

· 临床研究 ·

机器学习对青少年近视眼轴增长与近视度数增加关联性的预测作用

唐涛 范玉琢 徐琼 彭子苏 王凯 赵明威

北京大学人民医院眼科 北京大学人民医院眼视光中心 眼病与视光医学研究所 视网膜脉络膜疾病诊治研究北京市重点实验室 北京大学医学部眼视光学院 100044

通信作者:王凯, Email: wang_kai@263.net

【摘要】 目的 运用机器学习的方法预测青少年近视眼轴增长与近视度数增加的关系及其影响因素。

方法 采用横断面研究设计,收集 2017 年 1 月至 2018 年 12 月在北京大学人民医院眼视光中心就诊的近视患者 1 011 例 1 011 眼,均取右眼的数据资料进行分析。收集的所有患者相关参数用于训练机器学习算法模型,构建模型时输入的参数包括年龄、性别、中央角膜厚度(CCT)、平均角膜曲率(K-mean)、可见虹膜直径(HIVD)、晶状体屈光度和眼轴长度(AL),输出的参数为等效球镜度(SER)。采用 5 折交叉验证的方法把所有收集的数据随机分为 5 个组,其中 4 个组用于训练模型,1 个组用于验证预测结果的准确性,整个过程重复 5 次。根据不同模型训练后的 R 值和 R^2 值的大小评估各模型的预测准确性。采用预测准确性最好的模型讨论眼轴增长与 SER 增加之间的相关性及其影响因素。**结果** 基于 5 折交叉验证的 6 种机器学习运算方法的预测准确性 R 值和 R^2 值比较表明,模型以立方支持向量机(Quadratic SVM)回归模型预测准确性最好, R 值为 0.99, R^2 值为 0.98。Pearson 线性相关分析结果显示,晶状体屈光度与年龄呈负相关($r = -0.301, P < 0.01$)。经 Bennett-Rabbits 公式计算表明,6 岁近视群体较 18 岁近视群体的平均晶状体屈光大。该机器学习的模型表明,AL 增加 1 mm 所对应的 SER 变化并非恒定值,为 0~-3.00 D,这主要取决于 AL 增加 1 mm 所需要的时间跨度,AL 增加 1 mm 所需要的时间越长,其所对应的近视增长度数越小。当 AL 增加 1 mm 时间跨度为 1 年时,如 6~7 岁或 12~13 岁,AL 增加 1 mm 所对应的 SER 分别增加 -2.50 D 和 -2.33 D;当时间跨度为 3 年时,如 6~9 岁,所对应 SER 约增加 -1.77 D。**结论** 对于学龄期近视者而言,AL 增加 1 mm 所需时间越长或年龄跨度越大,AL 增加 1 mm 所对应的 SER 增加量越小。机器学习方法可以在临床上较为准确地预测 AL 增加与近视度数增加之间的关系。

【关键词】 近视;机器学习;眼轴;等效球镜

基金项目: 国家自然科学基金项目(81870684、31427801、81470665)

DOI: 10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2020.02.010

A study of the predictive effects of machine learning for the relationship between axial length elongation and the progression of myopia in school-aged children

Tang Tao, Fan Yuzhuo, Xu Qiong, Peng Zisu, Wang Kai, Zhao Mingwei

Department of Ophthalmology & Clinical Centre of Optometry, Peking University People's Hospital, Eye Diseases and Optometry Institute, Beijing Key Laboratory of Diagnosis and Therapy of Retinal and Choroid Diseases, College of Optometry, Peking University Health Science Center, Beijing 100044, China

Corresponding author: Wang Kai, Email: wang_kai@263.net

【Abstract】 Objective To investigate the relationship between axial length (AL) elongation and the progression of spherical equivalent refraction (SER) and its influential factors in school-aged children with myopia based on machine learning (ML). **Methods** A cross-sectional study evaluated 1 011 eyes of school-aged myopic children admitted to the optometry center of Peking University People's Hospital from January 2017 to December 2018, and data from the right eyes were used for analysis. All the collected data were used to train ML algorithms. When building predictive models, the input features included age, gender, central corneal thickness (CCT), mean K readings (K-mean), horizontal visible iris diameter (HIVD), lens power, and axial length (AL), and the output

parameter was SER. A five-fold cross validation scheme randomly divided all the data into five groups, of which four were used as training data, and one group was used as validation data. This process was repeated five times so that all the data were validated by this model, which allowed a better prediction of the overall sample. The prediction accuracy of different models was evaluated by the R -value and R^2 . The best-performing algorithm was applied to investigate the relationship between AL elongation and the progression of SER and its influencing factors. Written informed consent was obtained from each guardian of each patient prior to entering the study cohort. This study followed the Declaration of Helsinki. The study protocol was approved by the Ethics Committee of Peking University People's Hospital (No. 2019PHB280-01). **Results** In the comparison of the R -value and R^2 of six ML algorithms based on five-fold cross validation, among all models, the best was the quadratic SVM regression model, with an R -value and R^2 of 0.99 and 0.98, respectively. The results of Pearson correlation analysis showed that lens power was negatively correlated with age ($r = -0.301, P < 0.01$). According to the results calculated by the Bennett-Rabbetts formula, the average lens power of the 6-year-old myopic group was higher than that of the 18-year-old myopic group. According to this model, the SER change caused by AL elongation was not a constant value, which was estimated from plano to nearly -3.00 D, depending mainly on the time needed for 1-mm AL elongation. According to the results calculated by this model, the longer it took for the AL to grow by 1 mm, the smaller the corresponding SER change. In myopic children over an age span of one year, for example, from 6–7 years or 12–13 years, 1-mm elongation of the AL corresponded to -2.50 D and -2.33 D of SER change, respectively. Over a three years span, for example, from 6–9 years, a 1-mm elongation of the AL corresponded to -1.77 D of SER change. **Conclusions** For myopic children, the longer the age span required for 1-mm elongation of the AL, the smaller the SER change. An ML algorithm can provide clinical practitioners with a relatively precise estimation for the relationship between AL elongation and myopia progression.

[Key words] Myopia; Machine learning; Axial length; Spherical equivalent refraction

Fund program: National Natural Science Foundation of China (81870684, 31427801, 81470665)

DOI:10.3760/cma.j.issn.2095-0160.2020.02.010

近视已成为一个全球性公共健康问题。统计资料表明,近视的全球患病率约为 28.3%,推测 2050 年全世界将有一半的人口罹患近视,近年来东南亚城市地区近视人群的患病率呈明显上升趋势^[1]。随着近视度数的不断加深,眼轴长度(axial length, AL)也不断增加,视网膜进行性变薄,最终导致一系列近视相关并发症,包括视网膜脱离、脉络膜萎缩、视网膜变性及视网膜裂孔等^[2-4]。此外,近视也会增加开角型青光眼、白内障等的发病风险。已有研究表明,轴性近视是青少年主要的近视类型,近视的发生和发展主要是由于 AL 增长速度过快,超过了与眼球总体屈光力所相适应的 AL 所致^[5]。眼轴的非生理性增长在近视的发展中起着主要作用,AL 与近视屈光度数呈正相关,而学龄期青少年儿童中轴性近视占绝大多数,因此我们可以通过定期测量眼轴来间接判断近视度数的增长情况,指导近视防控。与传统的研究数据变量之间相关性的方法,如线性回归相比,机器学习在研究不同变量之间相关性方面具有独特优势,因为机器学习更强调不同变量之间的相关性分析,不仅能够分析和总结复杂的数据,而且能通过探索预测因子之间复杂的相互关系来提高预测的准确性。此外,机器学习还能够提供一些数据预测模型,很好地解决线性回归等传统方法所面

临的研究方法学的局限性,例如预测因子的线性和同质性问题。除了能够对数据进行分析外,机器学习还能对数据进行预测,并分析一些潜在的变量^[6]。本研究运用机器学习模型预测 1 mm AL 增加量与等效球镜度(spherical equivalent refraction, SER)增加的对应关系,从而方便眼科或眼视光临床工作者通过 AL 增加间接判断青少年近视患者屈光度的变化情况。

1 资料与方法

1.1 一般资料

采用横断面研究设计,收集 2017 年 1 月至 2018 年 12 月在北京大学人民医院眼视光中心就诊的近视者 1 011 例 1 011 眼,均取右眼进行分析。纳入的研究对象中男 491 例,占 48.57%,女 520 例,占 51.43%;年龄 6~18 岁,平均(11.18±2.49)岁;SER 为 0~-14.25 D,平均(-3.38±1.94)D;K-mean 为 38.26~47.99 D,平均(43.33±1.44)D;晶状体屈光度为 17.61~28.63 D,平均(23.95±1.68)D;AL 为 21.77~29.84 mm,平均(24.95±0.99)mm;HIVD 为 10.28~14.17 mm,平均(11.98±0.44)mm;CCT 为 448~688 μm,平均(553±0.03)μm。用于训练预测模型的 1 011 例患者性别和年龄的人口统计学分布见表 1。纳入标准:(1)经临床症状评估、

眼科检查等证实为近视;(2)年龄为 6~18 岁;(3)双眼最佳矫正视力(best corrected visual acuity, BCVA)为 1.0 及以上。排除标准:(1)近期有眼部活动性病变者;(2)近期配戴接触镜者。所有研究对象及监护人均知晓本研究目的和过程,并签署知情同意书。本研究遵守赫尔辛基宣言,并获得北京大学人民医院伦理委员会审核批准(批文号:2019PHB280-01)。

表 1 用于训练预测模型的 1 011 例患者人口特征分布
Table 1 The demographic distribution of 1 011 patients as training of predicted model

例数	男			女		
	6-10 岁	11-14 岁	15-18 岁	6-10 岁	11-14 岁	15-18 岁
总例数(百分数,%)	219(21.6)	206(20.4)	66(6.5)	241(23.8)	221(21.8)	58(5.8)
验证组例数	44	41	13	48	44	11

1.2 方法

1.2.1 检查方法 对所有患者进行全面的眼科检查,包括裸眼视力(uncorrected visual acuity, UCVA)、BCVA、睫状肌麻痹状态下验光、裂隙灯显微镜眼前节检查、扩瞳后间接检眼镜眼底检查、IOL-master(德国蔡司公司)AL 测量和角膜地形图检查(Sirius System,意大利 CSO 公司)。采用 0.5% 复方托吡卡胺滴眼液点眼行睫状肌麻痹后验光,双眼每 5 分钟点眼 1 次,连续点 3 次,末次点眼后闭眼休息 25 min,然后进行验光检查。AL 测量 3 次,取平均值。中央角膜厚度(central corneal thickness, CCT)、平均角膜曲率(mean K readings, K-mean)和可见虹膜直径(horizontal visible iris diameter, HIVD)由角膜地形图仪测得,取 3 次测量结果的平均值。由于目前尚无直接测量晶状体屈光度的仪器,因此本研究中根据国际上较为认可的 Bennett-Rabbetts 公式计算晶状体屈光度^[7]。

1.2.2 预测模型的构建及运用 采用 6 种机器学习预测模型进行数据处理,包括回归模型(线性、鲁棒)、支持向量机回归模型(线性、二次、立方)、袋装树(Bagged Trees)模型等。采用 5 折交叉验证的机器学习方法进行所有数据的分析和相关结果的预测。首先采用 5 折交叉验证的运算原理将所有收集的数据随机分为 5 个组,其中 4 个组用于训练模型,1 个组用于预测结果准确性的验证,随机分组过程由该运算内部程序决定,整个过程重复 5 次,以增加预测的准确性和可信度(图 1)。预测模型的准确性根据训练后 R 值和 R^2 值的大小进行判断,选取预测准确性最高的模型用于 AL 增加与近视度数变化之间关系的研究。构建预测模型时,输入参数包括年龄、性别、CCT、K-mean、

HIVD、晶状体屈光度和 AL。所纳入的参数根据其与其所预测的输出参数是否相关进行选择。由于 AL 包括前房深度,为了避免二线性问题导致预测模型的准确性和可靠性降低,故前房深度未纳入模型;而眼压存在 24 h 波动,故也未纳入。根据机器学习运算原理,建立预测模型时需将一些输入参数的值固定,以便模型后续的运算。由于 CCT 和 HIVD 在 3 岁以后基本稳定,因此以人群中的平均值将 CCT 和 HIVD 的值分别固定为 $550 \mu\text{m}$ ^[8-9] 和 12 mm ^[10-11]。将不同年龄段的平均晶状体度数代入机器学习的最佳模型计算 SER,以提高模型的预测效能,讨论对于不同年龄跨度的学龄期近视人群(6~16 岁)AL 增长 1 mm 时所对应 SER 的变化。

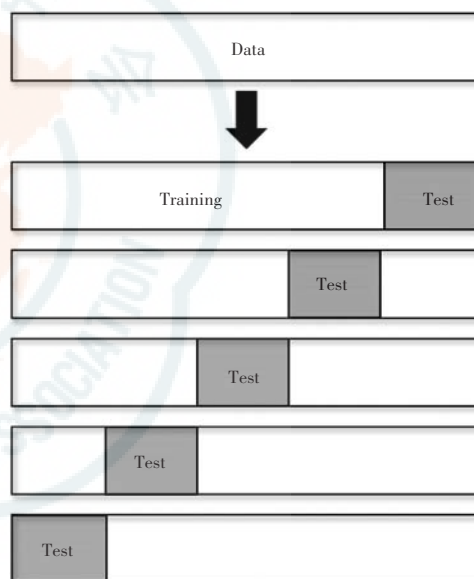


图 1 5 折交叉验证的步骤 将原始数据集随机划分为相等的 5 部分(“折”),将第 1 部分作为测试集,其余作为训练集,然后训练模型,计算模型在测试集上的准确率。每次用不同的部分作为测试集,该过程重复 5 次,将平均准确率作为最终的模型准确率

Figure 1 Pipeline of 5-fold cross validation The original data set was randomly divided into 5 equal parts (“folds”). The first part was taken as the test set and the rest as the training sets, then the model was trained and the accuracy of the model on the test set was calculated. Each time a different part was used as the test set, the process was repeated 5 times; averaged accuracy was taken as the final model accuracy

1.3 统计学方法

采用 MATLAB 2018a 软件和 SPSS 24.0 统计学软件进行统计分析。本研究中不同预测模型准确度分析和 SER 的预测分析由 MATLAB 2018a 软件处理得出。本研究中测定指标的计量资料数据经 K-S 检验符合正态分布,以 $\text{mean} \pm \text{SD}$ 表示,晶状体屈光度与年龄的相关因素分析采用 Pearson 线性相关分析,对相关系数进行假设检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 不同预测模型的准确度分析

基于 5 折交叉验证的 6 种机器学习运算方法的预测准确性 R 值和 R^2 值比较表明,立方支持向量机预测性能最好, R 值为 0.99, R^2 值为 0.98(表 2)。

表 2 基于 5 折交叉验证的 6 种机器学习运算方法的预测性能比较
Table 2 Comparison of predictive performance of six machine learning algorithms based on 5-fold cross validation

算法名称	R 值	R^2 值
线性回归(线性)	0.97	0.94
线性回归(鲁棒)	0.98	0.96
线性支持向量机	0.97	0.95
二次支持向量机	0.96	0.92
立方支持向量机	0.99	0.98
袋装树	0.93	0.86

2.2 晶状体屈光度与年龄的关系分析

Pearson 相关性分析结果显示,晶状体屈光度与年龄呈显著负相关($r = -0.301, P < 0.01$),即 6~18 岁近视群体随着年龄的增加,平均晶状体屈光度有逐渐降低的趋势(图 2)。

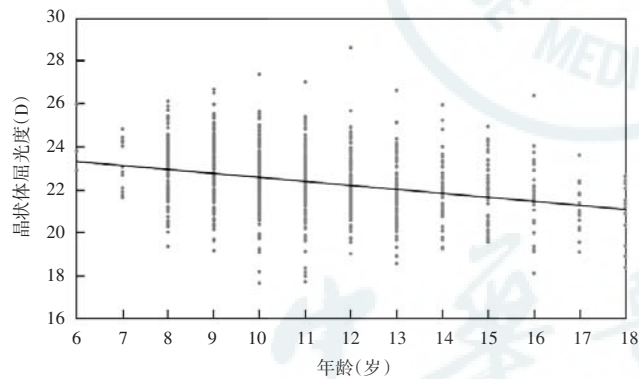


图 2 晶状体屈光度与年龄的相关性分析散点图 晶状体屈光度与年龄呈负相关($r = -0.301, P < 0.01$) (Pearson 线性相关分析, $n = 1011$)

Figure 2 Pearson correlation analysis of lens power and age Lens power was negatively correlated with age ($r = -0.301, P < 0.01$) (Pearson correlation analysis, $n = 1011$)

2.3 1 mm AL 增加量对应的 SER 变化和 1 mm AL 增加的年龄跨度之间关系分析

预测模型计算表明,1 mm AL 增加所需要的时间跨度影响其所对应的 SER 变化。年龄跨度为 1 岁,如 6~7 岁,AL 增加 1 mm(24~25 mm)所对应的 SER 变化量为 -2.50 D;年龄跨度为 3 岁,如 6~9 岁,AL 增加 1 mm(24~25 mm)所对应的 SER 变化量为 -1.77 D;如

1 mm AL 增加是从 6~12 岁,则 AL 增加 1 mm(24~25 mm)所对应的 SER 变化量仅为 -0.94 D。由此可知,AL 增长 1 mm 所需要的时间越长,其所对应的近视增长度数越小(图 3,4)。

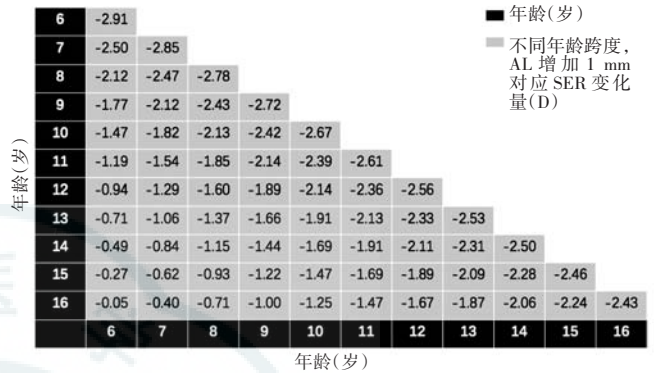


图 3 不同年龄跨度 AL 增加 1 mm 对应 SER 的变化量(D) AL 增长 1 mm 所需要的时间越长,其所对应的近视增长度数越小 AL:眼轴长度;SER:等效球镜度

Figure 3 An increase of 1-mm in AL of different age spans corresponds to a change in SER The longer it takes for the AL to grow by 1 mm, the smaller the corresponding myopic growth AL:axial length; SER:spherical equivalent refraction

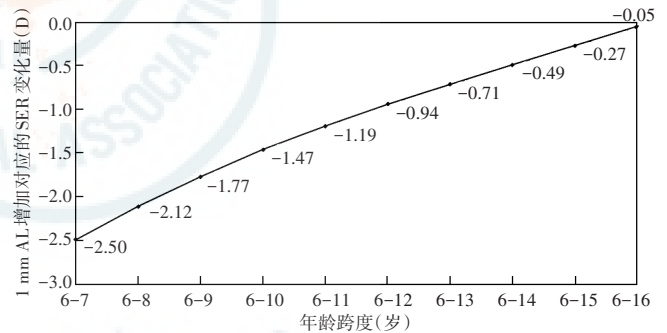


图 4 1 mm AL 增加的年龄跨度与 1 mm 眼轴增加对应的 SER 变化量的相关关系 眼轴增长 1 mm 所需要的时间越长,其所对应的近视增长度数越小 AL:眼轴长度;SER:等效球镜度

Figure 4 The correlation between the age span increased by 1 mm AL and the SER change corresponding to the increase of 1 mm AL The longer it took for the AL to grow by 1 mm, the smaller the corresponding myopic growth AL:axial length;SER:spherical equivalent refraction

3 讨论

眼部主要的屈光参数包括角膜曲率、晶状体屈光力和 AL 等。研究表明,AL 增长值与屈光度变化量具有高度相关性^[12],而导致近视发生和发展的主要解剖因素是 AL 的变化,当 AL 增长速度超过全眼屈光力相适应的范围时,眼球整体屈光度就会往近视方向发展。AL 越长,近视的度数越深^[13-14]。因此,很多研究者认为 AL 的增长与近视度数的增加存在一定的相关性,

试图定量 1 mm 的 AL 增加与近视度数增长的对应关系。但在 AL 增长的过程中,研究者往往忽视了 AL 增加本身的时间属性。在生长发育的过程中,AL 增加的快慢(即时间跨度)决定了晶状体能否得到充分的时间补偿屈光力,以抵消 AL 增加带来的近视度数增长,而在这一过程中,晶状体屈光力随年龄变化的幅度至关重要。Jones 等^[15]的研究数据表明,在近视人群中,眼球从 6 岁发育到 16 岁时其晶状体屈光度从 +25.5 D 减小到 +22.0 D(每年减少约 0.35 D)。本研究利用 Bennett-Rabbetts 公式亦计算了不同年龄青少年近视患者的晶状体屈光力,发现年龄越小,晶状体平均屈光力越大,与 Jones 等^[15]的研究结果接近。晶状体屈光力随时间减弱的特点,决定了 1 mm AL 增加所对应的近视度数变化不可能是一个确定值。本研究中 17~18 岁人群数据量相对较少,为减少模型预测误差,故仅对 6~16 岁患者进行预测讨论。

临床记录的大数据中包含有关疾病进展和预后的潜在信息,传统的回归预测模型主要分析变量之间的关联,而机器学习可以通过创建特征从现有的变量中推出新的变量,有助于揭示数据集的隐藏关系。在构建机器学习预测模型时,可以通过选择合理的特征、调试参数、运用多种机器学习算法及交叉验证数据集来提高机器学习预测模型的准确性,从而使预测的结果可靠性更好。因此,本研究中收集青少年近视者数据,借助机器学习分析数据的优势来研究青少年近视 AL 增长与近视度数增加的关系。

既往的一些研究认为,AL 增长与近视度数加深呈正相关,眼轴每增长 1 mm,近视度增加 -3.00 D^[16]。Badmus 等^[17]对成年人群的研究表明,1 mm 的 AL 增长对应 -0.77 D 的 SER 增加;而 Olsen 等^[18]研究认为 1 mm AL 增长对应 -2.70 D。既往相关的研究结论变异性较大,因为对于不同眼球屈光状态,如远视、正视和近视,1 mm AL 增长对应的 SER 的改变应该不同。本研究中未纳入远视和正视个体,是研究的不足之处。对于不同年龄跨度的近视人群,AL 增长 1 mm 时所对应的近视度数的增长是不一样的,因为增长 1 mm 的 AL 中生理性 AL 增长所占的比例不同。本研究中机器学习的算法表明,AL 增长 1 mm 所需的时间跨度越大,其所造成的近视度数的增长量越小,而这部分屈光度数会被眼球其他屈光成分所代偿,例如晶状体屈光度随年龄的增大逐渐减小。新加坡开展的一项对眼部生长曲线的拟合研究表明,近视屈光度及 AL 年增长量均随年龄的增大而减小^[19]。Braun 等^[20]的研究也认为中小学生年龄越小,近视度年增长量越高。因此,

年龄因素在估算近视进展的 SER 变化时至关重要。此外,机器学习模型的研究结果便于临床眼科医师和眼视光医师通过某段时间内 AL 增长情况间接判断青少年近视度数有无增长,进而指导青少年近视防控,这也是本研究的意义所在,尤其对于正在使用角膜塑形镜矫治近视的患者,由于无法直接测量其真实的近视度数,AL 的增加幅度就成为判断近视增加速度的重要指标。

本研究也存在一定的局限性。首先,本研究纳入的 15~18 岁个体相对较少,造成该年龄段个体的预测效能不佳,后续的研究将增加纳入该年龄段的个体数量。其次,本研究样本量不够大,为进一步提高机器学习的预测准确性,需纳入更多数据进行建模分析,从而使预测结果更为准确和更具可推广性。本研究仅纳入青少年近视个体,后续研究将纳入不同年龄段、不同屈光状态(正视、远视等)的个体进行建模分析,以增加机器学习预测模型的适用范围。此外,后续还将进行相关领域的队列研究,以进一步在真实世界中验证本研究模型的预测效能和准确性。

综上所述,本研究通过机器学习算法建立输入变量与等效球镜之间的关系模型,可以在临床上较为准确地预测 AL 增加与近视度数增加之间的关系。模型研究结果显示,AL 增长 1 mm 所需要的时间跨度越大,其所对应的近视增长长度数越小。AL 增加的速度越快,那么由于 AL 增加所带来的近视度数增长则越快,生理性 AL 增加成分则越少。AL 增长的绝对值必须考虑患者的年龄跨度因素,才能更为准确地评价青少年近视患者屈光度数的变化情况,从而有效地指导青少年近视防控。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

作者贡献声明 唐涛:论文操作、论文撰写、数据整理、统计分析;范玉琢、徐琼、彭子苏:数据整理、统计分析;赵明威:论文修改;王凯:论文修改、经费支持

参考文献

- [1] Hopf S, Pfeiffer N. Epidemiology of myopia[J]. *Ophthalmologie*, 2017, 114(1): 20-23. DOI: 10.1007/s00347-016-0361-2.
- [2] Polkinghorne PJ, Craig JP. Northern New Zealand Rhegmatogenous Retinal Detachment Study: epidemiology and risk factors[J]. *Clin Exp Ophthalmol*, 2004, 32(2): 159-163. DOI: 10.1111/j.1442-9071.2004.00003.x.
- [3] Mitchell P, Hourihan F, Sandbach J, et al. The relationship between glaucoma and myopia: the Blue Mountains Eye Study [J]. *Ophthalmology*, 1999, 106(10): 2010-2015. DOI: 10.1016/s0161-6420(99)90416-5.
- [4] Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123(5): 1036-1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.

- [5] 瞿小妹, 陈露. 青少年儿童屈光度及眼轴年增长值及相关因素[J]. 中国眼耳鼻喉科杂志, 2012, 12(21): 451-454. DOI: 10. 3969/j. issn. 1671-2420. 2012. z1. 014.
- [6] Obermeyer Z, Emanuel EJ. Predicting the future-big data, machine learning, and clinical medicine[J]. N Engl J Med, 2016, 375(13): 1216-1219. DOI: 10. 1056/NEJMp1606181.
- [7] Rozema JJ, Atchison DA, Tassignon MJ. Comparing methods to estimate the human lens power[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2011, 52(11): 7937-7942. DOI: 10. 1167/iovs. 11-7899.
- [8] Kadhim YJ, Farhood QK. Central corneal thickness of Iraqi population in relation to age, gender, refractive errors, and corneal curvature: a hospital-based cross-sectional study[J]. Clin Ophthalmol, 2016, 10: 2369-2376. DOI: 10. 2147/OPHT. S116743.
- [9] Jonuscheit S, Doughty MJ. Evidence for a relative thinning of the peripheral cornea with age in white European subjects[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2009, 50(9): 4121-4128. DOI: 10. 1167/iovs. 08-3298.
- [10] Rüfer F, Schröder A, Erb C. White-to-white corneal diameter: normal values in healthy humans obtained with the Orbscan II topography system[J]. Cornea, 2005, 24(3): 259-261. DOI: 10. 1097/01. ico. 0000148312. 01805. 53.
- [11] Hashemi H, Khabazkhoob M, Emamian MH, et al. White-to-white corneal diameter distribution in an adult population[J]. J Curr Ophthalmol, 2015, 27(1-2): 21-24. DOI: 10. 1016/j. joco. 2015. 09. 001.
- [12] Gwiazda J, Hyman L, Hussein M, et al. A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2003, 44(4): 1492-1500. DOI: 10. 1167/iovs. 02-0816.
- [13] He X, Zou H, Lu L, et al. Axial length/corneal radius ratio: association with refractive state and role on myopia detection combined with visual acuity in Chinese schoolchildren[J/OL]. PLoS One, 2015, 10(2): e0111766[2019-09-30]. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4333577/>. DOI: 10. 1371/journal.pone.0111766.
- [14] 李仕明, 任明畅, 张三国, 等. 眼轴长度用于近视预测模型对儿童和青少年近视筛查的效能研究[J]. 中华实验眼科杂志, 2019, 37(4): 269-273. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2019. 04. 006. Li SM, Ren MY, Zhang SG, et al. Effectiveness of myopia prediction model in screening children and teenager myopia[J]. Chin J Exp Ophthalmol, 2019, 37(4): 269-273. DOI: 10. 3760/cma. j. issn. 2095-0160. 2019. 04. 006.
- [15] Jones LA, Mitchell GL, Mutti DO, et al. Comparison of ocular component growth curves among refractive error groups in children[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2005, 46(7): 2317-2327. DOI: 10. 1167/iovs. 04-0945.
- [16] Takahashi Y, Kang H, Kakizaki H. Axial globe length in congenital ptosis[J]. J Pediatr Ophthalmol Strabismus, 2015, 52(3): 177-182. DOI: 10. 3928/01913913-20150326-11.
- [17] Badmus SA, Ajaiyeoba AI, Adegbehingbe BO, et al. Axial length/corneal radius of curvature ratio and refractive status in an adult Nigerian population[J]. Niger J Clin Pract, 2017, 20(10): 1328-1334. DOI: 10. 4103/njep. njep_183_16.
- [18] Olsen T. Calculation of intraocular lens power: a review[J]. Acta Ophthalmol Scand, 2007, 85(5): 472-485. DOI: 10. 1111/j. 1600-0420. 2007. 00879. x.
- [19] Wong HB, Machin D, Tan SB, et al. Ocular component growth curves among Singaporean children with different refractive error status[J]. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2010, 51(3): 1341-1347. DOI: 10. 1167/iovs. 09-3431.
- [20] Braun CI, Freidlin V, Sperduto RD, et al. The progression of myopia in school age children: data from the Columbia Medical Plan[J]. Ophthalmic Epidemiol, 1996, 3(1): 13-21. DOI: 10. 3109/09286589609071597.

(收稿日期: 2019-10-14 修回日期: 2020-01-07)

(本文编辑: 刘艳)

读者 · 作者 · 编者

欢迎订阅《中华实验眼科杂志》

《中华实验眼科杂志》为中国科技论文统计源期刊和中国中文核心期刊、中国科学引文数据库(CSCD)核心期刊,月刊,80面,每月10日出版,每期定价16元,邮发代号:36-13,国内外公开发行,欢迎到各地邮局订阅或直接与本刊编辑部联系订购。联系电话:0371-87160872。

本刊对存在科研诚信问题或发表流程中存在严重缺陷稿件的撤稿及其流程

依据中华医学会系列杂志论文发表后撤稿的推荐规范,如发生下列情况本刊将予以撤稿处理:(1)编辑部收到举报并已经证实论文存在较严重的不可信、学术不端或非主观的错误,以致于该论文所报道的发现和结果不可信。(2)论文存在剽窃问题。(3)论文所报道的研究违反医学伦理规范。(4)未被允许的重复发表。(5)在稿件发表流程中存在严重缺陷。上述问题经编辑部严格调查属实后,本刊编辑部将按照撤稿流程分别在纸版期刊、本刊网站刊登撤稿声明,刊登前编辑部和所有作者就撤稿声明的内容达成一致,以保证各方利益。但在无法就撤稿声明的内容与作者达成一致时,如已有充足证据表明必须撤稿,本刊将尽快刊出撤稿声明。撤稿声明对所有读者免费开放,以最大限度地减少该论文发表带来的负面影响。编辑对存在科研诚信问题或发表流程中存在严重缺陷稿件的撤稿拥有最终决定权。

(本刊编辑部)