

外斜漂移量对儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的预测价值

施哲松¹, 宋 润²

引用:施哲松,宋润. 外斜漂移量对儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的预测价值. 国际眼科杂志, 2026,26(9):1536-1543.

作者单位:¹(215200)中国江苏省苏州市吴江区儿童医院眼科;
²(215025)中国江苏省苏州市,苏州大学附属儿童医院眼科

作者简介:施哲松,本科,主治医师,研究方向:小儿眼科。

通讯作者:宋润,硕士研究生,主治医师,研究方向:小儿眼科。
496786750@qq.com

收稿日期:2026-03-05 修回日期:2026-07-27

摘要

目的:探究外斜漂移量对儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的预测作用。

方法:前瞻性队列设计。选取2023年9月至2025年7月于本院接受手术治疗的间歇性外斜视儿童进行研究,根据术后6 mo时的眼位回退情况分为回退组和未回退组。比较两组的临床资料,分析外斜漂移量与视功能的关系。多元线性回归分析外斜漂移量与视功能的相关性。Logistic多因素分析影响术后远期眼位回退的因素。断点回归设计(RDD)对结果的有效性和稳健性进行评价。分析外斜漂移量与术后远期眼位回退的区间似然比。受试者工作特征(ROC)曲线分析外斜漂移量对术后远期眼位回退的预测价值。限制性立方样条(RCS)分析外斜漂移量与术后远期眼位回退发生风险的剂量-反应关系。

结果:本研究初始纳入间歇性外斜视儿童133例,其中5例失访,最终128例完成随访(回退组43例,未回退组85例)。间歇性外斜视儿童年龄 9.89 ± 2.61 岁,男82例,女46例。回退组年龄 9.82 ± 2.64 岁,男26例,女17例。未回退组年龄 9.96 ± 2.58 岁,男56例,女29例。两组Titmus近立体视、斜视类型、术后1 d眼位、术后1 d外斜漂移量具有明显差异(均 $P<0.05$)。多元线性回归分析结果显示,术后1 d外斜漂移量与视功能无明显相关性(均 $P>0.05$)。术后1 d外斜漂移量不受视功能指标的影响。有Titmus近立体视、斜视类型为集合不足型、术后1 d眼位为内隐型、术后1 d外斜漂移量升高为眼位回退的危险因素(均 $P<0.05$)。当术后1 d外斜漂移量=9 PD时,术后远期眼位回退的发生风险明显下降。当术后1 d外斜漂移量水平 ≥ 14 PD时,术后远期眼位回退的概率相对最高。当cut-off值为9 PD时,术后1 d外斜漂移量预测术后远期眼位回退的AUC为0.809(95%CI:0.749-0.869),预测效能具有较高价值。随着术后1 d外斜漂移量升高,术后远期眼位回退风险随之升高。

结论:术后1 d外斜漂移量是儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的危险因素,二者呈剂量-反应关系。术后1 d外斜漂移量 ≥ 14 PD时回退风险最高,以9 PD为最佳截

断值对远期眼位回退具有较高预测价值。临床可通过监测术后1 d外斜漂移量评估术后6 mo回退风险,为临床制定个体化随访方案提供参考依据。

关键词:外斜漂移量;间歇性外斜视;眼位回退;立体视;视功能;预测

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.9.06

Predictive value of exodrift for long-term postoperative eye position regression in children with intermittent exotropia

Shi Zhesong¹, Song Run²

¹Department of Ophthalmology, Wujiang District Children's Hospital, Suzhou 215200, Jiangsu Province, China; ²Department of Ophthalmology, Children's Hospital of Soochow University, Suzhou 215025, Jiangsu Province, China

Correspondence to: Song Run. Department of Ophthalmology, Children's Hospital of Soochow University, Suzhou 215025, Jiangsu Province, China. 496786750@qq.com

Received:2026-03-05 Accepted:2026-07-27

Abstract

• **AIM:** To investigate the predictive role of exodrift amount on long-term postoperative eye position regression in children with intermittent exotropia.

• **METHODS:** Prospective cohort study. Children with intermittent exotropia who underwent surgical treatment at the hospital between September 2023 and July 2025 were included. Based on the eye position regression status at 6 mo postoperatively, patients were divided into a regression group and a non-regression group. Clinical data of two groups were compared. The relationship between exodrift and visual function was analyzed. Multivariate linear regression was used to examine the association between exodrift and visual function. Logistic multivariable analysis identified factors influencing long-term postoperative eye position regression. A regression discontinuity design (RDD) was employed to evaluate the validity and robustness of the results. Interval likelihood ratios were analyzed to assess the relationship between exodrift and long-term postoperative eye position regression. Receiver operating characteristic (ROC) curves were used to evaluate the predictive value of exodrift for long-term postoperative eye position regression. Restricted cubic splines (RCS) were applied to

analyze the dose-response relationship between exodrift and the risk of long-term postoperative eye position regression.

• **RESULTS:** This study initially included 133 children with intermittent exotropia. Among them, 5 cases were lost to follow-up. Eventually, 128 cases completed the follow-up (43 cases in the regression group and 85 cases in the non-regression group). The age of the children with intermittent exotropia ranged from 2 to 15 y (mean 9.89 ± 2.61 y), with 82 boys and 46 girls. The age of the regression group was 9.82 ± 2.64 y (26 boys and 17 girls). The age of the non-regression group was 9.96 ± 2.58 y (56 boys and 29 girls). The two groups showed significant differences in Titmus near stereopsis, strabismus type, postoperative day 1 eye position, and postoperative day 1 exodrift (all $P < 0.05$). There was no significant correlation between the amount of exodrift 1 d after the surgery and visual function (all $P > 0.05$). Multiple linear regression analysis showed that there was no statistical significance between visual function and the amount of exodrift 1 d after surgery (all $P > 0.05$). Titmus near stereopsis, convergence insufficiency type of strabismus, inward deviation (esophoria) at 1 d postoperatively, and an increased exodrift at 1 d postoperatively were identified as risk factors for postoperative eye position regression (all $P < 0.05$). When exodrift after surgery was 9 PD at 1 d postoperatively, the risk of long-term eye position regression after surgery significantly decreased ($P < 0.001$). When exodrift of the eye after surgery ≥ 14 PD at 1 d postoperatively, the probability of long-term eye position regression was relatively highest. When the cut-off value was 9 PD, the AUC of the predicted postoperative 1-day exodrift for predicting the long-term postoperative eye position regression was 0.809 (95% CI: 0.749 - 0.869), indicating a relatively high predictive value. As the amount of exodrift increases 1 d after the surgery, the risk of long-term eye position regression also increases.

• **CONCLUSION:** The amount of exodrift 1 d after surgery is a risk factor for the long-term eye position regression in children with intermittent exotropia. The two are in a dose-response relationship. When the amount of exodrift 1 d after surgery is ≥ 14 PD, the risk of regression is the highest. The optimal cut-off value of 9 PD has a high predictive value for long-term eye position regression. Clinically, the amount of exodrift 1 d after surgery can be monitored to assess the risk of regression 6 mo after surgery, providing a reference basis for the clinical formulation of individualized follow-up plans.

• **KEYWORDS:** exodrift; intermittent exotropia; eye position regression; stereopsis; visual function; prediction

Citation: Shi ZS, Song R. Predictive value of exodrift for long-term postoperative eye position regression in children with intermittent exotropia. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026, 26(9): 1536-1543.

0 引言

间歇性外斜视是临床最常见的外斜视类型,是在正位和斜位交替变换的斜视^[1]。在疾病起始阶段,患者仅在注视远处目标时表现出间歇性的眼位偏斜。随着病程的持续进展,眼位偏斜的频率逐渐上升,持续时间延长,最终可能演变为恒定性外斜视,进而引发双眼单视功能完全丧失^[2]。按照三棱镜检查视远视近外斜视度数的不同,将其分为三种类型,即:基本型、集合不足型和分开过强型。目前临床主要采用保守治疗与手术治疗两种干预策略治疗间歇性外斜视。保守治疗包括配戴负球镜、视觉遮盖以及正位视觉训练等,但此类方法的治疗周期相对漫长,且总体成功率偏低^[3]。鉴于此,手术治疗已成为当前临床治疗间歇性外斜视的主要选择。其中双眼外直肌后徙术(bilateral lateral rectus recession, BLR-rec)与单眼一退一截术(unilateral recession-resection, RR)是两种临床广泛应用的术式^[4]。然而,临床观察发现,部分患儿在接受手术治疗后,其眼位会发生一定程度的改变,其中最为明显的表现是回退现象^[5]。其成因尚不明确,因此仍需要探究患儿术后眼位回退的影响因素。外斜漂移,即术后眼位从过矫状态逐步向欠矫方向偏移的现象,是术后早期眼位变化的重要特征之一。其发生机制较为复杂,包括眼外肌力学特性的改变、神经肌肉系统的适应性调节以及双眼视功能的重建过程等。近年来,有研究指出,术后外斜漂移的程度与术后眼位的稳定性之间存在相关性^[6]。目前临床对于外斜漂移量在预测儿童间歇性外斜视术后远期眼位变化方面的价值仍缺乏深入的研究。因此,本研究聚焦于探讨外斜漂移量在预测儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退方面的潜在价值,以期改善患儿术后眼位稳定性提供依据。

1 对象和方法

1.1 对象 前瞻性队列设计。选取2023年9月至2025年7月于本院接受手术治疗的间歇性外斜视儿童进行研究,根据患儿术后6 mo时的眼位回退情况分为回退组和未回退组。眼位回退定义为:术后6 mo视远斜视度与术后1 d视远斜视度比较(均以负值表示外斜),外斜度数增加 ≥ 5 棱镜度(prismatic diopter, PD)(即术后6 mo斜视度-术后1 d斜视度 ≤ -5 PD),或术后6 mo视远斜视度 < -8 PD(即欠矫状态)。纳入标准:(1)符合间歇性外斜视的诊断标准^[7];(2)患儿双眼经矫正后视力差异小于2行,同时单眼在最佳矫正状态下视力达到或超过0.5;(3)患儿均为初次确诊,且此前未接受过任何眼部相关手术治疗;(4)患儿术前遮盖1 h后视远斜视度 ≥ 15 PD。排除标准:(1)术前屈光参差 > 2.0 D;(2)术前合并白内障、眼底病变等眼部器质性病变;(3)合并A-V征、垂直斜视、旋转斜视、眼球震颤、斜肌功能异常、眼球运动异常等眼部合并症;(4)合并发育迟缓或中枢神经系统疾病;(5)近期接受过视功能训练者;(6)斜视类型为分开过强型;(7)依从性不佳,难以完成治疗。本研究取得医学伦理委员会审查批准(批准号:2023056),所有参与者及其监护人均签署知情同意书。

1.2 方法

1.2.1 样本量计算 采用PASS11.0软件,基于预试验结果及临床经验^[8](回退组与未回退组术后1 d外斜漂移量的均数差为3.92 PD,标准差约3.5 PD),设定 $\alpha = 0.05$, $1 - \beta =$

0.90,计算所需总样本量为110例。考虑20%失访,纳入133例。该样本量满足多因素Logistic回归对阳性事件数的要求,本研究纳入4个自变量,阳性事件数(回退组43例)约为自变量个数的10.75倍,符合每个自变量至少需要10-20例阳性事件的标准。

1.2.2 各项检查 采用国际标准“E”字形视力表完成远距离视力检测,对存在屈光异常的患儿同步进行矫正视力评估。同步实施眼球运动功能评估、Titmus近立体视觉检查、同视机功能检测,以及眼轴长度测量、眼前节结构分析、眼底检查等。

1.2.3 测量外斜漂移量 术后1 d眼位相对于目标眼位(即术中医生预期的、基于术前斜视度的术后眼位,通常为+5 PD到-5 PD之间的某一目标值)的偏差量。测量与计算方法:所有患儿均在术后1 d,于配戴最佳矫正眼镜、单眼遮盖1 h后,采用三棱镜联合交替遮盖法测量6 m视远第一眼位斜视度,统一规定内斜视度为正值,外斜视度为负值。外斜漂移量计算公式:外斜漂移量=目标眼位-术后1 d视远斜视度。若计算结果为正值,提示眼位向外斜方向偏移,该数值即为外斜漂移量;若计算结果为负值,提示眼位向内斜方向偏移,外斜漂移量记为0。所有患儿外斜漂移量的测量均由同一位经验丰富的医师在标准照明和视近距离下完成,以最大程度保证数据准确性。

1.2.4 间歇性外斜视手术定量 单眼注视者非主导眼行RR术,双眼交替注视者行BLR-rec术。间歇性外斜视手术定量见表1。根据斜视类型(基本型、集合不足型)及术前视远斜视度确定手术量,所有手术均由同一名经验丰富的医师完成。于术后6 mo对患儿的临床疗效进行评价,术后眼位≤+8 PD或≥-8 PD为正位,>+8 PD为过矫,<-8 PD为欠矫/复发^[7]。

1.2.5 随访 分别于术后1 d、1、3、6 mo以门诊的形式对患儿进行复查,三棱镜检查视近视远的斜视度数,并复查同视机和Titmus近立体视。

1.2.6 观察指标 于术前收集患儿的临床资料,包括性别、年龄、同时视、家族史、斜视类型、手术方式、眼轴长、斜视度数、左眼等效球镜度、右眼等效球镜度、左眼最佳矫正视力、右眼最佳矫正视力、屈光状态;术后1 d眼位、术后1 d

外斜漂移量、Titmus近立体视(Titmus近立体视≤400弧秒定义为有Titmus近立体视,>400弧秒定义为无Titmus近立体视^[9])。

统计学分析:数据分析采用SPSS 22.0软件。计量资料若符合正态分布以均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,采用独立样本 t 检验进行两组间比较,采用 F 检验进行多组间比较;计数资料以率(%)表示,采用 χ^2 检验进行组间比较。采用多元线性回归分析外斜漂移量与视功能的相关性。采用Logistic回归分析模型进行多因素分析,筛选出儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的影响因素,以此建立术后远期眼位回退风险预测模型并计算个体术后远期眼位回退的概率。以外斜漂移量为分组变量,眼位回退发生概率为结局变量,采用断点回归设计(regression discontinuity design, RDD)分析并以1 PD为区间寻找截断值。RDD中, X_i 为驱动变量,即外斜漂移量; C 为断点,可为任意常数; D_i 为处理变量,表示是否超过 X_i 的某个值,若 $X_i \geq C$, $D_i = 1$;若 $X_i < C$, $D_i = 0$ 。由于在 $X = C$ 附近,个体在各方面无系统差别,故造成个体眼位回退概率 Y 产生跳跃的原因只可能是 D_i 的处理效应。 Y 的估计方程为: $Y_i = \alpha + \beta_1(X_i - C) + \sigma D_i + \gamma_1(X_i - C)D_i + \beta_2(X_i - C)^2 + \gamma_2(X_i - C)^2 D_i + \varepsilon_i(C - h < X < C + h)$,变量 $(X_i - C)$ 为 X_i 的标准化,使得 $(X_i - C)$ 的断点为0。互动项 $\gamma_1(X_i - C)D_i$ 为允许断点两侧回归线斜率不同,等价于使用断点两侧的数据分别进行回归,然后计算两侧截距项之差,所得 σ 即为 $X = C$ 处局部平均处理效应估计量。RDD只用断点附近观测值,因此 X 取值范围为 $C - h$ 至 $C + h$ (h 为对称带宽)。最后检验RDD结果的有效性和稳健性。有效性检验包括根据McCrary方法对外斜漂移量在截断点的连续性检验和协变量的平滑假设检验。稳健性检验包括矩形核局部线性回归、最优带宽以及0.5倍和2.0倍最优带宽、加入协变量的估计结果。受试者工作特征(receiver operating characteristic, ROC)曲线分析外斜漂移量对儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的预测价值。限制性立方样条(restricted cubic spline, RCS)分析外斜漂移量与儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退发生风险的剂量-反应关系。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

表1 间歇性外斜视手术定量

斜视度(视远/视近,PD)	斜视类型	BLR-rec(mm)	RR(mm)
15	基本型	4	4/3
20	基本型	5	5/4
25	基本型	6	6/4.5
30	基本型	7	7/5
35	基本型	7.5	7.5/5.5
40	基本型	8	8/6
45-50	基本型	9	9/6
15/30	集合不足型	4	4/3
20/35	集合不足型	5	5/4
25/40	集合不足型	6	6/4.5
30/45	集合不足型	7	7/5
35/50	集合不足型	7.5	7.5/5.5
40/55	集合不足型	8	8/6
45-50/55-60	集合不足型	9	9/6

注:手术量根据术前6 m视远斜视度确定,RR术中外直肌后退量根据视远斜视度确定,内直肌截除量根据视近斜视度调整。

2 结果

2.1 两组患儿临床资料比较 本研究初始纳入间歇性外斜视儿童 133 例,其中 5 例失访,最终 128 例完成随访(回退组 43 例,未回退组 85 例)。间歇性外斜视儿童年龄 2-15(平均 9.89±2.61)岁,男 82 例,女 46 例。两组患儿性别、年龄、同时视、家族史、手术方式、眼轴长、斜视度数差异均无统计学意义(均 $P>0.05$);两组患儿 Titmus 近立体视、斜视类型、术后 1 d 眼位、术后 1 d 外斜漂移量差异具有统计学意义(均 $P<0.05$),见表 2。

2.2 不同视功能患儿基线资料及术后 1 d 外斜漂移量比较 患儿左眼等效球镜度、右眼等效球镜度、左眼最佳矫正视力、右眼最佳矫正视力、屈光状态亚组间的年龄、性别比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),具有可比性。患儿左眼等效球镜度、右眼等效球镜度、左眼最佳矫正视力、右眼最佳矫正视力、屈光状态亚组间的术后 1 d 外斜漂移量比较,差异无统计学意义(均 $P>0.05$),见表 3。

2.3 多元线性回归分析术后 1 d 外斜漂移量与视功能的相关性 多元线性回归分析结果显示,左眼等效球镜度、右眼等效球镜度、左眼最佳矫正视力、右眼最佳矫正视力、屈光状态与术后 1 d 外斜漂移量无相关性(均 $P>0.05$),进一步支持术后 1 d 外斜漂移量不受基线视功能指标的影响,见表 4。

2.4 Logistic 多因素分析影响儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的因素 将 Titmus 近立体视(无=0,有=1)、斜

视类型(基本型=0,集合不足型=1)、术后 1 d 眼位(外隐型=0,内隐型=1)、术后 1 d 外斜漂移量作为自变量,以是否发生眼位回退(否=0,是=1)为因变量,纳入 Logistic 多因素分析,结果显示,有 Titmus 近立体视、斜视类型为集合不足型、术后 1 d 眼位为内隐型、术后 1 d 外斜漂移量升高为患儿发生眼位回退的危险因素(均 $P<0.05$),见表 5。

2.5 RDD 分析结果

2.5.1 初步观察图形 初步观察图形以眼位回退发生概率为结果变量,术后 1 d 外斜漂移量为分组变量并以 1 PD 为区间寻找断点,结果发现术后 1 d 外斜漂移量=9 PD 时出现断点,且最优带宽为 4.52 PD。当术后 1 d 外斜漂移量=9 PD 时,患儿术后远期眼位回退的发生风险明显下降,见图 1。

2.5.2 有效性检验 首先检验术后 1 d 外斜漂移量在断点处是否连续,结果分析发现,断点前后密度差异为 0.324,标准误为 0.095,故可接受密度函数在术后 1 d 外斜漂移量=9 PD 处连续的原假设。断点两侧密度函数估计值的置信区间有部分重叠,见图 2。其次纳入协变量 Titmus 近立体视、斜视类型、术后 1 d 眼位,以术后 1 d 外斜漂移量为 RDD 的解释变量,采用局部线性回归对协变量平滑性假设进行检验。结果显示,术后 1 d 外斜漂移量在 Titmus 近立体视、斜视类型、术后 1 d 眼位上不明显(均 $P>0.05$),上述协变量的条件密度函数在断点处是连续的,满足平滑性假设,见表 6。

表 2 两组患儿临床资料比较

项目	回退组($n=43$)	未回退组($n=85$)	t/χ^2	P
性别(例,%)			0.364	0.546
男	26(60.5)	56(65.9)		
女	17(39.5)	29(34.1)		
年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	9.82±2.64	9.96±2.58	0.288	0.774
Titmus 近立体视(例,%)			5.942	0.015
有	30(69.8)	40(47.1)		
无	13(30.2)	45(52.9)		
同时视(例,%)			0.201	0.654
有	20(46.5)	36(42.4)		
无	23(53.5)	49(57.6)		
家族史(例,%)			1.078	0.299
有	5(11.6)	16(18.8)		
无	38(88.4)	69(81.2)		
斜视类型(例,%)			5.661	0.017
基本型	20(46.5)	58(68.2)		
集合不足型	23(53.5)	27(31.8)		
手术方式(例,%)			0.721	0.396
BLR-rec	12(27.9)	18(21.2)		
RR	31(72.1)	67(78.8)		
眼轴长度($\bar{x}\pm s$,mm)	22.97±0.84	22.85±0.76	0.814	0.417
斜视度数($\bar{x}\pm s$,PD)				
术前看远斜视度	34.62±8.69	34.97±8.53	0.218	0.828
术前看近斜视度	37.15±10.26	37.85±10.04	0.370	0.712
术后 1 d 眼位(例,%)			11.769	0.001
内隐型	25(58.1)	23(27.1)		
外隐型	18(41.9)	62(72.9)		
术后 1 d 外斜漂移量($\bar{x}\pm s$,PD)	11.75±4.16	7.83±2.97	6.137	<0.001

表 3 不同视功能患儿基线资料及术后 1 d 外斜漂移量比较

项目	n	性别(例,%)		年龄($\bar{x}\pm s$,岁)	术后 1 d 外斜漂移量($\bar{x}\pm s$,PD)
		男	女		
左眼等效球镜度					
≥-1.25 D	56	39(69.6)	17(30.4)	9.89±2.53	9.25±3.62
<-1.25 D	72	43(59.7)	29(40.3)	9.93±2.62	9.47±3.58
χ^2/t		1.347		0.087	0.343
P		0.246		0.931	0.732
右眼等效球镜度					
≥-1.25 D	47	26(55.3)	21(44.7)	9.95±2.66	9.11±3.49
<-1.25 D	81	56(69.1)	25(30.9)	9.89±2.59	9.53±3.64
χ^2/t		2.466		0.125	0.639
P		0.116		0.901	0.524
左眼最佳矫正视力					
≥0.7	106	69(65.1)	37(34.9)	9.87±2.55	9.34±3.59
<0.7	22	13(59.1)	9(40.9)	9.83±2.63	9.48±3.67
χ^2/t		0.285		0.067	0.166
P		0.593		0.947	0.869
右眼最佳矫正视力					
≥0.7	109	72(66.1)	37(33.9)	9.81±2.67	9.28±3.61
<0.7	19	10(52.6)	9(47.4)	10.14±2.51	9.57±3.52
χ^2/t		1.266		0.501	0.324
P		0.260		0.617	0.746
屈光状态					
近视	71	42(59.2)	29(40.8)	9.86±2.55	9.52±3.46
远视	44	29(65.9)	15(34.1)	10.04±2.67	9.33±3.67
正视	13	11(84.6)	2(15.4)	9.83±2.52	9.06±3.54
$\chi^2/F/t$		3.193		0.074	0.109
P		0.203		0.929	0.897

表 4 多元线性回归分析术后 1 d 外斜漂移量与视功能的相关性

项目	未标准化系数		β	t	P	95%CI
	B	SE				
(常量)	0.264	0.195		1.354	0.215	0.108-1.166
左眼等效球镜度	0.238	0.177	0.113	1.345	0.434	0.116-1.231
右眼等效球镜度	0.302	0.190	0.231	1.589	0.112	0.150-1.073
左眼最佳矫正视力	0.201	0.172	0.267	1.169	0.242	0.184-1.146
右眼最佳矫正视力	0.341	0.190	0.212	1.795	0.073	0.290-1.032
屈光状态	0.256	0.194	0.184	1.320	0.772	0.124-1.147

表 5 Logistic 多因素分析影响儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的因素

项目	β	SE	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
Titmus 近立体视	0.575	0.253	5.168	1.778(1.083-2.919)	0.023
斜视类型	1.364	0.380	12.860	3.912(1.856-8.246)	<0.001
术后 1 d 眼位	1.210	0.343	12.437	3.355(1.712-6.573)	<0.001
术后 1 d 外斜漂移量	0.851	0.270	9.953	2.343(1.381-3.977)	0.002

2.5.3 稳健性检验 首先采用不同核函数对 RDD 稳健性进行估计,分析可知与三角核函数相比,矩形核函数局部平均处理效果估计值增加 0.061,且截断仍然明显存在。其次不同带宽结果显示在最优带宽(4.52 PD)、0.5 倍(2.26 PD)以及 2.0 倍最优带宽(9.04 PD)下 β 值变化不大。最后引入协变量后,断点术后 1 d 外斜漂移量=9 PD

仍显著存在($P=0.002$),见表 7。
2.6 外斜漂移量与儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的区间似然比 为进一步明确不同外斜漂移量区间对远期眼位回退的区分能力,本研究采用区间似然比分析方法。该方法通过计算各区间内回退与未回退病例数的比值(即阳性似然比),量化特定外斜漂移量区间内发生眼

位回退的证据强度。阳性似然比>1 提示该区间内回退可能性高于未回退可能性,阳性似然比越大表明该区间对回退的区分能力越强。将患儿术后 1 d 外斜漂移量按每 3 PD 为一个区间划分为 4-7、8-10、11-13、14-16 PD 4 个区间,进行区间似然比分析,结果显示,当患儿术后 1 d 外斜漂移量水平为 4-7 PD 时,阳性似然比为 0.107(95% CI: 0.084-0.795),患儿术后远期眼位回退的可能性最低;术后 1 d 外斜漂移量水平为 8-10、11-13、≥14 PD 时,阳性似然比分别为 0.152(95% CI: 0.075-0.841)、1.077(95% CI: 1.016-1.583)、1.909(95% CI: 1.259-2.417),术后 1 d 外斜漂移量水平≥14 PD 时,阳性似然比为四个区间中最大值,表明该区间内患儿术后远期眼位回退的概率相对最高,见表 8。

2.7 外斜漂移量与儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的 ROC 曲线分析 ROC 曲线分析结果显示,当 cut-off 值为 9 PD 时,术后 1 d 外斜漂移量预测患儿术后远期眼位回退的 AUC 为 0.809(95% CI: 0.749-0.869),约登指数为 0.528,敏感度为 79.07%、特异度为 73.76%,预测效能具有较高价值,见图 3。

2.8 外斜漂移量与儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的剂量-反应关系分析 采用 RCS 模型分析术后 1 d 外斜漂移量与远期眼位回退的剂量-反应关系。根据 Akaike 信息准则(akaike information criterion, AIC),模型选取 4 个节点为最优拟合,节点分别位于术后 1 d 外斜漂移量的第 5 百分位数($P_5=9$ PD)、第 25 百分位数($P_{25}=9.96$ PD)、第 75 百分位数($P_{75}=12.94$ PD)和第 95 百分位数($P_{95}=15.82$ PD),以 $P_5=9$ PD 为参照点。在调整 Titmus 近立体视、斜视类型及术后 1d 眼位等混杂因素后,上述各节点

对应的远期眼位回退 OR 分别为 1.075(95% CI: 1.014-1.275)、1.286(95% CI: 1.106-1.482)和 1.514(95% CI: 1.369-2.475)。RCS 曲线显示, $P_{非线性}=0.032$,表明术后 1 d 外斜漂移量与远期眼位回退风险之间存在非线性正相关关系($P<0.05$)。随着术后 1 d 外斜漂移量增加,远期眼位回退风险呈持续上升趋势,见图 4。

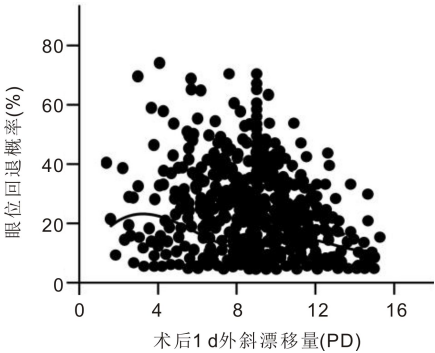


图1 RDD 分析显示术后 1 d 外斜漂移量=9 PD 处眼位回退概率的跳跃性变化。

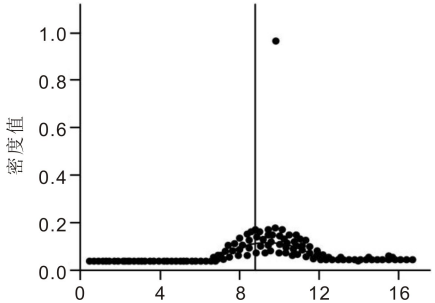


图2 密度分布曲线。

表 6 RDD 中相关协变量的连续性检验

项目	β	SE	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
Titmus 近立体视	0.212	0.191	1.233	1.237(0.850-1.800)	0.267
斜视类型	0.158	0.180	0.779	1.172(0.824-1.666)	0.377
术后 1 d 眼位	0.070	0.187	0.139	1.072(0.743-1.547)	0.709

表 7 RDD 稳健性检验

项目	β	SE	Wald χ^2	OR(95%CI)	P
核函数类型					
三角核	0.944	0.286	10.909	2.571(1.468-4.504)	0.001
矩形核	1.005	0.311	10.436	2.731(1.485-5.024)	0.001
带宽(PD)					
4.52	0.910	0.284	10.266	2.483(1.424-4.332)	0.001
2.26	1.159	0.336	11.888	3.186(1.649-6.157)	0.001
9.04	0.818	0.299	7.460	2.265(1.260-4.074)	0.006
控制变量	1.015	0.320	10.070	2.759(1.474-5.163)	0.002

表 8 外斜漂移量与儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的区间似然比

外斜漂移量(PD)	回退例数	未回退例数	阳性似然比	95%CI
4-7	3	28	0.107	0.084-0.795
8-10	5	33	0.152	0.075-0.841
11-13	14	13	1.077	1.016-1.583
14-16	21	11	1.909	1.259-2.417

注:阳性似然比=该区间回退例数/该区间未回退例数。阳性似然比>1 表示该区间内回退可能性高于未回退可能性,阳性似然比越大表明该区间对回退的区分能力越强。

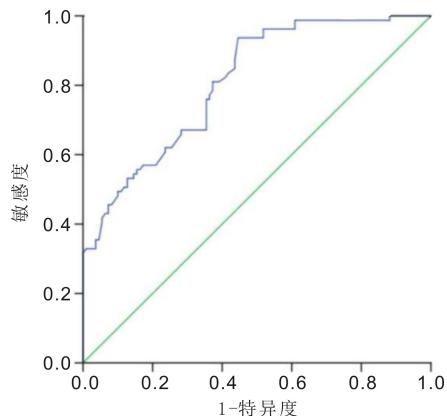


图3 ROC 曲线分析。

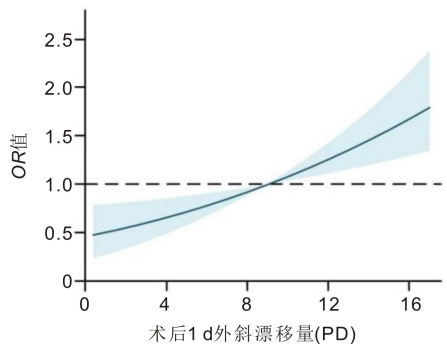


图4 曲线拟合及阈值效应分析。

3 讨论

间歇性外斜视的主要发病机制为眼外肌外展功能与集合功能的动态平衡被打破。当集合功能储备不足、融合储备能力降低时,眼外肌无法有效拮抗亢进的外展张力,进而引发眼球向颞侧偏移的趋势^[10]。间歇性外斜视为临床常见外斜视亚型,在儿童群体中具有较高的发病率^[11]。疾病早期表现为间歇性眼位偏斜,多见于视疲劳状态或远距离视物时,随着病程进展逐渐出现近距离视物异常,最终由间歇性偏斜发展为恒定性斜视,导致单眼或双眼视力损害及 Titmus 近立体视觉功能丧失,对患儿的视觉发育及心理健康构成严重威胁^[12]。现阶段临床治疗以手术干预为主,其目的不仅在于矫正眼位外观异常,更重要的是通过重建双眼协同运动功能实现功能性治愈^[13]。在间歇性外斜视的亚型分类中,基本型占比最高,部分患者通过手术干预可恢复近距立体视觉功能,常用术式包括 BLR-rec 术和 RR 术。但需注意的是,术后存在眼位回退风险,主要表现为持续性外斜漂移现象^[14-15]。目前针对外斜漂移量与儿童间歇性外斜视术后远期眼位稳定性的相关性研究尚不充分,本研究拟通过系统评估外斜漂移量对术后远期眼位回退的预测效能,为优化手术方案、改善预后质量提供循证医学依据。

本研究结果显示,患儿左眼等效球镜度、右眼等效球镜度、左眼最佳矫正视力、右眼最佳矫正视力、屈光状态亚组间的术后 1 d 外斜漂移量均无统计学差异。多元线性回归分析结果显示,左眼等效球镜度、右眼等效球镜度、左眼最佳矫正视力、右眼最佳矫正视力、屈光状态与术后 1 d 外斜漂移量均无相关性,说明术后 1 d 外斜漂移量其变化并不直接受患儿等效球镜度、最佳矫正视力等视功能的影响。Logistic 多因素分析结果显示,有 Titmus 近立体视、斜

视类型为集合不足型、术后 1 d 眼位为内隐型、术后 1 d 外斜漂移量升高为患儿发生眼位回退的危险因素。本研究发现术前存在 Titmus 近立体视是术后眼位回退的危险因素,该结论与传统认知相悖。进一步分析认为,这一关联并不能说明正常的立体视功能本身会对预后产生负面影响,反而提示在本次纳入的研究人群中,“有立体视”这一特征,可能代表了一类依赖代偿机制(如异常头位、注视稳定性差)等维持的脆弱双眼融合状态。手术矫正眼位后,这种脆弱的代偿平衡被打破,反而激化了融合的不稳定性,导致外斜漂移加速。相比之下,术前无立体视的患儿,其双眼运动控制已处于“失代偿”或非依赖状态,术后视功能重建过程可能更为平稳,反而不易出现大幅波动^[16-18]。这一假说有待进一步研究证实。集合功能不足型斜视具有特征性临床表现,其视近斜视角较视远增大超过 10 PD,此现象与视近时调节性集合过度激活导致的调节-集合功能失衡密切相关,该类型患者术后眼位回退风险明显增高。

本研究发现术后 1 d 内隐型过矫是远期眼位回退的危险因素,与既往“早期适当过矫可降低回退率”的观点相悖^[19],可能的解释如下:(1)术后早期过矫时,具备融合功能的患儿持续动用散开融合对抗内隐斜,导致外直肌张力继发性增强及眼外肌力学特性适应性改变,加速外斜漂移。(2)回退组患儿虽有 Titmus 近立体视,但多为低质量周边立体视(100-400 弧秒),依赖术前融合代偿维持,并非成熟的双眼单视功能;术后过矫时其融合系统代偿反应更强,散开融合幅度更大、持续更久,外直肌张力增强更为显著。(3)集合不足型患儿集合融合储备不足,术后过矫时无法通过增强集合代偿,过度依赖散开融合,使过矫对远期眼位稳定性的负面效应在该亚型中尤为突出^[20]。术后 1 d 外斜漂移幅度较大者,提示其眼外肌协同运动功能尚未完全恢复,双眼视觉协调机制存在缺陷,这类病例的远期眼位稳定性较差,易发生眼位回退。值得注意的是,本研究中“术后 1 d 外斜漂移量与视功能无明显相关性”与“回退组与未回退组在 Titmus 近立体视构成上存在明显差异”两个结果并不矛盾。前者是基于全样本连续变量的相关性分析,提示漂移量的具体数值大小与视功能无关;后者是基于分组变量的构成比比较,提示具备 Titmus 近立体视的患儿更容易发生远期眼位回退。换言之, Titmus 近立体视影响的是回退事件的易感性,而非术后第 1 d 漂移量的量化幅度。

RDD 分析结果显示,当术后 1 d 外斜漂移量 = 9 PD 时,患儿术后远期眼位回退的发生风险明显下降。区间似然比分析结果显示,当患儿术后 1 d 外斜漂移量水平 ≥ 14 PD 时,患儿术后远期眼位回退的概率相对最高。ROC 曲线分析结果显示,当 cut-off 值为 9 PD 时,术后 1 d 外斜漂移量预测患儿术后远期眼位回退的 AUC 为 0.809 (95%CI:0.749-0.869),预测效能具有较高价值。RCS 曲线显示,随着术后 1 d 外斜漂移量升高,术后远期眼位回退风险也随之升高。提示术后 1 d 外斜漂移量控制在 9 PD 及以下,对降低眼位回退风险有积极意义。与王雪等^[21]的研究相比,本研究的新颖性在于:聚焦于术后眼位回退的预测因素而非干预效果,首次系统探讨了术后 1 d 外斜漂移量对远期眼位回退的预测价值,填补了该领域空白;方法学上创新性引入 RDD 并结合 ROC 曲线、区间似然比分析及 RCS 剂量-反应关系分析,构建了完整证据

链,而前研究仅用常规统计方法;同时发现“有 Titmus 近立体视”及“术后 1 d 内隐型眼位”为回退危险因素,与既往认知相悖^[19],并从 Titmus 近立体视质量分层、融合代偿机制及集合不足亚型特征等角度给出了创新解释;还确定了术后 1 d 外斜漂移量 9 PD 为最佳截断值、≥14 PD 时回退风险最高(AUC=0.809),提供了可直接应用的量化阈值,而前研究未涉及任何预测阈值;此外本研究为前瞻性队列设计,随访至术后 6 mo,弥补了单中心小样本的局限。

本研究存在一定的局限性:(1)本研究为单中心研究,纳入样本量相对较少,可能存在一定的选择偏倚,外推性需进一步验证。(2)随访时间仅至术后 6 mo,尚未覆盖 1 a 及以上的远期眼位变化,未来需延长随访时间以评估外斜漂移量的持续预测价值。(3)本研究中术后 1 d 的外斜漂移量在一定程度上可能受到手术设计量选择的影响,由于目标眼位设定基于术前斜视度及术式选择,不同目标眼位策略可能对早期漂移量产生系统性影响,本研究未对不同手术设计参数进行亚组分析,可能对结果解读引入潜在偏倚。(4)本研究聚焦于术后 1 d 这一早期窗口期的预测价值,旨在探索该时间点外斜漂移量对远期眼位回退的预测能力,因此未将术后 1、3 mo 等中间时间点的数据纳入主要分析。这样做是为了避免多重比较带来的 I 型错误膨胀,并保持研究聚焦。然而,眼位变化是一个动态过程,术后不同时间点的漂移轨迹可能包含更为丰富的预后信息。未来研究应系统分析术后 1、3 mo 等时间节点的外斜漂移数据,以描绘完整的眼位漂移轨迹,进一步验证并拓展本研究结论。

综上所述,术后 1 d 外斜漂移量是儿童间歇性外斜视术后远期眼位回退的危险因素,二者呈剂量-反应关系。术后 1 d 外斜漂移量≥14 PD 时回退风险最高,以 9 PD 为最佳截断值对远期眼位回退具有较高预测价值。临床可通过监测术后 1 d 外斜漂移量评估术后 6 mo 回退风险,为临床制定个体化随访方案提供参考依据。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:施哲松论文选题与修改,初稿撰写,文献检索,数据分析;宋润选题指导,论文修改及审阅。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] 丁艳丽,董彦平,刘勤,等. 间歇性外斜视儿童术后视感知觉训练对各级视功能恢复的临床观察. 国际眼科杂志, 2023, 23(5): 754-758.
[2] Boersma M. Intermittent exotropia: the effect of alternating occlusion therapy on control of strabismus. J Binocul Vis Ocul Motil, 2024, 74(2): 78-83.
[3] Song DS, Ma YQ, Ji H, et al. Non-surgical therapy for intermittent exotropia: a systematic review and network analysis. BMC Ophthalmol, 2024, 24(1): 527.
[4] Kassem RR, Radwan RE, El-Mofly RMA, et al. Unilateral versus

bilateral lateral rectus recession for correction of small to moderate angle exotropia. Int Ophthalmol, 2024, 44(1): 408.
[5] 高娜,周丽丽,何芳,等. 多媒体视功能训练对间歇性外斜视术后患者视功能重建及知觉眼位的影响. 广东医学, 2024, 45(9): 1193-1197.
[6] Kaur S, Korla S, Sukhija J. Long-term outcomes of single monocular resection-recession in adult sensory strabismus and factors affecting the postoperative drift. Indian J Ophthalmol, 2023, 71(7): 2841-2844.
[7] 刘艳,赵晨. 新版美国眼科临床指南(PPP)对间歇性外斜视诊治的指导及解读. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2019, 19(1): 6-8.
[8] Donahue SP, Chandler DL, Wu R, et al. Eight-year outcomes of bilateral lateral rectus recessions versus unilateral recession-resection in childhood basic-type intermittent exotropia. Ophthalmology, 2024, 131(1): 98-106.
[9] Joo HJ, Choi DG. Analysis of Stereopsis and fusion in school-aged children with reduced visual acuity due to refractive error. PLoS One, 2023, 18(4): e0284112.
[10] Kim M, Kim HK, Kim WJ. The subjective controllability of exotropia and its effect on surgical outcomes in patients with intermittent exotropia. BMC Ophthalmol, 2023, 23(1): 125.
[11] Ma MM, Scheiman M. Divergence excess and basic exotropia types of intermittent exotropia: a major review. Part 1: prevalence, classification, risk factors, natural history and clinical characteristics. Strabismus, 2023, 31(2): 97-128.
[12] Elkhawaga M, Kassem A, Elkamshoushy A. Treatment of intermittent exotropia in children using a lateral rectus fenestration technique. J AAPOS, 2023, 27(6): 343.e1-343.e4.
[13] Kopmann S, Grenzbach U, Ehrt O, et al. Effectiveness of strabismus surgery in intermittent exotropia and factors influencing outcome. J Clin Med, 2024, 13(4): 1031.
[14] Bacal D, Dumitrescu A, Weaver D, et al. Surgical options for intermittent exotropia. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 2025, 62(2): 81-83.
[15] Vadul R, Rogers JD, Rogers DL. Outcomes for intermittent exotropia using three common surgical approaches. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 2024, 61(4): 287-290.
[16] Ansari AAA, Sharma P, Khateeb EW, et al. Effectiveness of binocular vision therapy in managing patients with intermittent exotropia. Indian J Ophthalmol, 2025, 73(10): 1422-1425.
[17] Ma MM, Kang Y, Scheiman M, et al. Effect of office-based vergence and anti-suppression therapy on binocular vision and accommodation in small-to-moderate angle intermittent exotropia: a randomised clinical trial. Ophthalmic Physiol Opt, 2025, 45(1): 50-66.
[18] Zhao GH, Fu J, Qi Y, et al. Six-month binocular Stereopsis recovery and its influencing factors in children with intermittent exotropia. BMC Ophthalmol, 2024, 24(1): 139.
[19] 彭婷婷,余新平. 间歇性外斜视矫正术后回退的相关因素分析. 国际眼科纵览, 2021, 45(2): 118-123.
[20] Gazit I, Or L, Pras E, et al. Non-absorbable sutures use in bilateral lateral rectus recession reduces the rate of overcorrection in exotropia. Strabismus, 2026, 34(1): 53-60.
[21] 王雪,刘香. 视觉功能训练配合手术方案治疗间歇性外斜视. 国际眼科杂志, 2026, 26(1): 29-34.