

调查研究

环境硒含量对湖北恩施初中生近视情况影响的初步研究

张亮,向艳芳,蒋祖林,温丰平

(恩施土家族苗族自治州中心医院,湖北恩施 445000)

摘要:目的 了解环境硒含量与初中生近视情况的相互关系。方法 采用随机抽样方法分别抽取恩施州富硒、足硒及缺硒地区初中学生各 200 名,共 600 名,检查学生近视情况,检测血硒发硒含量、谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)和血清硒蛋白 P(SEPP-1)浓度及居民饮用水和农作物硒含量,进行统计学分析,计量资料两组间均数比较采用正态近似检验 z 检验,多组间比较采用单因素方差分析,发病率的比较采用卡方检验,相关分析采用 Pearson 相关检验。结果 研究对象包括近视组 244 例(40.67%)和非近视组 356 例(59.33%)。200 名缺硒地区学生血硒含量为 $(71.25 \pm 10.31) \mu\text{g/L}$,发硒含量为 $(0.56 \pm 0.20) \mu\text{g/g}$,GSH-Px 含量为 $(85.26 \pm 15.16) \mu\text{L}$,SEPP-1 含量为 $(7.41 \pm 1.65) \text{mg/L}$,近视例数 108 例;200 名足硒地区人群血硒含量为 $(86.74 \pm 11.25) \mu\text{g/L}$,发硒含量为 $(0.72 \pm 0.11) \mu\text{g/g}$,GSH-Px 活力含量为 $(95.34 \pm 13.20) \mu\text{L}$,SEPP-1 含量为 $(10.25 \pm 2.47) \text{mg/L}$,近视例数 87 例;200 名富硒地区人群血硒含量为 $(102.31 \pm 10.26) \mu\text{g/L}$,发硒含量为 $(0.81 \pm 0.12) \mu\text{g/g}$,GSH-Px 活力含量为 $(114.65 \pm 12.12) \mu\text{L}$,SEPP-1 含量为 $(12.36 \pm 3.25) \text{mg/L}$,近视例数 49 例,不同硒含量地区学生血硒,发硒、GSH-Px 含量和 SEPP-1 含量及近视发病率差异均有统计学意义($F=9.65, 12.24, 10.32, 9.41, \chi^2=28.29, P<0.01$)。富硒地区饮用水及农作物硒含量高于足硒及缺硒地区($F=12.35, 5.36, P<0.01$)。血硒、发硒与近视发病率存在负相关($r=-0.542, -0.621, P<0.05$)。结论 恩施不同地区环境硒含量越高,初中生近视发病率越低;环境硒与初中生近视的发生呈现一定相关性。

关键词:近视;硒;初中生;谷胱甘肽过氧化物酶;血清硒蛋白 P

中图分类号:R155 文献标识码:A 文章编号:1004-8456(2023)09-1311-06

DOI:10.13590/j.cjfh.2023.09.009

Preliminary study on the relationship between environmental selenium content and myopia among junior school students in Enshi, Hubei Province

ZHANG Liang, XIANG Yanfang, JIANG Zulin, WEN Fengping

(Department of Ophthalmology, the Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Hubei Enshi 445000, China)

Abstract: Objective To explore the relationship between environmental selenium content and myopia among junior high school students. **Methods** A total of 600 junior high school students from selenium-rich, selenium-sufficient, and selenium-deficient areas from Enshi (200 from each area) were randomly selected. The prevalence of myopia, serum selenium, and hair selenium, as well as the glutathioneperoxidase (GSH-Px) and selenoprotein P (SEPP-1) and the selenium distributions of staple crops and drinking water, were determined. The z -test was used to compare continuous data between two groups, a one-way analysis of variance was used to compare continuous data between multiple groups, a chi-square test was used to compare the rates, and the Pearson correlation test was performed to investigate the correlation between selenium and myopia. **Results** All of the junior school students were divided into myopic ($n=244, 40.67\%$) and non-myopic ($n=356, 59.33\%$) groups. The levels of serum selenium, hair selenium, GSH-Px, and SEPP-1 in the selenium-deficient areas were significantly lower than those in the selenium-adequate areas and the selenium-rich areas [$(71.25 \pm 10.31) \mu\text{g/L}$ vs. $(86.74 \pm 11.25) \mu\text{g/L}$ vs. $(102.31 \pm 10.26) \mu\text{g/L}$, $(0.56 \pm 0.20) \mu\text{g/g}$ vs. $(0.72 \pm 0.11) \mu\text{g/g}$ vs. $(0.81 \pm 0.12) \mu\text{g/g}$, $(85.26 \pm 15.16) \mu\text{L}$ vs. $(95.34 \pm 13.20) \mu\text{L}$ vs. $(114.65 \pm 12.12) \mu\text{L}$, $(7.41 \pm 1.65) \text{mg/L}$ vs. $(10.25 \pm 2.47) \text{mg/L}$ vs. $(12.36 \pm 3.25) \text{mg/L}$] ($F=9.65, 12.24, 10.32, 9.41, P<0.01$). Compared with the students in the selenium-deficient and selenium-adequate areas, myopic incidence of students in the selenium-rich areas was

收稿日期:2022-06-04

基金项目:恩施州科技计划研究与开发项目(JCY2019000011)

作者简介:张亮 女 主治医师 研究方向为眼视光疾病治疗及研究 E-mail:ww122900@whu.edu.cn

通信作者:温丰平 男 主治医师 研究方向为骨关节疾病治疗及研究 E-mail:316664432@qq.com

significantly reduced ($\chi^2=28.29, P<0.01$). The selenium levels of drinking water and staple crops in the selenium-rich areas were significantly higher than those in the selenium-adequate and selenium-deficient areas ($F=12.35, 5.36, P<0.01$). A negative correlation was observed between serum selenium and hair selenium and the myopic incidence ($r=-0.542, -0.621, P<0.05$). **Conclusion** The higher the environmental selenium content in different areas of Enshi, the lower was the incidence of myopia in junior middle school students. A certain correlation was observed between selenium and myopia in junior middle school students.

Key words: Myopia; selenium; junior school students; GSH-Px; SEPP-1

近视是青少年儿童常见的一种进行性发展性眼病,可对青少年儿童的身心健康造成严重影响,尤其是相对高度近视患者非常容易并发视网膜脱离黄斑裂孔等严重并发症,进而形成病理性近视、造成眼睛视力的不可逆损伤,因此近视已变成越来越严重的全球性公共卫生服务问题^[1]。研究表明到2050年全球有近一半人口将患近视,其中10%为高度近视^[2]。近年来我国学生近视发病率呈显著升高和低龄化发展趋势,防止近视、缓解眼睛视力衰落早已成为众多学生、父母、院校和社会发展广泛关注的问题^[3]。近视形成病因复杂,包括遗传和环境及用眼习惯等多重因素^[4]。研究表明氧化应激在近视的发生发展中起着重要的作用^[5]。眼组织中硒、锌、铜、铁等微量元素含量较高,发挥着积极的抗氧化应激作用^[6]。硒具有较强的抗氧化及免疫调节功能,能减轻细胞受到的氧化应激损伤,对眼晶状体有保护作用^[7]。饮食是人体硒的主要来源,而食物中硒又很大程度受到环境影响^[8]。硒元素在不同环境地域中分布含量截然不同。湖北省恩施土家族苗族自治州(以下简称恩施州)拥有丰富的硒资源,人称“世界硒都”,但州内不同区域硒的含量分布不均匀,因此研究硒与近视发病的关系具有重要的公共卫生意义^[9]。本研究收集恩施州不同硒含量地区近视与非近视中学生的相关资料,检测血硒、发硒水平及近视情况和硒暴露情况,研究硒与近视发病的相关性,为临床近视防治提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 研究对象

本研究根据《恩施土壤全硒含量分布的研究》^[10]结果,将恩施州分为高硒环境区(土壤硒含量 $>4.05\text{ mg/kg}$)、足硒环境区(土壤硒含量 $1.28\sim 4.05\text{ mg/kg}$)、缺硒环境区(土壤硒含量 $<1.28\text{ mg/kg}$)3个不同硒水平环境。分别选取高硒、足硒及缺硒地区具有代表性的初中各1所,通过入校常规眼科体检,在3个地区学校采用按比例分配分层随机抽样

方法抽取符合纳入标准的学生各200名,共600名。本研究经恩施州中心医院医学伦理委员会审核同意,研究对象均由其监护人签署了临床研究知情同意书,自愿参加本临床研究。

1.1.2 样品采集

所有研究者均清晨空腹,采取上臂静脉采血5 mL,各2管,采用肝素抗凝真空采血管收集血液样品,分离血清后放置冰箱保存,1管用于血液硒含量检测,另1管用于血液谷胱甘肽过氧化物酶(Glutathioneperoxidase, GSH-Px)活力和血清硒蛋白P(Selenoprotein P, SEPP-1)水平检测。剪取学生头枕部近发根处的头发约1.0 g,采集发样,中性洗发溶液浸泡,高纯水冲洗沥尽后烘干,室温储存。在3组不同硒环境地区分布采集居民饮用水(居民家中的末梢水)、原产马铃薯样品各100份进行硒含量检测。

1.2 方法

1.2.1 纳入标准

①在恩施州内居住或常住年限在10年以上;②采用统一设计的问卷调查表,问卷调查表参考《中小学生一日学习时间卫生要求》^[11],主要包括性别、年龄、课外活动时间、学习时间、接触电子屏幕时间、父母近视情况、睡眠时间、是否眼保健操等用眼习惯等,由统一培训的调查员与调查学生面对面询问填写,依据问卷调查表选取学习环境条件和用眼习惯等因素较一致学生。

1.2.2 诊断标准

学生视力检测均采用《国际标准视力表》,由眼科专科医师在标准照明条件下进行验光初步筛查学生视力,对单侧或双侧裸眼远视力 <5.0 、经镜片矫正后视力不良者,再次参照《儿童屈光矫正专家共识2017》^[12],用0.5%托吡卡胺滴眼液进行散瞳验光(验光前点眼3次,每次1滴,间隔3~5 min,30~40 min后验光),测量记录等效球镜度(SE),近视定义为至少1眼等效球镜度数 $SE\leq -0.50\text{ D}$ ^[13]。

1.2.3 排除标准

①使用SL-3E裂隙灯显微镜进行眼前节检查,眼底照相机进行眼底检查,眼压计进行眼压检测,

以排除眼部本身病变引起的视力异常者;②排除高血压、甲亢、糖尿病等全身病变造成的眼部视力异常者;③排除正在使用阿托品治疗等其他原因导致的病理性近视;④排除检查前3天有过角膜塑形镜戴配史及检查过程中理解配合欠佳者;⑤排除遗传性近视;⑥排除正在参加其他临床研究者。

1.2.4 样品检测

采用荧光分光光度法检测血硒、发硒、饮用水及食品硒含量,采用5,5'-二硫对硝基苯甲酸[5,5'-Dithiobis-(2-nitrobenzoic acid),DTNB]比色法测定GSH-Px活力,采用ELISA法测定血清中SEPP-1水平(武汉华美生物科技有限公司试剂盒),血硒发硒含量、GSH-Px和SEPP-1水平检测由湖北省硒与人体健康研究院测定。不同硒环境的居民饮用水,原产马铃薯硒含量测定由国家富硒产品质量检验检测中心(湖北)测定。

1.2.5 质量控制

湖北省硒与人体健康研究院和国家富硒产品质量检验检测中心(湖北)实验室制定了统一的实验室质量控制规程,保证采样、样品分装、编码、运送符合实验室要求。检测使用同一批号的试剂开展检测。检测前对实验室检测人员进行专业培训,保证检测的操作符合质量要求,每批样品包含空白样品、10%平行样品、质控样品,且符合质控标准要求。

1.3 统计学分析

用SPSS 21.0统计软件进行数据分析。计量资料均符合正态分布且方差齐性,以均数±标准差($\bar{X} \pm$

S)表示,两组间比较采用z检验,多组间比较采用单因素方差分析,进一步两两比较采用SNK-q检验,率的比较采用 χ^2 检验,相关分析采用Pearson相关检验。检验水准 $\alpha=0.05$ 。

2 结果

2.1 学生人群基本情况

600名体检学生中男生306例,女生294例,年龄范围12~17岁,平均年龄(13.9±1.2)岁。学生的课外活动时间及用眼时间和眼保健操等用眼习惯均符合纳入标准。其中近视学生为244例(40.67%),非近视学生为356例(59.33%)。

2.2 不同硒环境人群血硒发硒、GSH-Px活力、SEPP-1含量及近视情况

恩施州境内以恩施市、宣恩县和鹤峰县为相对高硒地区,来凤县、建始县和巴东县为相对足硒地区,利川市为相对缺硒地区。600名体检学生中,来自高硒、足硒及缺硒地区学生各200名。3个不同硒环境地区的学生年龄及性别比较差异无统计学意义($F=1.75, \chi^2=5.62, P>0.05$)。地区硒含量越高,人群平均血硒、发硒含量及GSH-Px活力和SEPP-1均越高,差异均有统计学意义($F=9.65, 12.24, 10.32, 9.41, P<0.01$)。200名富硒地区学生近视病例数49例,占比24.50%,200名足硒地区人群近视病例数87例,占比43.50%,200名缺硒地区人群近视病例数108例,占比54.00%。与足硒及缺硒地区人群比较,富硒地区人群近视情况减少,差异有统计学意义($\chi^2=28.29, P<0.01$),见表1。

表1 不同硒环境学生一般情况及血硒发硒、GSH-Px、SEPP-1含量和近视患病情况比较

Table 1 Comparison of the general situation and the contents of selenium, GSH-Px and SEPP-1 in blood and hair and myopia among students with different selenium environment

分组	例数	年龄/岁	性别(男/女)	血硒含量/($\mu\text{g/L}$)	发硒含量/($\mu\text{g/g}$)	GSH-Px/($\mu\text{/L}$)	SEPP-1/(mg/L)	近视发病率/%
富硒地区	200	13.9±0.1	103/97	102.31±10.26	0.81±0.12	114.65±12.12	12.36±3.25	24.50
足硒地区	200	14.0±0.2	104/96	86.74±11.25 ^a	0.72±0.11 ^a	95.34±13.20 ^a	10.25±2.47 ^a	43.50 ^a
缺硒地区	200	13.8±0.2	99/101	71.25±10.31 ^b	0.56±0.20 ^b	85.26±15.16 ^b	7.41±1.65 ^b	54.00 ^b

注:^a表示与富硒地区相比, $P<0.05$;^b表示与足硒地区相比, $P<0.05$

2.3 不同硒环境的饮用水及原产马铃薯硒含量比较

检测结果显示,从缺硒区到富硒区居民饮用水硒质量浓度从0.96 $\mu\text{g/L}$ 升高至3.12 $\mu\text{g/L}$,不同硒环境饮用水硒质量浓度差异有统计学意义($F=12.35, P<0.01$)。从缺硒地区到富硒地区马铃薯硒质量浓度从0.008 $\mu\text{g/g}$ 升高至0.05 $\mu\text{g/g}$,不同硒环境马铃薯硒质量浓度差异有统计学意义($F=5.36, P<0.01$)。见表2。

2.4 血硒发硒与近视相关性的分析结果

采用Pearson相关检验分析血硒、发硒含量与

表2 不同硒含量地区居民饮用水,原产马铃薯样本硒含量

Table 2 Selenium content of raw potato samples in drinking water of residents in areas with different selenium content

分组	饮用水		马铃薯	
	份数	质量浓度/($\mu\text{g/L}$)	份数	质量浓度/($\mu\text{g/g}$)
富硒地区	100	3.12±0.65	100	0.05±0.01
足硒地区	100	1.62±0.32 ^a	100	0.03±0.02 ^a
缺硒地区	100	0.96±0.12 ^b	100	0.008±0.005 ^b

注:^a表示与富硒地区相比, $P<0.05$;^b表示与足硒地区相比, $P<0.05$

近视患病率相关性,结果显示血硒、发硒与近视患病率存在负相关,相关系数(r)值为-0.542、-0.621 ($P<0.05$)。

3 讨论

既往研究表明预计到2050年中国青少年儿童近视的患病率将高达84%^[14],将成为世界上近视患病率最高的国家之一。近年来学生群体近视患病率居高不下、低龄化趋势日益加重、眼部病变进展加速已经成为全球性的普遍现象,严重威胁学生身心健康和学习生活质量,也逐渐成为当今世界的一个严重社会健康隐患^[15]。本研究结果显示,恩施地区600名初中学生中近视学生为244例,占比40.67%,与既往学生近视的流行病学调查^[16-17]相比,整体硒含量较高的恩施州初中学生近视患病率较低,说明了硒在防治近视方面的积极作用。血硒和发硒含量均可在一定程度上反映人体硒摄入水平和机体组织中的硒储备水平。本研究结果发现,与非近视学生相比,近视学生的血硒及发硒含量明显下降,更进一步说明了硒与近视发生具有一定相关性。李海鸥^[18]在分析20024名独生子女的视力情况和其头发中微量元素含量后发现,缺硒儿童较健康儿童更易患近视,在补充富硒食物后,其视力可明显提高,表明儿童非常容易缺硒,缺硒是儿童学生患近视的主要根源。

研究表明,氧化应激是近视发生非常重要的一个环节^[19]。硒作为人体生命活动所必需的一种微量元素,在抗氧化、免疫调节和护眼抗癌等多方面均具有非常重要的作用^[20]。眼组织中尤其是虹膜与晶状体硒含量丰富,硒及硒蛋白在眼部疾病的抗氧化应激层面起到主导作用^[21]。已有研究发现缺硒可引起睫状肌痉挛和晶状体弹性减弱,这可能与缺硒所致近视的机制有关^[22]。同时研究表明硒是GSH-Px的重要组成成分,补充硒可以使血液、晶状体及房水中GSH-Px活性明显增加,还可以改善谷胱甘肽的降低及氧自由基的提升^[23]。硒蛋白SEPP-1是反映人体硒营养水平的最佳含硒蛋白,具有抗氧化、结合重金属以及营养神经细胞等功能,体内SEPP-1以转运蛋白的形式运送硒到外周组织,维持体内各组织硒平衡^[24]。本研究所选择的学生人群在年龄、性别方面均不具有统计学差异,学生人群学习生活方式及用眼习惯基本相似,不同硒环境地区学生血硒发硒、GSH-Px活力及SEPP-1差异有统计学意义,表明地区硒含量越高,人群GSH-Px活力及SEPP-1越高,近视患病率越低,更进一步说明了硒与近视的负相关性。既往有高负荷的硒可能增加视力损伤的报道^[25],研究发现角膜、虹膜、晶状体和视网膜中硒的浓度比血浆中硒的浓度低得多,LI等^[26]调查分析显示恩施州内富硒地区人群近视白内障等眼病发病率并没有明显增加,说明适

量摄入高硒并不会增加眼病发病率。

硒元素受环境地域水平影响很大,不同地区不同环境土壤中硒含量分布不同。人体硒主要来源于膳食营养,彭祚全等^[27]调查指出恩施州土壤硒含量直接影响农作物硒含量,地区土壤硒含量越高,当地农作物硒含量也相应较高。马铃薯作为恩施州主要农作物及主食来源,按照《富硒食品含硒量标准》^[28],本研究中足硒与富硒地区马铃薯均符合富硒标准,其硒含量均在富硒地区最高,饮用水硒含量在3个地区间的差异有统计学意义。本研究显示恩施州不同硒水平环境人群血硒、发硒水平差异有统计学意义,具有相关性,富硒地区人群血硒、发硒含量明显高于足硒及缺硒地区,反映出不同硒环境暴露下居民生物硒吸收利用效果良好,人群血硒、发硒随环境硒水平升高而升高,说明恩施州富硒饮用水及马铃薯生物硒能够有效地被人体吸收利用,从而为恩施地区硒与近视及其他相关疾病的研究提供坚强的理论基础^[29]。本研究结果显示高硒、足硒与缺硒地区学生血硒含量为 (102.31 ± 10.26) 、 (86.74 ± 11.25) 和 (71.25 ± 10.31) $\mu\text{g/L}$,发硒含量为 (0.81 ± 0.12) 、 (0.72 ± 0.11) 和 (0.56 ± 0.20) $\mu\text{g/g}$,张凯凯等^[30]研究报道恩施州不同硒地区健康儿童血硒分别为 (0.11 ± 0.04) 、 (0.08 ± 0.03) 和 (0.07 ± 0.01) mg/L ,发硒依次为 (0.80 ± 0.30) 、 (0.78 ± 0.21) 和 (0.46 ± 0.21) $\mu\text{g/g}$,均表明血硒、发硒高低与地域环境硒分布一致。本研究中不同环境学生血硒、发硒值均较低,可能是研究中纳入了近视学生群,与健康非近视学生血硒、发硒水平存在差别,也间接说明了硒与近视的相关性,与国内外研究结果^[31-32]相似。

据相关报道,目前全世界范围内仍有约15%的人口硒暴露不足,处于硒缺乏状态^[33],中国同样是世界上40个硒缺乏国家之一,恩施州作为世界硒都,硒资源丰富,初中生近视的患病率是否低于其他缺硒地区,目前尚无其他相关的流行病学研究报道,后期需加强该方面的调查。同时开展科学且高效的多中心大样本近视流行病学衔接调查对近视早期诊治的策略制定至关重要^[34],也期望协助近视学生通过适量补充硒元素来防治近视及其他缺硒相关性疾病^[35]。

综上所述,本研究调查了恩施州不同硒环境下初中生近视情况,表明恩施地区环境硒与初中生近视的发生呈现一定相关性,证实硒在近视防控方面的积极作用。本研究资料仅基于恩施州内,样本量较小,后期需进一步开展多中心、大样本调查研究,同时需进行膳食营养调查以进一步解析比较硒暴

露来源。

参考文献

- [1] ZORENA K, GLADYSIAK A, ŚLEZAK D. Early intervention and nonpharmacological therapy of myopia in young adults [J]. *Journal of Ophthalmology*, 2018, 2018: 4680603.
- [2] HOLDEN B A, FRICKE T R, WILSON D A, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 [J]. *Ophthalmology*, 2016, 123 (5) : 1036-1042.
- [3] YAM J C, LI F F, ZHANG X, et al. Two-year clinical trial of the low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: Phase 2 report [J]. *Ophthalmology*, 2020, 127 (7) : 910-919.
- [4] CHAMBERLAIN P, PEIXOTO-DE-MATOS S C, LOGAN N S, et al. A 3-year randomized clinical trial of misight lenses for myopia control [J]. *Optom Vis Sci*, 2019, 96(8) : 556-567.
- [5] FRANCISCO B M, SALVADOR M, AMPARO N. Oxidative stress in myopia [J]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2015, 2015: 750637.
- [6] FEDOR M, URBAN B, SOCHA K, et al. Concentration of zinc, copper, selenium, manganese, and Cu/Zn ratio in hair of children and adolescents with myopia [J]. *Journal of Ophthalmology*, 2019, 2019: 5643848.
- [7] 王春苗, 冉瑞金. 硒及硒蛋白在眼部疾病的生物学功能研究进展 [J]. *国际眼科杂志*, 2021, 21(4) : 660-663.
WANG C M, RAN R J. Research advance of biological functions of selenium and selenoprotein in ocular diseases [J]. *International Eye Science*, 2021, 21(4) : 660-663.
- [8] LUO L P, ZHANG J P, ZHANG K Y, et al. Peanut selenium distribution, concentration, speciation, and effects on proteins after exogenous selenium biofortification [J]. *Food Chemistry*, 2021, 354: 129515.
- [9] 陈思强, 彭再生, 何晓宏, 等. 湖北省恩施州不同硒水平环境居民血硒、指甲硒调查 [J]. *环境卫生学杂志*, 2018, 8(1) : 18-23.
CHEN S Q, PENG Z S, HE X H, et al. Investigation on blood and nail selenium of residents in environment with different selenium levels in Enshi, Hubei Province [J]. *Journal of Environmental Hygiene*, 2018, 8(1) : 18-23.
- [10] 马友平. 恩施土壤全硒含量分布的研究 [J]. *核农学报*, 2010, 24(3) : 580-584.
MA Y P. A study of the distribution of soil total selenium content in Enshi prefecture [J]. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2010, 24(3) : 580-584.
- [11] 中华人民共和国卫生部, 中国国家标准化管理委员会. 中小学生一日学习时间卫生要求: GB/T17223—2012 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 2-6.
Ministry of Health, PRC, China National Standardization Administration Committee. Hygienic requirements of primary and secondary school students' one-day study time: GB/T17223—2012 [S]. Beijing: China Standards Press, 2013: 2-6.
- [12] 中华医学会眼科学分会眼视光学组. 儿童屈光矫正专家共识 (2017) [J]. *中华眼视光学与视觉科学杂志*, 2017, 19(12) : 705-710.
Ophthalmology and Optics Group, Ophthalmology Branch of Chinese Medical Association. Consensus guidelines of refractive correction for children (2017) [J]. *Chinese Journal of Optometry Ophthalmology and Visual Science*, 2017, 19(12) : 705-710.
- [13] 国家卫生健康委员会. 近视眼防治指南 [EB/OL]. (2018-06-05) [2021-05-30]. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7652/201806/41974899de984947b8faef92a15e9172.shtml>.
Chinese National Health and Wellness Commission. Guide to prevention and treatment of myopia [EB/OL]. (2018-6-5) [2021-05-30]. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7652/201806/41974899de984947b8faef92a15e9172.shtml>.
- [14] DONG L, KANG Y K, LI Y, et al. Prevalence and time trends of myopia in children and adolescents in China: A systemic review and meta-analysis [J]. *Retina (Philadelphia, Pa)*, 2020, 40(3) : 399-411.
- [15] 符俊达, 朱海萍, 贾娜, 等. 青少年近视发展与瞳孔直径、视网膜周边离焦的相关性分析 [J]. *安徽医药*, 2021, 25(7) : 1339-1342.
FU J D, ZHU H P, JIA N, et al. Correlation between development of juvenile myopia and pupil diameter, defocus around *Retina* [J]. *Anhui Medical and Pharmaceutical Journal*, 2021, 25(7) : 1339-1342.
- [16] 石龙华, 荣爽, 程茅伟, 等. 湖北省中小学生近视流行现状及其影响因素分析 [J]. *现代预防医学*, 2021, 48(4) : 649-653.
SHI L H, RONG S, CHENG M W, et al. Prevalence of myopia and influencing factors among primary and middle school students in Hubei Province [J]. *Modern Preventive Medicine*, 2021, 48(4) : 649-653.
- [17] 国家卫生健康委员会, 教育部, 财政部. 2018 年全国儿童青少年近视调查 [EB/OL]. (2019-04-28) [2019-04-29]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/s7847/201904/e9117ea8b6b84f48962e84401d305292.shtml>.
Chinese National Health and Wellness Commission, Chinese Ministry of Education Chinese, Ministry of Finance. National Survey on Myopia of Children and Adolescents in 2018 [EB/OL]. (2019-04-28) [2019-04-29]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/s7847/201904/e9117ea8b6b84f48962e84401d305292.shtml>.
- [18] 李海鸥. 深圳市宝安区儿童头发中微量元素含量与儿童眼病关系的研究 [J]. *广东微量元素科学*, 2003, 10(12) : 32-34.
LI H O. Research on the relationship between trace elements in hair and children's eye disease [J]. *Trace Elements Science*, 2003, 10(12) : 32-34.
- [19] HSIAO Y, CAO Y T, YUE Y, et al. Relationship between axial length and levels of TGF- β in the aqueous humor and plasma of myopic patients [J]. *BioMed Research International*, 2021, 2021: 8863637.
- [20] VINCETI M, FILIPPINI T, WISE L A. Environmental selenium and human health: An update [J]. *Current Environmental Health Reports*, 2018, 5(4) : 464-485.
- [21] 邢怡桥, 杨琳, 李拓, 等. 微量元素硒与眼病 [J]. *临床眼科杂志*, 2016, 24(5) : 473-475.

- XING Y Q, YANG L, LI T, et al. The trace element selenium and eye disease[J]. *Journal of Clinical Ophthalmology*, 2016, 24(5): 473-475.
- [22] 孟佩俊, 张丽萍, 和彦苓, 等. 包头市中小学生近视与发硒铅砷汞含量相关性分析[J]. *中国学校卫生*, 2014, 35(7): 1091-1093.
- MENG P J, ZHANG L P, HE Y L, et al. The Correlation analysis between myopia and hair selenium, lead, arsenic and mercury in primary and middle school students in Baotou city [J]. *Chinese Journal of School Health*, 2014, 35(7): 1091-1093.
- [23] ZHU X J, LU Y. Selenium supplementation can slow the development of naphthalene cataract[J]. *Current Eye Research*, 2012, 37(3): 163-169.
- [24] DONADIO J L S, DUARTE G B S, BOREL P, et al. The influence of nutrigenetics on biomarkers of selenium nutritional status[J]. *Nutrition Reviews*, 2021, 79(11): 1259-1273.
- [25] 陈娟, 何伟, 朱晓俊, 等. 人体高硒负荷与视力状况的关系[J]. *环境与职业医学*, 2019, 36(4): 362-368.
- CHEN J, HE W, ZHU X J, et al. Relationship between high body selenium load and eyesight[J]. *Journal of Environmental and Occupational Medicine*, 2019, 36(4): 362-368.
- [26] LI T, HE T, TAN X D, et al. Prevalence of age-related cataract in high-selenium areas of China [J]. *Biological Trace Element Research*, 2009, 128(1): 1-7.
- [27] 彭祥全, 吴承亚. 恩施高硒区硒源背景监测调查分析[J]. *微量元素与健康研究*, 2006, 23(1): 35-36, 56.
- PENG Z Q, WU C Y. Investigation and analysis of background monitoring of selenium source in Enshi high selenium area [J]. *Studies of Trace Elements and Health*, 2006, 23(1): 35-36, 56.
- [28] 王立平, 刘永贤, 李秀杰, 等. 我国富硒农产品标准的现状、问题与对策. *农产品质量与安全*, 2017(5): 24-27.
- WANG L P, LIU Y X, LI X J, et al. Present situation, problems and countermeasures of selenium-enriched agricultural products standards in China [J]. *Quality and Safety of Agro-Products*, 2017(5): 24-27.
- [29] DING Q T, CUI Z, HUANG J, et al. Selenium distribution in the Chinese environment and its relationship with human health: A review[J]. *Environment International*, 2018, 112: 294-309.
- [30] 张凯凯, 王超, 袁冠湘, 等. 湖北省恩施州不同土壤硒水平区域主要农作物、饮用水和儿童硒水平[J]. *环境与职业医学*, 2020, 37(1): 76-79.
- ZHANG K K, WANG C, YUAN G X, et al. Selenium levels of staple crops, drinking water, and children in areas with different soil selenium levels in Enshi Prefecture, Hubei Province [J]. *Journal of Environmental and Occupational Medicine*, 2020, 37(1): 76-79.
- [31] JIA Y, DAI J, ZHANG L L, et al. Effect of exogenous zinc on MsrB1 expression and protein oxidation in human lens epithelial cells[J]. *Biological Trace Element Research*, 2019, 190(1): 60-64.
- [32] CHOUDHURY S, THOMAS J K, SYLVAIN N J, et al. Selenium preferentially accumulates in the eye lens following embryonic exposure: A confocal X-ray fluorescence imaging study. *Environmental Science & Technology*, 2015, 49(4): 2255-2261.
- [33] TAN, LEA C, NANCHARAI AH, et al. Selenium: environmental significance, pollution, and biological treatment technologies [J]. *Biotechnology Advances: An International Review Journal*, 2016, 34(5): 886-907.
- [34] 吕帆, 陈屹雅. 近视眼流行病学研究的迭代与意义[J]. *中华眼科杂志*, 2021, 57(4): 245-250.
- LYU F, CHEN Y Y. Epidemiology of myopia: iteration and progression [J]. *Chinese Journal of Ophthalmology*, 2021, 57(4): 245-250.
- [35] 中国营养学会. 中国居民膳食营养素参考摄入量(WS/T 578.3—2017版)[M]. 北京: 中国科学出版社, 2018.
- Chinese Nutrition Society. Reference Intake of Dietary Nutrients for Chinese Residents (WS/T 578.3—2017 Edition) [M]. Beijing: China Science Press, 2018.