DOI: 10.16835/j.cnki.1000-9817.2025345

· 疾病控制 ·

上海市静安区 2019—2023 年小学生轴率比与近视发展的关联

徐文燕[1],王丽蒙[1],余勇夫[2]

1.上海市静安区疾病预防控制中心学校卫生与眼病防治科,200072;2.复旦大学公共卫生学院

【摘要】 目的 了解上海市静安区小学生近视现况,探讨小学生轴率比(AL/CR)进展情况,分析 AL/CR 的动态监测价值及其与近视进展的纵向关联机制,为开展小学生近视防控工作提供依据。**方法** 2019—2023 年采用分层整群随机抽样方法,抽取上海市静安区 2 所小学 17 624 名小学生开展连续 5 年视力筛查,并将 2019 年符合条件的一年级小学生 480 人,按回顾式队列的方法随访至 2023 年。分析近视率及 AL/CR 的变化趋势,运用χ^2 检验对不同组别小学生 2019—2023 年筛查近视率进行比较分析,采用χ^2 趋势检验对筛查近视率的趋势进行分析;采用 Kruskal-Wallis H 检验比较不同组别小学生 AL/CR 和 AL/CR 增量,应用线性混合效应模型分析 AL/CR 的影响因素,并构建含时依变量的近视发生风险预测 Cox 回归模型。**结果** 2019—2023 年小学生筛查性近视检出率分别为 36.65%,38.31%,40.47%,39.56%,39.76%。队列研究结果显示,五年级女生的 AL/CR 增长量高于男生,差异有统计学意义($Z=-2.05$,$P<0.05$)。线性混合效应模型结果显示,小学生 AL/CR 的影响因素有基线 AL/CR($\beta=1.051$,95%$CI=1.012\sim1.091$)、年级($\beta=0.040$,95%$CI=0.038\sim0.042$)、首年增长量($\beta=0.788$,95%$CI=0.733\sim0.843$),且男生随年级增长 AL/CR 发展速度较女生缓慢($\beta=-0.003$,95%$CI=-0.005\sim-0.001$)(P 值均<0.01)。时依 Cox 回归模型结果显示,基线 AL/CR 和 AL/CR 时变效应均有统计学意义(Z 值分别为 3.40,10.41,P 值均<0.01),AL/CR 对筛查性近视风险的影响随随访时间增强,且增长速度快于线性增长。**结论** 小学生的 AL/CR 主要由基线值和年级增长驱动,男生随年级增长的 AL/CR 发展速度较女生缓慢。AL/CR 的动态监测比基线值更能预测近视进展,对于 AL/CR 高增长的学生应该及早干预。

【关键词】 近视;眼轴长度;角膜曲率半径;回归分析;学生

【中图分类号】 R 179 R 778.1^{+1} R 770.42^{+1} **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1000-9817(2025)11-1645-05

Association of axial length-to-corneal radius ratio on myopia progression among primary school students in Jing'an District, Shanghai 2019-2023

XU Wenyan*, WANG Limeng, YU Yongfu

** Department of School Health and Eye Disease Prevention, Center for Disease Control and Prevention of Jing'an District, Shanghai 200072, China*

【Abstract】 Objective To investigate the current prevalence of myopia and the progression of the axial length/corneal radius ratio(AL/CR) among primary school students in Jing'an District, Shanghai, and to analyze the value of dynamic AL/CR monitoring and elucidate its longitudinal association with myopia progression, so as to provide evidences for supporting myopia prevention and control interventions. **Methods** From 2019 to 2023, by using a stratified cluster random sampling method, 17 624 students from two primary schools in Jing'an District, Shanghai were selected for annual vision screenings in five consecutive years. Additionally, a retrospective cohort of 480 eligible first-grade students identified in 2019 was followed up until 2023. The analysis focused on the myopia prevalence and the trend in the AL/CR. Differences in screening myopia rates across different student groups from 2019 to 2023 were compared using the *Chi*-square test. The trends in myopia rates were analyzed using the *Chi*-square trend test. The Kruskal-Wallis H test was employed to compare AL/CR and its annual increment across groups. A linear mixed-effects model was used to identify factors influencing AL/CR, and a time-dependent Cox regression model was developed to predict the risk of myopia onset. **Results** From 2019 to 2023, the screening myopia rates were 36.65%, 38.31%, 40.47%, 39.56%, and 39.76% for each respective year. Cohort analyses revealed Grade 5 girls had significantly greater AL/CR increments than boys ($Z=-2.05$, $P<0.05$). Linear mixed models identified baseline AL/CR ($\beta=1.051$, 95%$CI=1.012-1.091$), grade level ($\beta=0.040$, 95%$CI=0.038-0.042$), and first-year AL/CR increment ($\beta=0.788$, 95%$CI=0.733-0.843$) as primary determinants (all $P<0.01$). Boys showed slower AL/CR progression than girls ($\beta=-0.003$, 95%$CI=-0.005$ to -0.001, $P<0.01$). The time-dependent Cox model demonstrated that both baseline AL/CR ($Z=3.40$) and its time-varying effect ($Z=10.41$) significantly predicted myopia risk(both $P<0.01$). The effect of AL/CR on myopia risk significantly increased with follow-up time, and the growth rate exceeded a linear progression

【基金项目】 上海市眼病防治中心—"沪眼星光"儿童青少年近视防控人员培养计划项目(HYXG-QJ06)

【作者简介】 徐文燕(1983-),女,江西吉安人,硕士,主管医师,主要从事学校卫生与眼病防治工作。

pattern. **Conclusions** AL/CR progression is primarily driven by baseline values and grade advancement, with slower progression in boys. Dynamic AL/CR monitoring outperforms baseline measurements in predicting myopia progression. Students with rapid AL/CR increments require early intervention.

【Keywords】 Myopia; Axial length; Corneal curvature radius; Regression analysis; Students

2018 年全国近视调查数据显示,我国儿童青少年总体近视率为 53.6%,其中小学生为 36.0%[1]。近视一旦发生则不可逆转,如不及时干预和控制会迅速发展,一旦进展成高度近视,将增加眼底并发症的发生风险,严重者还可能致盲,给生活带来不便和沉重负担[2-3]。本研究于 2019—2023 年针对上海市静安区小学生开展近视筛查,系统了解辖区内小学生近视率水平和眼轴长度(axial length, AL)与角膜曲率半径(corneal curvature radius, CR)比值,即轴率比(AL/CR)的进展情况;通过构建连续 5 年的回顾式队列,对比不同组别小学生 AL/CR 及 AL/CR 增长量,为辖区内小学生近视发生的预测预警和及早科学干预提供依据。

1 对象与方法

1.1 对象 2019—2023 年每年 9—10 月,采用分层整群随机抽样方法,在上海市静安区 50 所小学中依据教学水平(普通/重点)进行分层,采用抽签法随机抽取 2 所小学作为监测学校,将抽中学校的所有在校生全部纳入调查,并连续监测 5 年。所有参与监测项目的学生家长均签署书面知情同意书。2019—2023 年的筛查数据经清洗整理合并,共纳入 17 624 名一至五年级的小学生,年龄为 6~11 岁;每年筛查人数分别为 3 512,3 686,3 301,3 478,3 647 名。从 2019 年的筛查对象中,选择全部的一年级小学生,排除其中已经近视、不同意参与、配戴角膜塑形镜、患有眼部疾病及核心数据缺失者,按照回顾式队列的方法随访至 2023 年,最终选择连续 5 年有随访数据的 480 人作为研究对象,其中男生 262 名(54.58%),女生 218 名(45.42%)。本研究为《上海市儿童近视综合防控:建立儿童屈光发育档案》项目的一部分,沿用上海市第一人民医院伦理委员会审批(批号:2015KY149)。

1.2 方法

1.2.1 视力检查 视力检查的指标有球镜、柱镜、轴位散光方向、角膜曲率、AL、裸眼视力和戴镜视力。按照《中小学生屈光不正筛查规范》(WS/T 663—2020)[4]要求,采用国际标准对数视力表进行裸眼及戴镜视力检查;采用 TOPCON KR800 台式电脑验光仪进行非睫状肌麻痹下电脑验光。采用蔡司 IOL-Master 500 非接触测量双眼 AL、角膜曲率[角膜平坦轴曲率(flat meridian keratometry, K1)和角膜陡峭轴曲率(steep meridian keratometry, K2)],角膜曲率均值 $K=(K1+K2)/2$, $CR=337.5/K$[5]。按以往研究[6]采用右眼数据进行统计分析。

1.2.2 体格发育评价 采用机械式身高计测量身高、电子体重计测量体重,并计算体质量指数(body mass index, BMI)= 体重(kg)/[身高(m)]^2。根据《学龄儿童青少年超重与肥胖筛查》(WS/T 586—2018)[7],依照年龄和性别所对应的界值判定学生超重、肥胖情况;根据《学龄儿童青少年营养不良筛查》(WS/T 456—2014)[8]判定学生消瘦情况。

1.2.3 判定标准 裸眼视力<5.0 且非睫状肌麻痹下电脑验光等效球镜度数(spherical equivalent, SE)<-0.50 D 则判定该眼为筛查性近视[9],其中 SE = 球镜度数+柱镜度数/2。

1.3 质量控制 近视筛查均由经过培训且获得资质的专业技术人员严格按照操作规范和标准要求进行,并抽取 5%进行质控复测,误差率在 5%以内。若复测误差率>5%,及时召开会议研究,对超过允许误差范围的指标进行复测、复检、改正。所有数据由质控人员进行全程监督,采用抽签法抽取学生进行重测。每次筛查结束后,现场负责人对采集的数据进行核对,检查是否存在遗漏或逻辑错误。

1.4 统计学分析 从上海市居民眼健康信息系统导出屈光监测数据并进行清洗与整理,使用 R 4.3.1 软件进行数据整理和统计分析。采用 Kolmogorov-Smirnov 方法检验数据的正态性,符合正态分布的连续变量采用($\bar{x}\pm s$)描述,不符合正态分布的采用 $M(P_{25}, P_{75})$ 描述;组间比较采用 Wilcoxon 秩和检验或 Kruskal-Wallis H 检验。分类变量采用频数和构成比表示;采用 χ^2 检验比较不同组间小学生筛查性近视检出率,采用趋势 χ^2 检验分析不同年份和年级间筛查性近视检出率的变化趋势。采用 nlme 包基于回顾性队列数据建立线性混合效应模型,探究小学生 AL/CR 的影响因素,采用 survival 包建立含时依变量的近视发生风险的 Cox 回归模型;考虑到基线个体差异和近视进展程度,模型纳入了性别、基线 AL/CR 及其时变效应、基线 BMI 及其时变效应等关键预测因子。时变效应通过时间函数 $x\times log(t+1)$ 进行建模[10],并使用个体脱敏后的个人识别号作为聚类变量以调整个体相关性。模型拟合优度通过 Concordance 指数评估,整体显著性采用似然比检验验证。时依变量每年更新 1 次,并通过尺度 Schoenfeld 残差法验证非时变固定效应的比例风险假设。双侧检验水准 $\alpha=0.05$。

2　结果

2.1　小学生 2019—2023 年筛查性近视检出率　2019—2023 年小学生筛查性近视检出率分别为 36.65%, 38.31%, 40.47%, 39.56%, 39.76%。随着年级的升高, 小学生筛查性近视率呈上升趋势(P 值均<0.01)。不同性别间筛查性近视检出率差异均无统计学意义(P 值均>0.05)。见表 1。

表 1　不同组别小学生 2019—2023 年筛查近视检出率比较

Table 1　Comparison of detection rates of screening myopia among primary school students from 2019 to 2023 in different groups

组别	选项	统计值	2019 年		2020 年		2021 年		2022 年		2023 年	
			人数	检出人数	人数	检出人数	人数	检出人数	人数	检出人数	人数	检出人数
性别	男		1 841	671(36.45)	1 907	741(38.86)	1 718	687(39.99)	1 845	713(38.64)	1 927	752(39.02)
	女		1 671	616(36.86)	1 779	671(37.72)	1 583	649(41.00)	1 633	663(40.60)	1720	698(40.58)
		χ^2 值		0.05		0.46		0.31		1.30		0.86
		P 值		0.83		0.49		0.58		0.25		0.35
年级	一		786	104(13.23)	837	129(15.41)	745	130(17.45)	768	114(14.84)	800	117(14.62)
	二		731	180(24.62)	773	209(27.04)	716	221(30.87)	755	241(31.92)	775	238(30.71)
	三		695	275(39.57)	720	315(43.75)	654	286(43.73)	709	305(43.02)	729	337(46.23)
	四		661	338(51.13)	691	356(51.52)	609	344(56.49)	651	331(50.84)	698	365(52.29)
	五		639	390(61.03)	665	403(60.60)	577	355(61.53)	595	385(64.71)	645	393(60.93)
		$\chi^2_{趋势}$值		455.22		419.81		358.43		403.64		401.62
		P 值		<0.01		<0.01		<0.01		<0.01		<0.01
合计			3 512	1 287(36.65)	3 686	1 412(38.31)	3 301	1 336(40.47)	3 478	1 376(39.56)	3 647	1 450(39.76)

注:( )内数字为检出率/%。

2.2　小学生 AL/CR 及增长情况

2.2.1　不同年级小学生 AL/CR 进展情况　一至五年级, 女生的 AL/CR 均低于男生, 但只有一至三年级性别差异有统计学意义(Z 值分别为 -3.45, -3.72, -2.11, P 值均<0.01); 近视学生的 AL/CR 均高于不近视的学生(Z 值分别为-8.33, -12.74, -13.68, -14.94, P 值均<0.01)。纵向来看, 一至五年级, 无论性别和近视状况, AL/CR 差异均有统计学意义(P 值均<0.01)。见表 2。

表 2　不同年级小学生分性别和近视状况下轴率比及增长量比较[$M(P_{25}, P_{75})$, n=480]

Table 2　Comparison of AL/CR and increase of AL/CR among primary school students' gender and myopia status in different grades [$M(P_{25}, P_{75})$, n=480]

AL/CR 及增长量	年级	统计值	性别		近视状况		总体
			男生	女生	近视	不近视	
AL/CR	一		2.91(2.86,2.95)	2.88(2.85,2.92)[a]		2.89(2.85,2.94)	2.89(2.85,2.94)
	二		2.95(2.90,3.00)	2.92(2.88,2.96)[a]	3.00(2.96,3.05)	2.93(2.88,2.97)[b]	2.94(2.89,2.98)
	三		2.99(2.93,3.04)	2.96(2.91,3.01)[a]	3.04(3.00,3.08)	2.94(2.90,2.98)[b]	2.98(2.92,3.03)
	四		3.02(2.96,3.08)	3.01(2.94,3.07)	3.07(3.03,3.13)	2.96(2.92,3.01)[b]	3.01(2.95,3.08)
	五		3.05(2.98,3.12)	3.04(2.97,3.11)	3.09(3.05,3.16)	2.97(2.93,3.02)[b]	3.05(2.98,3.12)
		H 值	350.88	361.30	133.37	225.47	703.32
		P 值	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
AL/CR 增长量	二		0.04(0.02,0.06)	0.04(0.02,0.06)	0.06(0.03,0.09)	0.03(0.02,0.06)[b]	0.04(0.02,0.06)
	三		0.04(0.02,0.06)	0.04(0.02,0.06)	0.06(0.04,0.09)	0.03(0.01,0.04)[b]	0.04(0.02,0.06)
	四		0.03(0.02,0.05)	0.04(0.02,0.06)	0.05(0.03,0.07)	0.03(0.01,0.04)[b]	0.04(0.02,0.06)
	五		0.03(0.02,0.05)	0.04(0.02,0.06)[a]	0.04(0.03,0.06)	0.03(0.01,0.04)[b]	0.04(0.02,0.06)
		H 值	8.28	1.88	34.44	32.54	5.97
		P 值	0.04	0.59	<0.01	<0.01	0.11

注:[a]男女生比较 P<0.05, [b]近视与不近视比较 P<0.05。

二至五年级学生 AL/CR 的增长量差异无统计学意义(P=0.11); 其中男生增长量随年级增高而下降, 且年级差异有统计学意义(P=0.04), 女生增长量的年级差异无统计学意义(P=0.59)。近视和不近视的学生 AL/CR 增长量差异均有统计学意义(P 值均<0.01); 五年级女生的 AL/CR 增长量高于男生, 差异有统计学意义(Z=-2.05, P=0.04); 二到五年级近视学生的 AL/CR 增长量均高于不近视学生, 差异均有统计学意义(Z 值分别为-5.66, -10.38, -9.01, -8.19, P 值均<0.01)。见表 2。

2.2.2　小学生 AL/CR 的影响因素分析　采用线性混合效应模型分析小学生 AL/CR 的影响因素。模型的固定效应包括性别(以女生为参照组)、年级(连续变量)、BMI 类型(以正常为参照组)、基线 AL/CR、基线 SE、首年 AL/CR 增长量、学校类型(以普通为参照组)及籍贯(以上海为参照组)。在固定效应中, 年级每升高一级, AL/CR 增加 0.040, 基线 AL/CR 对当前 AL/CR的预测效应最强(β=1.051); 首年 AL/CR 增长量正向预测当前 AL/CR(β=0.788)(P 值均<0.01)。性别主效应、BMI 类型、学校类型、籍贯对 AL/CR 影响

均无统计学意义（P 值均>0.05）。见表 3。

表 3 小学生近视队列 AL/CR 影响因素的线性混合效应分析（n=480）

Table 3 Mixed effect analysis of the influencing factors of the AL/CR of the primary school cohort（n=480）

自变量	β 值（95%*CI*）	标准误	t 值	P 值
截距	2.830（2.816~2.833）	0.004	650.61	<0.01
性别				
男	0.002（-0.006~0.010）	0.004	0.46	0.64
年级	0.040（0.038~0.042）	0.001	47.87	<0.01
性别×年级				
男×年级	-0.003（-0.005~-0.001）	0.001	-2.76	0.01
BMI				
超重	0.001（-0.004~0.006）	0.003	0.33	0.74
肥胖	0.001（-0.005~0.006）	0.003	0.11	0.92
消瘦	0.003（-0.006~0.012）	0.005	0.58	0.56
基线 AL/CR	1.051（1.012~1.091）	0.019	52.99	<0.01
基线 SE	-0.008（-0.013~-0.003）	0.003	-3.00	<0.01
首年 AL/CR 增长量	0.788（0.733~0.843）	0.028	28.10	<0.01
学校类型				
重点	0.001（-0.005~0.007）	0.003	0.40	0.69
籍贯				
非上海	0.006（-0.005~0.016）	0.005	1.05	0.30

2.2.3 含时依变量的近视发生风险预测模型 采用含时依变量（即 AL/CR 和 BMI）的 Cox 回归模型，预测小学生将来近视发生的风险。模型 Concordance 指数为 0.813（SE = 0.015），整体显著（χ^2 = 283.52，P < 0.01）。通过尺度 Schoenfeld 残差法验证非时变固定效应的基本符合比例风险假设。

结果显示，不同性别小学生近视风险差异无统计学意义（P=0.55）；基线 AL/CR 和 AL/CR 时变效应均有统计学意义（P 值均<0.01），基线 AL/CR 每增加 1 个单位，近视风险增加 134%（HR = 2.34，95% CI = 1.43~3.83）；AL/CR 对近视风险的影响随随访时间增强，且增长速度快于线性增长。基线 BMI 有统计学意义，基线 BMI 每增加 1 单位，风险增加 16%（HR = 1.16，95%CI = 1.08~1.25，P<0.01），而 BMI 随时间变化呈现出增加近视风险的趋势，但未达到统计学意义（HR = 1.40，95%CI = 0.98~1.99，P = 0.07）。

3 讨论

本研究发现基线 AL/CR 及首年增量对当前 AL/CR的预测效力最强，与国际共识一致[11]。AL/CR 作为眼球屈光要素的综合指标，比单一眼轴长度更能反映近视病理进展[12]。值得注意的是，动态监测 AL/CR的预测价值高于基线值：AL/CR 对近视风险的影响随随访时间增强，且增长速度快于线性增长。验证了 Hou 等[13]在新加坡儿童中的发现——年度屈光变化比基线值更能预测远期进展。建议将 AL/CR 纳入学校近视筛查常规项目，对高增长个体启动早期干预[14]。

五年级女生呈现更快的 AL/CR 增速，且线性混合模型证实男生随年级的增速缓于女生。这一现象可能与性激素调节巩膜重塑相关。动物实验表明雌激素受体信号通路可抑制巩膜成纤维细胞增殖，延缓眼轴伸长[15]。而女生青春期启动早于男生，可能通过雌激素水平上升介导巩膜刚度增加[16-17]，部分解释本研究中高年级女生 AL/CR 增速更快的现象。国内体质健康报告显示小学高年级女生户外活动时间比男生少 15%~20%[18]，这种现象可能加速近视发展。值得注意的是，本研究中低年级小学生 AL/CR 增速性别差异无统计学意义，提示青春期可能是关键时间窗，需及早针对性设计女生近视防控方案。

线性混合效应模型和时依 Cox 回归模型中 BMI 的效应存在不一致，但时依 Cox 回归模型中基线 BMI 每增加 1 个单位，近视风险上升 16%，与多项研究结果一致[6,19]。高 BMI 可能通过 3 条路径影响近视：（1）胰岛素样生长因子-1 水平升高，激活视网膜胰岛素样生长因子-1 受体，促进眼轴增长[20]；（2）体内慢性炎症因子（如白细胞介素 6）干扰巩膜细胞外基质代谢[21]；（3）维生素 D 缺乏（肥胖儿童血清水平降低 32%）削弱多巴胺介导的巩膜保护作用[22]。尽管时变 BMI 效应仅有边缘统计学意义，但基于其稳定的基线风险效应，建议将 BMI 纳入筛查体系，对超重学生实施“运动处方+营养教育”联合干预。

本研究的时依 Cox 回归模型证实 AL/CR 动态监测可实现近视发生风险分层预警。尝试提出小学生近视的三级防控路径：（1）一级预防：建立 AL/CR 电子档案，对基线 AL/CR>2.90 或首年增幅>0.05 者强化户外活动（每日 ≥120 min）[23]；（2）二级干预：将 BMI 纳入筛查指标，将高 BMI 学生列为重点人群，由校医进行体重干预和管理；（3）三级预警：采用本研究开发的时依 Cox 回归模型对学生进行风险分层。

本研究存在一定局限性：样本仅来自静安区 2 所学校，外推性受限；未采集父母遗传、近距离用眼时长、户外运动时间等行为数据；电脑验光在非睫状肌麻痹条件下进行，没有进行散瞳处理，可能会高估近视率。未来需开展多中心研究，整合遗传、环境、用眼行为和户外活动等多维度数据[24]构建更为全面稳健的风险预测模型。

利益冲突声明 所有作者声明无利益冲突。

参考文献

[1] 侯银静. 如何有效防控儿童青少年近视[J]. 青春期健康，2025，23(6)：5.
HOU Y J. How to effectively prevent and control myopia in children and adolescents[J]. Adolesc Health, 2025, 23(6):5.(in Chinese)

[2] 曹朋，李惠玲，周学军. 角膜塑形镜配戴矫治低中高度近视的临床疗效观察[J]. 中国中医眼科杂志，2019，29(5)：375-379.

CAO P, LI H L, ZHOU X J. Clinical observation of orthokeratology on low, moderate and high myopia[J]. China J Chin Ophthalmol, 2019, 29(5):375-379.(in Chinese)

[3] VANDERVEEN D K, KRAKER R T, PINELES S L, et al. Use of orthokeratology for the prevention of myopic progression in children:a report by the American academy of ophthalmology[J]. Ophthalmology, 2019, 126(4):623-636.

[4] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 中小学生屈光不正筛查规范:WS/T 663—2020[S]. 北京:中国标准出版社, 2020.
National Health Commission of the PRC. Specification for screening of refractive error in primary and secondary school students:WS/T 663-2020[S]. Beijing:Standards Press of China, 2020.(in Chinese)

[5] BENNETT A G, RABBETTS R B. Clinical visual optics[M]. 3rd ed. London:Butterworth-Heinemann, 1998:102-105.

[6] 曲亚斌,王爽,杨贝,等.广东省 6~9 岁小学生屈光与体格发育指标的相关性[J].中国学校卫生,2024,45(7):936-940.
QU Y B,WANG S,YANG B,et al.Correlation between refractive index and physical development index of primary school students aged 6-9 in Guangdong Province[J].Chin J Sch Health,2024,45(7):936-940.(in Chinese)

[7] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 学龄儿童青少年超重与肥胖筛查:WS/T 586—2018[S]. 北京:中国标准出版社, 2018.
National Health and Family Planning Commission of the PRC. Screening for overweight and obesity among school-age children and adolescents:WS/T 586-2018[S]. Beijing:Standards Press of China, 2018.(in Chinese)

[8] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 学龄儿童青少年营养不良筛查:WS/T 456—2014[S]. 北京:中国标准出版社, 2014.
National Health and Family Planning Commission of the PRC. Screening for malnutrition in school-age children and adolescents: WS/T 456-2014[S]. Beijing:Standards Press of China, 2014.(in Chinese)

[9] 中华人民共和国国家卫生健康委员会.《儿童青少年近视防控适宜技术指南(更新版)》及解读[EB/OL].(2021-10-13)[2025-06-22]. https://cdcp.gd.gov.cn/jkjy/jkzt/hjyxxws/content/post_3576091.html.

[10] THERNAU T M, CROWSON C S, ATKINSON E J. Using time dependent covariates and time dependent coefficients in the cox model[R]. Rochester:Mayo Clinic,2024.

[11] MATSUMURA S, LANCA C, HTOON H M, et al. Annual myopia progression and subsequent 2-year myopia progression in Singaporean children[J]. Transl Vis Sci Technol, 2020, 9(13):12.

[12] 何鲜桂,许讯,眼轴长度在近视防控管理中的应用专家共识 2023 专家组. 眼轴长度在近视防控管理中的应用专家共识(2023)[J]. 中华实验眼科杂志,2024,42(1):1-11.
HE X G, XU X, Expert Group for the Expert Consensus on Axial Length Monitoring in Myopia Management (2023). Expert consensus on axial length monitoring in myopia management (2023)[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2024, 42(1):1-11.(in Chinese)

[13] HOU W, NORTON T T, HYMAN L, et al. Axial elongation in myopic children and its association with myopia progression in the correction of myopia evaluation trial[J]. Eye Contact Lens, 2018, 44(4):248-259.

[14] MORGAN I G, FRENCH A N, ASHBY R S, et al. The epidemics of myopia:aetiology and prevention[J]. Prog Retin Eye Res, 2018, 62:134-149.

[15] GEROMETTA R. Steroid-induced ocular hypertension in normal cattle[J]. Arch Ophthalmol, 2004, 122(10):1492.

[16] SAW S M, CHUA W H, HONG C Y, et al. Height and its relationship to refraction and biometry parameters in Singapore Chinese children[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2002, 43(5):1408-1413.

[17] 程天宇, 何鲜桂, 汪玲, 等. 青少年屈光发育与青春期生长发育的研究进展[J]. 上海预防医学, 2019, 31(5):338-343.
CHENG T Y, HE X G, WANG L, et al. Research progress of adolescent refractive development and adolescent growth and development[J]. Shanghai J Prev Med, 2019, 31(5):338-343.(in Chinese)

[18] 王富百慧,冯强.中国儿童青少年身体活动现状、特点与实践[M]//中国儿童中心,苑立新.中国儿童发展报告(2020).北京:社会科学文献出版社,2020:161-190.
WANG F B H, FENG Q. Current status, characteristics and practice of physical activity among Chinese children and adolescents[M]// China Children's Center, YUAN L X. Annual report on Chinese children's development (2020). Beijing:Social Sciences Academic Press (China), 2020:161-190.(in Chinese)

[19] 文艳群,温雅,李克峰,等.青少年肥胖对近视风险的影响和中介效应:基于成都市 2014 年至 2023 年追踪调查的横断面和队列研究[J].中国医科大学学报,2025,54(3):204-207.
WEN Y Q,WEN Y,LI K F,et al.Influence and mediation effect of adolescent obesity on myopia risk:a cross-sectional and cohort analysis based on longitudinal study of Chengdu City from 2014 to 2023[J].J China Med Univ,2025,54(3):204-207.(in Chinese)

[20] 晁荣荣,丁芝祥,范晶,等.IGF-1 对 HSF 细胞分泌近视相关因子的影响及机制探索[J].国际眼科杂志,2025,25(2):198-205.
CHAO R R,DING Z X,FAN J,et al.Effects of insulin-like growth factor-1 on the mechanism of myopia-related factors secreted by human scleral fibroblasts[J].Int Eye Sci,2025,25(2):198-205.(in Chinese)

[21] JUNG S K, LEE J H, KAKIZAKI H, et al. Prevalence of myopia and its association with body stature and educational level in 19-year-old male conscripts in Seoul Republic of Korea[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2012, 53(9):5579-5583.

[22] YAZAR S, HEWITT A W, BLACK L J, et al. Myopia is associated with lower vitamin D status in young adults[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2014, 55(7):4552-4559.

[23] HE M, XIANG F, ZENG Y, et al. Effect of time spent outdoors at school on the development of myopia among children in China:a randomized clinical trial[J]. JAMA, 2015, 314(11):1142-1148.

[24] 罗春燕, 齐文娟, 何鲜桂, 等. 上海市中小学生近视相关因素分析[J]. 中国学校卫生, 2021, 42(2):185-189.
LUO C Y, QI W J, HE X G, et al. Analysis of myopia related factors among primary and secondary school students in Shanghai[J]. Chin J Sch Health, 2021, 42(2):185-189.(in Chinese)

收稿日期:2025-08-11　**修回日期**:2025-09-23　**本文编辑**:汤建军