

· 调查研究 ·

中国某医学高校青年大学生近视进展及危险因素分析:一项 2 年纵向研究

张红梅¹ 朱云² 宋德胜¹ 张婕³ 魏瑞华¹

¹天津医科大学眼科医院 天津医科大学眼视光学院 天津医科大学眼科研究所 国家眼耳鼻喉疾病临床医学研究中心天津市分中心 天津市视网膜功能与疾病重点实验室,天津 300384;²天津医科大学流行病学与卫生统计学系,天津 300070;³天津和平区教育综合服务中心,天津 300021

通信作者:魏瑞华,Email:weirhua2009@126.com

【摘要】 目的 调查中国某医学高校青年大学生的近视进展情况,探索影响近视进展的危险因素。

方法 采用队列研究方法,于 2019 年对天津某医学高校 16~22 岁新生 1 068 人进行健康查体,最终共 979 例近视患者眼部资料纳入基线评估,812 例参加了 2 年后的随访评估。在基线和 2 年随访时,采用裂隙灯显微镜检查眼前节情况,采用自动验光仪进行非睫状肌麻痹验光,采用 Lenstar 900 测量眼轴长度(AL)。将近视进展定义为等效球镜度(SE)变化 ≤ -0.50 D/年或 AL 增长 ≥ 0.20 mm/年。采用广义估计方程模型进行多重线性回归分析,探索与近视进展相关的危险因素。**结果** 在 2 年随访期间,92.5%(751/812) SE 保持稳定,96.1%(764/795) AL 保持稳定。有 7.5%(61/812) 出现 SE 进展,3.9%(31/795) AL 有增长,显示出近视进展趋势。多重线性回归分析显示,女性与 AL 增长显著相关($\beta=0.064, 95\% CI: 0.002 \sim 0.126; P=0.042$);与基线为高度近视相比,基线处于中低度近视与 AL 增长显著相关($\beta=0.083, 95\% CI: 0.005 \sim 0.161; P=0.037$)。**结论** 超过 92% 的青年大学生近视趋于稳定。除高度近视外,仍需加强对女性和中低度近视者的随访和管理,有效防控高度近视。

【关键词】 屈光不正;近视;眼轴长度;屈光度;青年大学生;纵向研究

基金项目: 天津市卫生健康科技项目(TJWJ2022MS014)

DOI:10.3760/cma.j.cn115989-20240626-00167

Analysis of myopia progression and risk factors among Chinese young medical college students: a two-year longitudinal study

Zhang Hongmei¹, Zhu Yun², Song Desheng¹, Zhang Jie³, Wei Ruihua¹

¹Tianjin Key Laboratory of Retinal Functions and Diseases, Tianjin Branch of National Clinical Research Center for Ocular Disease, Eye Institute and School of Optometry, Tianjin Medical University Eye Hospital, Tianjin 300384, China; ²School of Public Health, Tianjin Medical University, Tianjin 300070, China; ³Tianjin Heping District Education Comprehensive Service Center, Tianjin 300021, China

Corresponding author: Wei Ruihua, Email: weirhua2009@126.com

[Abstract] Objective To investigate the myopia progression in Chinese young medical college students and explore the associated risk factors. **Methods** A cohort study was conducted. Among 1 068 freshmen aged 16 to 22 years receiving health checkups at a medical university in Tianjin, 979 myopes were ultimately included in the baseline assessment and 812 participated in the follow-up assessment after two years. The anterior segment examination with a slit lamp, non-cycloplegic autorefractometry with an autorefractor and axial length (AL) measurements with Lenstar 900 were performed on participants at baseline and during the two-year follow-up. Myopia progression was defined as a spherical equivalent (SE) change of ≤ -0.50 D/year or an AL increase of ≥ 0.20 mm/year. Multivariate regression analysis with the generalized estimating equation model was employed to identify risk factors associated with myopia progression. This study adhered to the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Tianjin Medical University Eye Hospital (No. 2021KY-16). Informed consent was obtained from each subject. **Results** During the two-year follow-up, 92.5% (751/812) of the participants had stable

SE and 96.1% (764/795) had stable AL. However, 7.5% (61/812) showed SE progression and 3.9% (31/795) exhibited AL growth, demonstrating a tendency of myopia progression. Multivariate linear regression analysis revealed that females ($\beta=0.064$, 95% CI: 0.002~0.126; $P=0.042$) and low to moderate myopia at baseline ($\beta=0.083$, 95% CI: 0.005~0.161; $P=0.037$) were significantly associated with AL growth compared to high myopia at baseline. **Conclusions** More than 92% of young college students have stable myopia. In addition to high myopia, there is still a need for better follow-up and management of females and those with low to moderate myopia to control the high prevalence of high myopia.

[Key words] Refractive errors; Myopia; Axial length, eye; Refractive power; Young college students; Longitudinal study

Fund program: Tianjin Health Research Project (TJWJ2022MS014)

DOI: 10.3760/cma.j.cn115989-20240626-00167

儿童青少年近视已成为我国重要的公共卫生问题^[1]。全国调查数据显示,2022 年我国儿童青少年总体近视率为 51.9%^[2],近视防控形势依然严峻。近视在儿童期进展速度较快,年龄越小进展越明显^[3]。随着年龄增长,近视进展速度呈指数级减缓^[4-5]。近视矫正评估试验(The Correction of Myopia Evaluation Trial, COMET)收集了 426 名儿童长达 11 年的纵向屈光数据,发现近视在(15.6±4.2)岁时趋于稳定^[6]。然而,近年来国际近视研究院(International Myopia Institute, IMI)的多项调查报告显示,许多成年人近视仍有进展^[7-9]。目前,评估我国成年人近视进展的研究较少。明确成年人近视进展高危人群有利于制定针对性的防控策略,有效促进公共卫生资源的优化配置,实现对近视的有效防控。本研究通过对天津某医学高校青年大学生的近视屈光度及眼生物学参数进行分析,以明确青年大学生近视的进展程度及其相关的危险因素。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用队列研究方法,于 2019 年对天津某医学高校 16~22 岁新生 1 068 人进行健康查体。排除正在使用低浓度阿托品滴眼液、离焦框架眼镜/角膜接触镜、角膜塑形镜等近视干预措施者 8 人,患有先天性白内障者 14 人,有屈光手术史者 6 人,有其他眼科手术史者 3 人,有其他眼部疾病者 19 人,共 1 018 人参与本研究。排除基线未近视者 39 人,最终共 979 人 1 917 眼近视患者纳入基线评估。812 人 1 595 眼参加了 2 年后的随访评估,其中男 300 人 590 眼,女 512 人 1 005 眼;等效球镜度(spherical equivalent, SE)为(-4.68±2.27)D,眼轴长度(axial length, AL)为(25.27±1.18)mm。本研究遵循《赫尔辛基宣言》,研究方案经天津医科大学眼科医院伦理委员会审核批准(批文号:2021KY-16),所有研究对象均了解本调查研究目

的及流程,并签署知情同意书。本研究按 STROBE 规范进行报告。

1.2 方法

1.2.1 检查流程 在天津医科大学眼视光学院建立健康检查站,受检者完成所有项目检查。由有经验的视光师对所有参与的研究人员进行培训并考核,合格者参与本研究。研究开始前采用计算机取随机数法抽取 100 名学生进行预调查,确保正式调查时所有操作按照标准操作流程进行。每日检查之前使用模拟眼对电脑验光仪和眼生物参数测量仪进行校准。同时,有 1 位流行病学调查专家和 1 位眼科医师在现场监督,以保证检查流程被严格执行。基线检查和随访检查使用的仪器设备和检查流程保持一致,以确保数据的可比性和准确性。所有参与者在接受眼科检查前均需扫描二维码自行完成问卷调查,问卷内容包括姓名、年龄、性别、眼部情况和家族史。

1.2.2 一般情况检查 详细询问受检者全身疾病史、眼病史、眼部外伤及手术史。由经验丰富的眼科医师采用裂隙灯显微镜(YZ5X1,苏州六六视觉科技股份有限公司)检查眼前节并记录异常情况。

1.2.3 非睫状肌麻痹电脑验光和眼轴长度测量 均由经过训练且考核合格的眼视光医学本科生执行。(1)非睫状肌麻痹电脑验光 采用自动验光仪(Model KR 8900,日本 Topcon 公司)按先右眼后左眼的顺序,每眼测量 3 次,3 次间差异不超过 0.50 D,取平均值,分别记录球镜度、柱镜度和柱镜轴向。SE=球镜度+柱镜度/2。SE>-0.50 D 为未近视,SE≤-0.50 D 为近视。根据 IMI 标准^[10],将近视进一步分为中低度近视(-6.00 D<SE≤-0.50 D)571 例和高度近视(SE≤-6.00 D)241 例;ΔSE=随访 SE-基线 SE,ΔSE/年≥-0.50 D/年为近视进展,ΔSE/年<-0.50 D/年为近视稳定。(2)采用 Lenstar 900 (LS-900,瑞士 Haag-Streit 公司)进行 AL 测量,嘱受试者多次瞬目后睁眼,在角

膜面形成稳定泪膜后,按先右眼后左眼的顺序,每眼测量 3 次取平均值,3 次间差异不超过 0.02 mm。 $\Delta AL =$ 随访 AL-基线 AL, $\Delta AL/\text{年} \geq 0.20 \text{ mm/年}$ 为近视进展, $\Delta AL < 0.20 \text{ mm/年}$ 为近视稳定^[11]。AL 数据有 33 眼缺失,因数量较少未进行数据插补。基于参比 2 个组人数均衡性考虑,根据年龄将受试者分为 16~18 岁组 519 例和 19~22 岁组 293 例,根据 AL 将受试者分为 $AL \leq 25 \text{ mm}$ 组 334 例和 $AL > 25 \text{ mm}$ 组 461 例。

1.3 统计学方法

采用 SPSS 27.0 统计学软件(美国 IBM 公司)进行统计分析。计量资料数据经 Kolmogorov-Smirnov 检验证实符合正态分布,以 $\bar{x} \pm s$ 表示,采用配对 t 检验比较 ΔSE 和 ΔAL 之间的差异及效应值 Cohen d 大小。分类变量以频数和百分比表示,采用 χ^2 检验比较近视稳定组和近视进展组各指标差异。Cohen d 的效应大小 < 0.3 为小效应, $0.3 \sim 0.7$ 为中效应, > 0.8 为大效应。近视青年大学生不同亚组 SE 和 AL 2 年变化及近视稳定组与近视进展组的基线特征比较均分析右眼数据。为了明确 ΔSE 和 ΔAL 相关的危险因素,进行多重线性回归分析,所有回归模型均调整年龄、性别和基线时的近视状态,并采用广义估计方程模型考虑双眼间相关性。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 近视青年大学生 2 年的 SE 和 AL 变化及各亚组比较

近视青年大学生 2 年的 ΔSE 为 $(-0.05 \pm 0.87) D$, ΔAL 为 $(0.08 \pm 0.42) \text{ mm}$ 。在亚组分析中, $AL > 25 \text{ mm}$ 者, SE 差异有统计学意义 ($t = -2.54, P = 0.01$), 效应量为 0.12, 为小效应。除男性和高度近视组外, 其他各组 AL 差异均有统计学

意义(均 $P < 0.05$), 效应量均 < 0.3 , 为小效应(表 1)。

2.2 近视稳定组和近视进展组在基线时的特征差异

92.5% (751/812) 近视眼 SE 稳定, 有 7.5% (61/812) 的近视眼呈现近视进展。96.1% (764/795) 近视眼 AL 保持稳定, 有 3.9% (31/795) 的近视眼呈现 AL 进展。在不同年龄、性别、基线近视状态和基线 AL 分组中, 近视稳定组和近视进展组占比比较, 差异均无统计学意义(均 $P > 0.05$) (表 2)。

2.3 ΔSE 和 ΔAL 的影响因素分析

在调整年龄和基线近视状态后, 女性 AL 增长比男性显著 ($\beta = 0.064, 95\% CI: 0.002 \sim 0.126; P = 0.042$)。在调整年龄和性别后, 中低度近视 AL 增长比高度近视显著 ($\beta = 0.083, 95\% CI: 0.005 \sim 0.161; P = 0.037$) (表 3)。

表 1 近视青年大学生不同亚组 SE 和 AL 2 年的变化比较
Table 1 Comparison of two-year changes in SE and AL among young myopic college students between different subgroups

变量	例数/眼数	SE			t 值	P 值	Cohen d 值
		基线 ($\bar{x} \pm s, D$)	2 年随访 ($\bar{x} \pm s, D$)	ΔSE ($\bar{x} \pm s, D$)			
总样本	812/812	-4.68±2.27	-4.73±2.42	-0.05±0.87	-1.63	0.10	0.06
年龄(岁)							
16-18	519/519	-4.68±2.27	-4.71±2.39	-0.04±0.85	-0.98	0.33	0.04
19-22	293/293	-4.69±2.27	-4.76±2.48	-0.07±0.92	-1.37	0.17	0.08
性别							
男	300/300	-4.73±2.25	-4.76±2.44	-0.02±0.82	-0.51	0.61	0.03
女	512/512	-4.65±2.29	-4.71±2.41	-0.06±0.90	-1.63	0.11	0.07
近视							
中低度	571/571	-3.52±1.43	-3.59±1.70	-0.07±0.84	-1.94	0.05	0.08
高度	241/241	-7.42±1.37	-7.42±1.61	-0.01±0.95	-0.12	0.91	0.01
AL(mm)							
≤ 25	334/334	-3.08±1.56	-3.08±1.79	0.01±0.96	0.15	0.88	0.01
> 25	461/461	-5.81±2.00	-5.90±2.09	-0.09±0.79	-2.54	0.01	0.12

变量	例数/眼数	AL			t 值	P 值	Cohen d 值
		基线 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)	2 年随访 ($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)	ΔAL ($\bar{x} \pm s, \text{mm}$)			
总样本	795/795	25.27±1.18	25.35±1.19	0.08±0.42	5.65	<0.001	0.20
年龄(岁)							
16-18	510/510	25.27±1.15	25.34±1.17	0.07±0.42	3.83	<0.001	0.17
19-22	285/285	25.26±1.22	25.37±1.22	0.11±0.42	4.32	<0.001	0.26
性别							
男	293/293	25.68±1.11	25.72±1.14	0.04±0.41	1.59	0.11	0.09
女	502/502	25.03±1.15	25.14±1.17	0.11±0.42	5.89	<0.001	0.26
近视							
中低度	560/560	24.83±1.01	24.94±1.03	0.10±0.38	6.42	<0.001	0.27
高度	235/235	26.31±0.85	26.35±0.95	0.04±0.50	1.24	0.22	0.08
AL(mm)							
≤ 25	334/334	24.17±0.67	24.30±0.74	0.12±0.40	5.68	<0.001	0.31
> 25	461/461	26.06±0.74	26.12±0.81	0.05±0.43	2.72	0.007	0.13

注:(配对 t 检验) AL:眼轴长度;SE:等效球镜度
Note:(Paired t -test) AL:axial length;SE:spherical equivalent

表 2 近视稳定组和近视进展组的基线特征比较
Table 2 Comparison of baseline characteristics between eyes with stable myopia and myopia progression

基线特征	ΔSE/年				ΔAL/年			
	例数/眼数	近视稳定 [n(%)]	近视进展 [n(%)]	χ ² 值 P 值	例数/眼数	近视稳定 [n(%)]	近视进展 [n(%)]	χ ² 值 P 值
总样本	812/812	751(92.5)	61(7.5)		795/795	764(94.1)	31(3.8)	
年龄(岁)				0.30 0.58				0.18 0.67
16-18	519/519	482(92.9)	37(7.1)		510/510	489(94.2)	21(4.0)	
19-22	293/293	269(91.8)	24(8.2)		285/285	275(93.9)	10(3.4)	
性别				0.18 0.67				2.82 0.09
男	300/300	279(93.0)	21(7.0)		293/293	286(95.3)	7(2.3)	
女	512/512	472(92.2)	40(7.8)		502/502	478(93.4)	24(4.7)	
近视				0.82 0.37				0.54 0.46
中低度	571/571	525(91.9)	46(8.1)		560/560	540(94.6)	20(3.5)	
高度	241/241	226(93.8)	15(6.2)		235/235	224(92.9)	11(4.6)	
AL(mm)				1.01 0.32				0.00 0.99
≤25	334/334	306(91.6)	28(8.4)		334/334	321(96.1)	13(3.9)	
>25	461/461	431(93.5)	30(6.5)		461/461	443(96.1)	18(3.9)	

注:(χ² 检验) AL:眼轴长度;SE:等效球镜度

Note:(χ² test) AL:axial length;SE:spherical equivalent

表 3 ΔSE 和 ΔAL 的影响因素分析
Table 3 Analysis of factors affecting ΔSE and ΔAL

基线特征	例数/眼数	ΔSE		ΔAL	
		β(95%CI)	P 值	β(95%CI)	P 值
年龄	812/1 595	-0.023(-0.128-0.082)	0.673	0.009(-0.038-0.057)	0.705
性别			0.533		0.042
女	512/1 005	-0.036(-0.148-0.077)		0.064(0.002-0.126)	
男	300/590	1		1	
近视			0.104		0.037
中低度	571/1 159	-0.113(-0.249-0.023)		0.083(0.005-0.161)	
高度	241/436	1		1	

注:(多重线性回归分析) SE:等效球镜度;AL:眼轴长度;CI:置信区间

Note:(Multivariable linear regression analysis) SE:spherical equivalent;AL:axial length;CI:confidence interval

3 讨论

本研究调查了中国某医学高校 16~22 岁青年大学生的近视进展情况,结果显示超过 92% 的青年大学生近视保持稳定,约 8% 近视进展。女性和中低度近视者 AL 增长更显著。

在 2 年随访期内,青年大学生 ΔSE 为 -0.03 D/年,ΔAL 为 0.04 mm/年,这些发现与其他类似年龄群体的已发表文献结果一致^[7-8]。一项在中山大学进行的 291 名(18.7±0.9)岁大一新生的 2 年随访研究显示,ΔSE 为 -0.10 D/年,ΔAL 为 0.025 mm/年^[7],但该研究样本量较小,统计效力有限。Lv 等^[12]对 2 053 名平均年龄 18.3 岁的医学生进行了为期 2 年的纵向研究,结果显示近视进展为 -0.16 D/年,但该研究未纳入眼部生物学参数。澳

大利亚 Raine 研究分析了 691 名 20 岁人群 8 年的 SE 和 AL 变化量,结果显示 ΔSE 为 -0.041 D/年,ΔAL 为 0.02 mm/年^[8],表明成年人近视进展速度缓慢,ΔSE 和 ΔAL 均显著低于儿童,与本研究结果基本类似。在新加坡近视风险因素队列研究(SCORM)中,543 例 7~9 岁近视儿童 ΔSE 和 ΔAL 分别为 -0.70 D/年和 0.30 mm/年^[3,13]。Chia 等^[14-15]建议,当近视进展放缓至<0.25 D/年时,可以考虑停止使用 0.01% 阿托品滴眼液。在本研究中,青年大学生的 SE 年均变化远低于这一阈值,表明大多数青年大学生可能无法从目前的近视控制治疗方法中受益。

在已发表的几项有关成人群体近视进展的研究中,如在 270 名土耳其医学生中,33% 近视至少进展了 -0.75 D/年^[16];在中国 291 名大学生中,26% 在 2 年内近视进展了 -0.50 D^[7];Raine 研究报告 38% 的受检者在 8 年内至少进展了 -0.50 D^[8];均与本研究 8% 的青年大学生近视进展结果存在差异。但不同研究的近视进展标准不一,如 -0.75 D 和 -0.50 D 均有使用;同时,有研究以总随访期的总体变化量计算进展量,有研究用每年近视变化量来计算,导致了不同研究之间不具有可比性。

本研究发现,女性 AL 增长比男性更显著。而女性和男性 ΔSE 比较,差异无统计学意义。据 COMET 研究,ΔSE 和 ΔAL 的 R² 为 0.77^[17],说明仍有部分 SE 改变无法通过 AL 改变来解释。Raine 研究发现,女性的 SE 增加和 AL 增长均快于男性^[8]。基线时的年龄差异、人种差异和随访时间长短可能会导致结果不同。本研究采用非睫状肌麻痹验光,对 SE 准确性的影响也会导致结果不同。尽管如此,女性近视进展比男性快的趋势基本一致。AL 增长伴随着脉络膜和巩膜变薄,尤其是在后极区^[18]。既往也有研究显示,女性、较大年龄、长眼轴是近视性眼底病变的重要危险因

素^[19-20]。结合儿童近视队列研究,如 SCORM 和 CLEER 研究中,也是女性的近视进展比男性快^[3,5,13]。因此,在近视防控中女性需密切关注。

本研究发现,中低度近视者较高度近视更容易出现 AL 增长。既往研究认为初始近视程度越高,近视 SE 进展越快^[21-22]。这种差异可能归因于本研究中近视进展人群样本量较小(SE 进展 61 人,AL 进展 31 人)及 SE 和 AL 变化程度较小(Δ SE 为 -0.05 D, Δ AL 为 0.08 mm),也可能与中低度近视者和高度近视者的环境因素和用眼压力不同有关。本推断仍需扩大样本量及结合详细的用眼习惯调查问卷进一步研究,以得出更准确的结论。Raine 研究对 516 名 20 岁未近视人群随访 8 年发现,高度近视的发病率为 0.7%^[8]。推测随着本研究随访时间延长,高度近视人群的比例还有可能升高。因此,不同年龄阶段的近视防控要点不同,对于儿童青少年,主要是防控近视的高速进展;而对于青年大学生,既要防控高度近视进展,又要防控高危人群由中低度近视进展为高度近视^[23]。

本研究的优势在于样本量较大,并且有详细的眼部生物参数测量数据。然而,本研究采用非睫状肌麻痹验光,尽管效率较高,但准确性不足,限制了对某些结果的解释;由于医科大学学生可能近距离工作时间更长,因此在医科大学新生中进行调查,不能外推至高校大学生群体以及适用于更广泛的青年群体;此外,本研究未收集有关父母近视状况、户外活动时间、日常近距离工作时间和社会经济状况等可能影响近视进展的其他数据,因此,无法在分析中考虑更多的潜在混杂因素。

综上,本研究通过 2 年的近视青年大学生队列研究发现,92%以上青年大学生近视趋于稳定,除了高度近视外,仍需加强对女性和中低度近视者的随访和管理,控制高度近视的高发。本研究结果为加强近视的持续治疗提供了有价值的参考依据,有利于促进公共卫生资源的优化配置,以实现了对近视的有效防控。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 张红梅: 酝酿和设计试验、实施研究、采集数据、分析/解释数据、文章撰写及修改;朱云、宋德胜: 分析/解释数据、文章修改;张婕: 酝酿和设计试验;魏瑞华: 酝酿和设计试验、分析/解释数据、对文章的知识性内容作批判性审阅及定稿

参考文献

- [1] Tang Y, Chen A, Zou M, et al. Prevalence and time trends of refractive error in Chinese children: a systematic review and meta-analysis [J/OL]. *J Glob Health*, 2021, 11: 08006 [2024-12-01]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34327000/>. DOI: 10.7189/jogh.11.08006.
- [2] Mu J, Zeng D, Fan J, et al. Epidemiological characteristics and influencing factors of myopia among primary school students in Southern China: a longitudinal study [J/OL]. *Int J Public Health*, 2023, 68:

- 1605424 [2024-12-02]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36865998/>. DOI: 10.3389/ijph.2023.1605424.
- [3] Saw SM, Tong L, Chua WH, et al. Incidence and progression of myopia in Singaporean school children [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2005, 46(1): 51-57. DOI: 10.1167/iov.04-0565.
- [4] Ong E, Grice K, Held R, et al. Effects of spectacle intervention on the progression of myopia in children [J]. *Optom Vis Sci*, 1999, 76(6): 363-369. DOI: 10.1097/00006324-199906000-00015.
- [5] Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Chu RH, et al. Myopia progression as a function of sex, age, and ethnicity [J/OL]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2021, 62(10): 36 [2024-08-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34463720/>. DOI: 10.1167/iov.62.10.36.
- [6] COMET group. Myopia stabilization and associated factors among participants in the Correction of Myopia Evaluation Trial (COMET) [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2013, 54(13): 7871-7884. DOI: 10.1167/iov.13-12403.
- [7] Duan F, Yuan Z, Deng J, et al. Incidence of myopic shift and related factors in young Chinese adults [J]. *Clin Exp Optom*, 2023, 106(4): 422-426. DOI: 10.1080/08164622.2022.2048172.
- [8] Lee SS, Lingham G, Sanfilippo PG, et al. Incidence and progression of myopia in early adulthood [J]. *JAMA Ophthalmol*, 2022, 140(2): 162-169. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2021.5067.
- [9] Foo LL, Xu L, Sabanayagam C, et al. Predictors of myopic macular degeneration in a 12-year longitudinal study of Singapore adults with myopia [J]. *Br J Ophthalmol*, 2023, 107(9): 1363-1368. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2021-321046.
- [10] Flitcroft DI, He M, Jonas JB, et al. IMI-defining and classifying myopia: a proposed set of standards for clinical and epidemiologic studies [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 60(3): M20-M30. DOI: 10.1167/iov.18-25957.
- [11] Chen J, Liu S, Zhu Z, et al. Axial length changes in progressive and non-progressive myopic children in China [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2023, 261(5): 1493-1501. DOI: 10.1007/s00417-022-05901-5.
- [12] Lv L, Zhang Z. Pattern of myopia progression in Chinese medical students: a two-year follow-up study [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2013, 251(1): 163-168. DOI: 10.1007/s00417-012-2074-9.
- [13] Saw SM, Chua WH, Gazzard G, et al. Eye growth changes in myopic children in Singapore [J]. *Br J Ophthalmol*, 2005, 89(11): 1489-1494. DOI: 10.1136/bjo.2005.071118.
- [14] Chia A, Chua WH, Cheung YB, et al. Atropine for the treatment of childhood myopia: safety and efficacy of 0.5%, 0.1%, and 0.01% doses (Atropine for the Treatment of Myopia 2) [J]. *Ophthalmology*, 2012, 119(2): 347-354. DOI: 10.1016/j.ophtha.2011.07.031.
- [15] Chia A, Lu QS, Tan D. Five-year clinical trial on atropine for the treatment of myopia 2: myopia control with atropine 0.01% eyedrops [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(2): 391-399. DOI: 10.1016/j.ophtha.2015.07.004.
- [16] Onal S, Toker E, Akingol Z, et al. Refractive errors of medical students in Turkey: one year follow-up of refraction and biometry [J]. *Optom Vis Sci*, 2007, 84(3): 175-180. DOI: 10.1097/OPX.0b013e3180335c52.
- [17] Hyman L, Gwiazda J, Hussein M, et al. Relationship of age, sex, and ethnicity with myopia progression and axial elongation in the correction of myopia evaluation trial [J]. *Arch Ophthalmol*, 2005, 123(7): 977-987. DOI: 10.1001/archoph.123.7.977.
- [18] Flores-Moreno I, Puertas M, Almazán-Alonso E, et al. Pathologic myopia and severe pathologic myopia: correlation with axial length [J]. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 2022, 260(1): 133-140. DOI: 10.1007/s00417-021-05372-0.
- [19] Fang Y, Yokoi T, Nagaoka N, et al. Progression of myopic maculopathy during 18-year follow-up [J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(6): 863-877. DOI: 10.1016/j.ophtha.2017.12.005.
- [20] Yan YN, Wang YX, Yang Y, et al. Ten-year progression of myopic maculopathy: the Beijing eye study 2001-2011 [J]. *Ophthalmology*, 2018, 125(8): 1253-1263. DOI: 10.1016/j.ophtha.2018.01.035.
- [21] 林仲, 梁远波, 周红佳. 大学生近视进展及其危险因素的研究进展 [J]. *中华实验眼科杂志*, 2015, 33(6): 560-562. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.017.
- [22] Lin Z, Liang YB, Zhou HJ. Retrospect in myopia progression and its risk factors in university students [J]. *Chin J Exp Ophthalmol*, 2015, 33(6): 560-562. DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2015.06.017.
- [22] Jiang F, Wang D, Yin Q, et al. Longitudinal changes in axial length and spherical equivalent in children and adolescents with high myopia [J/OL]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2023, 64(12): 6 [2024-08-10]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37669064/>. DOI: 10.1167/iov.64.12.6.
- [23] Saw SM, Matsumura S, Hoang QV. Prevention and management of myopia and myopic pathology [J]. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 2019, 60(2): 488-499. DOI: 10.1167/iov.18-25221.

(收稿日期: 2024-10-10 修回日期: 2024-12-03)

(本文编辑: 刘艳 施晓萌)