

湖北省恩施州不同硒含量地区初中生近视情况分析

张亮, 向艳芳, 蒋祖林, 宋秀胜

引用: 张亮, 向艳芳, 蒋祖林, 等. 湖北省恩施州不同硒含量地区初中生近视情况分析. 国际眼科杂志 2022;22(10):1745-1748

基金项目: 恩施州科技计划研究与开发项目 (No. JCY2019000011)

作者单位: (445000) 中国湖北省恩施土家族苗族自治州中心医院眼科中心

作者简介: 张亮, 硕士, 主治医师, 研究方向: 眼视光学。

通讯作者: 张亮. ww122900@whu.edu.cn

收稿日期: 2021-12-28 修回日期: 2022-09-05

摘要

目的: 调查湖北省恩施州不同硒含量地区初中生的近视情况, 分析血硒和发硒含量与近视发生的相关性。

方法: 横断面研究。以随机抽样方法分别抽取 2020-09/2021-09 富硒 (土壤硒含量 $\geq 1.28\text{mg/kg}$) 及缺硒 (土壤硒含量 $< 1.28\text{mg/kg}$) 地区初中 1~3 年级学生共 600 名, 各年级学生 100 名。检测血硒和发硒含量及谷胱甘肽过氧化物酶浓度和近视情况。

结果: 近视组学生 244 名 (40.7%) 血硒含量为 $75.14 \pm 11.16\mu\text{g/L}$, 发硒含量为 $0.51 \pm 0.01\mu\text{g/g}$, 非近视组学生 356 名 (59.3%) 血硒含量为 $110.24 \pm 12.14\mu\text{g/L}$, 发硒含量为 $0.68 \pm 0.02\mu\text{g/g}$, 两组血硒和发硒含量均有差异 (均 $P < 0.01$)。低硒地区 300 名学生血硒含量为 $76.74 \pm 11.25\mu\text{g/L}$, 发硒含量为 $0.45 \pm 0.01\mu\text{g/g}$, 近视人数 154 名 (51.3%); 富硒地区 300 名学生血硒含量为 $102.31 \pm 10.26\mu\text{g/L}$, 发硒含量为 $0.71 \pm 0.02\mu\text{g/g}$, 近视人数 90 名 (30.0%), 与低硒地区学生比较, 富硒地区学生血硒和发硒含量明显较高, 近视发病率明显减少 (均 $P < 0.01$)。富硒地区学生的 GSH-Px 活力含量为 $114.65 \pm 12.12\text{U/L}$, 低硒地区为 $75.34 \pm 13.20\text{U/L}$ ($Z = 37.994, P < 0.01$)。血硒和发硒含量与近视发病率负相关 ($r = -0.542, -0.621, P < 0.05$)。

结论: 恩施地区初中生血硒和发硒含量与近视的发生显著相关, 有可能为临床上防治近视提供新思路。

关键词: 近视; 硒; 初中生; 谷胱甘肽过氧化物酶

DOI: 10.3980/j.issn.1672-5123.2022.10.30

Investigation on myopia of junior high school students in Enshi, Hubei Province with different selenium content

Liang Zhang, Yan-Fang Xiang, Zu-Lin Jiang, Xiu-Sheng Song

Foundation item: Scientific Research Project of Enshi (No. JCY2019000011)

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

Correspondence to: Liang Zhang, Department of Ophthalmology, the Central Hospital of Enshi Tujia and Miao Autonomous Prefecture, Enshi 445000, Hubei Province, China. ww122900@whu.edu.cn

Received: 2021-12-28 Accepted: 2022-09-05

Abstract

• **AIM:** To investigate the myopia of junior high school students in Enshi, Hubei province with different selenium content, and analyze the correlation between the level of serum selenium, hair selenium and myopia.

• **METHODS:** A cross-sectional study. A total of 600 students from grades 1-3 of junior high schools (100 students in each grade) in selenium-rich (selenium in soil $\geq 1.28\text{mg/kg}$) and selenium-deficient (selenium in soil $< 1.28\text{mg/kg}$) areas were randomly selected from September 2020 to September 2021, respectively. The level of serum selenium, hair selenium, glutathione peroxidase (GSH-Px) and myopia condition were determined.

• **RESULTS:** The serum and hair selenium of myopic group ($n = 244, 40.7\%$) were $75.14 \pm 11.16\mu\text{g/L}$ and $0.51 \pm 0.01\mu\text{g/g}$, respectively. Those in the non-myopic group ($n = 356, 59.3\%$) were $110.24 \pm 12.14\mu\text{g/L}$ and $0.68 \pm 0.02\mu\text{g/g}$, respectively. The serum selenium and hair selenium in the two groups were different (all $P < 0.01$). The serum selenium of 300 students in the selenium-deficient area was $76.74 \pm 11.25\mu\text{g/L}$, the hair selenium was $0.45 \pm 0.01\mu\text{g/g}$, and the number of myopia cases was 154 (51.3%); The serum selenium of 300 students in selenium-rich areas was $102.31 \pm 10.26\mu\text{g/L}$, the hair selenium was $0.71 \pm 0.02\mu\text{g/g}$, and the number of myopia cases was 90 (30.0%), the serum and hair selenium in the selenium-rich areas were significantly higher than those compared with the students in selenium-deficient areas, and the myopic incidence was significantly reduced (all $P < 0.01$). The level of GSH-Px of the two areas was $114.65 \pm 12.12\text{U/L}$ vs $75.34 \pm 13.20\text{U/L}$ ($Z = 37.994, P < 0.01$). There is a negative correlation between serum and hair selenium and the myopic incidence ($r = -0.542, -0.621, P < 0.05$).

• **CONCLUSION:** Serum and hair selenium is significantly associated with myopia of junior high school students in Enshi, which may provide new ideas for the clinical prevention and treatment of myopia.

• **KEYWORDS:** myopia; selenium; junior school students; glutathione peroxidase

Citation: Zhang L, Xiang YF, Jiang ZL, et al. Investigation on myopia of junior high school students in Enshi, Hubei Province with different selenium content. *Guoji Yanke Zazhi (Int Eye Sci)* 2022;22(10):1745-1748

0 引言

近视是青少年儿童常见的一种进行性发展性眼病,可对青少年及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,造成视力的不可逆损伤。近视在全世界范畴内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,防止近视早已成为了众多学生、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,对晶状体有保护作用^[7]。硒元素在不同环境地域中分布含量截然不同。湖北省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,从而为硒微量元素的研究提供了有力支持,因此研究硒与近视发病的关系具有重要的公共卫生意义^[8]。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,检测血硒和发硒含量及近视情况,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 对象和方法

1.1 对象

横断面研究。本研究根据《恩施土壤全硒含量分布的研究》^[9]结果,按照不同地区土壤硒含量,将恩施州分为富硒环境区(土壤硒含量 $\geq 1.28\text{mg/kg}$)和缺硒环境区(土壤硒含量 $< 1.28\text{mg/kg}$)两个不同硒水平地区。2020-09/2021-09分别选取富硒地区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,然后在富硒及缺硒地区学校三个年级中采用按比例分配分层随机抽样方法抽取1~3年级各年级符合纳入标准的学生各100名,共600名。纳入标准:(1)在恩施州内居住或常年限在10a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》^[10],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,入选学生均保持正确学习用眼姿势,每天近距离用眼不超过10h。排除标准:(1)使用裂隙灯显微镜进行眼前节检查,使用眼底照相机进行眼底检查,使用眼压计进行眼压检测,排除眼部本身病变引起的视力异常者;(2)高血压、甲状腺功能亢进、糖尿病等全身病变造成的眼部视力异常者;(3)正在使用阿托品治疗等其他原因导致的病理性近视;(4)检查前3d角膜塑形镜配戴史及检查过程中理解配合欠佳者;(5)遗传性近视;(6)正在参加其他临床研究者。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》^[11],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3~5min,30~40min后验光),测量记录等

效球镜度(SE),近视定义为至少1眼 $SE \leq -0.50D$ ^[12]。本研究经本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。

1.2 方法

1.2.1 样本采集

所有研究者均清晨空腹,采取上臂静脉采血5mL,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,一管用于血液硒含量检测,另一管用于血液谷胱甘肽过氧化物酶(glutathione peroxidase, GSH-Px)活力检测。剪取学生头枕部近发根处的头发约1.0g,采集发样,中性洗发溶液浸泡,高纯水冲洗沥干后烘干,干燥后于室温储存行发硒含量检测。

1.2.2 样本检测

采用荧光分光光度法检测血硒和发硒含量,采用5,5'-二硫对硝基苯甲酸(DTNB)比色法测定血液谷胱甘肽过氧化物酶活力。

统计学分析:采用SPSS22.0统计软件行数据分析。计量资料均符合标准正态分布且方差齐性,采用 $\bar{x} \pm s$ 表示,两组间比较采用大样本Z检验,计数资料采用率或构成比表示,两组率的比较采用卡方检验,采用Pearson行相关分析。检验水准 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

2.1 一般资料

本研究纳入富硒及缺硒地区初中1~3年级学生各100名共600名,其中男306例,女294例,年龄12~17(平均 13.9 ± 1.2)岁。

2.2 近视和非近视学生血硒和发硒含量比较

纳入600名学生中近视学生244名(40.7%),非近视学生为356名(59.3%),近视组较非近视组学生的血硒及发硒含量比较差异有统计学意义(均 $P < 0.05$),见表1。

2.3 富硒地区与低硒地区学生血硒和发硒含量及GSH-Px活力和近视情况

富硒地区和低硒地区的学生年龄及性别差异比较均无统计学意义($P > 0.05$)。富硒地区与低硒地区学生血硒和发硒含量及GSH-Px活力和近视发病率比较差异均有统计学意义($P < 0.01$),见表2。

2.4 血硒和发硒含量与近视相关性分析

采用Pearson相关检验显示血硒和发硒含量与近视发病率呈负相关($r = -0.542, -0.621$,均 $P < 0.05$)。

3 讨论

既往研究表明预计到2050年中国儿童青少年近视的患病率将高达84%^[13],将成为世界上近视发病率最高的国家之一,本研究结果显示,恩施地区600名初中学生中近视学生为244名,占比40.7%,表明恩施州初中学生近视情况同样不容乐观。与既往学生近视的流行病学调查^[14-15]相比,整体硒含量较高的恩施州初中学生近视患病率稍低,也进一步说明了硒在防治近视方面的积极作用。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,

表1 近视和非近视学生血硒和发硒含量比较

分组	例数	血硒含量($\mu\text{g/L}$)	发硒含量($\mu\text{g/g}$)
近视组	244	75.14 ± 11.16	0.51 ± 0.01
非近视组	356	110.24 ± 12.14	0.68 ± 0.02
Z		36.507	160.378
P		< 0.01	< 0.01

表2 富硒地区与低硒地区学生血硒和发硒含量及 GSH-Px 活力和近视情况

分组	人数	性别 (男/女,名)	年龄 ($\bar{x}\pm s$,岁)	血硒含量 ($\bar{x}\pm s$, $\mu\text{g/L}$)	发硒含量 ($\bar{x}\pm s$, $\mu\text{g/g}$)	GSH-Px ($\bar{x}\pm s$,U/L)	近视发病情况 (名,%)
富硒地区	300	151/149	13.9 \pm 0.1	102.31 \pm 10.26	0.71 \pm 0.02	114.65 \pm 12.12	90(30.0)
低硒地区	300	155/145	14.0 \pm 0.2	76.74 \pm 11.25	0.45 \pm 0.01	75.34 \pm 13.20	154(51.3)
Z χ^2		0.106	1.745	29.088	201.375	37.994	28.292
P		>0.05	>0.05	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

逐渐成为当今世界的一个严重社会健康隐患^[16],为此2018年国家教育部联合国家卫生健康委员会等8个部委协同制定《综合防控儿童青少年近视实施方案》,把青少年近视眼防控提升到国家战略层面,势必要引起全社会的广泛关注^[17]。

研究表明,近视的发生与遗传和环境及用眼习惯的差异均有关系^[18],在这些过程中氧化应激是非常重要的一个环节,眼组织中硒的含量较高,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^[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、防治心脑血管疾病和护眼抗癌等多方面均具有非常重要的意义^[20]。硒与视觉关系十分密切,其作用主要有以下几个方面:(1)参与视网膜色素上皮细胞感光物质的组成;(2)眼组织内非常重要的抗氧化营养剂;(3)作为谷胱甘肽过氧化物酶的辅助因子参与晶状体组织的生长发育和组织更新^[21]。已有研究发现缺硒可引起眼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]。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。既往研究^[23-24]表明近视青少年血硒含量为40.23 \pm 12.07 $\mu\text{g/L}$,发硒含量为0.48 \pm 0.12 $\mu\text{g/g}$,非近视青少年血硒含量为46.00 \pm 12.25 $\mu\text{g/L}$,发硒含量为0.56 \pm 0.12 $\mu\text{g/g}$,本研究结果发现恩施州近视组学生血硒含量为75.14 \pm 11.16 $\mu\text{g/L}$,发硒含量为0.51 \pm 0.01 $\mu\text{g/g}$,非近视组血硒含量为110.24 \pm 12.14 $\mu\text{g/L}$,发硒含量为0.68 \pm 0.02 $\mu\text{g/g}$,与非近视学生相比,近视学生的血硒及发硒含量明显下降,硒与近视发病成负相关,与国内外研究相似。同时恩施州学生血硒和发硒含量水平均较高,学生近视患病率较低,更进一步表明硒在近视方面的积极作用,

硒元素受环境地域水平影响很大,人体硒主要来源于膳食营养,土壤中硒元素可通过农作物经膳食途径吸收入人体。彭祚全等^[25]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,高硒地区农作物样本硒含量明显远高于国内缺硒地区,说明恩施州土壤环境硒可以很好地吸收入人体。恩施州境内以恩施市、宣恩县、鹤峰县、咸丰县和利川市为相对富硒地区,来凤县、建始县和巴东县为相对低硒地区。本研究结果显示富硒与低硒地区学生血硒含量为102.31 \pm 10.26 $\mu\text{g/L}$ 和76.74 \pm 11.25 $\mu\text{g/L}$,富硒与低硒地区学生发硒含量为0.71 \pm 0.02 $\mu\text{g/g}$ 和0.45 \pm 0.01 $\mu\text{g/g}$,张凯凯等^[26]研究报告恩施州富硒地区健康儿童血清硒为富硒地区0.11 \pm 0.01mg/L,低硒地区0.08 \pm 0.03mg/L,发硒为富硒地区0.80 \pm 0.30 $\mu\text{g/g}$,低硒地区0.46 \pm 0.21 $\mu\text{g/g}$,均表明血硒高低与地域环境硒分布一致。地区硒含量越高,近视

率越低。本研究中不同环境学生血硒和发硒含量均较低,可能是本研究中纳入了近视学生群,与非近视学生血硒和发硒含量水平存在差别,也间接说明了硒与近视的相关性,与国内外研究结果^[27-28]相似。

研究表明硒是GSH-PX的组成成分,补充硒可以改善血液、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^[29]。本研究中富硒地区人群GSH-Px活力114.65 \pm 12.12U/L,低硒地区人群GSH-Px活力75.34 \pm 13.20U/L,表明地区硒含量越高,人群GSH-Px活力越高,近视发病率越低,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^[30],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^[31]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。

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^[32],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,初中生近视的发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。开展科学并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^[33],同时也期望对于近视学生适量补充硒元素来协助防治近视。本研究调查了恩施州不同硒水平环境下初中生近视情况,表明恩施地区初中生近视发生与血硒和发硒含量显著相关,但未进行膳食营养调查以进一步解析比较硒暴露来源,未来还需加强该方面的研究。

参考文献

- Zorena K, Gładysiak A, Ślęzak D. Early Intervention and Nonpharmacological Therapy of Myopia in Young Adults. *J Ophthalmol* 2018; 2018:4680603
- Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016;123(5):1036-1042
- Yam JC, Li FF, Zhang X, et al. Two-year clinical trial of the low-concentration atropine for myopia progression (LAMP) study: Phase 2 report. *Ophthalmology* 2020;127(7):910-919
- Chamberlain P, Peixoto SC, Logan NS, et al. A 3-year randomized clinical trial of mislight lenses for myopia control. *Optom Vis Sci* 2019;96(8):556-567
- Francisco BM, Salvador M, Amparo N. Oxidative stress in myopia. *Oxid Med Cell Longev* 2015;2015:750637
- 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 Ophthalmol* 2019;2019:5643848
- 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.

国际眼科杂志 2021;21(4):660-663

8 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. 环境卫生学杂志 2018;8(1):18-23

9 马友平. 恩施土壤全硒含量分布的研究. 核农学报 2010;24(3):580-584

10 中华人民共和国卫生部,中国国家标准化管理委员会. 中小学生学习时间卫生要求:GB/T17223-2012[S]. 北京:中国标准出版社 2013;2-6

11 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). 中华眼视光学与视觉科学杂志 2017;19(12):705710

12 国家卫生健康委员会. 近视眼防治指南[EB/OL]. (201865)[20210530]. <http://www.nhc.gov.cn/zyygj/s7652/201806/41974899de984947b8faef92a15e9172.shtml>

13 Li D, Yi KK, Yang L, et al. Prevalence and time trends of myopia in children and adolescents in china: A Systemic Review and Meta-Analysis. *Retina* 2020;40(3):399-411

14 石龙华,荣爽,程茅伟,等. 湖北省中小学生学习近视流行现状及其影响因素分析. 现代预防医学 2021;48(4):649-653

15 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]. [2019-04-29]. <http://www.nhc.gov.cn/xcs/s7847/201904/e9117ea8b6b84f48962e84401d305292.shtml>

16 郑德慧,胡兰香,王慧霞,等. 学龄期儿童近视初诊时屈光状态分布与生物学参数的相关性研究. 国际眼科杂志 2021;21(5):923-926

17 王宁利,李仕明,魏士飞. 我国儿童青少年近视眼防控工作中的重点和难点. 中华眼科杂志 2021;57(4):241-244

18 Hsiao Y, Cao Y, Yuey, et al. Relationship between axial length and levels of TGF- β in the Aqueous humor and plasma of myopic patients. *Biomed Res Int* 2021;2021:8863637

19 Fedor M, Urban B. The importance of the trace elements in the pathogenesis and the progression of myopia. *Okulistyka Po Dyplomii* 2015;5:12-16

20 Vinceti M, Filippini T, Wise LA. Environmental Selenium and Human Health: an Update. *Curr Environ Health Rep* 2018;5(4):464-485

21 Dai J, Liu H, Zhou J, et al. Selenoprotein R protects human lens epithelial cells against D-Galactose-induced apoptosis by regulating oxidative stress and endoplasmic reticulum stress. *Int J Mol Sci* 2016;17(2):231

22 邢怡桥,杨琳,李拓,等. 微量元素硒与眼病. 临床眼科杂志 2016;24(5):473-475

23 孟佩俊,张丽萍,和彦琴,等. 包头市中小学生学习近视与发硒铅砷汞含量相关性分析. 中国学校卫生 2014;35(7):1091-1093

24 Fedor M, Socha K, Urban B, et al. Serum concentration of zinc, copper, selenium, manganese, and Cu/Zn ratio in children and adolescents with myopia. *Biol Trace Elem Res* 2017;176(1):1-9

25 彭祚全,吴承亚. 恩施高硒区硒源背景监测调查分析. 微量元素与健康研究 2016;23(1):35-36,56

26 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. 环境与职业医学 2020;37(1):76-79

27 Jia Y, Dai J, Zhang L, et al. Effect of Exogenous Zinc on MsrB1 Expression and Protein Oxidation in Human Lens Epithelial Cells. *Biol Trace Elem Res* 2019;190(1):60-64

28 Choudhury S, Thpmas JK, Sylvain NJ, et al. Selenium preferentially accumulates in the eye lens following embryonic exposure: a confocal X-ray fluorescence imaging study. *Environ Sci Technol* 2015;49(4):2255-2261

29 Zhu X, Lu Y. Selenium supplementation can slow the development of naphthalene cataract. *Curr Eye Research* 2012;37:163-169

30 陈娟,何伟,朱晓俊,等. 人体高硒负荷与视力状况的关系. 环境与职业医学 2019;36(4):362-368

31 Li T, He T, Tan X, et al. Prevalence of Age-Related Cataract in High-Selenium Areas of China. *Biol Trace Elem Res* 2009;128:1-7

32 Tan LC, Nancharaiah YV, Vanhullebusch ED, et al. Selenium: environmental significance, pollution, and biological treatment technologies. *Biotechnol Adv* 2016;34(5):886-907

33 吕帆,陈屹雅. 近视眼流行病学研究的迭代与意义. 中华眼科杂志 2021;57(4):245-250