者数量将约50亿,达到全球人口的50%,其中高度近视患者可能增加至约10亿^[1]。近视程度的加深伴随着各种高度近视并发症的发生,如

后巩膜葡萄肿、脉络膜视网膜萎缩、脉络膜新生血管、近视牵引性黄斑病变等,这些变化通常与视网膜和脉络膜厚度或血管改变相关,最终可导致视力丧失^[2]。

随着近视的加重和眼轴长度(axial length, AL)的增长,眼球形状变为长椭圆柱体^[3]。最近的一项研究^[4]报道,后极部眼球的形状对近视牵引性黄斑病变的影响甚至比后巩膜葡萄肿更大,视网膜越陡峭,影响视力的近视牵引性黄斑病变越容易发生。这表明异常的视网膜形态不仅可以引起单纯的近

基金项目:辽宁省科技联合计划应用基础研究项目(2023JH2/101700090)

作者简介:姜思雨(1999-),女,医师,硕士研究生。

通信作者:马小力, E-mail: xiaolimax@hotmail.com

收稿日期:2024-05-27

网络出版时间:2024-09-10 15:40:06

视,还可以通过生物力学拉伸引起其他眼部并发症。评估近视患者视网膜形态与眼底结构改变的关系,对理解近视的病理生理学机制有重要意义。以往的研究主要关注黄斑区视网膜厚度与AL的关系,黄斑区视网膜厚度与视网膜形态间的关系尚不明确。因此,本研究应用光学相干断层扫描(optical coherence tomography, OCT)获得较大范围的眼球后极部视网膜图像和视网膜参数,探讨近视眼视网膜形态与黄斑区视网膜厚度的关系。

1 材料与方 法

1.1 研究对象和分组

本研究为横断面研究,从2021年中国医科大学附属第一医院眼科招募120例20~30岁的志愿者中纳入符合标准的101例(101只眼)。由于同一个体双眼的对称性,选取右眼进行分析。若由于固定不佳或信号强度 <8 ,导致OCT图像质量差,则选择左眼进行分析。最终纳入90只右眼,11只左眼。

纳入标准:(1)经裂隙灯、前置镜和OCT等完整的眼科学检查,为健康眼;(2)最佳矫正视力 ≥ 0.8 ;(3)3次测量的眼压值均 <21 mmHg。排除标准:(1)存在病理性近视,如严重的后巩膜葡萄肿、脉络膜新生血管等;(2)存在非生理性散光(柱镜超过 0.75 D);(3)任何眼科疾病,如斜视、糖尿病性视网膜病变、青光眼、神经眼科疾病等;(4)有角膜塑形镜佩戴史、屈光手术史、内眼手术史。

根据REZAPOUR等^[5]提出的轴性近视分类,根据AL,将所有研究对象分为3组:无轴性近视组($AL \leq 24$ mm, 27例27只眼)、轻度轴性近视组($AL > 24 \sim 26$ mm, 42例42只眼)和高度轴性近视组($AL > 26$ mm, 32人32只眼)。本研究获得中国医科大学附属第一医院伦理委员会批准,所有研究对象签署知情同意书。

1.2 方 法

1.2.1 一般临床资料的收集:收集研究对象的性别、年龄,测量身高和体重,取3次测量值的平均值,计算体重指数(body mass index, BMI), $BMI = \text{体重} / \text{身高}^2$ 。

1.2.2 常规眼科检查:使用KR-800电脑验光仪(日本拓普康公司)测量屈光度,取3次测量值的平均值,等效球镜度数(spherical equivalent, SE)=球镜度数+1/2柱镜度数。使用IOLMaster500(德国蔡司公司)

测量AL,取5次合格测量值的平均值。使用CY-800电脑非接触式眼压计(日本佳能公司)测量眼压。

1.2.3 视网膜厚度的测量:使用扫频源OCT(VG200S,中国视微影像公司)测量视网膜厚度,黄斑中心凹的位置通过患者固视后机器自动识别来确定,位置不佳者,通过手动调整来确定。基于早期治疗糖尿病视网膜病变研究的环形网格,收集以黄斑中心凹反光点为中心、直径 $0 \sim 1$ mm的黄斑中心凹以及直径 $1 \sim 6$ mm的中心凹周围环形区域内上方、颞侧、下方、鼻侧共5个区域的视网膜厚度。见图1。

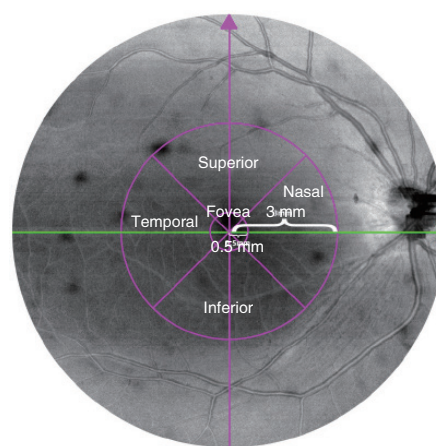


图1 OCT测量黄斑中心凹以及中心凹周围环形区域的视网膜厚度
Fig.1 The retinal thickness in the foveal and perifoveal area by OCT

1.2.4 视网膜形态定量方法:使用扫频源OCT,选取同时经过中心凹和视盘中心的16 mm扫描线用于分析。将经过AL校正后的视网膜图像导入ImageJ程序,获得坐标数据集,导入Anaconda科学计算环境,使用Python编程语言,实现利用最小二乘法拟合椭圆曲线的算法,并在Jupyter Notebook中执行。拟合过程采用一种多维无约束非线性最小化算法,并结合迭代Nelder-Mead算法。每次迭代都构造一个椭圆,计算拟合椭圆与实际曲线间的均方根误差,一直迭代到均方根误差最小值时终止程序,此时可以得到与实际视网膜形态最相符的拟合曲线及其相关参数。该拟合椭圆的离心率(e)越大,后极部视网膜形态越陡峭。

1.3 统计学分析

采用SPSS 26.0软件进行统计分析。采用Shapiro-Wilk检验进行正态性检验,符合正态分布且方差齐性的计量资料用 $\bar{x} \pm s$ 表示,多组间比较采用单因素

方差分析,组间两两比较采用LSD-*t*检验;不符合正态分布的计量资料用 $M(P_{25}\sim P_{75})$ 表示,多组间比较采用非参数Kruskall-Wallis *H*检验,组间两两比较采用Bonferroni校正。计数资料用率(%)表示,采用 χ^2 检验进行比较。采用Pearson相关分析对AL、SE与视网膜厚度的相关性进行分析;采用Spearman相关分析对*e*与视网膜厚度的相关性进行分析。将相关性分析中 $P < 0.1$ 的变量进一步进行多元线性回归分析(逐步法),分析变量与视网膜厚度的关系。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 一般临床资料的比较

本研究共纳入101例研究对象的101只眼。3组

比较,性别、年龄、体重、BMI均无统计学差异(均 $P > 0.05$),具有可比性,见表1。

3组比较,SE、AL和*e*有统计学差异(均 $P < 0.001$)。无轴性近视组的AL、*e*明显小于轻度轴性近视组和高度轴性近视组,轻度轴性近视组的AL、*e*明显小于高度轴性近视组(均 $P < 0.05$)。无轴性近视组的SE明显高于轻度轴性近视组和高度轴性近视组,轻度轴性近视组的SE明显高于高度轴性近视组(均 $P < 0.05$),表明无轴性近视组的近视程度低于轻度轴性近视组和高度轴性近视组,轻度轴性近视组的近视程度低于高度轴性近视组。见表1。

2.2 视网膜厚度的比较

3组比较,5个区域的视网膜厚度均无统计学差异($P > 0.05$)。见表2。

表1 3组一般临床资料的比较

Tab.1 General clinical data of participants among the three groups

| Item | Total (n = 101) | No axial myopia (n = 27) | Mild axial myopia (n = 42) | High axial myopia (n = 32) | <i>F</i> / χ^2 | <i>P</i> |
|--------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------|----------|
| Men [n (%)] | 42 (41.58) | 8 (29.63) | 18 (42.86) | 16 (50.00) | 2.52 | 0.283 |
| Age (year) | 23 (23-24) | 24 (23-24) | 23 (23-24) | 23 (23-24) | 5.04 | 0.081 |
| Height (cm) | 169.00 ± 7.43 | 165.78 ± 7.78 | 169.79 ± 7.13 ¹⁾ | 170.69 ± 6.87 ¹⁾ | 3.80 | 0.026 |
| Weight (kg) | 63.04 ± 10.79 | 60.33 ± 8.58 | 63.74 ± 12.10 | 64.42 ± 10.56 | 1.20 | 0.304 |
| BMI (kg/m ²) | 21.96 ± 2.76 | 21.87 ± 2.04 | 21.96 ± 3.08 | 22.05 ± 2.93 | 0.03 | 0.972 |
| SE (D) | -3.40 ± 2.65 | -0.90 ± 1.15 | -3.08 ± 1.90 ¹⁾ | -5.94 ± 2.10 ^{1),2)} | 58.12 | <0.001 |
| AL (mm) | 25.11 ± 1.43 | 23.34 ± 0.46 | 24.97 ± 0.56 ¹⁾ | 26.80 ± 0.50 ^{1),2)} | 330.98 | <0.001 |
| <i>e</i> | 0.69 (0.55-0.75) | 0.44 (0.10-0.61) | 0.68 (0.60-0.73) ¹⁾ | 0.75 (0.70-0.80) ^{1),2)} | 35.39 | <0.001 |

1) $P < 0.05$ vs. no axial myopia group; 2) $P < 0.05$ vs. mild axial myopia group.

表2 3组视网膜厚度的比较 (μm)

Tab.2 Comparison of retinal thickness among the three groups (μm)

| Item | Total (n = 101) | No axial myopia (n = 27) | Mild axial myopia (n = 42) | High axial myopia (n = 32) | <i>F</i> | <i>P</i> |
|----------|-----------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|----------|----------|
| Central | 253.73 ± 17.86 | 250.01 ± 17.58 | 254.05 ± 16.99 | 255.70 ± 19.41 | 0.530 | 0.588 |
| Superior | 302.70 ± 12.48 | 305.39 ± 15.12 | 303.37 ± 9.93 | 299.54 ± 12.77 | 1.734 | 0.181 |
| Temporal | 283.71 ± 12.73 | 283.76 ± 16.11 | 285.72 ± 10.05 | 281.02 ± 12.61 | 1.240 | 0.293 |
| Inferior | 289.12 ± 12.61 | 290.59 ± 14.91 | 291.42 ± 11.10 | 284.86 ± 11.65 | 2.810 | 0.065 |
| Nasal | 315.41 ± 13.43 | 317.52 ± 15.35 | 316.74 ± 10.96 | 311.87 ± 14.37 | 1.680 | 0.192 |

2.3 视网膜厚度与AL、*e*、SE的相关性分析

在黄斑中心凹区域内,视网膜厚度与AL、*e*、SE均无相关性(均 $P > 0.1$)。在中心凹周围视网膜上方、下方、鼻侧3个区域,视网膜厚度均与AL呈负相关(均 $P < 0.1$),在上方、下方、鼻侧、颞侧4个区域,

视网膜厚度均与*e*呈负相关,与SE呈正相关(均 $P < 0.1$)。见表3。

2.4 视网膜厚度与AL、*e*、SE的多元线性回归分析

基于相关性分析结果,为矫正混杂关系,将相关性分析中 $P < 0.1$ 的变量纳入多元线性回归模型

中。逐步回归结果显示, e 是影响中心凹周围上方 ($\beta = -0.345, P < 0.001$)、颞侧 ($\beta = -0.339, P = 0.001$)、下方 ($\beta = -0.337, P = 0.001$)、鼻侧 ($\beta = -0.298, P = 0.003$) 视网膜厚度的独立相关因素。见表4。

表3 视网膜厚度与AL、 e 、SE的相关性分析
Tab.3 Correlation analysis of retinal thickness with AL, e , and SE

| Variable | Retinal thickness | | | | |
|----------|-------------------|----------|----------|----------|--------|
| | Fovea | Superior | Temporal | Inferior | Nasal |
| AL | | | | | |
| β | 0.101 | -0.214 | -0.134 | -0.226 | -0.199 |
| P | 0.317 | 0.032 | 0.180 | 0.023 | 0.046 |
| e | | | | | |
| β | 0.089 | -0.206 | -0.271 | -0.283 | -0.167 |
| P | 0.374 | 0.039 | 0.006 | 0.004 | 0.096 |
| SE | | | | | |
| β | 0.004 | 0.274 | 0.303 | 0.321 | 0.250 |
| P | 0.971 | 0.006 | 0.002 | 0.001 | 0.012 |

表4 视网膜厚度与AL、 e 、SE的多元线性回归分析
Tab.4 Multiple linear regression analysis of retinal thickness with AL, e , and SE

| Area | Independent variable | β | Standard error | t | F | P |
|-----------|----------------------|---------|----------------|--------|--------|--------|
| Fovea | - | - | - | - | - | - |
| Superior* | e | -0.345 | 3.031 | -3.659 | 13.385 | <0.001 |
| Temporal# | e | -0.339 | 3.100 | -3.580 | 12.820 | 0.001 |
| Inferior* | e | -0.337 | 3.072 | -3.563 | 12.692 | 0.001 |
| Nasal* | e | -0.298 | 3.319 | -3.102 | 9.625 | 0.003 |

* , models were adjusted for AL, e , and SE; #, models were adjusted for e and SE.

3 讨论

多项研究表明, 近视主要由眼轴延长导致, 眼轴过度伸长会导致视网膜和脉络膜发生改变^[6], 这也是导致近视性器质改变的主要原因。本研究对黄斑区视网膜厚度进行分析, 结果发现, 在根据AL分成的3组间, 5个区域的视网膜厚度均无统计学差异。

本研究显示, 黄斑中心凹(0~1 mm)的视网膜厚度与AL、 e 、SE均无显著相关性。目前, 对于黄斑中心凹视网膜厚度与AL关系的研究仍存在争议。一项使用扫频源OCT的研究^[7]测量了146名健康志愿者的中心凹视网膜厚度, 结果发现, 其与AL无关。还有研究发现, 中度以上近视眼的中心凹视网膜厚度比正视眼或低度近视眼厚^[8], 认为黄斑中心凹视网膜厚度与AL呈正相关^[9]。本研究结果支持中心凹视网膜

厚度与AL无关, 且结果进一步表明中心凹视网膜厚度与视网膜形态也无相关性。提示可能存在一种机制来维持中心凹视网膜厚度的稳定性, 如黄斑Bruch膜的长度不随近视的增加而增加^[10], 也印证了之前研究^[11]报道的无近视相关视网膜病变的眼睛最佳矫正视力与近视程度无关。在近视眼球轴向发展的过程中, 近视相关的视网膜变薄可能始于中心凹周边区域^[12]。

本研究中, 对于中心凹周围(1~6 mm)视网膜, 上方、下方、鼻侧视网膜厚度与AL、 e 均呈负相关。这与普遍认为的周边视网膜厚度随AL的增加而减小^[9]结果一致。此外, 还有研究^[13]表明, 随着AL的增加, 黄斑区视网膜神经节细胞复合体的厚度也明显变薄。以往的研究认为, AL增加是导致视网膜结构和功能改变的主要原因。因此, 为了得到准确的视网膜厚度与视网膜形态间的关系, 本研究在单因素分

析的基础上进行多元逐步回归分析,结果显示,e是视网膜厚度的独立相关因素。与AL相比,视网膜形态对周边视网膜厚度的影响更大。这可能是由于视网膜形态能够比眼轴更好地描述眼球形态。还有研究发现,随着近视的加深,视网膜形态在后极附近越陡峭,赤道部越平坦。这种趋势是由于陡峭视网膜的周边受到相对远视的刺激可能会导致补偿性眼球生长,进而使正视眼产生轴向增长的倾向^[14]。这一结果也充分强调了视网膜形态在近视发展中的重要作用。由于本研究为横断面回顾性研究,未来需要进行进一步的纵向研究来完善和证实研究结果。

综上所述,本研究在分析黄斑区视网膜厚度与AL关系的基础上,进一步探索了黄斑区视网膜厚度与视网膜形态间的关系。黄斑中心凹视网膜厚度与视网膜形态无关,中心凹周围视网膜厚度变薄与视网膜形态陡峭更相关。这提示临床上应当重点关注部分近视程度较轻且AL在正常范围但视网膜形态陡峭的人群,进行早期筛查和病情监测,预防病理性近视等并发症的发生。

参考文献:

- [1] HOLDEN BA, FRICKE TR, WILSON DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123 (5): 1036-1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
- [2] ŽIVKOVIĆ MLJ, LAZIĆ L, ZLATANOVIĆ M, et al. The influence of myopia on the foveal avascular zone and density of blood vessels of the macula—an OCTA study [J]. *Medicina*, 2023, 59 (3): 452. DOI: 10.3390/medicina59030452.
- [3] JONAS JB, SPAIDE RF, OSTRIN LA, et al. IMI-nonpathological human ocular tissue changes with axial myopia [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2023, 64 (6): 5. DOI: 10.1167/iovs.64.6.5.
- [4] WAKAZONO T, YAMASHIRO K, MIYAKE M, et al. Association between eye shape and myopic traction maculopathy in high myopia [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123 (4): 919-921. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.10.031.
- [5] REZAPOUR J, TRAN AQ, BOWD C, et al. Comparison of optic disc ovality index and rotation angle measurements in myopic eyes using photography and OCT based techniques [J]. *Front Med*, 2022, 9: 872658. DOI: 10.3389/fmed.2022.872658.
- [6] JONAS JB, OHNO-MATSUI K, PANDA-JONAS S. Myopia: anatomic changes and consequences for its etiology [J]. *Asia Pac J Ophthalmol*, 2019, 8 (5): 355-359. DOI: 10.1097/01.APO.0000578944.25956.8b.
- [7] WANG J, GAO X, HUANG W, et al. Swept-source optical coherence tomography imaging of macular retinal and choroidal structures in healthy eyes [J]. *BMC Ophthalmol*, 2015, 15: 122. DOI: 10.1186/s12886-015-0110-3.
- [8] WANG XQ, ZENG LZ, CHEN M, et al. A meta-analysis of alterations in the retina and choroid in high myopia assessed by optical coherence tomography angiography [J]. *Ophthalmic Res*, 2021, 64 (6): 928-937. DOI: 10.1159/000517096.
- [9] MENG Y, YI ZH, XU YS, et al. Changes in macular vascular density and retinal thickness in young myopic adults without pathological changes: an OCTA study [J]. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*, 2022, 26 (16): 5736-5744. DOI: 10.26355/eurrev_202208_29510.
- [10] JONAS JB, WANG YX, ZHANG Q, et al. Macular Bruch's membrane length and axial length. The Beijing Eye Study [J]. *PLoS One*, 2015, 10 (8): e0136833. DOI: 10.1371/journal.pone.0136833.
- [11] YIN G, WANG YX, ZHENG ZY, et al. Ocular axial length and its associations in Chinese: the Beijing Eye Study [J]. *PLoS One*, 2012, 7 (8): e43172. DOI: 10.1371/journal.pone.0043172.
- [12] JIN P, DENG J, LV M, et al. Development of the retina and its relation with myopic shift varies from childhood to adolescence [J]. *Br J Ophthalmol*, 2022, 106 (6): 825-830. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2020-318181.
- [13] 陈晨, 李东辉, 王静怡, 等. 高度近视黄斑区视网膜神经节细胞复合体的相关参数分析 [J]. *中国医科大学学报*, 2020, 49 (8): 701-705. DOI: 10.12007/j.issn.0258-4646.2020.08.006.
- [14] WALLMAN J, WINAWER J. Homeostasis of eye growth and the question of myopia [J]. *Neuron*, 2004, 43 (4): 447-468. DOI: 10.1016/j.neuron.2004.08.008.

(编辑 陈 姜)