

· 临床研究 ·

学龄儿童周边眼轴长度及视网膜曲率与屈光状态的关联性

何曦 华梓煜 李仕明 闫昕 蒋嫣 蔡志宁 刘怒飞 康玉婷 马爽 黄凌黎 李涵悦
首都医科大学附属北京同仁医院 北京同仁眼科中心 北京市眼科学与视觉科学重点实验室, 北京 100730

通信作者: 李仕明, Email: lishiming81@163.com

【摘要】 目的 探索学龄儿童周边眼轴长度及视网膜曲率半径与屈光状态之间的关联性。**方法** 采用横断面研究设计, 纳入 2021 年 7—10 月于首都医科大学附属北京同仁医院进行眼科检查的 6~15 岁儿童 287 人 287 眼, 其中男 154 人, 女 133 人。采用标准对数视力表测定受检眼裸眼视力及最佳矫正视力; 采用复方托吡卡胺滴眼液点眼行睫状肌麻痹, 采用电脑验光仪测量等效球镜度 (SE)。根据 SE 不同将受检者分为远视组 90 眼、正视组 82 眼和近视组 115 眼, 分别为 $SE > +0.5 D$ 、 $SE > -0.5 D \sim \leq +0.5 D$ 和 $SE \leq -0.5 D$ 。采用 Lenstar LS900 分别测量受检者中央和周边 30° 颞侧、鼻侧、上方、下方眼轴长度。采用部分相干光测量建模法计算视网膜坐标并转化为视网膜曲率半径。根据水平方向 (鼻颞侧) 周边眼轴长度差值绝对值 (中位数) 作为临界值将受检眼分为 H1 组 (眼轴长度差值 $< 0.35 mm$) 和 H2 组 (眼轴长度差值 $\geq 0.35 mm$); 根据垂直方向 (上下方) 周边眼轴长度差值绝对值 (中位数) 分为 V1 组 (眼轴长度差值 $< 0.32 mm$) 和 V2 组 (眼轴长度差值 $\geq 0.32 mm$)。依据上述水平和垂直方向分组方法将受检眼分为 V1H1、V1H2、V2H1 和 V2H2 组。比较不同组间受检者眼轴长度、SE、近视比例和视网膜曲率半径。**结果** 受检眼中央眼轴长度为 23.53 (22.93, 24.10) mm。颞侧、鼻侧、上方、下方周边眼轴长度分别为 22.75 (22.11, 23.22)、22.99 (22.32, 23.45)、23.24 (22.58, 23.75) 和 23.12 (22.52, 23.56) mm, 其中颞侧眼轴长度低于鼻侧, 差异有统计学意义 ($Z = -3.58, P < 0.01$)。H1 组中央、鼻侧、上方及下方眼轴长度均较 H2 组短, V1 组中央、鼻侧、上方眼轴长度均较 V2 组短, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$)。H1 组 SE 为 $+0.06 (-1.06, +0.75) D$, 明显大于 H2 组的 $-0.32 (-1.64, +0.56) D$, 差异有统计学意义 ($Z = -2.10, P = 0.04$)。V1 组 SE 为 $+0.13 (-0.81, +0.80) D$, 明显大于 V2 组的 $-0.56 (-1.83, +0.48) D$, 差异有统计学意义 ($Z = -3.39, P < 0.01$)。V1 组近视比例为 33.5% (58/173), 低于 V2 组的 50.5% (53/105), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 7.83, P < 0.01$)。V1H1、V1H2、V2H1 和 V2H2 组 SE 总体比较差异有统计学意义 ($H = 24.79, P < 0.01$), 其中 V1H1 组 SE 显著大于 V1H2 组、V2H1 组和 V2H2 组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$)。远视组、正视组、近视组受检眼水平方向和垂直方向视网膜曲率半径总体比较, 差异均有统计学意义 ($H = 22.34, 19.30$, 均 $P < 0.01$), 其中远视组和正视组水平及垂直方向视网膜曲率半径显著大于近视组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$)。**结论** 学龄儿童眼球的周边眼轴长度存在不对称性, 不对称程度越高则屈光度越偏向近视。与正视及远视儿童相比, 近视儿童的视网膜形态更陡峭。

【关键词】 近视; 儿童; 眼轴长度; 屈光; 不对称; 视网膜形态

基金项目: 国家自然科学基金项目 (82071000); 北京市自然科学基金杰出青年科学基金项目 (JQ20029); 首都卫生发展科研专项项目 (2020-2-1081)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20220228-00078

Association of peripheral axial length, retinal curvature with refraction in school-aged children

He Xi, Hua Ziyu, Li Shiming, Yan Xin, Jiang Yan, Cai Zhining, Liu Nufei, Kang Yuting, Ma Shuang, Huang Lingyun, Li Hanyue

Beijing Tongren Hospital, Tongren Eye Center, Capital Medical University, Beijing Ophthalmology & Visual Science Key Lab, Beijing 100730, China

Corresponding author: Li Shiming, Email: lishiming81@163.com

【Abstract】 Objective To investigate the association of peripheral axial lengths and retinal curvatures with refractive status. **Methods** A cross-sectional study was conducted out. Two hundred and eighty-seven eyes of 287 consecutive children aged 6-15 years old who received eye examinations at Beijing Tongren Hospital from July to

October 2021 were enrolled, including 154 males and 133 females. Uncorrected and best corrected visual acuity were tested with a standard logarithmic visual acuity chart. Spherical equivalent (SE) was measured via an auto refractometer after cycloplegia with tropicamide. The hyperopic, emmetropic and myopic groups were defined with a SE $>+0.5$ D, SE >-0.5 D to $\leq +0.5$ D and SE ≤ -0.5 D, respectively. Central and 30° peripheral eye lengths (nasal, temporal, superior, inferior) were obtained using the Lenstar LS900. Retinal coordinates were derived from partial coherence interferometry modeling and converted to retinal curvatures. According to the median horizontal peripheral eye length differences (absolute difference between nasal and temporal), participants were assigned to H1 group (absolute difference <0.35 mm) or H2 group (absolute difference ≥ 0.35 mm). According to the median vertical peripheral eye length differences (absolute difference between superior and inferior), participants were assigned to V1 group (absolute difference <0.32 mm) or V2 group (absolute difference ≥ 0.32 mm). Four groups of V1H1, V1H2, V2H1 and V2H2 were constructed according to the grouping methods in both directions above. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Beijing Tongren Hospital, Capital Medical University (No. TRECKY2021-162). Written informed consent was obtained from guardians of each subject prior to any medical examination.

Results The central axial length was 23.53 (22.93, 24.10) mm. Peripheral eye lengths of temporal, nasal, superior and inferior were 22.75 (22.11, 23.22) mm, 22.99 (22.32, 23.45) mm, 23.24 (22.58, 23.75) mm and 23.12 (22.52, 23.56) mm, respectively. Temporal eye length was shorter than nasal, showing a statistically significant difference ($Z = -3.58, P < 0.01$). Compared with H2 group, H1 group had shorter central, nasal, superior and inferior eye lengths, showing statistically significant differences (all at $P < 0.05$). Compared with V2 group, V1 group had shorter central, nasal and superior eye lengths, showing statistically significant differences (all at $P < 0.05$). SE of H1 group was $+0.06$ ($-1.06, +0.75$) D, which was significantly greater than -0.32 ($-1.64, +0.56$) D of H2 group ($Z = -2.10, P = 0.04$). SE of V1 group was $+0.13$ ($-0.81, +0.80$) D, which was significantly greater than -0.56 ($-1.83, +0.48$) D of H2 group ($Z = -3.39, P < 0.01$). The myopia ratio of V1 group was 33.5% (58/173), which was significantly lower than 50.5% (53/105) of V2 group ($\chi^2 = 7.83, P < 0.01$). There was a significant overall difference in SE among V1H1, V1H2, V2H1 and V2H2 groups ($H = 24.79, P < 0.01$). SE was greater in V1H1 group than V1H2, V2H1 and V2H2 groups (all at $P < 0.01$). There was a significant difference in both horizontal and vertical retinal curvatures among different refractive groups ($H = 22.34, 19.30$; both at $P < 0.01$). The retical curvature in both directions of hyperopic and emmetropic groups were significantly larger than those of myopic group (both at $P < 0.01$).

Conclusions Peripheral eye lengths are asymmetric in school-aged children. Higher asymmetry is associated with myopic shifts. Myopic children have a steeper retina than the hyperopic and emmetropic children.

[Key words] Myopia; Child; Axial length, eye; Refraction, ocular; Asymmetry; Retinal curvature

Fund program: National Natural Science Foundation of China (82071000); Beijing Science Foundation for Distinguished Young Scholars (JQ20029); Capital Health Research and Development of Special Grant (2020-2-1081)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20220228-00078

近视已成为全球性公共卫生问题,预计到 2050 年全球将有近半人口罹患近视,其中约 10% 为高度近视^[1]。高度近视会增加眼组织严重并发症的发生风险,导致患者视力障碍或丧失,影响患者生活质量,而儿童期早发近视是高度近视防控的重点。目前近视的发生机制仍未完全阐明,但动物实验研究发现,周边视网膜的成像质量对于眼球的生长发育同样重要^[2]。近视患者周边屈光度比正视眼和远视眼更易向远视漂移,其可能原因是近视眼的轴向眼轴长度增长速度比赤道部快,导致周边眼轴长度比中央更短,使光线的焦点落在周边视网膜之后^[3]。近视眼的眼球形态和增长模式与正视眼及远视眼不同,视网膜曲率也随之发生改变,可以通过影像学检查方法进行研究。MRI 研

究表明,近视患者的眼球在长、宽、高 3 个维度均增加,但以长轴方向的增长最为明显^[3]。眼球形态和视网膜曲率改变可能发生在屈光度改变之前,因此构建眼球或视网膜形态学特征模型有助于预测近视的发生和发展。获得视网膜形态特征的方法包括 MRI、光相断层扫描和超声技术等,但存在价格昂贵或检查仪器分辨率较低等问题^[4]。光学生物学测量仪利用部分相干光测量(partial coherence interferometry, PCI)原理可非接触地精准测量眼轴长度。Verkicharla 等^[5]则采用 IOL Master 测量周边眼轴长度,并根据 Le Grand 模型眼计算视网膜坐标(PCI 建模法),进而转化为视网膜曲率半径,已证明该模型测得的视网膜曲率半径与 MRI 测得的数据具有较好的一致性。目前鲜见关于儿

童视网膜形态与屈光状态之间的关联研究,而相关研究对目前儿童近视的防控具有重要意义。本研究拟采用 PCI 建模法获得学龄儿童视网膜曲率半径,进而探讨视网膜形态与屈光状态之间的关联。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用横断面研究方法,连续纳入 2021 年 7—10 月于首都医科大学附属北京同仁医院进行眼科检查的儿童 287 人 287 眼,其中男 154 人,女 133 人;年龄 6~15 岁,平均 (9.17 ± 1.92) 岁;等效球镜度 (spherical equivalent, SE) 为 $-7.56 \sim +5.43$ D,平均 (-0.37 ± 1.63) D;中央眼轴长度 $22.93 \sim 24.10$ mm,平均 (23.56 ± 1.00) mm;仅纳入右眼资料进行分析。纳入标准:(1)年龄 6~15 岁;(2)双眼最佳矫正视力 ≥ 1.0 ;(3)双眼眼压正常;(4)充分理解研究内容并自愿签署知情同意书。排除标准:(1)无法配合眼科检查和问卷调查者;(2)非自愿参加本研究者;(3)有斜视、弱视或其他眼病者;(4)有影响视觉发育或屈光发育的全身性疾病者。根据药物扩瞳后 SE 的不同进行分组,远视组为 $SE > +0.5$ D,共 90 眼;正视组为 $SE > -0.5$ D $\sim \leq +0.5$ D,共 82 眼;近视组为 $SE \leq -0.5$ D,共 115 眼。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,研究方案经首都医科大学附属北京同仁医院医学伦理委员会审核批准(批文号:TRECKY2021-162)。所有受试者及其监护人均了解本研究目的和方法并自愿签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 眼科一般检查 采用标准对数视力表检查受试者裸眼视力;采用裂隙灯显微镜 (SL130 型,德国卡尔·蔡司公司)检查受试者眼前节组织及玻璃体,采用直接检眼镜 (VM-P100 型,温州正存医疗科技有限公司)检查眼底。

1.2.2 屈光度和眼轴长度测量 采用复方托吡卡胺滴眼液 (日本参天制药株式会社)点眼扩瞳以麻痹睫状肌,每 15 min 点眼 1 次,共 3 次。末次用药后间隔 15 min 进行验光。采用电脑验光仪 (RM8000-A,日本 Topcon 公司)测量受试者双眼屈光度;采用光生物学测量仪 (Lenstar LS900,瑞士 Haag-Streit 公司)测量受检眼中央眼轴长度及鼻侧、颞侧、上方、下方 30° 周边眼轴长度。将带有视标的板固定于光生物学测量仪,嘱受试者保持头部为正中位,双眼同时注视相应方向的视标。每个参数分别测量 3 次,取平均值。若 2 次测量的屈光度相差 >0.5 D、眼轴长度相差 >0.1 mm 则再次测量。根据水平方向 (鼻颞侧) 周边眼轴长度差值绝对值 (中位

数)分为 H1 组 (<0.35 mm) 和 H2 组 (≥ 0.35 mm),根据垂直方向 (上下方) 周边眼轴长度差值绝对值 (中位数) 分为 V1 组 (<0.32 mm) 和 V2 组 (≥ 0.32 mm),并将 V1、V2 与 H1、H2 2×2 交互分为 V1H1、V1H2、V2H1 和 V2H2 组,比较组间受检眼 SE 差异。

1.2.3 视网膜曲率半径计算 采用文献 [5] 的方法计算视网膜曲率半径,采取其中的 stage1 计算视网膜坐标。视网膜坐标 (y, z) 计算公式为: $y = (AL'_p - r_{cv}) \sin \theta$; $z = r_{cv}(1 - \cos \theta) + AL'_p \cos \theta - AL'_a$ 。 AL'_p 为周边眼轴长度; r_{cv} 为角膜曲率半径; θ 为注视角度,本研究中为 30° ; AL'_a 为中央眼轴长度; $y = y_r, z = z_r$ (图 1)。根据公式 $z = \frac{C_v(y - y_0)^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + Q)C_v^2(y - y_0)^2}} - \frac{C_v y_0^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + Q)C_v^2 y_0^2}}$, 采用 Excel 表格的规划求解功能计算 C_v 值,视网膜曲率半径值为 $1/C_v$ 。Stage1 假设非球面度 Q 值及 y_0 值为 0。

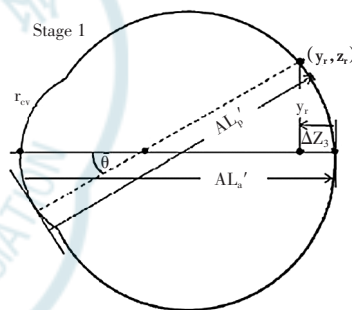


图 1 视网膜坐标计算示意图 [5] AL'_a : 中央眼轴长度; AL'_p : 周边眼轴长度; r_{cv} : 角膜曲率半径; θ : 注视角度; y_r : 横坐标值; z_r : 纵坐标值

Figure 1 Schematic diagram of retinal coordinate calculation [5] AL'_a : central axial length; AL'_p : peripheral axial length; r_{cv} : corneal curvature; θ : angle of gaze; y_r : value of abscissa; z_r : value of ordinate

1.3 统计学方法

采用 SPSS 22.0 和 R (v4.0.3) 软件进行统计分析。计量资料数据经 Shapiro-Wilk 检验证实不符合正态分布,以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示。受检眼鼻侧与颞侧、上方与下方眼轴长度及 2 个组间眼轴长度和 SE 的差异比较均采用 Mann-Whitney U 检验。多个组间视网膜曲率半径和 SE 总体差异比较采用 Kruskal-Wallis H 检验,多重比较采用 Bonferroni 检验。计数资料采用频数和构成比表示,组间近视比例的构成差异比较采用 χ^2 检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义,多重比较检验水准为 0.05/比较次数。

2 结果

2.1 受试者眼轴长度比较

受检眼中央眼轴长度为 $23.53 (22.93, 24.10)$ mm。

颞侧眼轴长度为 22.75 (22.11, 23.22) mm, 小于鼻侧的 22.99 (22.32, 23.45) mm, 差异有统计学意义 ($Z = -3.58, P < 0.01$); 受检眼上方眼轴长度值为 23.24 (22.58, 23.75) mm, 下方为 23.12 (22.52, 23.56) mm, 差异无统计学意义 ($Z = -1.66, P = 0.10$)。

H1 组中央、鼻侧、上方及下方眼轴长度均较 H2 组短, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$); 颞侧眼轴长度值差异无统计学意义 ($Z = 1.85, P = 0.07$) (表 1)。V1 组中央、鼻侧、上方眼轴长度均较 V2 组短, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.05$); 颞侧、下方眼轴长度差异均无统计学意义 (均 $P > 0.05$) (表 2)。

2.2 不同周边眼轴长度组 SE 和近视比例比较

在水平方向, H1 组 SE 为 +0.06 (-1.06, +0.75) D, 明显大于 H2 组的 -0.32 (-1.64, +0.56) D, 差异有统计学意义 ($Z = -2.10, P = 0.04$)。H1 组和 H2 组近视比例分别为 37.7% (58/154) 和 47.8% (55/115), 差异无统计学意义 ($\chi^2 = 2.79, P = 0.10$)。在垂直方向, V1 组 SE 为 +0.13 (-0.81, +0.80) D, 明显大于 V2 组的 -0.56 (-1.83, +0.48) D, 差异有统计学意义 ($Z = -3.39, P < 0.01$)。V1 组近视比例为 33.5% (58/173), 低于 V2 组的 50.5% (53/105), 差异有统计学意义 ($\chi^2 = 7.83, P < 0.01$)。V1H1、V1H2、V2H1 和 V2H2 组 SE 分别为 +0.37 (-0.62, +0.88)、-0.26 (-1.31, +0.69)、-0.68 (-2.03, +0.44) 和 -0.63 (-1.68, +0.40) D, 总体比较差异有统计学意义 ($H =$

24.79, $P < 0.01$), 其中, V1H1 组 SE 显著大于 V1H2 组、V2H1 组和 V2H2 组, 差异均有统计学意义 (均 $P < 0.01$) (图 2)。

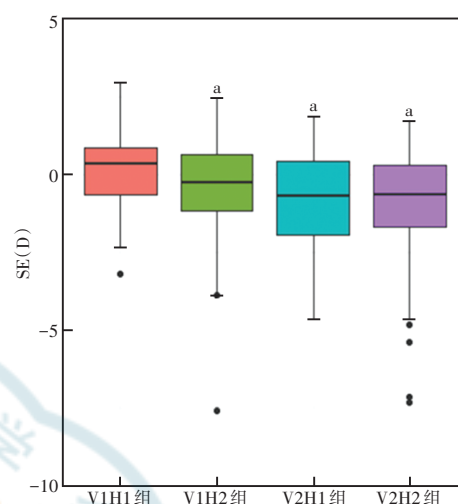


图 2 不同交互组 SE 比较 $H = 24.79, P < 0.01$ 。与 V1H1 组比较, $^a P < 0.01$ (Kruskal-Wallis H 检验, Bonferroni 检验, $n = 6$) H1 组为水平方向 (鼻颞侧) 周边眼轴长度差值绝对值 < 0.35 mm, H2 组为绝对值 ≥ 0.35 mm; V1 组为垂直方向 (上下侧) 周边眼轴长度差值绝对值 < 0.32 mm, V2 组为绝对值 ≥ 0.32 mm SE: 等效球镜度

Figure 2 Comparison of SE among different interaction groups $H = 24.79, P < 0.01$. Compared with V1H1 group, $^a P < 0.01$ (Kruskal-Wallis H test, Bonferroni test, $n = 6$) H1 group with the absolute difference between nasal and temporal axial length < 0.35 mm, H2 group with the absolute difference ≥ 0.35 mm. V1 group with the absolute difference between superior and inferior axial length < 0.32 mm (the median), V2 group with the absolute difference ≥ 0.32 mm SE: spherical equivalent

表 1 H1 组和 H2 组各方向眼轴长度比较 [$M(Q_1, Q_3)$, mm]

Table 1 Comparison of axial lengths between H1 group and H2 group ($M[Q_1, Q_3]$, mm)

组别	眼数	中央	颞侧	鼻侧	上方	下方
H1 组	154	23.37 (22.75, 24.00)	22.71 (22.07, 23.13)	22.81 (22.24, 23.27)	23.12 (22.50, 23.67)	23.00 (22.40, 23.42)
H2 组	115	23.79 (23.20, 24.45)	22.85 (22.29, 23.31)	23.30 (22.70, 23.88)	23.38 (22.86, 23.91)	23.31 (22.78, 23.78)
Z 值		3.90	1.85	5.29	3.24	3.47
P 值		< 0.01	0.07	< 0.01	< 0.01	< 0.01

注: (Mann-Whitney U 检验) H1 组为水平方向 (鼻颞侧) 周边眼轴长度差值绝对值 < 0.35 mm, H2 组为绝对值 ≥ 0.35 mm

Note: (Mann-Whitney U test) H1 group with the absolute difference between nasal and temporal axial length < 0.35 mm, H2 group with the absolute difference ≥ 0.35 mm

表 2 V1 组和 V2 组各方向眼轴长度比较 [$M(Q_1, Q_3)$, mm]

Table 2 Comparison of axial lengths between V1 group and V2 group ($M[Q_1, Q_3]$, mm)

组别	眼数	中央	颞侧	鼻侧	上方	下方
V1 组	173	23.45 (22.78, 23.98)	22.71 (22.10, 23.13)	22.91 (22.33, 23.34)	23.17 (22.58, 23.66)	23.19 (22.52, 23.54)
V2 组	105	23.77 (23.19, 24.57)	22.79 (22.25, 23.47)	23.06 (22.52, 23.84)	23.42 (22.69, 24.04)	23.01 (22.50, 23.64)
Z 值		3.21	1.77	2.20	2.39	0.24
P 值		< 0.01	0.08	0.03	0.02	0.81

注: (Mann-Whitney U 检验) V1 组为垂直方向 (上下侧) 周边眼轴长度差值绝对值 < 0.32 mm, V2 组为绝对值 ≥ 0.32 mm

Note: (Mann-Whitney U test) V1 group with the absolute difference between superior and inferior axial length < 0.32 mm, V2 group with the absolute difference ≥ 0.32 mm

2.2 不同屈光状态组视网膜曲率半径比较

所有受检眼水平方向视网膜曲率半径为 11.94 (11.05, 12.63) mm, 垂直方向为 13.27 (12.21, 14.33) mm。远视组、正视组、近视组受检眼水平方向视网膜曲率半径分别为 12.10 (11.48, 12.87)、12.15 (11.21, 13.14) 和 11.31 (10.69, 12.15) mm, 总体比较差异有统计学意义 ($H = 22.34, P < 0.01$); 垂直方向视网膜曲率半径分别为 13.77 (12.87, 14.57)、13.39 (12.31, 14.33) 和 12.64 (11.76, 13.53) mm, 总体比较差异有统计学意义 ($H = 19.30, P < 0.01$)。远视

组和正视组水平及垂直方向视网膜曲率半径显著大于近视组,差异均有统计学意义(均 $P < 0.01$);远视组和正视组水平及垂直方向视网膜曲率半径比较,差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$)(图 3)。

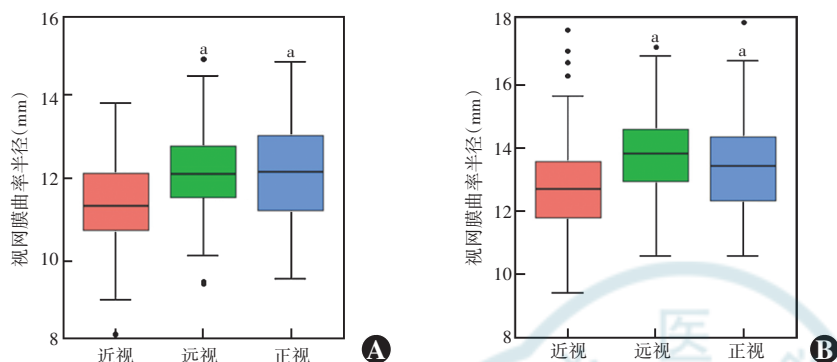


图 3 不同屈光度组视网膜曲率半径比较 水平方向: $H = 22.34, P < 0.01$. 垂直方向: $H = 19.30, P < 0.01$. 与近视组比较, $^a P < 0.01$ (Kruskal-Wallis H 检验, Bonferroni 检验, $n = 3$)

A: 水平方向 B: 垂直方向

Figure 3 Comparison of retinal curvatures in different refraction groups Horizontal: $H = 22.34, P < 0.01$; Vertical: $H = 19.30, P < 0.01$. Compared with myopic group, $^a P < 0.01$ (Kruskal-Wallis H test, Bonferroni test, $n = 3$) A: Horizontal B: Vertical

3 讨论

近视作为患病率高且可严重危害视觉的常见病,研究其发病原因是防治的关键。6~15 岁儿童的眼球生长并非对称,且不对称程度越高,屈光度越易向近视漂移。综合水平和垂直方向周边眼轴对称程度及远视者 2 个方向的周边眼轴对称程度均较高。近视眼的视网膜曲率半径显著小于正视眼和远视眼,提示近视者的视网膜更加陡峭,与既往研究结论一致^[6]。但本研究得出远视眼和正视眼的视网膜曲率半径差异无统计学意义,提示近视眼与非近视眼之间存在眼球发育的本质不同。虽然近视和远视均属于屈光不正,但近视被认为是一种疾病状态,而远视更偏向于眼球正常发育过程中的合理偏移。本研究中受试者水平方向和垂直方向视网膜曲率半径均大于 Verkicharla 等^[6]研究中东亚人群相应值,可能由于其研究对象为成年人。

近视眼的周边屈光度相较于正视眼和远视眼更偏向远视^[7-8],表明不同屈光状态视网膜的形态存在差异。Ehsaei 等^[9]研究发现,鼻侧周边眼轴在近视眼中较正视眼更不对称。此外,近视眼视网膜形态更接近椭圆形,而正视眼更接近圆形。Verkicharla 等^[10]研究发现,与正视眼相比,近视眼周边远视漂移越多,周边眼轴长度比中央眼轴长度短得越多,则视网膜形态更偏陡峭且呈现扁长椭圆形。视网膜的这种改变可能提示在近视的发生和发展过程中,中央眼轴生长速度

比其他方向更快,而非近视者的眼球各个方向生长速度相似,因此眼球形状更加规则^[11]。基于 MRI 的研究也证明近视患者眼轴向中央增长比其他方向更明显^[3]。而 Gilmartin 等^[12]提出了相反的观点,其认为

近视眼并非长椭圆形,正视眼和近视眼的后部玻璃体腔形状均为扁椭圆形且近视者更接近球形,这可能是机体为防止眼轴进一步增长的一种调节机制。

不同人种视网膜形态有所差异。亚洲人群相比于欧洲人群,近视眼的鼻侧眼轴增长更加对称,而欧洲人群表现为鼻侧眼轴增长更多^[8]。东亚人群视网膜曲率半径在水平和垂直方向均比欧洲人群更小,视网膜更陡峭^[6],这可能是由于亚洲人群眼球本身大于欧洲人群;这也许能够解释亚洲人群近视患病率明显高于西方国家,因为亚洲人群本身存在近视易感的解剖学因素。Lim 等^[13]研究结果显示,印度人和马来人近视患者眼球比中国人更偏扁球形。

有研究表明,周边眼轴长度主要由遗传因素决定^[14],因此视网膜形态也可能主要由遗传因素决定。不同人种某些基因的不同导致视网膜形态改变的不同或许是其近视发病率差异的原因。

目前关于屈光度与视网膜形态相关性的横断面研究较多,但视网膜形态改变是近视发生的原因,还是近视发生后造成的结果还无法证明。目前也有研究者认为周边屈光度为远视(周边远视离焦),并非近视发生的原因,而是近视发生后造成的结果^[15],由此推断近视患者的视网膜更陡峭也可能是近视发生以后眼球生长模式与近视发生以前不同所致。因此,未来还需要更多的纵向研究来确定因果关系,并观察视网膜形态的改变是否与近视进展相关。Faria-Ribeiro 等^[16]通过对 62 名白种人进行至少 2 年的随访得出近视进展较快组(每年增加 ≥ -0.5 D)表现出更陡峭的视网膜形态,且 2 个组间鼻侧眼轴长度差异最大。

视网膜形态的间接检测方法包括本研究采用的 PCI 方法和通过周边屈光度推测视网膜形态,而间接测量法容易受到眼部光学情况、机器移动、人眼注视位置不准确的干扰^[17],这也是本研究的局限性。此外,本研究样本量较小,无法按照年龄进一步分组统计,无法比较不同年龄段儿童视网膜形态存在的差异。

综上所述,本研究得出周边眼轴不对称程度较高、视网膜陡峭者其屈光度越偏向近视。目前国内对于周

边眼轴、视网膜形态与屈光度间关联性的观察性研究鲜有报道,本研究一定程度上弥补了这一空白。这一领域的研究集中于成年人和白种人,本研究扩充了亚洲儿童的视网膜形态数据。儿童作为近视易感人群,其眼部参数处于不断变化的过程中,视网膜形态也同理,准确描绘其特征变化可能有助于把握屈光发育的规律。然而形态学与屈光度改变的因果关系仍需进一步研究。本课题组将进一步扩大样本量并完善随访。临床上若可以构建每个儿童特有的视网膜形态,则有助于预判其发生近视的风险、近视进展速度、未来发生近视性眼底改变的可能性。陡峭的视网膜形态若确是近视发生的易感因素之一,即明确了视网膜形态与屈光度之间的因果关系,在学龄前即可筛选近视易感儿童,并及早开展预防工作。这一形态学标志物还可联合其他眼部参数、基因数据等构建更加个体化的预测模型,真正实现精准化近视防控。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 何曦、华梓煜:直接参与选题、采集/分析及解释数据、起草文章;李仕明:直接参与选题、起草文章、文章审阅及定稿;闫昕、蒋嫣、蔡志宁:设计试验、实施研究、采集/分析及解释数据;刘怒飞、康玉婷、马爽、黄凌莹、李涵悦:采集/分析及解释数据

参考文献

- [1] Bruce A. Re, Holden et al.: global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 (Ophthalmology 2016;123:1036-1042) [J/OL]. Ophthalmology, 2017, 124(3): e24-e25 [2022-06-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28219507/>. DOI:10.1016/j.ophtha.2016.06.066.
- [2] Flitcroft DI. The complex interactions of retinal, optical and environmental factors in myopia aetiology [J]. Prog Retin Eye Res, 2012, 31(6): 622-660. DOI:10.1016/j.preteyeres.2012.06.004.
- [3] Atchison DA, Jones CE, Schmid KL, et al. Eye shape in emmetropia and myopia [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2004, 45(10): 3380-3386. DOI: 10.1167/iovs.04-0292.
- [4] Koumbou Mekountchou IO, Conrad F, Sankaridurg P, et al. Peripheral eye length measurement techniques: a review [J]. Clin Exp Optom, 2020, 103(2): 138-147. DOI:10.1111/cxo.12892.
- [5] Verkicharla PK, Suheimat M, Pope JM, et al. Validation of a partial coherence interferometry method for estimating retinal shape [J]. Biomed Opt Express, 2015, 6(9): 3235-3247. DOI:10.1364/BOE.6.003235.
- [6] Verkicharla PK, Suheimat M, Schmid KL, et al. Differences in retinal shape between East Asian and Caucasian eyes [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2017, 37(3): 275-283. DOI:10.1111/opo.12359.
- [7] Osuagwu UL, Suheimat M, Atchison DA. Peripheral aberrations in adult hyperopes, emmetropes and myopes [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2017, 37(2): 151-159. DOI:10.1111/opo.12354.
- [8] Logan NS, Gilmartin B, Wildsoet CF, et al. Posterior retinal contour in adult human anisomyopia [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2004, 45(7): 2152-2162. DOI:10.1167/iovs.03-0875.
- [9] Ehsaei A, Chisholm CM, Pacey IE, et al. Off-axis partial coherence interferometry in myopes and emmetropes [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2013, 33(1): 26-34. DOI:10.1111/opo.12006.
- [10] Verkicharla PK, Suheimat M, Schmid KL, et al. Peripheral refraction, peripheral eye length, and retinal shape in myopia [J]. Optom Vis Sci, 2016, 93(9): 1072-1078. DOI:10.1097/OPX.0000000000000905.
- [11] Lim LS, Yang X, Gazzard G, et al. Variations in eye volume, surface area, and shape with refractive error in young children by magnetic resonance imaging analysis [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2011, 52(12): 8878-8883. DOI:10.1167/iovs.11-7269.
- [12] Gilmartin B, Nagra M, Logan NS. Shape of the posterior vitreous chamber in human emmetropia and myopia [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2013, 54(12): 7240-7251. DOI:10.1167/iovs.13-12920.
- [13] Lim LS, Matsumura S, Htoon HM, et al. MRI of posterior eye shape and its associations with myopia and ethnicity [J]. Br J Ophthalmol, 2020, 104(9): 1239-1245. DOI:10.1136/bjophthalmol-2019-315020.
- [14] Ding X, Wang D, Huang Q, et al. Distribution and heritability of peripheral eye length in Chinese children and adolescents: the Guangzhou Twin Eye Study [J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2013, 54(2): 1048-1053. DOI:10.1167/iovs.12-10066.
- [15] Atchison DA, Rosén R. The possible role of peripheral refraction in development of myopia [J]. Optom Vis Sci, 2016, 93(9): 1042-1044. DOI:10.1097/OPX.0000000000000979.
- [16] Faria-Ribeiro M, Queirós A, Lopes-Ferreira D, et al. Peripheral refraction and retinal contour in stable and progressive myopia [J]. Optom Vis Sci, 2013, 90(1): 9-15. DOI:10.1097/OPX.0b013e318278153e.
- [17] Verkicharla PK, Mathur A, Mallen EA, et al. Eye shape and retinal shape, and their relation to peripheral refraction [J]. Ophthalmic Physiol Opt, 2012, 32(3): 184-199. DOI:10.1111/j.1475-1313.2012.00906.x.

(收稿日期:2022-07-10 修回日期:2022-12-17)

(本文编辑:刘艳 施晓萌)

读者·作者·编者

本刊对论文中关键词的著录要求

本刊投稿的论文请分别在中英文摘要下方标引 3~8 个关键词以便于编制文献索引。关键词应选取能反映文章主题概念的词或词组,中英文关键词应一致。投稿作者可登陆 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh> 或 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=mesh> 网站从美国国立医学图书馆的 MeSH 数据库中选取关键词,其中文译名可参照中国医学科学院信息研究所编译的《医学主题词注释字顺表》。未被词表收录的新的专业术语(自由词)可直接作为关键词使用,但应排序在最后。中医药关键词应从中国中医科学院中医药信息研究所编写的《中医药主题词表》中选取。关键词中的缩写词应按《医学主题词注释字顺表》还原为全称,每个关键词之间用“;”分隔。

(本刊编辑部)