论著·临床医学

微视野计MP-3评估显示共同性外斜视儿童黄斑固视稳定性下降:一项病例-对照研究

李 芳,邓斯元,吴挺飞,何 宏 中山大学中山眼科中心海南眼科医院(海南省眼科医院)斜弱视专科,海南省眼科学重点实验室,海南海口

[摘要] **目的** 共同性外斜视是儿童青少年最常见的斜视类型,常伴双眼视功能异常,可能破坏视觉与眼球运动系统之间的协调,进而影响黄斑固视稳定性。本研究应用微视野计MP-3评估共同性外斜视儿童的黄斑固视稳定性,探讨其与非斜视儿童的差异及潜在影响因素。**方法** 采用病例-对照研究设计方案,纳入2024年2月至2025年10月在海南省眼科医院斜弱视专科确诊的共同性外斜视儿童40例(外斜视组)及年龄匹配的非斜视儿童30例(正常对照组)。在单眼条件下应用微视野计MP-3评估黄斑固视功能,记录固视点落在直径2°(P1)和4°(P2)范围内的百分比,并计算包含68.2%、95.4%及99.6%固视点的双变量轮廓椭圆面积(bivariate contour ellipse area, BCEA)。比较外科视组主导眼、主斜眼及正常对照组组间各固视参数(P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA)的差异,并分析外斜视组内上述参数与斜视持续时间、斜视度、立体视功能、屈光状态及斜视亚型的相关性。**结果** 外斜视组年龄8~13岁,其中男24例,女16例;正常对照组年龄7~12岁,其中男16例,女14例。外斜视组主导眼、主斜眼和正常对照组P1比较差异有统计学意义(H=10.673,P=0.005);外斜视组主导眼(Z=−3.005,P=0.003)和主斜眼(Z=−2.620,P=0.009)的P1值均显著低于正常对照组,但主导眼与主斜眼之间无显著差异。外斜视组主导眼、主斜眼和正常对照组P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA及99.6%BCEA差异无统计学意义。外斜视组主导眼和主斜眼各固视参数与斜视持续时间、斜视度、等效球镜度、近用立体视均无相关性。主斜眼散光度数与P1(r=0.407,P=0.009)、P2(r=0.460,P=0.003)呈弱正相关,与68.2%BCEA(r=−0.404,P=0.010)、95.4%BCEA(r=−0.404,P=0.010)及99.6%BCEA(r=−0.391,P=0.013)呈弱负相关,而主导眼散光度数与各固视参数均无显著相关性。按双眼视功能(近/远立体视、融合功能、同时视)及斜视亚型(间歇性/恒定性)分层,各亚组间固视参数差异均无统计学意义。**结论** 共同性外斜视儿童存在一定程度的视网膜固视稳定性下降,主要表现为黄斑区固视点集中度降低;该下降与斜视持续时间、斜视度、屈光状态、双眼视功能及斜视亚型等潜在影响因素均无明显关联。微视野计MP-3可有效评估儿童固视功能,为斜视视觉功能评估提供客观指标。

[关键词] 共同性外斜视;固视;微视野计;黄斑;儿童

[中图法分类号] R770.422;R729;R777.41 [文献标志码] A

[基金项目] 海南省卫生健康科技创新联合项目(WSJK2026QN029)

[通信作者] 何 宏,E-mail:irisheh@foxmail.com

2097-0927/Copyright © 2026, 陆军军医大学(第三军医大学)。这篇开放获取文章遵循CC BY许可协议(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

引用格式:李芳,邓斯元,吴挺飞,等. 微视野计MP-3评估显示共同性外斜视儿童黄斑固视稳定性下降:一项病例-对照研究[J]. 陆军军医大学学报,2026,48(20):2949-2956. DOI:10.16016/j.2097-0927.202606052.

Citation: Li F, Deng S Y, Wu T F, *et al*. Microperimetry MP-3 assessment reveals reduced macular fixation stability in children with concomitant exotropia: a case-control study[J]. J Army Med Univ, 2026, 48(20): 2949-2956. DOI: 10.16016/j.2097-0927.202606052.

Microperimetry MP-3 assessment reveals reduced macular fixation stability in children with concomitant exotropia: a case-control study

Li Fang, Deng Siyuan, Wu Tingfei, He Hong Department of Strabismus and Amblyopia, Hainan Eye Hospital and Key Laboratory of Ophthalmology, Zhongshan Ophthalmic Center, Sun Yat-sen University, Haikou, Hainan, China

[**Abstract**] Objective Concomitant exotropia, the most common type of strabismus in children and adolescents, is often accompanied by binocular visual dysfunction, which may disrupt the coordination between the visual and oculomotor systems, thereby affecting macular fixation stability. To assess macular fixation stability in children with concomitant exotropia, this study used the MP-3 microperimeter to explore the differences in fixation stability between these patients and age-matched non-strabismic children, and investigate potential influencing factors for fixation abnormalities. Methods A case-control study was conducted on 40 children diagnosed with concomitant exotropia (exotropia group) admitted to our department and 30 age-matched non-strabismic children (normal control group) between February 2024 and October 2025. Macular fixation function was evaluated under monocular conditions using the MP-3 microperimeter. The percentages of fixation points within the 2° (P1) and 4° (P2) diameter circles, as well as the bivariate contour ellipse area (BCEA) encompassing 68.2%, 95.4%, and 99.6% of fixation points, were recorded. Fixation stability parameters (P1, P2, 68.2%BCEA, 95.4%BCEA, and 99.6%BCEA) were compared between groups, and the correlations of these parameters with clinical characteristics, including strabismus duration, deviation angle, stereopsis, refractive status, and exotropia subtype, were analyzed within the exotropia group. Results There were 40 children in the exotropia group (24 boys and 16 girls, aged 8 to 13 years) and 30 children in the normal control group (16 boys and 14 girls, aged 7 to 12 years). There was a statistically significant difference in P1 values among the dominant eyes of the exotropia group, the deviating eyes of the exotropia group, and the normal control eyes (H=10.673, P=0.005). Pairwise comparisons showed that the P1 values of the dominant eyes (Z=−3.005, P=0.003) and the deviating eyes (Z=−2.620, P=0.009) were significantly lower in the exotropia group than the normal control group, with no significant difference between the dominant and deviating eyes. No significant differences were observed in terms of P2, 68.2%BCEA, 95.4%BCEA, or 99.6%BCEA among the dominant eye and the deviated eye in the exotropia group, and the normal control group. In the exotropia group, no significant correlations were found between any fixation parameters (for either dominant or deviating eyes) and exotropia duration, deviation angle, spherical equivalent, or near stereopsis. However, in the deviating eyes, the degree of astigmatism showed weak positive correlations with P1 (r=0.407, P=0.009) and P2 (r=0.460, P=0.003), and weak negative correlations with 68.2%BCEA (r=−0.404, P=0.010), 95.4%BCEA (r=−0.404, P=0.010) and 99.6%BCEA (r=−0.391, P=0.013), whereas the astigmatism degree of the dominant eye showed no significant correlation with any fixation parameter. Stratified analyses according to binocular visual function (near/far stereopsis, fusion, and simultaneous perception) and strabismus subtype (intermittent/constant) revealed no significant differences in fixation parameters between any subgroups. Conclusion Children with concomitant exotropia exhibit mild impairment of retinal fixation stability, mainly manifested as reduced concentration of fixation points within the central macular region. This decrease is not significantly associated with potential influencing factors such as exotropia duration, deviation angle, refractive status, binocular visual function, or exotropia subtype. The MP-3 microperimeter enables effective and objective assessment of pediatric fixation function, providing reliable quantitative parameters for visual function in strabismus.

[**Key words**] concomitant exotropia; fixation; microperimetry; macula lutea; children

Supported by the Joint Project on Health Science and Technology Innovation of Hainan Province (WSJK2026QN029). Corresponding author: He Hong, E-mail: irisheh@foxmail.com

研究表明,斜视在全球的总患病率约为1.93%,其中儿童青少年的患病率约为1.78%,是儿童青少年视觉障碍常见的原因之一[1]。其中,共同性外斜视是最常见的斜视亚型。人类在注视的过程中,眼睛仍有微小移动,包括微扫视、眼漂移和高频眼球震颤[2]。由于人类视觉和眼球运动系统之间有着紧密而和谐的联系,所以这些注视性眼球微运动不会破坏双眼视功能和注视稳定性。然而,视觉发育关键时期出现的外斜视通常导致双眼视觉功能异常[3],破坏了视觉和眼球运动系统之间和谐的关系。既往有研究发现斜视患者固视性微扫视和眼漂移的共轭性下降[4],那么外斜视患者的注视稳定性是否可能会随之下降呢?既往研究中多采用视频追踪仪记录眼球的运动轨迹,根据眼球运动轨迹计算固视稳定性[4-6],精确性较差。微视野计MP-3可以实时追踪记录眼底的固视轨迹,可以精准记录注视过程中眼球的微小移动,客观、定量地评估眼睛的固视功能[7]。本研究拟应用微视野计MP-3评估共同性外斜视儿童的固视稳定性,分析共同性外斜视儿童的固视稳定性与非斜视儿童的差异,以及探索影响固视稳定性的潜在因素。

1 对象与方法

1.1 研究对象

本研究采用病例-对照研究设计方案,纳入2024年2月至2025年10月在海南省眼科医院斜弱视专科诊断为共同性外斜视的儿童作为外斜视组。同期纳入就诊于斜弱视专科年龄匹配的非斜视儿童作为正常对照组。纳入标准:①外斜视组符合共同性外斜视的诊断标准[8],正常对照组无显性/隐性斜视,且2组眼球运动均正常;②年龄7~13岁;③最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)≥1.0;④球镜度为-6.0~+3.0 D,柱镜度为-3.0~+3.0 D。排除标准:①合并其他类型的斜视;②有矫正屈光不正以外的斜视治疗史;③既往有弱视治疗史;④有其他眼部疾病及全身系统性疾病;⑤有眼部外伤史或手术史。本研究通过海南省眼科医院医学伦理审查委员会审批(2022-038-01),依照赫尔辛基宣言,告知被检者及其监护人相关检查流程并且均签署知情同意书。

1.2 一般眼科检查和斜视专科检查

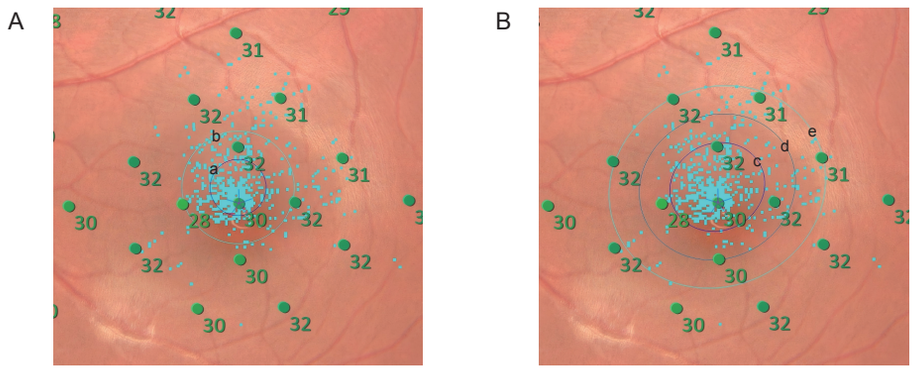
详细询问所有受试者病史,记录斜视发病年龄及持续时间,并进行以下检查:使用标准对数视力表检查裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)及BCVA,使用裂隙灯显微镜及前置镜检查眼前节及眼底。采用自动验光仪(RT-5100,日本Nidek公司)检查等效球镜度(spherical equivalent, SE),低度近视:-3.00 D<SE≤-0.50 D;中度近视:-6.00 D<SE≤-3.00 D;使用卡洞法检查主导眼,采用Titmus立体视图检查近立体视功能,采用同视机检查同时视、融合和远立体视功能,外斜视患者屈光矫正后用三棱镜遮盖去遮盖法检查远(6 m)、近(33 cm)距离斜视度,以及眼球运动检查。

1.3 黄斑固视功能检查

采用微视野计(MP-3, Nidek Technologies, Japan)检查所有患者黄斑固视功能。根据其内部程序设定,选用标准黄斑测试4-2(fast)程序,光标大小采用Goldmann Ⅲ号视标,光亮度阈值为0~34 dB,光标持续时间为200 ms,白色背景光亮度为31.4 asb。微视野计MP-3通过红外发光二极管自动完成对准与调焦,聚焦调整为-12~+15 D,确保在被检者的眼底投射出清晰的视标图像,检查前未使用任何散瞳药,在暗室内适应10 min,接受简短的培训后先行预试验检测后开始检测,测量是在双眼条件下进行的,检查过程中未检查的眼睛保持睁开状态。为避免学习偏差,以第二次检测结果做统计学分析。检查过程中,会有33个刺激光斑投射在受试者的视网膜上,分布在20°视角范围内,受试者被要求一直注视固视目标,一旦感受到刺激源,就按压手中的响应按钮。微视野计MP-3通过眼球自动追踪系统跟踪眼底,记录注视过程中眼球的微小移动,通过其自有软件分析固视稳定性。检查结果中,固视点以散点状分布的一簇蓝色小点呈现,如图1。固视稳定性用固视点落在以固视点的重心为中心,以直径2°和4°的圆圈内的百分比显示,分别以P1和P2表示(图1A);微视野计MP-3自动计算固视点稳定性在68.2%、95.4%、99.6%以内的椭圆固视范围,以双变量轮廓椭圆面积(bivariate contour ellipse area, BCEA)表示(图1B)。检查结束后,系统将固视点数据与同时拍摄的高清眼底图像叠加,自动识别视网膜优选位点(preferred retinal locus, PRL)。测量PRL与黄斑中心凹的距离,将注视性质判定为中心注视(PRL位于黄斑中心凹3°范围内)或旁中心注视(PRL位于黄斑中心凹3°范围外)[9],所有受试者为中心注视。

1.4 统计学分析

采用SPSS 22.0软件进行统计学分析。本研究计量资料经K-S检验均不服从正态分布,连续型变量采用$M(P_{25}, P_{75})$表示,两组配对样本的比较采用Wilcoxon符号秩检验;3组间比较采用Kruskal-Wallis H检验;两组独立样本的比较采用Mann-Whitney U检验。组间的多重比较以Bonferroni校正后P值为检验



A: Fixation graph of a child with concomitant exotropia, showing the percentage of fixation points falling within the central 2° (circle a) and 4° (circle b) diameter circles; B: Bivariate contour ellipse area (BCEA) analysis of fixation points in a child with concomitant exotropia with ellipses c, d, and e encompassing 68.2%, 95.4%, and 99.6% of the fixation points, respectively

图1 微视野计固视功能检查图

Figure 1 Fixation function examination by a microperimeter

水准(P=0.017)。3组性别分布比较采用χ^2检验。固视参数与斜视持续时间、斜视度、立体视功能、屈光状态及斜视亚型的相关性分析采用Spearman秩相关分析。采用双侧检验,以P<0.05为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 一般资料

本研究共纳入共同性外斜视40例(主导眼40眼,主斜眼40眼),其中男24例,女16例,年龄8~13岁。同期纳入正常对照组30例(主导眼30眼,非主导眼30眼),其中男16例,女14例,年龄7~12岁。外斜视组和正常对照组的年龄、性别、SE比较均无统计学差异。外斜视组的33 cm斜视度(Z=-7.962,P<0.001)和6 m斜视度(Z=-9.173,P<0.001)明显大于正常对照组(表1)。

2.2 正常对照组主导眼与非主导眼的固视稳定性无显著差异

Wilcoxon符号秩检验结果显示,正常对照组的主导眼与非主导眼的P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA无统计学差异(表2)。因此,选取正常对照组主导眼与非主导眼固视稳定性参数的平均值作为正常对照组数据。

2.3 外斜视组主导眼、主斜眼的固视稳定性均低于正常对照组

Kruskal-Wallis H检验结果显示,外斜视组主导眼、主斜眼与正常对照组的P1有统计学差异(H=10.673,P=0.005);进行两两比较发现,外斜视主导眼组(Z=-3.005,P=0.003)和主斜眼组(Z=-2.620,P=0.009)的P1值均低于正常对照组;外斜视主导眼组和主斜眼组的P1值无统计学差异(Z=-0.269,P=0.788,表3)。

2.4 外斜视组固视稳定性与斜视临床特征无明显相关性

外斜视患者斜视持续时间为(7.09±5.15)年。外斜视组主导眼的P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA与斜视持续时间、斜视度均无显著相关

表1 外斜视组和正常对照组的基本情况比较[$M(P_{25},P_{75})$,例]

Table 1 Comparison of basic characteristics between the exotropia group and the normal control group [$M(P_{25},P_{75})$,n]

Parameter	Exotropia group (n=40)	Control group (n=30)	Z/χ^2	P
Age/years	10(9,12)	11(8,12)	-0.635	0.525
Gender				
Male	24	16	0.311	0.577
Female	16	14		
SE/D	-0.625(-2.469,0)	-1.750(-2.344,0.313)	-1.393	0.164
Deviation angle/PD				
33 cm	47.5(40.0,65.0)	0	-7.962	<0.001
6 m	40.0(40.0,64.0)	0	-9.173	<0.001

表2 正常对照组的视网膜固视稳定性比较[$M(P_{25},P_{75})$]

Table 2 Comparison of retinal fixation stability in normal control group [$M(P_{25},P_{75})$]

Parameter	Dominant eye (n=30)	Non-dominant eye (n=30)	Z	P
P1/%	68.1(66.2,76.8)	66.2(65.5,75.3)	−1.012	0.311
P2/%	86.7(85.0,94.9)	90.3(85.0,93.4)	−0.833	0.405
68.2%BCEA/deg^2	5.2(2.9,5.4)	4.7(2.8,6.2)	−0.412	0.680
95.4%BCEA/deg^2	14.0(7.9,14.6)	12.7(7.7,16.6)	−0.412	0.680
99.6%BCEA/deg^2	21.9(15.1,26.8)	24.3(14.6,31.9)	−0.187	0.851

性;外斜视组主斜眼的P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA与斜视持续时间、斜视度均无显著相关性(表4)。

2.4.1 屈光状态对固视稳定性无明显影响

外斜视组主导眼和主斜眼的P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA与SE均无显著相关性(表4)。外斜视组主导眼按等效球镜度分为正视/远视组(18眼)与近视组(22眼,包括低度近视和中度近视);主斜眼按等效球镜度分为正视/远视组(18眼)与近视组(22眼,包括低度近视和中度近视)。Mann-Whitney U检验结果显示,无论主导眼还是主斜眼,2组间固视参数P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA差异均无统计学意义(P>0.05)。分别将主导眼和主斜眼的绝对柱镜度与各固视参数进行Spearman秩相关分析,结果显示,主导眼散光度数与固视参数P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA均无显著相关性;主斜眼散光度数与P1(r=0.407,P=0.009)、P2(r=0.460,P=0.003)呈弱正相关,与68.2%BCEA(r=−0.404,P=0.010)、95.4%BCEA(r=−0.404,P=0.010)及99.6%BCEA(r=−0.391,P=0.013)呈弱负相关。

2.4.2 双眼视功能对固视稳定性无明显影响

2.4.2.1 近用立体视 主导眼无立体视组(16眼)与有立体视组(24眼)组间固视参数P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA差异均无统计学意义,主斜

表3 外斜视组主导眼、主斜眼与正常对照组的固视稳定性比较[$M(P_{25},P_{75})$]

Table 3 Comparison of fixation stability among dominant eye, deviating eye, and normal control group [$M(P_{25},P_{75})$]

Parameter	Control eye (n=30)	Dominant eye (n=40)	Deviating eye (n=40)	H	P
P1/%	67.2(65.5,76.8)	60.1(45.4,78.3)	58.1(47.4,82.5)	10.673	0.005
P2/%	88.5(85.0,94.9)	82.9(78.0,93.8)	86.2(75.8,95.4)	5.261	0.072
68.2%BCEA/deg^2	5.0(2.8,6.2)	6.8(2.6,10.0)	6.0(2.2,12.0)	4.754	0.093
95.4%BCEA/deg^2	13.4(7.7,16.6)	18.3(6.8,27.0)	16.0(5.9,32.2)	4.787	0.091
99.6%BCEA/deg^2	23.1(14.6,31.9)	35.0(13.0,54.6)	30.7(12.7,61.6)	5.734	0.057

表4 外斜视患者黄斑固视稳定性与斜视相关指标的相关性分析(n=40)

Table 4 Correlation analysis between macular fixation stability and strabismus-related indicators in the exotropia children (n=40)

Parameter	Duration of exotropia		Deviation angle (33 cm)		Deviation angle (6 m)		Near stereopsis		SE		Absolute cylinder	
	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P	r	P
Dominant eye (n=40)												
P1	−0.080	0.625	0.186	0.252	0.150	0.355	0.072	0.738	0.185	0.259	0.112	0.491
P2	0.086	0.598	0.017	0.915	0.008	0.962	0.050	0.815	0.170	0.302	0.129	0.427
68.2%BCEA	−0.065	0.690	−0.016	0.922	−0.001	0.996	−0.050	0.815	−0.189	0.250	−0.102	0.532
95.4%BCEA	−0.075	0.645	−0.024	0.882	−0.015	0.928	−0.050	0.815	−0.184	0.261	−0.108	0.506
99.6%BCEA	−0.059	0.720	−0.018	0.911	−0.003	0.985	−0.115	0.592	−0.225	0.168	−0.074	0.649
Deviating eye (n=40)												
P1	−0.202	0.211	−0.037	0.823	−0.027	0.868	0.014	0.947	−0.104	0.524	0.407	0.009
P2	−0.229	0.154	−0.058	0.723	−0.035	0.830	−0.058	0.789	−0.115	0.479	0.460	0.003
68.2%BCEA	0.275	0.086	0.113	0.489	0.104	0.524	0.022	0.920	0.045	0.780	−0.404	0.010
95.4%BCEA	0.275	0.086	0.113	0.489	0.104	0.524	0.022	0.920	0.045	0.780	−0.404	0.010
99.6%BCEA	0.269	0.094	0.118	0.469	0.113	0.487	0.022	0.920	0.033	0.838	−0.391	0.013

眼无立体视组(16眼)与有立体视组(24眼)组间固视参数P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA差异均无统计学意义。进一步对24例有近用立体视的外斜视儿童进行Spearman秩相关分析,结果显示,主导眼和主斜眼的近用立体视与各固视参数P1、P2、68.2%BCEA、95.4%BCEA、99.6%BCEA均无显著相关性(P>0.05,表4)。

2.4.2.2 远用立体视 主导眼无立体视组(32眼)与有立体视组(8眼)组间P1(Z=0.000,P=1.000)、P2(Z=-0.406,P=0.685)、68.2%BCEA(Z=-0.542,P=0.588)、95.4%BCEA(Z=-0.542,P=0.588)及99.6%BCEA(Z=-0.812,P=0.417)差异均无统计学意义;主斜眼无立体视组(32眼)与有立体视组(8眼)组间P1(Z=-0.677,P=0.498)、P2(Z=-0.677,P=0.498)、68.2%BCEA(Z=-0.542,P=0.588)、95.4%BCEA(Z=-0.542,P=0.588)及99.6%BCEA(Z=-0.542,P=0.588)差异均无统计学意义。

2.4.2.3 融合功能 主导眼无融合组(30眼)与有融合组(10眼)组间P1(Z=-0.563,P=0.574)、P2(Z=-0.813,P=0.416)、68.2%BCEA(Z=-0.751,P=0.453)、95.4%BCEA(Z=-0.813,P=0.416)及99.6%BCEA(Z=-1.063,P=0.288)差异均无统计学意义;主斜眼无融合组(30眼)与有融合组(10眼)组间P1(Z=-0.063,P=0.950)、P2(Z=-0.188,P=0.851)、68.2%BCEA(Z=-0.563,P=0.573)、95.4%BCEA(Z=-0.563,P=0.573)及99.6%BCEA(Z=-0.563,P=0.573)差异均无统计学意义。

2.4.2.4 同时视 主导眼无同时视组(26眼)与有同时视组(14眼)组间P1(Z=-0.057,P=0.955)、P2(Z=-0.057,P=0.955)、68.2%BCEA(Z=-0.114,P=0.910)、95.4%BCEA(Z=-0.057,P=0.955)及99.6%BCEA(Z=-0.170,P=0.865)差异均无统计学意义;主斜眼无同时视组(26眼)与有同时视组(14眼)组间P1(Z=-0.057,P=0.955)、P2(Z=-0.170,P=0.865)、68.2%BCEA(Z=-0.511,P=0.609)、95.4%BCEA(Z=-0.511,P=0.609)及99.6%BCEA(Z=-0.511,P=0.609)差异均无统计学意义。

2.4.3 斜视亚型对固视稳定性无明显影响 外斜视组按斜视类型分为间歇性外斜视组与恒定性外斜视组。结果显示,主导眼间歇性外斜视组(31眼)与恒定性外斜视组(9眼)组间P1(Z=-1.318,P=0.188)、P2(Z=-0.784,P=0.433)、68.2%BCEA(Z=-0.985,P=0.325)、95.4%BCEA(Z=-1.051,P=0.293)及99.6%BCEA(Z=-1.184,P=0.236)差异均无统计学意义;主斜眼间歇性外斜视组(31眼)与恒定性外斜视组(9眼)组间P1(Z=-0.551,P=0.582)、P2(Z=-0.421,P=0.673)、68.2%BCEA(Z=-0.357,P=0.721)、95.4%BCEA(Z=-0.357,P=0.721)及99.6%BCEA(Z=-0.357,P=0.721)差异均无统计学意义。

3 讨论

微视野计通过眼底自动追踪技术直接记录黄斑区固视轨迹,可精确量化固视点的离散程度。既往研究证实,微视野计在评估视网膜固视功能方面具有良好的可重复性和可靠性,其测量的固视参数包括P1、P2及BCEA等,已成为黄斑功能评估的敏感指标[10-12]。目前应用微视野计MP-3评估共同性外斜视儿童固视稳定性的研究鲜有报道。本研究采用微视野计MP-3对共同性外斜视儿童进行固视功能检测,并与同龄非斜视儿童比较,旨在从视网膜水平客观探讨外斜视对固视稳定性的影响及其潜在相关因素。

3.1 共同性外斜视儿童黄斑固视稳定性下降

本研究结果显示,共同性外斜视儿童无论主导眼还是主斜眼,其2°范围内固视点百分比(P1)均显著低于正常对照组;而P2及3种BCEA虽分别呈现降低或增大趋势,但组间差异均未达到统计学意义。这一结果提示,外斜视儿童的固视稳定性受损主要表现为黄斑中心凹精细固视能力的减弱,而非广泛的固视离散范围扩大。值得注意的是,主导眼与主斜眼均表现出类似的改变,提示这种固视稳定性的下降可能不仅局限于偏斜眼,而是涉及双眼系统共同的功能改变。既往Kelly等[6]利用眼动追踪仪亦发现斜视儿童在双眼视条件下存在固视不稳定现象,与本研究观察结果一致。Ghasia等[4]的研究进一步揭示,斜视患者固视性微扫视和眼漂移的共轭性下降,从眼球运动神经控制层面解释了外斜视状态下固视稳定性受损的生理基础。

本研究未发现外斜视患者主导眼与主斜眼的固视稳定性存在统计学差异,这与Economides等[5]的研究结论不一致。后者采用视频眼动追踪仪,在双眼视条件下记录共同性斜视患者的固视轨迹,发现非主导眼的固视稳定性较主导眼差。分析其原因,可能与检查条件的差异有关。本研究中,受试者在微视野计检查时,未接受检查的眼睛虽未被遮盖,但并无明确的固视目标,实际上处于单眼视状态;而Economides等[5]在双眼视条件下记录,眼间抑制等因素可能进一步加剧主斜眼的不稳定性。Kelly等[6]亦报道,斜视儿童非主导眼的固视不稳定在双眼视条件下更为明显,且与

立体视损害及抑制暗点扩大相关。Hou等[13]采用双眼眼动追踪技术对斜视儿童进行固视稳定性的定量评估,发现与健康儿童相比,斜视儿童双眼间存在显著的固视差异,且内斜视较外斜视更为严重,斜视矫正术后双眼间水平方向固视差异显著减少。该研究证实,单/双眼视对固视稳定性评估结果具有影响。因此,本研究在单眼视条件下未发现主导眼与主斜眼的差异,可能与未诱发眼间抑制等双眼竞争机制有关,而非表明主斜眼的固视功能未受损。

3.2 共同性外斜视儿童固视稳定性下降与临床特征无显著关联

为探讨固视稳定性下降的潜在关联因素,本研究进一步分析了斜视持续时间、斜视度、屈光度、近/远立体视、斜视亚型等临床指标对固视参数的影响。结果显示,无论主导眼还是主斜眼,各固视稳定性参数与上述临床特征均无显著相关性,各分层亚组间亦未发现统计学差异。Kelly等[6]应用眼动追踪仪发现,斜视人群主导眼的固视不稳定性与立体视及视力均无显著关联,而非主导眼的不稳定性则与立体视损害相关。这提示,黄斑固视稳定性的受损程度与当前斜视的严重程度、类型及双眼视功能分级之间并非简单线性关联,固视稳定性可能是一个相对独立的视功能维度。

3.2.1 固视稳定性与双眼视功能状态无显著关联

从双眼视功能角度分析,按近/远立体视、融合功能及同时视分层后,各亚组间固视参数差异均无统计学意义。Peng等[14]对间歇性外斜视术后患儿的纵向研究发现,术后早期双眼视功能的改善与远期眼位漂移无显著相关性;Wu等[15]亦报道术后双眼视功能指标不能预测远期眼位稳定性。这些研究表明,双眼视功能的临床分级与眼球运动控制的稳定性可能属于不同维度的功能评估,二者之间并非简单的平行关系。间歇性外斜视的临床表现变异极大,部分患者可长期维持良好的双眼视功能,而部分患者则逐渐出现抑制暗点及立体视锐度下降,这种临床异质性可能削弱了双眼视功能分级与固视稳定性之间的关联。本研究中固视稳定性与双眼视功能分级无显著关联,可能与上述机制类似,即感觉性双眼视功能的存在与否,并不直接反映黄斑固视微运动调控的精度。

3.2.2 固视稳定性与斜视亚型无显著关联

按斜视类型分层后,间歇性外斜视与恒定性外斜视的固视参数差异亦无统计学意义,提示固视稳定性受损可能在间歇性外斜视阶段即已存在,且未随斜视恒定性化而进一步显著加重。这一发现与间歇性外斜视的病理生理特征相符:即使眼位间歇性正位,双眼视觉系统已长期面临融合性集合不足的挑战,也可能导致中枢眼球运动调控环路发生持续性适应性改变。

3.2.3 固视稳定性与屈光状态无显著关联

关于屈光状态对外斜视儿童固视稳定性的影响,本研究按等效球镜度将主导眼和主斜眼分别分为正视/远视组与近视组,结果显示各固视参数组间差异均无统计学意义,提示在本研究样本中,近视程度并非影响外斜视儿童固视稳定性的主要因素。散光方面,主导眼各固视参数与散光度数均无显著相关;主斜眼虽观察到散光度数与P1、P2呈弱正相关,与68.2%BCEA、95.4%BCEA及99.6%BCEA呈弱负相关,但主导眼未显示类似趋势,且上述相关系数均较小,提示该相关性在双眼间并不一致。上述弱相关结果可能受样本量及Ⅰ类错误影响,尚需更大样本研究进一步验证。

本研究尚存在以下不足:第一,样本量较小,分组后部分亚组例数偏少,检验效能受限,未来需扩大样本量进一步验证。第二,本研究采用微视野计MP-3自动追踪系统定位PRL,结果显示所有受试者为中心注视(PRL位于黄斑中心凹3°范围内),无旁中心注视者,故未对中心/旁中心注视进行分层分析,未来研究可纳入视力损害更严重的斜视患者以探讨该因素的影响。第三,本研究仅在单眼视条件下检测固视功能,未能反映日常双眼视状态下眼间抑制等因素对固视稳定性的实际影响。第四,本研究为病例对照研究,无法推断外斜视与固视稳定性损害之间的因果关系,亦缺乏治疗前后的纵向对比。Maneschg等[16]报道斜视术后联合微视野计生物反馈固视训练可使弱视眼的固视稳定性提高约50%,提示微视野计在斜视康复中具有潜在应用价值。但本研究未纳入治疗前后数据,故尚不能将固视稳定性作为斜视康复疗效的判定依据,其作为康复监测工具的价值有待纵向干预研究进一步验证。第五,本研究未收集日常用眼习惯数据,未来研究可纳入该因素以进一步探讨其对斜视儿童固视稳定性的影响。

综上所述,微视野计MP-3可精确、客观地评估外斜视儿童的黄斑固视稳定性。共同性外斜视儿童主导眼和主斜眼的黄斑固视稳定性均下降,主要表现为固视点集中度降低,且该改变与斜视度、斜视持续时间、双眼视功能分级及斜视亚型无显著线性关联。该技术为斜视视觉功能的客观评估提供了新的定量参考指标,拓展了临床视功能评价的维度,但其作为康

复疗效评价工具的价值尚需纵向干预研究进一步验证。

利益冲突 本文所有作者声明不存在利益冲突

参考文献:

[1] Hashemi H, Pakzad R, Heydarian S, *et al*. Global and regional prevalence of strabismus: a comprehensive systematic review and meta-analysis[J]. Strabismus, 2019, 27(2): 54-65. DOI:10.1080/09273972.2019.1604773.

[2] Martin T L, Murray J, Garg K, *et al*. Fixation eye movement abnormalities and *Stereopsis* recovery following strabismus repair[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 14417. DOI: 10.1038/s41598-021-93919-w.

[3] 高利霞, 霍姝佳, 钱雨辰, 等. 儿童青少年与成人共同性外斜视术后近立体视功能重建率比较及其影响因素差异[J]. 陆军军医大学学报, 2026, 48(3): 345-353. DOI:10.16016/j.2097-0927.202509064.
Gao L X, Huo S J, Qian Y C, *et al*. Comparison of near *Stereopsis* restoration rates and influencing factors between pediatric and adult patients after surgery for concomitant exotropia[J]. J Army Med Univ, 2026, 48(3): 345-353. DOI:10.16016/j.2097-0927.202509064.

[4] Ghasia F F, Otero-Millan J, Shaikh A G. Abnormal fixational eye movements in strabismus[J]. Br J Ophthalmol, 2018, 102(2): 253-259. DOI:10.1136/bjophthalmol-2017-310346.

[5] Economides J R, Adams D L, Horton J C. Variability of ocular deviation in strabismus[J]. JAMA Ophthalmol, 2016, 134(1): 63. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2015.4486.

[6] Kelly K R, Cheng-Patel C S, Jost R M, *et al*. Fixation instability during binocular viewing in anisometropic and strabismic children[J]. Exp Eye Res, 2019, 183: 29-37. DOI:10.1016/j.exer.2018.07.013.

[7] 李芳, 杨军, 吴挺飞, 等. 应用微视野计评估弱视儿童的黄斑光敏感度和固视稳定性[J]. 国际眼科杂志, 2023, 23(1): 43-47. DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.1.08.
Li F, Yang J, Wu T F, *et al*. Evaluation on the macular light sensitivity and fixation stability of children with anisometropic amblyopia by microperimetry[J]. Int Eye Sci, 2023, 23(1): 43-47. DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2023.1.08.

[8] 中华医学会眼科学分会斜视与小儿眼科学组. 我国斜视分类专家共识(2015年)[J]. 中华眼科杂志, 2015, 51(6): 408-410. DOI:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2015.06.002.
Strabismus and Pediatric Ophthalmology Group of Ophthalmology Society of Chinese Medical Association. Expert consensus on strabismus classification in China (2015)[J]. Chin J Ophthalmol, 2015, 51(6): 408-410. DOI:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2015.06.002.

[9] 牛兰俊, 林肯, 韩惠芳. 实用斜视弱视学[M]. 苏州: 苏州大学出版社, 2016.
Niu L J, Lin K, Han H F. Practical strabismus and amblyopia studies[M]. Suzhou: Soochow University Press, 2016.

[10] Molina-Martín A, Pérez-Cambrodí R J, Piñero D P. Current clinical application of microperimetry: a review[J]. Semin Ophthalmol, 2018, 33(5): 620-628. DOI: 10.1080/08820538.2017.1375125.

[11] Molina-Martín A, Piñero D P, Pérez-Cambrodí R J. Reliability and intersession agreement of microperimetric and fixation measurements obtained with a new microperimeter in normal eyes[J]. Curr Eye Res, 2016, 41(3): 400-409. DOI:10.3109/02713683.2015.1020170.

[12] 陈菁, 张琪, 赵秀娟, 等. 内界膜翻瓣术联合空气填充治疗黄斑裂孔的效果评估[J]. 眼科学报, 2025, 40(4): 323-330. DOI:10.12419/24110604.
Chen J, Zhang Q, Zhao X J, *et al*. Efficacy of macular hole surgery with inverted internal limiting membrane flap technique and air tamponade[J]. Eye Sci, 2025, 40(4): 323-330. DOI:10.12419/24110604.

[13] Hou X Y, Yang X B, Chen B J, *et al*. Quantitative assessment of fixational disparity using a binocular eye-tracking technique in children with strabismus[J]. JEMR, 2025, 18(2): 6. DOI:10.3390/jemr18020006.

[14] Peng T T, Xu M P, Zheng F H, *et al*. Longitudinal rehabilitation of binocular function in adolescent intermittent exotropia after successful corrective surgery [J]. Front Neurosci, 2021, 15: 685376. DOI: 10.3389/fnins. 2021.685376.

[15] Wu Y D, Xu M P, Zhang J X, *et al*. Can clinical measures of postoperative binocular function predict the long-term stability of postoperative alignment in intermittent exotropia?[J]. J Ophthalmol, 2020, 2020: 7392165. DOI: 10.1155/2020/7392165.

[16] Maneschg O A, Barboni M T S, Nagy Z Z, *et al*. Fixation stability after surgical treatment of strabismus and biofeedback fixation training in amblyopic eyes[J]. BMC Ophthalmol, 2021, 21(1): 264. DOI:10.1186/s12886-021-02020-3.

(**收稿**:2026-06-11;**修回**:2026-09-10)

(编辑 邓强庭)