· 临床研究 ·

成人近视眼视网膜周边离焦分布特征及其与屈光度的相关性分析

曲诗佳　宋芬　李煜桐　白绍虎　唐颖　王雁
天津医科大学眼科临床学院　天津市眼科医院　天津市眼科学与视觉科学重点实验室　南开大学附属眼科医院　南开大学眼科学研究院，天津 300020
通信作者：王雁，Email：wangyan7143@vip.sina.com

【摘要】 **目的**　探讨成年人近视眼视网膜周边离焦分布特点及其与屈光度的关系。 **方法**　采用横断面研究设计，选取 2024 年 1—3 月于天津市眼科医院就诊的近视患者 270 例，年龄 18~46 岁，选取右眼数据进行分析。采用客观验光仪测量球镜度和柱镜度，并计算等效球镜度（SE）；采用 Pentacam 眼前节图像分析仪测量角膜曲率参数角膜平坦曲率（K1）、角膜陡峭曲率（K2）和平均角膜曲率（Km）；采用 IOLMaster 光学生物测量仪测量中央角膜厚度（CCT）、眼轴长度（AL）。采用多光谱屈光地形图测量以黄斑中心凹为中心 53°范围内的视网膜周边离焦；根据视网膜周边离焦数据将其分为半侧翘起型、火山口型、马鞍型和相对平坦型，分析各类型特征及其与屈光度等的相关性。 **结果**　各视网膜周边离焦类型中，半侧翘起型 186 眼（占 68.63%），火山口型 45 眼（占 16.61%），相对平坦型 36 眼（占 13.28%），马鞍型 3 眼（占 1.11%）。其中，火山口型平均 SE 最低，为（-6.18±1.50）D；相对平坦型平均 SE 最高，为（-3.88±0.87）D。不同视网膜周边离焦类型间 SE、球镜度值和 AL 总体比较差异均有统计学意义（F=15.469、17.928、3.431，均 P<0.05），其中半侧翘起型 SE 和球镜度显著低于相对平坦型，火山口型 SE 和球镜度显著低于半侧翘起型和相对平坦型，半侧翘起型 AL 显著长于相对平坦型，差异均有统计学意义（均 P<0.05）。不同视网膜周边离焦类型眼间 CCT、K1、K2 和 Km 总体比较，差异均无统计学意义（F=0.861、1.761、2.603、2.248，均 P>0.05）。球镜度值与上方、下方和颞侧周边离焦均呈负相关（r=-0.269，P<0.001；r=-0.176，P<0.01；r=-0.292，P<0.001）。SE 与上方、下方和颞侧视网膜周边离焦均呈负相关（r=-0.199，P=0.018；r=-0.221，P=0.009；r=-0.327，P<0.001）。年龄与上方和颞侧视网膜周边离焦均呈正相关（r_s=0.213，P<0.001；r_s=0.181，P=0.003）；与鼻侧视网膜周边离焦呈负相关（r_s=-0.138，P=0.023）。 **结论**　成人视网膜周边离焦类型中半侧翘起型占比最多，火山口型平均 SE 最低，相对平坦型平均 SE 最高。上方、下方和颞侧的周边离焦与球镜度存在负相关关系。

【关键词】 近视；防控；屈光度；视网膜周边离焦；多光谱屈光地形图

基金项目：国家重点研发计划（2022YFC2404502）；国家自然科学基金面上项目（82271118）；天津市科技计划（21JCZDJC01190）；天津市卫生健康科技项目（TJWJ2022XK036）；天津市医学重点学科（专科）建设项目（TJYXZDXK-016A）

DOI：10.3760/cma.j.cn115989-20250218-00040

Study on the distribution characteristics of peripheral retinal defocus and its correlation with refractive error in adults with myopia

Qu Shijia, Song Fen, Li Yutong, Bai Shaohu, Tang Ying, Wang Yan
Clinical College of Ophthalmology of Tianjin Medical University, Tianjin Eye Hospital, Tianjin Key Laboratory of Ophthalmology and Visual Science, Nankai University Affiliated Eye Hospital, Nankai University Eye Institute, Tianjin 300020, China
Corresponding author: Wang Yan, Email: wangyan7143@vip.sina.com

[**Abstract**] **Objective**　To explore the characteristics of peripheral retinal defocus distribution in adult myopia and its relationship with refractive error. **Methods**　A cross-sectional study was conducted. A total of 270 myopic patients aged 18 to 46 years were enrolled at Tianjin Eye Hospital from January to March 2024. Data from the right eye were included in the analysis. Spherical power and cylindrical power were obtained using an autorefractor and

the spherical equivalent (SE) was calculated. Corneal curvature parameters including flap keratometry (K1), steep keratometry (K2), and average keratometry (Km) were measured using the Pentacam anterior segment imaging analyzer. Central corneal thickness (CCT) and axial length (AL) were measured using the IOLMaster optical biometer. Peripheral defocus within a 53° area centered on the fovea was assessed using multispectral refractive topography. Based on the peripheral defocus data, the distribution patterns were classified into four types: hemilateral upturn type, saddle type, crater type, and relatively flat type. Characteristics of different tpes and their correlation with diopter were analyzed. This study followed the Declaration of Helsinki. The study protocol was reviewed and approved by the Medical Ethics Committee of Tianjin Eye Hospital (No. KY-2024020). All participants voluntarily participated and signed the informed consent form. **Results** Of the different types of peripheral retinal defocus, 186 eyes (68.63%) were hemilateral upturn type, 45 eyes (16.61%) were crater type, 36 eyes (13.28%) were relatively flat type, and 3 eyes (1.11%) were saddle type. The crater type exhibited the lowest mean SE of (−6.18±1.50) D, while the relatively flat type showed the highest mean SE of (−3.88±0.87) D. There were significant differences in SE and AL among different peripheral defocus types (F = 15.469, 17.928, 3.431; all P<0.05). The hemilateral upturn type had significantly lower SE and spherical diopter than the relatively flat type, and crater type had significantly lower SE and spherical diopter compared to the hemilateral upturn type and relatively flat type significantly, and the hemilateral upturn type had longer AL than the relatively flat type (all P<0.05). There was no statistically significant difference in CCT, K1, K2, or Km among different peripheral defocus types (F = 0.861, 1.761, 2.603, 2.248; all P>0.05). Spherical power was weakly negatively correlated with superior, inferior, and temporal peripheral defocus (r = −0.269, P<0.001; r = −0.176, P<0.01; r = −0.292, P<0.001). Age was positively correlated with superior and temporal peripheral defocus (r_s = 0.213, P<0.001; r_s = 0.181, P = 0.003), and negatively correlated with nasal peripheral defocus (r_s = −0.138, P = 0.023). **Conclusions** Among adult peripheral defocus patterns, the hemilateral upturn type is predominant. The crater type has the lowest mean spherical equivalent, while the relatively flat type has the highest. There are negative correlations between spherical power and the superior, inferior, and temporal peripheral defocus.

[**Key words**] Myopia; Prevention and control; Diopter; Retinal peripheral defocus; Multispectral refractive topography

Fund program: National Program on Key Research Project of China (2022YFC2404502); National Natural Science Foundation of China (82271118); Tianjin Science and Technology Project (21JCZDJC01190); Tianjin Health Research Project (TJWJ2022XK036); Tianjin Key Medical Discipline (Specialty) Construction Project (TJYXZDXK-016A)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20250218-00040

视网膜周边离焦与近视的防控和进展密切相关，然而受屈光介质和眼底形态的影响，视网膜周边离焦存在不对称性。根据这种不对称性，以往的研究将视网膜周边离焦分为不同的类型，然而这些分型仅依据水平和垂直等轴线上的参考数据，无法有效体现视网膜周边离焦特征[1-2]。多光谱屈光地形图是一种可以测量视网膜离焦的新型检测仪器，可测量眼底以黄斑为中心 53°范围内的视网膜周边离焦，其准确性已得到验证[3-4]。多光谱屈光地形图原理是利用不同波长的单光谱光线依次采集眼底图像，通过深度开发计算机算法，对镜头补偿后的多光谱图像进行对比分析，计算汇总各像素点的实际屈光值；拍摄采用红外光为主，间插其他光谱光线，以便识别视网膜细节并在色差层面上鉴别不同焦距下清晰度。郑晓会等[5]使用多光谱屈光地形图将儿童青少年视网膜周边离焦分为半侧翘起型、马鞍型、火山口型和相对平坦型。然而，成年人的视网膜周边离焦特征与儿童青少年是否相同，目前尚缺少相关研究。本研究拟采用多光谱屈光地形图检测成人不同视网膜周边离焦类型分布特点及其可能的相关因素。

1　资料与方法

1.1　一般资料

采用横断面研究设计，纳入 2024 年 1—3 月于天津市眼科医院屈光手术中心进行术前检查的屈光不正患者 270 例 270 眼，其中男 131 例 131 眼，女 139 例 139 眼；年龄 18~46 岁，平均 24(20,29)岁。选取右眼数据进行分析，受检眼球镜度为−1.00~−9.25 D，平均(−4.82±1.60) D；柱镜度为 0~−4.25 D，平均−0.75(−0.25,−1.25) D；等效球镜度(spherical equivalent, SE)

为-1.25～-9.63 D，平均(-5.24±1.63) D。纳入标准：(1)年龄≥18 岁；(2)2 年内屈光度数稳定；(3)角膜透明无云翳瘢痕；(4)角膜形态正常，无圆锥角膜倾向；(5)最佳矫正视力≥0.8；(6)软性角膜接触镜停戴 2 周以上，硬性角膜接触镜停戴 4 周以上。排除标准：(1)患有眼科其他疾病者，如角膜炎、青光眼、严重干眼等；(2)有眼科手术史或眼外伤史者；(3)患有全身免疫相关性疾病、全身结缔组织疾病、糖尿病等；(4)妊娠期及哺乳期妇女。本研究遵循《赫尔辛基宣言》，所有参与者均自愿参加并签署知情同意书，研究方案经天津市眼科医院医学伦理委员会审核批准(批文号：KY-2024020)。

1.2　方法

1.2.1　眼科检查　所有受检者均进行眼科常规检查，包括主客观验光、裸眼视力、眼压测量及眼前节裂隙灯显微镜检查；使用 Pentacam 眼前节图像分析仪(德国 Oculus 公司)测量角膜平坦曲率(flap keratometry，K1)、角膜陡峭曲率(steep keratometry，K2)、平均角膜曲率(average keratometry，Km)；使用 IOLMaster 光学生物测量仪(瑞士 Haag-Streit A. G. 公司)测量中央角膜厚度(central corneal thickness，CCT)和眼轴长度(axial length，AL)。采用 CASIA2 眼前节光学相干断层扫描仪(日本 Tomey 公司)测量晶状体屈光力(refractive lens power，PL)。

1.2.2　周边离焦检查及分类　采用多光谱屈光地形图(MSI C2000，深圳盛达通同泽科技有限公司)测量受检眼眼底以黄斑中心凹为中心 53°范围内的周边离焦。具体检查方法：受检者取坐位，将下颌置于下颌托上，额头紧贴额托，嘱其瞬目数次后睁大双眼注视红色固视视标；检查者调整操纵杆使图像位于显示屏正中央且上下对齐，按动检查按键后机器自动识别并拍摄，获得周边离焦数据；每眼重复测量 3 次，选取仪器系统中置信度大于 90%的检查结果计算平均值用于后续分析。以上检查由同一经验丰富的眼科技师完成。

根据视网膜周边离焦数据将其分为半侧翘起型、火山口型、马鞍型和相对平坦型，其中半侧翘起型为一侧远视性离焦较高并超过其他区域，火山口型为四周远视性离焦超过中央区域，马鞍型为两侧远视性离焦较高，相对平坦型为各区域远视性离焦均较低[3](图 1)。每次由 3 位医师独立判断并进行分类，最后共同讨论存在矛盾的结果，直至意见统一。视网膜周边离焦不同区域的划分：以 45°-225°轴线和 135°-315°轴线将视网膜周边离焦等分为上、下、鼻和颞 4 个区域，分别记作 RDVS、RDVI、RDVN 和 RDVT。

1.3　统计学方法

采用 SPSS 23.0 统计学软件进行统计分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 法进行正态性检验，符合正态分布的数据资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示。不同类型视网膜周边离焦组各参数总体差异比较采用单因素方差分析，两两比较采用 Bonferroni 检验；采用 Pearson 线性相关分析对球镜度、柱镜度与视网膜周边离焦的相关性进行分析。年龄和柱镜度数据资料不符合正态分布，以 $M(Q_1, Q_3)$ 表示，采用 Spearman 秩相关分析对年龄、柱镜度与视网膜周边离焦的相关性进行分析。采用双尾检验，$P<0.05$ 为差异有统计学意义。

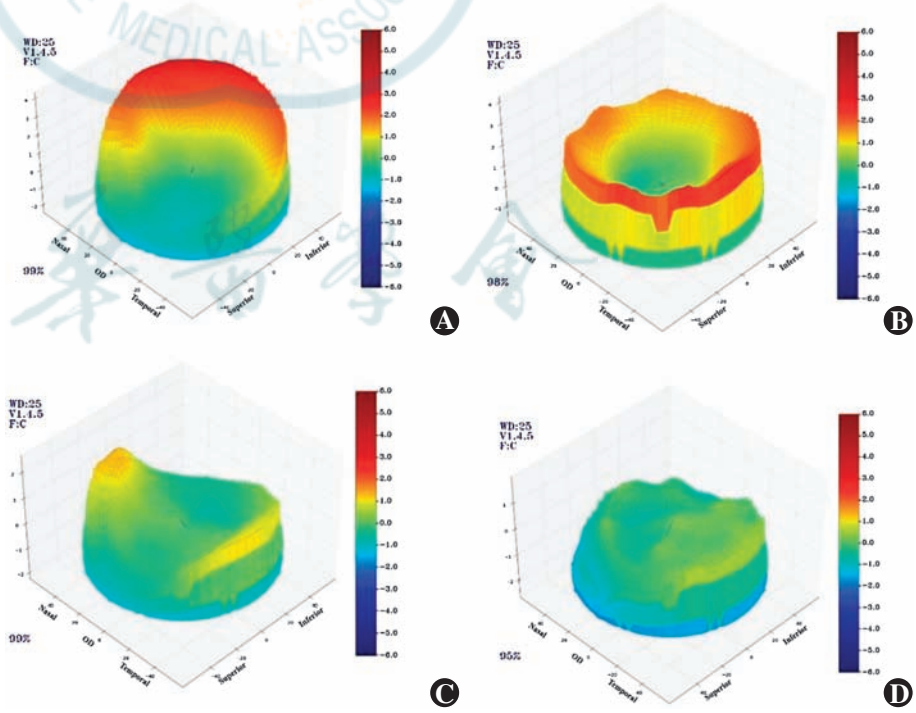

图 1　视网膜周边离焦不同类型示意图　A：半侧翘起型　B：火山口型　C：马鞍型　D：相对平坦型　正值表示远视性离焦，负值表示近视性周边离焦

Figure 1　Schematic of different peripheral retinal defocus patterns　A: Hemilateral upturn type　B: Crater type　C: Saddle type　D: Relatively flat type　Positive values indicated hyperopic defocus and negative values indicated myopic peripheral defocus

2　结果

2.1　不同视网膜周边离焦类型眼数分布及屈光度比较

不同视网膜周边离焦类型中，半侧翘起型 186 眼（占 68.63%），火山口型 45 眼（占 16.61%），相对平坦型 36 眼（占 13.28%），马鞍型 3 眼（占 1.11%）。不同视网膜周边离焦类型眼 SE 和球镜度值总体比较差异均有统计学意义（F=15.469、17.928，均 P<0.001），其中半侧翘起型 SE 和球镜度值显著低于相对平坦型，火山口型 SE 和球镜度值显著低于半侧翘起型和相对平坦型，差异均有统计学意义（均 P<0.05）。不同视网膜周边离焦类型近视眼的柱镜度值总体比较差异无统计学意义（F=0.576，P=0.632）（表 1）。

2.2　不同视网膜周边离焦类型眼 AL 比较

不同视网膜周边离焦类型眼 AL 总体比较差异有统计学意义（F=3.431，P=0.018），其中半侧翘起型 AL 显著长于相对平坦型，差异有统计学意义（P=0.042）（表 1）。

2.3　不同视网膜周边离焦类型眼角膜厚度、PL 和曲率比较

不同视网膜周边离焦类型眼 CCT、K1、K2 和 Km 总体比较，差异均无统计学意义（F=0.861、1.761、2.603、2.248，均 P>0.05）。不同视网膜周边离焦类型眼 PL 总体比较差异有统计学意义（F=3.582，P=0.015），两两比较差异均无统计学意义（均 P>0.05）（表 1）。

2.4　屈光度值和年龄与各区域视网膜周边离焦值的相关性分析

球镜度值与 RDVS、RDVI 和 RDVT 均呈负相关（r=−0.269，P<0.001；r=−0.176，P=0.004；r=−0.292，P<0.001）。柱镜度值与 RDVN 呈正相关（r_s=0.204，P=0.001）。SE 值与 RDVS、RDVI 和 RDVT 均呈负相关（r=−0.199，P=0.018；r=−0.221，P=0.009；r=−0.327，P<0.001）。年龄与 RDVS 和 RDVT 均呈正相关（r_s=0.213，P<0.001；r_s=0.181，P=0.003），RDNS 与 RDVN 呈负相关（r_s=−0.138，P=0.023）（表 2，图 2）。

表 2　年龄和屈光度与各区域视网膜周边离焦值相关系数矩阵

Table 2　Correlation coefficient matrix of age and refractive values with peripheral retinal defocus in various regions

参数	RDVS	RDVI	RDVT	RDVN
球镜度#（D）	−0.269[a]	−0.176[a]	−0.292[a]	−0.047
柱镜度*（D）	0.105	0.010	−0.001	0.204[a]
年龄*（岁）	0.213[a]	−0.030	0.181[a]	−0.138[a]
SE#（D）	−0.199[a]	−0.221[a]	−0.327[a]	0.085
散光轴位#	0.002	0.033	0.053	−0.113

注：[a]P<0.05（*：Spearman 秩相关分析；#：Pearson 相关分析；n=270）　SE：等效球镜度；RDVS：上方视网膜周边离焦；RDVI：下方视网膜周边离焦；RDVT：颞侧视网膜周边离焦；RDVN：鼻侧视网膜周边离焦

Note：[a]P<0.05（*：Spearman rank correlation analysis；#：Pearson correlation analysis；n=270）　SE：spherical equivalent；RDVS：superior peripheral retinal defocus；RDVI：inferior peripheral retinal defocus；RDVT：temporal peripheral retinal defocus；RDVN：nasal peripheral retinal defocus

表 1　不同视网膜周边离焦类型眼各测量参数比较（$\bar{x}\pm s$）

Table 1　Comparison of various measurement parameters in eyes with different types of peripheral retinal defocus（$\bar{x}\pm s$）

离焦类型	眼数	SE（D）	球镜度（D）	柱镜度（D）	AL（mm）	CCT（μm）
半侧翘起型	186	−5.27±1.61	−4.86±1.57	−0.84±0.58	25.73±0.93	541.12±30.69
火山口型	45	−6.18±1.50[a]	−5.79±1.40[a]	−0.78±0.79	25.73±0.97	532.38±35.77
马鞍型	3	−5.58±2.03	−5.25±1.80	−0.67±0.52	24.83±0.17	545.00±14.14
相对平坦型	36	−3.88±0.87[ab]	−3.40±0.84[ab]	−0.96±0.80	25.23±0.87[a]	543.09±44.83
F 值		15.469	17.928	0.576	3.431	0.861
P 值		<0.001	<0.001	0.632	0.018	0.462

离焦类型	眼数	K1（D）	K2（D）	Km（D）	PL（D）
半侧翘起型	186	42.50±1.49	43.67±1.63	43.08±1.52	20.36±3.92
火山口型	45	42.68±1.21	44.01±1.44	43.32±1.27	21.84 ±3.94
马鞍型	3	43.73±0.65	45.07±0.81	44.37±0.64	27.42 ±1.04
相对平坦型	36	42.95±1.24	44.31±1.35	43.62±1.23	20.30 ±2.95
F 值		1.761	2.603	2.248	3.582
P 值		0.155	0.052	0.083	0.015

注：与半侧翘起型比较，[a]P<0.05；与火山口型比较，[b]P<0.01（单因素方差分析，Bonferroni 检验）　SE：等效球镜度；AL：眼轴长度；CCT：中央角膜厚度；K1：角膜平坦曲率；K2：角膜陡峭曲率；Km：平均角膜曲率；PL：晶状体屈光力

Note：Compared with hemilateral upturn type，[a]P<0.05；compared with saddle type，[b]P<0.01（One-way ANOVA，Bonferroni test）　SE：spherical equivalent；AL：axial length；CCT：central corneal thickness；K1：flat keratometry；K2：steep keratometry；Km：average keratometry；PL：refractive lens power

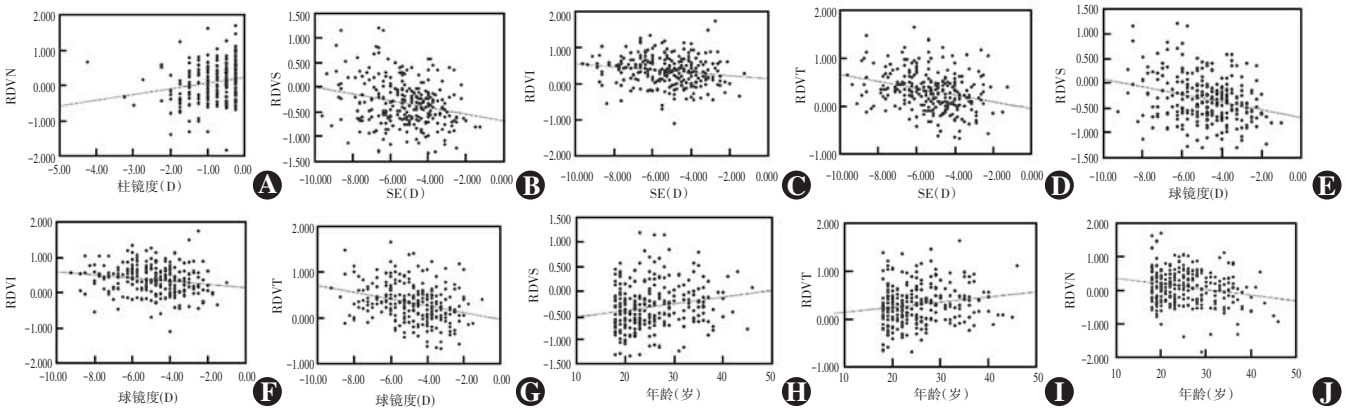

图 2　屈光值和年龄与视网膜周边离焦相关性散点图　A：柱镜度与 RDVN 呈正相关（r_s = 0.204，P = 0.001）　B：SE 与 RDVS 呈负相关（r_s = −0.199，P = 0.018）　C：SE 与 RDVI 呈负相关（r_s = −0.221，P = 0.009）　D：SE 与 RDVT 呈负相关（r_s = −0.327，P<0.001）　E：球镜度与 RDVS 呈负相关（r_s = −0.269，P<0.001）　F：球镜度与 RDVI 呈负相关（r_s = −0.176，P = 0.004）　G：球镜度与 RDVT 呈正相关（r_s = −0.292，P<0.001）　H：年龄与 RDVS 呈正相关（r_s = 0.213，P<0.001）　I：年龄与 RDVT 呈正相关（r_s = 0.181，P = 0.003）　J：年龄与 RDVN 呈负相关（r_s = −0.138，P = 0.023）　SE：等效球镜度；RDVS：上方视网膜周边离焦；RDVI：下方视网膜周边离焦；RDVT：颞侧视网膜周边离焦；RDVN：鼻侧视网膜周边离焦

Figure 2　Scatterplot of correlation between refractive value and age and peripheral retinal defocus　A: Cylindrical power was positively correlated with RDVN (r_s = 0.204, P = 0.001)　B: SE was negatively correlated with RDVS (r_s = −0.199, P = 0.018)　C: SE was negatively correlated with RDVI (r_s = −0.221, P = 0.009)　D: SE was negatively correlated with RDVT (r_s = −0.327, P<0.001)　E: Spherical power was negatively correlated with RDVS (r_s = −0.269, P<0.001)　F: Spherical power was negatively correlated with RDVI (r_s = −0.176, P = 0.004)　G: Spherical power was positively correlated with RDVT (r_s = −0.292, P<0.001)　H: Age was positively correlated with RDVS (r_s = 0.213, P<0.001)　I: Age was positively correlated with RDVT (r_s = 0.181, P = 0.003)　J: Age was negatively correlated with RDVN (r_s = −0.138, P = 0.023)　SE: spherical equivalent; RDVS: superior peripheral retinal defocus; RDVI: inferior peripheral retinal defocus; RDVT: temporal peripheral retinal defocus; RDVN: nasal peripheral retinal defocus

3　讨论

视网膜周边离焦的分类方法目前尚无定论，在以往的研究中受限于检测技术，对视网膜周边离焦的检测往往局限于数个轴位上多点测量[2]。Ferree 等[6-7]在这种测量基础上根据鼻颞不对称性将其分为 3 种类型，然而该分类方式无法代表所有视网膜周边离焦类型。1971 年，Rempt 等[1]在此基础上将其分为 5 种类型。2017 年，张璐等[8]通过使用 WAM-5500 型开放视野红外验光仪测量眼底 30°范围内的视网膜离焦后，将其分为 7 种类型，这种分类方式基本上包涵了视网膜周边离焦的各类型，但其检测结果仍局限于轴位上的视网膜离焦，无法反映视网膜整体和细节的变化。多光谱屈光地形图可以一次性测量以黄斑为中心眼底 53°范围内的视网膜周边离焦，测量时间相较于以往的测量方法更短，测量误差更小，并且由于检查结果是 3D 的，能更直观地研究视网膜周边离焦的整体特点和分布情况。本研究沿用了郑晓会等[3]对儿童青少年视网膜周边离焦的分类方式，分析了成人视网膜周边离焦的分布特点，并探讨了不同类型的视网膜周边离焦与近视屈光度的关系。

成人近视眼视网膜周边离焦作为近视发生和发展的最终形态，其研究结果具有重要价值。本研究探索成人视网膜周边离焦的分布特点，结果表明成人视网膜周边离焦类型中半侧翘起型占比最多，其次是火山口型，马鞍型和相对平坦型占比较少。屈光度和 AL 可能是造成不同周边离焦类型的原因，黄瑞琴等[9]研究发现，30°~45°范围内的视网膜周边离焦与 AL 存在正相关关系，与 SE 存在负相关关系。

本研究发现火山口型的人群平均 SE 最低，相对平坦型平均 SE 最高。火山口型和半侧翘起型视网膜周边离焦存在较多的远视性周边离焦，而远视性视网膜周边离焦可能导致近视程度加深[10-12]。由于本研究纳入的人群中中度近视患者较多，可能导致半侧翘起型视网膜周边离焦的眼数占比较其他类型的视网膜周边离焦更高。

视网膜周边离焦存在不对称性，不同区域的视网膜周边离焦对近视的影响目前尚不清楚。本研究结果显示，RDVS、RDVI 和 RDVT 与球镜度存在负相关关系，RDVN 与柱镜度存在正相关关系。目前，近视与视网膜周边离焦的关系尚无定论。Faria-Ribeiro 等[13]研究发现，RDVN 相较于其他区域更陡峭，可能与近视程度密切相关。Radhakrishnan 等[14]研究同样显示 RDVN 与近视进展可能存在相关性。然而，Lin 等[15]的研究则认为儿童 RDVS 是近视发展的指标。后续研究表明，RDVI 和 RDVT 是影响儿童近视发生和发展的重要因素[16]。这与本研究结果相似，然而本研究所采用的数据均来源于成年人。

眼睑压力可影响角膜形态，而角膜形态的改变会影响视网膜周边离焦状态。Du 等[17]发现角膜形态规则指数与 0°~20°视网膜离焦存在一定相关性，纳入人群的年龄不同，眼睑压力也不相同，这可能是造成不同研究中上方视网膜周边离焦与近视相关性存在争议的原因之一。此外，本研究发现年龄与 RDVN 也存在负相关关系，即随着年龄的增长，成年人鼻侧视网膜远视性周边离焦会逐渐增大；Du 等[18]发现鼻侧视网膜离焦与年龄存在负相关关系，这与本研究结果一致；此外，上方、下方和颞侧的视网膜离焦与年龄存在正相关关系，这与本研究结果不同，推测可能是由纳入人群的年龄差异性所导致。目前，不同区域视网膜离焦与年龄的相关性研究较少，屈光介质改变、视网膜厚度及形态变化可能是造成二者存在相关性的原因。

然而，本研究仍存在一定不足，本研究所纳入样本中马鞍型数量较少，可能在一定程度上影响了统计结果，后续还需扩大样本量对马鞍型视网膜周边离焦人群进行进一步研究。此外，本研究所采用的视网膜周边离焦分类方式主观性较强，由 3 名医师独立完成分类工作，最后共同讨论存在矛盾的结果，以尽量减少主观误差。

综上所述，成人近视眼视网膜周边离焦存在不对称性，以半侧翘起型和火山口型为主，其中火山口型的人群平均 SE 最低，相对平坦型平均 SE 最高。屈光度和 AL 与视网膜周边离焦的不同类型密切相关。上方、下方和颞侧的视网膜周边离焦与球镜度存在负相关关系，提示可能与近视的发生和发展存在密切联系。此外，成人近视度数相对稳定，其眼底视网膜周边离焦类型可能是近视进展的最终结果，并且由于火山口型的平均 SE 最低，因此通过检查视网膜周边离焦类型并及时干预，防止火山口型视网膜周边离焦类型的出现，可能在一定程度上可以抑制近视的发展。

利益冲突　所有作者均声明不存在任何利益冲突

作者贡献声明　曲诗佳：参与选题、研究设计、资料的分析和解释、论文撰写；宋芬、李煜桐：参与资料收集、数据整理、讨论；白绍虎、唐颖：参与资料收集、数据整理、统计学分析；王雁：参与选题、研究设计、研究指导、论文修改

参考文献

[1] Rempt F, Hoogerheide J, Hoogenboom WP. Peripheral retinoscopy and the skiagram[J]. Ophthalmologica, 1971, 162(1): 1-10. DOI: 10.1159/000306229.

[2] Mathur A, Atchison DA. Peripheral refraction patterns out to large field angles[J]. Optom Vis Sci, 2013, 90(2): 140-147. DOI: 10.1097/OPX.0b013e31827f1583.

[3] Lu W, Ji R, Ding W, et al. Agreement and repeatability of central and peripheral refraction by one novel multispectral-based refractor [J/OL]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 777685[2025-01-18]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34957151. DOI: 10.3389/fmed.2021.777685.

[4] Liao Y, Yang Z, Li Z, et al. A quantitative comparison of multispectral refraction topography and autorefractometer in young adults[J/OL]. Front Med (Lausanne), 2021, 8: 715640[2025-01-18]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/34589499. DOI: 10.3389/fmed.2021.715640.

[5] 郑晓会，石慧霖，由佳鑫，等. 儿童青少年视网膜周边离焦分布特点的研究[J]. 中华眼科杂志，2024，60(4)：337-342. DOI：10.3760/cma.j.cn112142-20231025-00185.
Zheng XH, Shi HL, You JX, et al. A study on the distribution characteristics of peripheral retinal defocus in children and adolescents [J]. Chin J Ophthalmol, 2024, 60(4): 337-342. DOI: 10.3760/cma.j.cn112142-20231025-00185.

[6] Ferree C, Rand G, Hardy C. Refraction for the peripheral field of vision [J]. Arch Ophthalmol, 1931, 5: 717-31.

[7] Ferree CE, Rand G, Hardy C. Refractive asymmetry in the temporal and nasal halves of the visual field [J]. Am J Ophthalmol, 1932, 15: 513-22.

[8] 张璐，刘艳琳，石晓庆，等. 中国青少年近视患者水平视网膜相对周边屈光度和散光分量曲线类型研究[J]. 中华实验眼科杂志，2017，35(6)：520-525. DOI：10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.06.007.
Zhang L, Liu YL, Shi XQ, et al. Horizontal relative peripheral refraction and astigmatic vector patterns in Chinese young myopic subjects[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2017, 35(6): 520-525. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2017.06.007.

[9] 黄瑞琴，司静彬，吕晗，等. 屈光不正儿童青少年视网膜离焦与眼轴的相关性[J]. 中华眼视光学与视觉科学杂志，2024，26(5)：368-373. DOI：10.3760/cma.j.cn115909-20231202-00208.
Huang RQ, Si JB, Lyu H, et al. Correlation between retinal defocus and axial length in children and adolescents with refractive error[J]. Chin J Optom Ophthalmol Vis Sci, 2024, 26(5): 368-373. DOI: 10.3760/cma.j.cn115909-20231202-00208.

[10] Chen X, Sankaridurg P, Donovan L, et al. Characteristics of peripheral refractive errors of myopic and non-myopic Chinese eyes[J]. Vision Res, 2010, 50(1): 31-35. DOI: 10.1016/j.visres.2009.10.004.

[11] Atchison DA, Pritchard N, Schmid KL. Peripheral refraction along the horizontal and vertical visual fields in myopia[J]. Vision Res, 2006, 46(8-9): 1450-1458. DOI: 10.1016/j.visres.2005.10.023.

[12] Seidemann A, Schaeffel F, Guirao A, et al. Peripheral refractive errors in myopic, emmetropic, and hyperopic young subjects[J]. J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis, 2002, 19(12): 2363-2373. DOI: 10.1364/josaa.19.002363.

[13] 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.0b013e318278153c.

[14] Radhakrishnan H, Allen PM, Calver RI, et al. Peripheral refractive changes associated with myopia progression[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2013, 54(2): 1573-1581. DOI: 10.1167/iovs.12-10278.

[15] Lin Z, Xi X, Wen L, et al. Relative myopic defocus in the superior retina as an indicator of myopia development in children[J/OL]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2023, 64(4): 16[2025-01-18]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/37057974. DOI: 10.1167/iovs.64.4.16.

[16] Tong G, Jin Y, Wu H, et al. Characteristics of peripheral refractive errors in eyes of patients with non-amblyopic myopic anisometropia [J/OL]. BMC Ophthalmol, 2024, 24(1): 266[2025-01-08]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/38907184. DOI: 10.1186/s12886-024-03527-1.

[17] Du YQ, Zhou YH, Ding MW, et al. Observation of peripheral refraction in myopic anisometropia in young adults[J]. Int J Ophthalmol, 2023, 16(12): 2082-2088. DOI: 10.18240/ijo.2023.12.22.

[18] Du Y, Zhang M, Zhou Y, et al. Observations on relative peripheral refraction in Chinese adults with myopia based on a novel application of multispectral refraction topography[J/OL]. Sci Rep, 2024, 14(1): 25854[2025-01-16]. http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/39468322. DOI: 10.1038/s41598-024-77289-7.

（收稿日期：2025-02-18　修回日期：2025-06-12）

（本文编辑：张宇　骆世平）