

# 间歇性外斜视术后立体视功能重建的影响因素及其列线图预测模型构建

彭金萍<sup>1</sup>, 张淑清<sup>2</sup>, 刘 静<sup>3</sup>

引用: 彭金萍, 张淑清, 刘静. 间歇性外斜视术后立体视功能重建的影响因素及其列线图预测模型构建. 国际眼科杂志, 2026, 26(1):129–134.

基金项目: 衡水市科技计划项目(No.2024014031Z)

作者单位:<sup>1</sup>(053000)中国河北省衡水市妇幼保健院儿童眼保健科; <sup>2</sup>(053000)中国河北省衡水市第四人民医院眼科

作者简介: 彭金萍, 女, 本科, 主治医师, 研究方向: 斜视与小儿眼科。

通讯作者: 彭金萍. bx4761@sina.com

收稿日期: 2025-04-27 修回日期: 2025-11-24

## 摘要

目的: 探讨间歇性外斜视(IXT)术后立体视功能重建的影响因素及其列线图预测模型构建。

方法: 选取本院2021年9月至2023年10月收治的IXT患者204例(均进行斜视矫正手术), 随机分为建模组(143例)与验证组(61例)。建模组患者根据术后是否立体视功能重建分为重建组和非重建组; 收集患者一般资料; IXT术后立体视功能重建的影响因素采用多因素Logistic回归分析; 采用R软件构建列线图模型。绘制ROC曲线评估列线图模型的区分度; 临床决策曲线(DCA)评估该模型的临床应用价值。

结果: 患者204例中有103例(50.5%)发生重建, 建模组143例中有72例(50.3%)发生重建。重建组和非重建组发病年龄、病程、术后水平斜视量比较有差异(均P<0.05)。多因素Logistic回归分析发现, 发病年龄、术后水平斜视量是IXT术后立体视功能重建的危险因素(均P<0.05), 病程为保护因素(P<0.05)。建模组AUC为0.892, H-L检验为 $\chi^2=6.654$ , P=0.615。验证组AUC为0.935, H-L检验为 $\chi^2=6.498$ , P=0.642。DCA曲线可知, 概率在0.09–0.95时, 评估该列线图模型临床使用价值较高。

结论: 发病年龄、病程、术后水平斜视量是IXT术后立体视功能重建的影响因素, 以此构建的列线图模型可较好地预测术后立体视功能重建。

关键词: 间歇性外斜视; 立体视功能重建; 影响因素; 列线图

DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.1.23

## Influencing factors of stereoscopic function reconstruction after intermittent exotropia surgery and construction of a nomogram prediction model

Peng Jinping<sup>1</sup>, Zhang Shuqing<sup>2</sup>, Liu Jing<sup>3</sup>

Foundation item: Hengshui City Science and Technology Plan

Project (No.2024014031Z)

<sup>1</sup>Department of Children's Eye Health Care; <sup>3</sup>Department of Children's Growth and Development, Hengshui Maternal and Child Health Hospital, Hengshui 053000, Hebei Province, China;

<sup>2</sup>Department of Ophthalmology, the No. 4 People's Hospital of Hengshui, Hengshui 053000, Hebei Province, China

Correspondence to: Peng Jinping. Department of Children's Eye Health Care, Hengshui Maternal and Child Health Hospital, Hengshui 053000, Hebei Province, China. bx4761@sina.com

Received: 2025-04-27 Accepted: 2025-11-24

## Abstract

• AIM: To investigate the influencing factors of stereoscopic function reconstruction after intermittent exotropia (IXT) surgery and the construction of a nomogram prediction model.

• METHODS: A total of 204 patients with IXT (all underwent strabismus correction surgery) admitted to our hospital from September 2021 to October 2023 were randomly divided into modeling group (143 cases) and validation group (61 cases). The patients in the modeling group were further divided into reconstructive group and non-reconstructive group according to whether they had stereoscopic function reconstruction after surgery; the general patient information was collected; Multivariate Logistic regression analysis was performed on the influencing factors of stereoscopic visual function reconstruction after IXT surgery. The nomogram model was constructed using R software. The ROC curve was drawn to evaluate the distinction of the nomogram model. The decision curve analysis (DCA) was used to evaluate the clinical application value of the model.

• RESULTS: Reconstruction occurred in 50.5% (103 cases) of the 204 patients, and reconstruction occurred in 50.3% (72 cases) of the 143 patients in the modeling group. There were differences in age of onset, course of disease and postoperative horizontal strabismus between the reconstructive group and the non-reconstructive group (all P<0.05). Multivariate Logistic regression analysis showed that age of onset and postoperative horizontal strabismus were risk factors for stereoscopic visual function reconstruction after IXT surgery (all P<0.05), and the course of disease was a protective factor (P<0.05). The AUC of the modeling group was 0.892, and the H-L test was  $\chi^2=6.654$  and P=0.615. The AUC of the validation group was 0.935, and the H-L test was  $\chi^2=6.498$  and P=0.642. The DCA curve showed that the clinical value of the nomogram model was higher when the probability was 0.09–0.95.

• CONCLUSION: The age of onset, course of disease and postoperative amount of horizontal strabismus are the influencing factors of stereoscopic visual function reconstruction after IXT surgery, and the nomogram model constructed by this can better predict postoperative stereoscopic function reconstruction.

• KEYWORDS: intermittent exotropia; stereoscopic function reconstruction; influencing factors; nomogram

**Citation:** Peng JP, Zhang SQ, Liu J. Influencing factors of stereoscopic function reconstruction after intermittent exotropia surgery and construction of a nomogram prediction model. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026, 26(1):129–134.

## 0 引言

斜视是双眼不能同时注视同一个目标,视轴分离,斜视眼的物像则会落在视网膜中心凹外,因代偿双眼复视的需要,会慢慢形成单眼抑制,降低视皮层神经细胞兴奋性,影响立体视觉发育,从而出现立体视损害<sup>[1-2]</sup>。研究认为斜视可能与遗传等有关,不仅影响眼部外观,还可能对立体视功能正常发育产生影响<sup>[3]</sup>。间歇性外斜视(IXT)是较为常见的斜视类型,眼部的拮抗肌肌力失衡会造成眼位偏斜,肌肉支配神经发生改变,该疾病多发于儿童,随着年龄逐渐增加,会加重损伤双眼的视觉功能,严重影响患儿的日常生活<sup>[4-5]</sup>。目前在临床治疗 IXT 患者需进行手术治疗,将斜视视物体改为正视视物,确保双眼视轴位于平行,改善双眼单视功能,促进恢复立体功能<sup>[6]</sup>。有研究发现 IXT 患者进行斜视矫正术可重建立体视功能<sup>[7]</sup>,但在重建时受到哪些影响因素尚未完全明确,因此在临床寻找立体视功能重建的影响因素,可尽早进行干预。列线图可将筛选出的影响因素进行分析,从而预测某事件发生的风险值,临床医师可根据该因素来制定干预措施<sup>[8]</sup>。基于此,目前关于 IXT 术后立体视功能重建在列线图中的研究鲜有报道,因此本研究旨在探讨 IXT 术后立体视功能重建的影响因素及其列线图预测模型构建。

## 1 对象和方法

**1.1 对象** 选取 2021 年 9 月至 2023 年 10 月在本院收治的 IXT 患者 204 例(均由同一术者进行斜视矫正手术),按照 7:3 比例将患者随机分为建模组(143 例)与验证组(61 例)。建模组患者根据术后是否立体视功能重建分为重建组和非重建组。纳入标准:(1)符合 IXT 标准<sup>[9]</sup>,外显斜和外隐斜可交替出现,遮盖 1 眼会出现显性外斜视;(2)视近和视远不能控制正位能力;(3)年龄 6~32 岁;(4)有完整临床资料。排除标准:(1)有青光眼、白内障者;(2)有眼部手术史者;(3)存在内斜、先天性外斜等特殊斜视者;(4)精神异常不能配合治疗者;(5)近期进行双眼视觉训练的患者;(6)术前存在立体视。本研究取得医学伦理委员会审查批准[批准号:(2021)伦审第(13)号],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 立体视功能重建判断标准** 在术后 1、3、6 mo, 1 a 评估患者重建情况,检查结果(Titmus 立体视检查)≤480" 时,说明重建近立体视觉功能,当结果显示(同视机随机点立体视觉检查图)≤400" 时,说明重建远立体视觉功能<sup>[10]</sup>。

**1.2.2 观察指标及临床资料收集** (1)比较建模组和验证组的临床资料,收集患者电子病历库的临床资料,包括年龄、性别、发病年龄、病程、斜视类型(基本型、集合不足型和分开过强型)、术前术后水平斜视量、近立体视、远立体视、融合功能、同时视、斜视程度、主导眼、眼底旋转情况、术前主斜眼最佳矫正视力;(2)比较重建组和非重建组的临床资料;(3)分析 IXT 术后立体视功能重建的影响因素;(4)构建 IXT 术后立体视功能重建列线图模型;(5)建模组和验证组列线图模型;(6)列线图模型的 DCA 曲线。

**统计学分析:**采用统计学软件 SPSS 25.0 进行分析。计数资料以例(%)表示,采用  $\chi^2$  检验。计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,采用配对样本  $t$  检验。IXT 术后立体视功能重建的影响因素采用多因素 Logistic 回归分析;采用 R 软件构建列线图模型。绘制 ROC 曲线评估列线图模型的区分度;临床决策曲线(DCA)评估该模型的临床应用价值。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

**2.1 建模组与验证组临床资料比较** 建模组与验证组间年龄、性别等临床资料比较差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ ),见表 1。

**2.2 重建组和非重建组临床资料比较** 患者 204 例有 103 例发生重建,发生率为 50.5%,建模组 143 例患者有 72 例发生重建,发生率为 50.3%。建模组中重建组和非重建组发病年龄、病程、术后水平斜视量比较差异有统计学意义(均  $P < 0.05$ ),其他临床资料比较差异无统计学意义(均  $P > 0.05$ ),见表 2。

**2.3 IXT 术后立体视功能重建的影响因素分析** 以 IXT 术后是否发生立体视功能重建为因变量(是 = 1, 否 = 0),以发病年龄、病程、术后水平斜视量为自变量,变量赋值方式见表 3。多因素 Logistic 回归分析发现,发病年龄、术后水平斜视量是 IXT 术后立体视功能重建的危险因素(均  $P < 0.05$ ),病程为保护因素( $P < 0.05$ ),见表 4。

**2.4 IXT 术后立体视功能重建的列线图模型** 在该模型中,影响评分的因素依次为病程、发病年龄、术后水平斜视量,见图 1。

**2.5 建模组 ROC 曲线和校准曲线** 建模组 AUC 为 0.892, 95%CI 为 0.841~0.943, H-L 检验为  $\chi^2 = 6.654$ ,  $P = 0.615$ ,见图 2。

**2.6 验证组 ROC 曲线和校准曲线** 验证组 AUC 为 0.935, 95%CI 为 0.879~0.992, H-L 检验为  $\chi^2 = 6.498$ ,  $P = 0.642$ ,见图 3。

**2.7 列线图模型的 DCA 曲线** 由 DCA 曲线可知,概率在 0.09~0.95 时,评估该列线图模型临床使用价值较高,见图 4。

## 3 讨论

斜视不仅影响患者外观和心理健康,还会对视觉功能产生影响<sup>[11]</sup>。立体视是双眼视觉功能的最高等级,然而形成立体视需要视野范围大,运动功能正常等条件<sup>[12]</sup>, IXT 患者因缺失远近立体功能以及外观,对其正常生活和工作产生影响,因而立体视功能的重建是临床治疗的关键,既往手术治疗注重改善斜视眼睛外观,将立体视功能的改善忽略,近期重点逐渐转移到立体视功能的重建上<sup>[13]</sup>。本研究结果发现,204 例患者有 103 例发生重建,发生率为 50.5%,建模组 143 例患者有 72 例发生重建,发

表 1 建模组与验证组临床资料比较

指标	建模组(143例)	验证组(61例)	t/χ <sup>2</sup>	P
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	13.58±2.63	13.62±2.68	0.099	0.921
性别(例,%)			0.095	0.758
男	69(48.3)	28(45.9)		
女	74(51.7)	33(54.1)		
发病年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	5.53±0.74	5.50±0.72	0.267	0.790
病程( $\bar{x} \pm s$ ,a)	6.69±0.36	6.72±0.38	0.536	0.593
斜视类型(例,%)			0.614	0.734
基本型	83(58.0)	32(52.4)		
集合不足型	43(30.1)	20(32.8)		
分开过强型	17(11.9)	9(14.8)		
术前水平斜视量( $\bar{x} \pm s$ ,PD)	52.65±13.32	52.08±13.28	0.280	0.780
术后水平斜视量( $\bar{x} \pm s$ ,PD)	11.41±1.60	11.52±1.58	0.451	0.652
近立体视(例,%)			0.033	0.856
有	77(53.8)	32(52.5)		
无	66(46.2)	29(47.5)		
远立体视(例,%)			0.099	0.753
有	97(67.8)	40(65.6)		
无	46(32.2)	21(34.4)		
融合功能(例,%)			0.338	0.561
无	19(13.3)	10(16.4)		
有	124(86.7)	51(83.6)		
同时视(例,%)			0.257	0.612
无	11(7.7)	6(9.8)		
有	132(92.3)	55(90.2)		
斜视程度(例,%)			0.222	0.637
<60 PD	47(32.9)	18(29.5)		
≥60 PD	96(67.1)	43(70.5)		
主导眼(例,%)			0.024	0.878
左眼	39(27.3)	16(26.2)		
右眼	104(72.7)	45(73.8)		
眼底旋转情况(例,%)			0.117	0.732
有旋转	23(16.1)	11(18.0)		
无旋转	120(83.9)	50(82.0)		
术前主斜眼最佳矫正视力(例,%)			0.075	0.784
0.8-1.0	85(59.4)	35(57.4)		
>1.0	58(40.6)	26(42.6)		

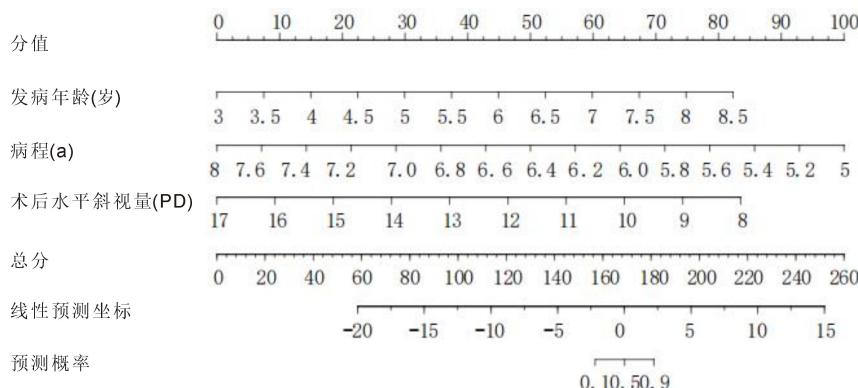


图 1 IXT 术后立体视功能重建的列线图模型。

表2 建模组中重建和非重建患者临床资料比较

指标	重建组(72例)	非重建组(71例)	t/χ <sup>2</sup>	P
年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	13.42±2.56	13.75±2.71	0.749	0.455
性别(例,%)			0.008	0.931
男	35(48.6)	34(47.9)		
女	37(51.4)	37(52.1)		
发病年龄( $\bar{x} \pm s$ ,岁)	6.53±0.85	4.52±0.62	16.137	<0.001
病程( $\bar{x} \pm s$ ,a)	6.12±0.32	7.26±0.41	18.550	<0.001
斜视类型(例,%)			0.087	0.957
基本型	42(58.3)	41(57.7)		
集合不足型	21(29.2)	22(31.0)		
分开过强型	9(12.5)	8(11.3)		
术前水平斜视量( $\bar{x} \pm s$ ,PD)	53.21±13.34	52.08±13.30	0.509	0.611
术后水平斜视量( $\bar{x} \pm s$ ,PD)	10.21±1.56	12.63±1.64	9.042	<0.001
近立体视(例,%)			0.067	0.796
有	38(52.8)	39(54.9)		
无	34(47.2)	32(45.1)		
远立体视(例,%)			0.090	0.764
有	48(66.7)	49(69.0)		
无	24(33.3)	22(31.0)		
融合功能(例,%)			0.046	0.831
无	10(13.9)	9(12.7)		
有	62(86.1)	62(87.3)		
同时视(例,%)			0.084	0.772
无	6(8.3)	5(7.0)		
有	66(91.7)	66(93.0)		
斜视程度(例,%)			0.226	0.634
<60 PD	25(34.7)	22(31.0)		
≥60 PD	47(65.3)	49(69.0)		
主导眼(例,%)			0.057	0.811
左眼	19(26.4)	20(28.2)		
右眼	53(73.6)	51(71.8)		
眼底旋转情况(例,%)			0.070	0.792
有旋转	11(15.3)	12(16.9)		
无旋转	61(84.7)	59(83.1)		
术前主斜眼最佳矫正视力(例,%)			0.074	0.786
0.8~1.0	42(58.3)	43(60.6)		
>1.0	30(41.7)	28(39.4)		

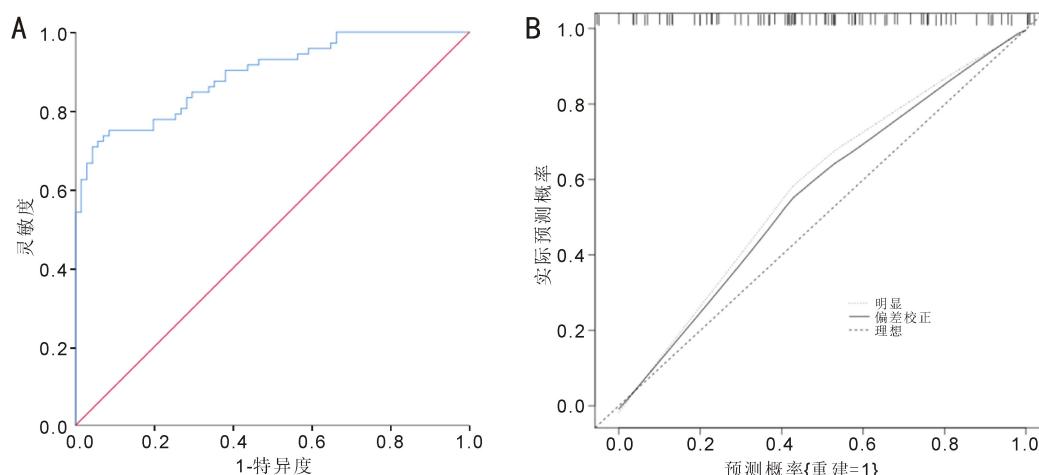


图2 建模组ROC曲线和校准曲线 A:ROC曲线;B:校准曲线。

表3 自变量赋值方式

变量	赋值方式
发病年龄	连续变量
病程	连续变量
术后水平斜视量	连续变量

表4 IXT 术后立体视功能重建的影响因素分析

变量	$\beta$	SE	Wald $\chi^2$	P	OR	95%CI
发病年龄	2.581	0.884	8.522	0.004	13.213	2.336–74.750
病程	-2.703	1.154	5.487	0.019	0.067	0.007–0.643
术后水平斜视量	1.679	0.633	7.032	0.008	5.630	1.550–18.541
常量	-20.871	9.606	4.721	0.030	<0.001	-

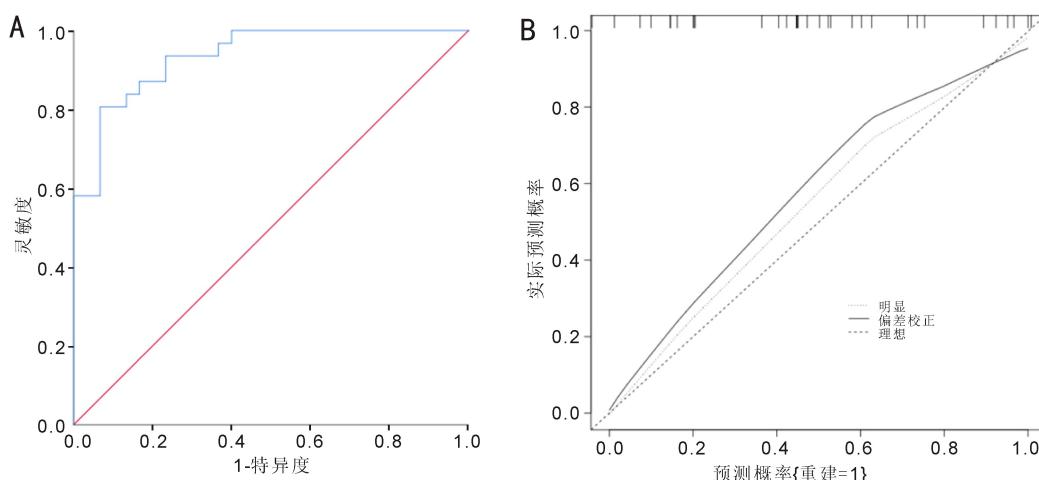


图3 验证组 ROC 曲线和校准曲线 A:ROC 曲线;B:校准曲线。

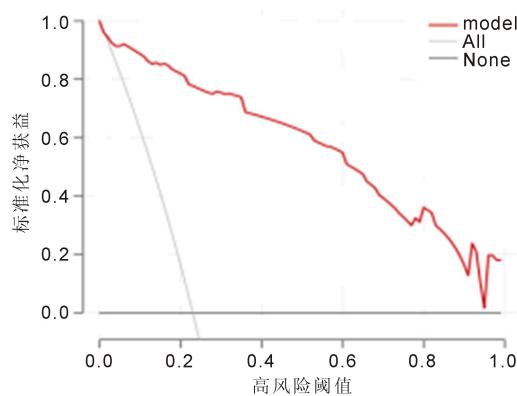


图4 列线图模型的 DCA 曲线。

生率为 50.3%, 与黄华林等<sup>[14]</sup>研究相似, 说明构建风险预测模型, 对临床尽早预防尤为重要。

本研究筛选出 3 个影响立体视功能重建的因素(发病年龄、病程、术后水平斜视量), 分析其原因:(1)双眼的视功能是在出生后 3–6 mo 发育, 而在视觉功能成熟期出现损害视觉、斜视等都损伤双眼视功能<sup>[15]</sup>。有研究发现, 年龄会对 IXT 术后立体视功能重建产生影响, 年龄太小会影响术前最佳斜视度测定, 且测定结果与术后眼位矫正有关<sup>[16]</sup>, 本研究结果发现重建组的年龄较大, 与上述研究一致, 说明年龄较大的患者在术后立体视功能重建几率高, 而且发病较早的患者会抑制双眼视功能发育, 若不能解除抑制双眼视功能的因素, 在后续会增加恢复难度, 因此对于发病早的患者需尽早治疗<sup>[17]</sup>。(2)病程也是影响

患者术后立体视功能重建的因素, 斜视持续时间短的患者在手术治疗后恢复立体视的效果更好, 因为病程较长的患者病情更易发生进展, 导致融合的范围变小, 严重损伤立体视, 造成立体视重建困难<sup>[18–19]</sup>。(3)机体视网膜中心的凹纹状皮质可介导患者的立体视功能, 患者术后水平斜视量越小则更易重建, 而且术后斜视量还会影响患者患眼融合功能重建, 而斜视量小的患者立体视觉较优, 可能是因为斜视量大的患眼长时间处于融合范围, 当融合功能出现缩小时影响恢复视功能<sup>[11,20]</sup>。黄华林等<sup>[14]</sup>研究发现, 成人 IXT 术后立体功能重建与发病年龄和病程有关, 可在临床重点关注, 与本研究结果相似, 说明年龄和病程与患者术后立体功能重建密切相关。本研究基于影响因素构建列线图模型得出两组的 AUC 分别为 0.892、0.935, 而且 H-L 检验显示拟合度良好, 预测值和真实值比较无差异, 说明该模型预测区分能力良好, 而且 DCA 曲线得知概率在 0.09–0.95 时, 评估列线图临床使用价值较高, 从而可帮助临床医师根据影响因素进行预防, 有效改善患者的立体视功能。

综上所述, 发病年龄、病程、术后水平斜视量是 IXT 术后立体视功能重建的影响因素, 以此构建的列线图模型可较好地预测术后立体视功能重建。本研究尚存在局限性, 样本量较少不能代表全体患者, 且为单中心研究, 后续会扩大样本量和纳入范围验证。

利益冲突声明: 本文不存在利益冲突。

作者贡献声明: 彭金萍论文选题与修改, 初稿撰写; 刘静文

献检索,数据分析;张淑清选题指导,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] 尹瑞梅, 刘永华, 张劭茹. 角膜塑形镜对间歇性外斜视合并近视患者术后双眼视功能重建的效果. 国际眼科杂志, 2023, 23(10): 1760-1763.
- [2] 曾彩琼, 闫玉梅, 曾思明. 斜视术后立体视重建的影响因素. 武汉大学学报(医学版), 2022, 43(2): 298-301.
- [3] Dohlman JC, Hunter DG, Heidary G. The impact of strabismus on psychosocial equity. Semin Ophthalmol, 2023, 38(1): 52-56.
- [4] 张蕾, 赵德宣, 马玲. 间歇性外斜视患者手术前双眼视功能与术后双眼视功能恢复状况的比较研究. 中国医师进修杂志, 2020, 43(8): 725-729.
- [5] 林楠, 王京辉, 孙省利, 等. 间歇性外斜视术后正位儿童双眼视觉重建的影响因素. 眼科, 2021, 30(1): 62-65.
- [6] Lloyd ME, Wang FM, Wasserman BN, et al. Management issues in adult strabismus. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 2020, 57(3): 140-143.
- [7] Al Shehri F, Duan L, Ratnapalan S. Psychosocial impacts of adult strabismus and strabismus surgery: a review of the literature. Can J Ophthalmol, 2020, 55(5): 445-451.
- [8] Singh K, Bhushan P, Mishra D, et al. Assessment of optic disk by disk damage likelihood scale staging using slit-lamp biomicroscopy and optical coherence tomography in diagnosing primary open-angle glaucoma. Indian J Ophthalmol, 2022, 70(12): 4152-4157.
- [9] 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). 中华眼科杂志, 2015, 51(6): 408-410.
- [10] 厉青青. 外斜视患者术后双眼视功能恢复相关因素分析. 温州医科大学, 2015.
- [11] 张容菡, 付晶, 赵博文, 等. 视感知觉检查系统对共同性外斜视术后立体视功能重建的相关预测因素. 中华眼视光学与视觉科学杂志, 2020, 22(12): 895-901.
- [12] Gietzelt C, Datta R, Busshoff J, et al. The influence of stereoscopic vision on surgical performance in minimal invasive surgery—a substudy of the IDOSP—Study (Influence of 3D – vs. 4K – Display Systems on Surgical Performance in minimal invasive surgery). Langenbecks Arch Surg, 2022, 407(7): 3069-3078.
- [13] Xi SD, Yao J, Zhang SJ, et al. Disrupted neural signals in patients with concomitant exotropia. Ophthalmic Physiol Opt, 2020, 40(5): 650-659.
- [14] 黄华林, 蔡春艳, 戴鸿斌, 等. 影响成人间歇性外斜视术后立体视功能重建情况分析. 国际眼科杂志, 2023, 23(3): 526-530.
- [15] Pineles SL, Aakalu VK, Hutchinson AK, et al. Binocular Treatment of Amblyopia: A Report by the American Academy of Ophthalmology. Ophthalmology, 2020, 127(2): 261-272.
- [16] 张艺, 翟子苏, 王聪尧, 等. 间歇性外斜视矫正术后患者立体视觉恢复影响因素的 Meta 分析. 中国斜视与小儿眼科杂志, 2021, 29(4): 26-28.
- [17] 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.
- [18] 许鑫悦, 薛黎萍, 滕凤舞. 斜视术后立体视功能修复及重建的影响因素. 中国现代医学杂志, 2023, 33(18): 43-47.
- [19] Shen T, Lin J, Li XL, et al. Intermediate filaments in the medial rectus muscles in patients with concomitant exotropia. Int Ophthalmol, 2020, 40(2): 403-410.
- [20] 肖翠杰, 赵德宣, 高自清. 共同性斜视患儿矫正术后双眼视功能恢复不佳的因素分析. 临床和实验医学杂志, 2021, 20(1): 100-103.