

机器学习模型预测青少年近视患者配戴角膜塑形镜的效果

从金菊,周治民,孙 慧

引用:从金菊,周治民,孙慧. 机器学习模型预测青少年近视患者配戴角膜塑形镜的效果. 国际眼科杂志, 2026, 26 (8): 1496-1500.

基金项目:潜江市公益性行业科研计划项目 (No.2023GYX008)
作者单位:(433100) 中国湖北省潜江市,潜江爱尔眼科医院
作者简介:从金菊,本科,副主任医师,研究方向:白内障、青光眼、屈光。
通讯作者:从金菊. congjinju@aierchina.com
收稿日期:2025-05-19 修回日期:2026-05-19

摘要
目的:探讨机器学习模型预测青少年近视患者配戴角膜塑形镜控制近视效果,并分析影响眼轴增长的关键因素。
方法:采用回顾性临床研究,纳入 2021 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 1 日在本院验配角膜塑形镜并完成 6 mo 随访的 8-17 岁青少年近视患者。收集基线一般资料及眼部生物学参数,包括年龄、眼别、睫状肌麻痹验光结果、角膜曲率 (K1、K2) 及眼轴长度 (AL)。以戴镜 6 mo 后眼轴变化量 (Δ AL) 为主要结局指标。构建决策树、随机森林、极端梯度提升及神经网络 4 种机器学习模型,对角膜塑形镜控制效果进行预测,并比较模型性能;同时采用多元线性回归分析 Δ AL 的相关影响因素。
结果:本研究共纳入 8-17 岁青少年近视患者 102 例 159 眼,双眼 57 例,单眼 45 例,右眼 91 眼 (57.2%),左眼 68 眼 (42.8%)。其中男 56 例 (54.9%),女 46 例 (45.1%);平均年龄为 11.98 ± 1.93 岁,平均球镜度数为 -2.28 ± 1.37 D,平均柱镜度数为 -0.65 ± 0.36 D,AL 为 24.60 ± 0.82 mm,K1 值为 42.55 ± 1.39 D,K2 值为 43.58 ± 1.44 D。戴镜 6 mo 后 AL 为 24.68 ± 0.59 mm,平均球镜度数为 -2.45 ± 1.46 D,柱镜度数为 -0.68 ± 0.38 D,K1 值为 42.52 ± 1.33 D,K2 值为 43.61 ± 1.51 D, Δ AL 为 0.08 ± 0.17 mm。4 种机器学习模型预测角膜塑形镜控制 AL 效果的性能对比显示,决策树模型预测效果最优,其 $MAE=0.11$ 、 $MSE=0.02$ 、 $R^2=0.44$ 。决策树模型输出的特征重要性排序前三名分别为年龄、戴镜前 AL、戴镜前角膜水平曲率 (K1)。多元线性回归分析显示,年龄与 Δ AL 呈负相关 ($\beta=-0.03$, $P<0.001$),而其余变量与 Δ AL 无显著相关性 (均 $P>0.05$)。
结论:机器学习模型可有效预测角膜塑形镜对青少年近视患者眼轴增长的控制效果,其中决策树模型表现最佳。年龄是影响角膜塑形镜疗效的关键因素,戴镜前 AL 及角膜曲率亦具有一定预测价值。本研究为青少年近视个体化防控提供了新的数据支持。
关键词:角膜塑形镜;机器学习模型;近视
DOI:10.3980/j.issn.1672-5123.2026.8.32

Machine learning – based prediction of orthokeratology therapeutic outcomes in pediatric patients

Cong Jinju, Zhou Zhimin, Sun Hui

Foundation item: Qianjiang Public Welfare Industry Scientific Research Plan Project (No.2023GYX008)
Qianjiang Aier Eye Hospital, Qianjiang 433100, Hubei Province, China
Correspondence to: Cong Jinju. Qianjiang Aier Eye Hospital, Qianjiang 433100, Hubei Province, China. congjinju@aierchina.com
Received:2025-05-19 Accepted:2026-05-19

Abstract

• **AIM:** To explore the application value of machine learning models in predicting the myopia control efficacy of orthokeratology (OK) in pediatric population, and analyze the key factors affecting axial length (AL) elongation.
• **METHODS:** This retrospective study included myopic subjects aged 8-17 y who were fitted with OK lenses and completed a 6 mo follow-up between January 1, 2021 and December 1, 2023. Baseline demographic and ocular biometric parameters were collected, including age, eye laterality, cycloplegic refraction, corneal curvature (K1 and K2) and AL. AL change (Δ AL) at 6 mo after lens wearing was defined as the primary outcome. Four machine learning models—decision tree, random forest, extreme gradient boosting (XGBoost), and neural network—were developed to predict treatment efficacy, and their predictive performance was compared. Multiple linear regression analysis was performed to identify relevant factors associated with Δ AL.
• **RESULTS:** A total of 102 myopic patients (159 eyes) aged 8-17 y were included in this study, including 57 bilateral eyes and 45 unilateral cases. Among them, 56 were boys (54.9%) and 46 were girls (45.1%). The mean age was 11.98 ± 1.93 y. At baseline, the mean spherical error was -2.28 ± 1.37 D, the mean cylindrical power was -0.65 ± 0.36 D, and AL was 24.60 ± 0.82 mm, the mean flat keratometry (K1) was 42.55 ± 1.39 D, and the mean steep keratometry (K2) was 43.58 ± 1.44 D. After 6 mo of lens wear, the AL increased to 24.68 ± 0.59 mm, The mean spherical power was -2.45 ± 1.46 D, the cylindrical power was -0.68 ± 0.38 D, the K1 value was 42.52 ± 1.33 D, and the

K2 value was 43.61 ± 1.51 D. The mean Δ AL was 0.08 ± 0.17 mm. The performance comparison of four machine learning models in predicting the efficacy of OK on AL control showed that the decision tree model achieved the best predictive performance ($MAE = 0.11$, $MSE = 0.02$, $R^2 = 0.44$). Feature importance analysis indicated that age, baseline AL and K1 were the top three predictors. Multiple linear regression showed that age was negatively associated with Δ AL ($\beta = -0.03$, $P < 0.001$), while other variables were not significantly associated (all $P > 0.05$).

• **CONCLUSION:** Machine learning models can effectively predict the efficacy of OK in controlling axial elongation in children. The decision tree model shows the best performance. Age is a key factor affecting the therapeutic effect of OK, while baseline AL and corneal curvature also contribute to prediction. This study provides new data support for individualized myopia prevention and control strategies in the pediatric population.

• **KEYWORDS:** orthokeratology; machine learning; myopia

Citation: Cong JJ, Zhou ZM, Sun H. Machine learning – based prediction of orthokeratology therapeutic outcomes in pediatric patients. Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci), 2026, 26 (8): 1496–1500.

0 引言

近视是全球常见的眼部疾病,从 1990 年到 2023 年,近视率逐年增加,预计到 2040 年和 2050 年,近视率预计将分别达到 36.59% 和 39.80%。特别是包括中国在内的东亚国家,近视发病率更高^[1]。近视通常发生在 6–12 岁之间^[2],发病年龄较早与未来高度近视和相关眼部病理的风险较高相关。高度近视会导致一系列致盲的并发症,如近视黄斑病变、视网膜脱离和青光眼等,严重影响了患者的健康和生活质量^[3]。因此,延迟近视的发生和延缓其发展被认为是与近视相关的公共卫生问题的重点。目前用来控制青少年近视发展的方法主要分为药物及光学矫正^[4]。多项临床报道角膜塑形镜能够较好的控制青少年的近视进展^[5]。但是,在临床实际工作中,不同青少年配戴角膜塑形镜的疗效不同,考虑到角膜塑形镜近视控制效果的个体差异以及有关影响眼轴增长的因素存在争议,本研究运用机器学习预测模型预测角膜塑形镜的配戴效果,对影响角膜配戴效果的因素重要性进行评估。帮助临床医生在开始进行角膜塑形镜治疗前,根据临床特征和眼部生物学参数来预测角膜塑形镜的配戴效果。

1 对象和方法

1.1 对象 采用回顾性临床研究。选择 2021 年 1 月 1 日至 2023 年 12 月 1 日在我院配戴角膜塑形镜的青少年近视患者。纳入标准:(1) 年龄 8–17 岁;(2) 双眼最佳矫正视力 > 1.0 ;(3) 睫状肌麻痹验光后球镜度数 ≥ -6.00 D 且 ≤ -0.75 D,角膜散光 ≤ -2.00 D;(4) 眼压 10–21 mmHg;(5) 角膜曲率 38.00–50.00 D;(6) 有良好的依从性,配合完成随访。排除标准:(1) 除屈光不正,伴有其他眼部疾病或存在可能影响眼部的全身性疾病;(2) 既往行眼科手术;(3) 正在使用或者既往使用控制近视的药物和治疗(哺光仪、低浓度阿托品等^[6]);(4) 存在与角膜相关的急

慢性炎症;(5) 数据不完整。本研究所有程序符合《赫尔辛基宣言》,取得医学伦理委员会审查批准(批准号:2023IRLLPJ01)。角膜塑形镜配戴前已向参与者及其家长或法定监护人详细治疗目的和检查程序。至少获得一位监护人的书面知情同意书,并在检查时获得每位参与者的口头同意。

1.2 方法 所有患者在配戴角膜塑形镜之前均行全面的眼检查,包括睫状肌麻痹验光(使用 1% 盐酸环喷托酯滴眼液散瞳,每隔 5 min 滴 1 次,一共滴 4 次,滴完后嘱患者闭眼按压泪囊区,4 次点眼后 1 h 电脑验光)、裂隙灯检查、角膜地形图、眼压、采用光学生物测量仪测量角膜水平曲率(K1)、角膜垂直曲率(K2)及眼轴(AL)(每眼最少测量 3 次,取平均值)。

所有患者分别于戴镜后 1 d, 1 wk 及 6 mo 进行随访,复查患者裸眼视力、非睫状肌麻痹验光、裂隙灯以及眼轴。以戴镜后 6 mo 眼轴变化量(Δ AL)作为主要结局指标,定义为戴镜后 6 mo 时 AL 减去戴镜前 AL。

统计学分析:采用 R 软件(版本 4.2.2)进行统计分析。计量资料经 Shapiro–Wilk 检验评估正态性,符合正态分布者以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对样本 t 检验。计数资料以例数(%)表示。多因素线性回归分析 Δ AL 的影响因素。使用 Python3 进行机器学习模型建模并构建最佳模型,对 Δ AL 的危险因素进行排序。以双侧 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。

2 结果

2.1 纳入患者一般资料 本研究共纳入 8–17 岁青少年近视患者 102 例 159 眼,其中男 56 例(54.9%),女 46 例(45.1%),平均年龄 11.98 ± 1.93 岁。纳入患者中双眼配戴角膜塑形镜 57 例,单眼 45 例(另一眼屈光状态正常或无需干预),右眼 91 眼(57.2%),左眼 68 眼(42.8%)。

2.2 纳入患者戴镜前后各指标比较 纳入患者戴镜前后 AL 及球镜度数比较差异均有统计学意义($P < 0.05$),而柱镜度数、柱镜轴向及角膜曲率(K1、K2)比较差异均无统计学意义($P > 0.05$),见表 1。 Δ AL 为 0.08 ± 0.17 mm。

2.3 机器学习模型方法 使用决策树、随机森林、极度梯度提升、神经网络 4 种机器学习模型,预测角膜塑形镜控制 AL 增长的效果。数据集按 7:3 比例划分为训练集(用于模型构建与最优参数筛选)和测试集(用于模型验证);训练集 111 眼,测试集 48 眼。选用平均绝对误差(MAE)、均方误差(MSE)、决定系数(R^2)作为回归模型的评估指标(MAE、MSE 越小, R^2 越接近 1,代表模型预测性能越好)。4 种机器学习模型预测角膜塑形镜控制 AL 效果的性能对比显示,决策树模型预测效果最优,其 $MAE = 0.11$ 、 $MSE = 0.02$ 、 $R^2 = 0.44$ 。决策树模型的特征重要性分析结果见图 1A,决策树模型输出的特征重要性排序见图 1B,结果标明,影响因素的前三名分别为年龄、戴镜前眼轴、K1 值。

2.4 多元线性回归分析 采用 R 语言 4.2.2 统计软件进行多元线性回归($R^2 = 0.46$),年龄、眼别(右眼 = 0,左眼 = 1)、戴镜前球镜度数、柱镜度数、柱镜轴向、戴镜前 AL、角膜曲率 K1 和 K2 为自变量, Δ AL 为因变量。结果显示戴镜前年龄与 Δ AL 负相关($P < 0.001$),年龄越大, Δ AL 越小。戴镜前球镜度数、柱镜度数、柱镜轴向、戴镜前 AL、角膜曲率、眼别与 Δ AL 无相关($P > 0.05$)。

表 1 纳入患者戴镜前后各指标比较

时间	眼数	球镜度数(D)	柱镜度数(D)	柱镜轴向(°)	AL(mm)	K1(D)	K2(D)
戴镜前	159	-2.28±1.37	-0.65±0.36	129.31±65.34	24.60±0.82	42.55±1.39	43.58±1.44
戴镜 6 mo 后	159	-2.45±1.46	-0.68±0.38	128.45±67.21	24.68±0.59	42.52±1.33	43.61±1.51
t		-2.75	-1.86	-0.52	2.27	-0.35	0.30
P		0.007	0.064	0.603	0.024	0.724	0.767

注:K1 为角膜前表面中央直径 3 mm 光学区内扁平子午线的屈光度,K2 为陡峭子午线的屈光度。

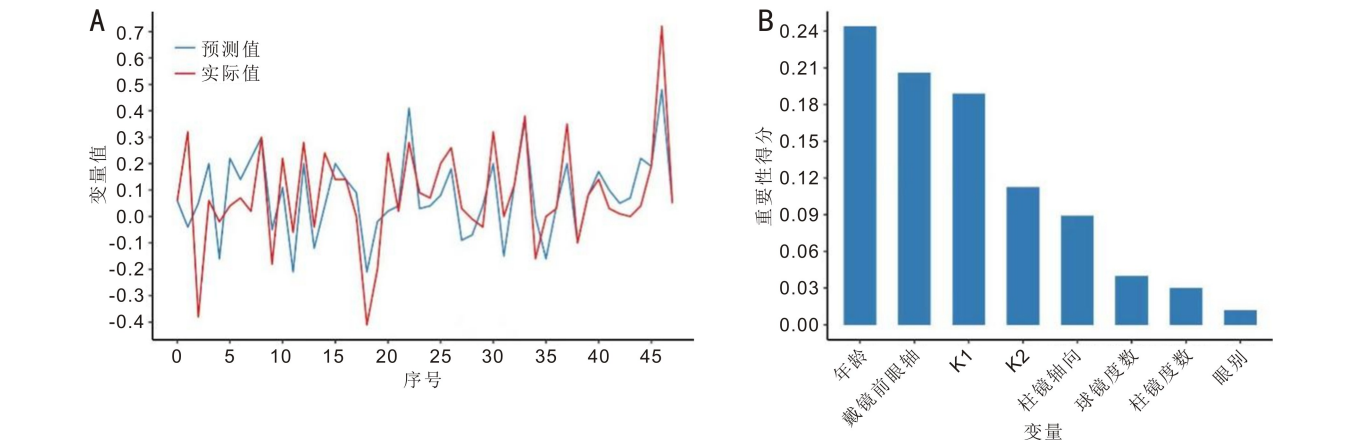


图 1 角膜塑形镜控制 AL 变化相关影响因素重要性预测 A:决策树模型的特征重要性分析结果。红色曲线展示的是决策树模型预测值,黑色曲线展示的是实际值;B:决策树模型输出的特征重要性排序。

表 2 多元线性回归分析结果

变量	β	标准误	t	P
(截距)	-1.03	1.29	-0.80	0.42
年龄	-0.03	0.01	-3.64	<0.001
眼别	0.02	0.03	0.74	0.46
球镜度数	0.02	0.02	0.95	0.34
柱镜度数	-0.01	0.05	-0.26	0.80
柱镜轴向	<0.001	<0.001	<0.001	1.00
戴镜前 AL	0.02	0.03	0.65	0.52
K1	-0.01	0.03	-0.23	0.82
K2	0.03	0.03	0.90	0.37

3 讨论

角膜塑形镜是高透氧性材料制作而成的一种硬性角膜接触镜,通过眼睑机械按摩压迫和镜片表面张力、重力及泪液产生的液压吸引,角膜中央区域的弧度在一定范围内变平,从而暂时性降低一定量的近视度数,提升裸眼视力。大量的临床试验证明角膜塑形镜是延缓儿童和青少年近视进展的有效方法^[5]。然而我们在临床工作中发现,角膜塑形镜的配戴效果存在个体差异性,一部分患者并没有获得预期的控制效果。有研究者认为角膜塑形镜对儿童近视控制效果可能与多方面因素有关,包括年龄、性别、家族史、用眼习惯、户外活动时间、角膜塑形镜镜片设计及配戴情况等^[7-12]。不同研究结果之间尚存争议,可能与参与者特征、研究设计、统计分析方法等因素有关,还需更多的研究来明确不同影响因素与角膜塑形镜控制 AL 增长的关系。近年来,人工智能的应用在医疗行业急速发展,尤其是机器学习模型,通过临床数据的训练,构建精准的预测模型,早期筛选或识别控制近视欠佳的高危群体,及

时采取针对性干预措施,提升近视防控的效果。

近年来,广大学者对角膜塑形镜控制近视进展的影响因素多有报道,但较少涉及风险预测模型的构建,难以锁定近视控制不良的高危人群,无法指导临床精准防护。Xu 等^[13]和 Cao 等^[14]将临床特征及角膜地形图的数据作为预测因子,分别采用多种回归模型(支持向量机、高斯过程、决策树和随机森林)及神经网络模型预测角膜塑形镜的 AL 控制效果,证实了机器学习模型在预测角膜塑形镜对 AL 控制效果中具有较高的准确性及稳定性。Fang 等^[15]和 Huang 等^[16]使用多变量逻辑回归模型预测角膜塑形镜的 AL 控制效果。Zhang 等^[17]比较了近邻算法、支持向量机、随机森林、极端随机树和极度梯度提升五种机器学习模型预测角膜塑形镜的控制 AL 效果,发现支持向量机的预测效果最好。因不同研究纳入的预测因子不同,使用的机器学习模型不同,导致结果存在差异。本研究将临床特征及眼部生物参数作为预测因子,比较决策树、随机森林、极度梯度提升、神经网络模型等 4 种机器学习模型预测角膜塑形镜的 AL 控制效果。发现决策树模型的效果最优,决策树模型输出的特征重要性排序前三名分别为:年龄、AL、K1。多元线性回归分析结果显示年龄是影响角膜塑形镜效果的重要因素。本研究通过多元线性回归分析发现配戴角膜塑形镜的初始年龄与 Δ AL 显著相关。年龄越大, Δ AL 越小。机器学习模型分析影响角膜塑形镜控制效果的首要因素为年龄。Queiros 等^[18]及谢静等^[19]研究显示戴镜前年龄是影响配戴角膜塑形镜的儿童近视进展相关的重要因素之一。Yang 等^[20]回顾性分析 212 例接受角膜塑形镜治疗 1 a 以上的患者,发现年龄是影响轴向延伸率和等效球镜增加的显著因素($P<0.05$)。戴镜前年龄与 Δ AL 呈负相关^[8]。与本研究的结论一致。

也有研究者认为,年龄较大的角膜塑形镜配戴者 AL 增长较慢,也可能与年龄较大者其自身的 AL 及屈光度增长速度变慢有关。虽然大部分研究显示年龄较大的儿童,配戴角膜塑形镜后 AL 增长情况较较低龄儿童缓慢,但并不代表低龄近视儿童无法从角膜塑形镜中受益。He 等^[21]和 Hiraoka 等^[22]认为初始戴镜年龄越小,相较于框架眼镜,角膜塑形镜对近视进展的控制效果越显著。因此,对于低龄儿童,排除眼部禁忌证,早期配戴角膜塑形镜控制近视进展同样重要。

本研究中戴镜前 AL 在决策树模型中对 Δ AL 的影响因素中排第二,多元线性回归分析中戴镜前 AL 与 Δ AL 的相关性无统计学意义。Xu 等^[23]认为接受角膜塑形镜治疗的儿童 AL 生长与戴镜前 AL 之间没有显著相关。与本研究中的结论一致。然而 Lin 等^[24]对 1 176 例配戴角膜塑形镜的 8–14 岁儿童进行回顾性分析,发现戴镜前 AL 较长的儿童在配戴角膜塑形镜后 AL 增长较慢。可能是因为戴镜前 AL 越长,等效球镜越高,配戴角膜塑形镜后视网膜周边离焦越明显,近视控制效果越好有关。

本研究多元线性回归分析未发现戴镜前角膜曲率参数(K1、K2)及柱镜度数与 Δ AL 存在显著线性相关性。然而,在机器学习模型中,K1 被识别为重要预测变量之一,其特征重要性仅次于年龄和戴镜前 AL。该结果提示角膜曲率对角膜塑形镜疗效的影响可能并非简单的线性关系,而可能通过与其他眼部生物学参数的复杂交互作用共同影响眼轴增长。机器学习模型中的特征重要性反映变量对模型预测误差降低的贡献,并不等同于多元线性回归中的统计学显著性。因此,K1 在决策树模型中具有一定预测贡献,但在多元线性回归中未达到统计学显著性,两者并不矛盾。Han 等^[25]研究显示角膜塑形镜控制近视的效果与初始角膜生物学特性无关。与本研究的结论一致。然而目前戴镜前角膜曲率对配戴角膜塑形镜后 AL 的增长存在争议。Kong 等^[26]发现角膜曲率是影响近视控制效果的一个相关因素。Santodomingo–Rubido 等^[27]及 Zhong 等^[28]研究显示角膜曲率越高,角膜塑形镜组控制近视发展效果越好。Chen 等^[29]认为 K1 值影响角膜塑形术的控制效果。K1 值越大,近视控制效果更好。可能是因为角膜塑形镜在水平子午线上周边角膜屈光度和角膜屈光力变化最大,因此产生更大的周边视网膜近视离焦量^[30]。水平方向角膜曲率越大,近视控制效果越好。

综上所述,机器学习模型可用于预测角膜塑形镜控制 AL 增长的效果。年龄是预测眼轴增长的重要因素,其次为戴镜前眼轴及 K1 值。本研究为临床医师预测角膜塑形镜控制效果提供了一定的参考依据。

利益冲突声明:本文不存在利益冲突。

作者贡献声明:从金菊论文选题与修改,初稿撰写,论文修改;周治民、孙慧文献检索,数据分析。所有作者阅读并同意最终的文本。

参考文献

[1] Liang J, Pu Y, Chen J, et al. Global prevalence, trend and projection of myopia in children and adolescents from 1990 to 2050: a

comprehensive systematic review and meta-analysis. *Br J Ophthalmol*, 2025,109(3):362–371.
[2] Chen Z, Gu D, Wang B, et al. Significant myopic shift over time: Sixteen-year trends in overall refraction and age of myopia onset among Chinese children, with a focus on ages 4–6 years. *J Glob Health*, 2023, 13:4144.
[3] Tariq F, Mobeen R, Wang X, et al. Advances in myopia prevention strategies for school-aged children: a comprehensive review. *Front Public Health*, 2023,11:1226438
[4] Lawrenson JG, Shah R, Huntjens B, et al. Interventions for myopia control in children: a living systematic review and network meta-analysis. *Cochrane Database Syst Rev*, 2023,2(2):CD014758.
[5] Zhang XJ, Zaabaar E, French AN, et al. Advances in myopia control strategies for children. *Br J Ophthalmol*, 2025,109(2):165–176.
[6] Loughman J, Lingham G, Nkansah EK, et al. Efficacy and Safety of Different Atropine Regimens for the Treatment of Myopia in Children: Three-Year Results of the MOSAIC Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol*, 2025,143(2):134–144.
[7] 柳晨星, 贺萧凡, 陈子扬, 等. 基于真实世界角膜塑形镜长期疗效及影响因素分析. *中国斜视与小儿眼科杂志*, 2024,32(3):25–28.
[8] 付玥川, 陶晨. 角膜塑形镜对儿童青少年低度近视眼进展控制长期效果及其影响因素的临床研究. *中华眼科医学杂志(电子版)*, 2022,12(5):287–292.
[9] Zhang HN, Li H, Zou ZY, et al. Regional summed corneal refractive power changes in myopic orthokeratology and their relationships with axial elongation. *Eye Contact Lens*, 2024,50(10):432–438.
[10] Xu Q, Hu YY, Wen Y, et al. Effect of corneal e-value on myopia control in children and adolescents with orthokeratology. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2024,60(4):330–336.
[11] Huang Z, Zhao W, Mao YZ, et al. Factors influencing axial elongation in myopic children using overnight orthokeratology. *Sci Rep*, 2023,13(1):7715.
[12] Chen MF, Liu XT, Zhang F, et al. The influencing factors and the effect of myopia control in children treated with orthokeratology. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi*, 2022,58(4):259–264.
[13] Xu S, Yang XY, Zhang SX, et al. Machine learning models for orthokeratology lens fitting and axial length prediction. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2023,43(6):1462–1468.
[14] Cao JW, Sun XM, Sun L, et al. Deep learning based prediction of myopia control effect in children treated with overnight orthokeratology. *Eye Contact Lens*, 2024,50(1):41–47.
[15] Fang JX, Zheng YX, Mou HC, et al. Machine learning for predicting the treatment effect of orthokeratology in children. *Front Pediatr*, 2022,10:1057863.
[16] Huang Y, Li XY, Fang WY, et al. Development and validation of a simple nomogram for predicting rapid myopia progression in children with orthokeratology management. *Curr Eye Res*, 2023,48(5):465–473.
[17] Zhang L, Gao MJ, Wang YR, et al. Development and evaluation of machine learning models for individualized prediction of myopia control efficacy treated with overnight orthokeratology. *Front Med (Lausanne)*, 2025,12:1559435.
[18] Queirós A, Lopes – Ferreira D, Yeoh B, et al. Refractive, biometric and corneal topographic parameter changes during 12 months of orthokeratology. *Clin Exp Optom*, 2020,103(4):454–462.
[19] 谢静, 冯运红, 金守梅, 等. 角膜塑形镜对青少年近视发展的影响因素回归分析. *国际眼科杂志*, 2015,15(5):872–874.
[20] Yang B, Liu LQ, Cho P. Effectiveness of orthokeratology and

myopia control spectacles in a real-world setting in China. *Cont Lens Anterior Eye*, 2024,47(3):102167.

[21] He MM, Du YR, Liu QY, et al. Effects of orthokeratology on the progression of low to moderate myopia in Chinese children. *BMC Ophthalmol*, 2016,16:126.

[22] Hiraoka T, Kakita T, Okamoto F, et al. Long-term effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia: a 5-year follow-up study. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012,53(7):3913-3919.

[23] Xu SS, Li ZY, Hu Y, et al. Development and validation of a prediction model for axial length elongation in myopic children treated with overnight orthokeratology. *Acta Ophthalmol*, 2021,99(5):e686-e693.

[24] Lin WP, Li N, Lu KP, et al. The relationship between baseline axial length and axial elongation in myopic children undergoing orthokeratology. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2023,43(1):122-131.

[25] Han XM, Li FF, Zhang Y, et al. Clinical investigation of short-term axial elongation control after orthokeratology lens correction: exploring its predictive role in long-term therapeutic efficacy. *Eye Contact Lens*, 2025,51(2):85-91.

[26] Kong QH, Guo J, Zhou J, et al. Factors determining effective orthokeratology treatment for controlling juvenile myopia progression. *Iran J Public Health*, 2017,46(9):1217-1222.

[27] Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, et al. Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain: refractive and biometric changes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2012,53(8):5060-5065.

[28] Zhong YY, Chen Z, Xue F, et al. Corneal power change is predictive of myopia progression in orthokeratology. *Optom Vis Sci*, 2014,91(4):404-411.

[29] Chen XH, Xiong Y, Liu FY, et al. Factors determining the myopia control effect of an orthokeratology lens: a two-year multi-level model. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2022,42(4):786-796.

[30] Kang P, Swarbrick H. Time course of the effects of orthokeratology on peripheral refraction and corneal topography. *Ophthalmic Physiol Opt*, 2013,33(3):277-282.