

ICP-AES 和 AFS 法对内蒙古低硒地区 156 名育龄妇女头发中微量元素的研究

梁飘飘¹, 周珊珊¹, 幸韵欣¹, 刘颖^{1, 2*}

1. 中央民族大学生命与环境科学学院, 北京 100081

2. 中央民族大学北京市食品环境与健康工程技术研究中心, 北京 100081

摘要 孕妇由于孕期较大生理变化极易成为微量元素缺乏或过量的高危人群, 尤其是孕中期由于胎儿功能发育, 快速消耗母体微量元素储备, 极易导致孕妇机体正常活动受阻, 出现异常。同时低硒地区是多种地方病的高发区。以地处我国低硒地区的内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗五个乡镇的 156 名育龄妇女(未孕和孕中期)为研究对象, 采用电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)和原子荧光光谱法(AFS)研究了未孕和孕中期妇女头发中铝(Al)、钙(Ca)、镉(Cd)、铜(Cu)、铁(Fe)、镁(Mg)、锰(Mn)、镍(Ni)、铅(Pb)、钒(V)、锌(Zn)和硒(Se) 12 种微量元素的含量水平、主要的影响因素及硒与其他元素间的相互作用。结果表明: (1) 所有育龄妇女发样中均存在 Se 元素缺乏现象, 可能与研究区地处我国低硒带有关; 另外 92%, 95%, 35% 和 60% 的妇女分别存在 Mn, Fe, Cu 和 Mg 元素缺乏。建议增加小麦、巴西坚果、大蒜、苹果和柿子等富含 Se 元素的食物及海产品、坚果和扁豆等富含 Mn, Cu, Mg 和 Fe 食物的摄入。同时发现 80%, 52% 和 34% 妇女分别存在 V, Cd 和 Pb 过量的情况。(2) 孕中期妇女发样中 Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Pb, V 和 Se 含量均低于未孕组, 可能是由于孕中期胎儿快速生长发育需要更多的营养导致。(3) 值得注意的是, 未孕妇女头发中 Se 含量和孕中期妇女发样中 Cu 含量分别都与年龄呈显著正相关关系, 且所有妇女发样中 Ca 和 Mg 均不存在显著相关关系, 可能与 Ca/Mg 含量比值高于 10 有关。(4) 研究区未孕组和孕中期组 Cd-Pb, Ni-Pb 和 Ni-Cd 存在显著相关关系, 表明研究区妇女头发中 Cd, Ni 和 Pb 元素可能具有相同的暴露源, 并提示该区妇女存在一定的暴露风险。

关键词 内蒙古低硒地区; 育龄妇女; 头发微量元素; 电感耦合等离子体原子发射光谱; 原子荧光光谱
中图分类号: O657.3 **文献标识码**: A **DOI**: 10.3964/j.issn.1000-0593(2019)07-2217-06

引言

微量元素对人体的正常代谢和健康起着重要作用, 且是人体不能自身合成的基本营养元素, 需要通过饮食和饮水等途径获取, 在体内以多种形式保持动态平衡, 缺乏或者过量都会导致机体正常活动受阻, 出现代谢疾病、心脑血管病和地方病等, 例如地方性心肌炎(俗称克山病)就是由于缺硒而导致的^[1]。硒(Se)是安全范围很狭窄的人体必需微量元素, 低硒或缺硒都会使谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的合成与

活性受阻, 造成内、外源性氧化物毒性积累, 致使出现生长发育障碍^[1], 对婴幼儿的脑发育影响极大^[2]。此外, Se 可通过相互作用减少 As, Cd 和 Hg 等有毒重金属在体内蓄积^[3]。近年研究发现, 孕妇体内的生理变化导致孕酮的高度集中, 降低了某些饮食成分的生物利用度, 加之胎儿快速生长的需求, 极易造成 Se, Cu, Ca 及 Fe 等微量元素摄入不足, 成为微量元素缺乏的高危人群^[2]。因此, 研究低硒地区育龄妇女微量元素现状对胎儿发展关系重大。

已有研究表明^[4], 孕前母亲的营养状况直接影响母体和胎儿营养储备, 对婴儿出生体重产生至关重要的影响。通常

收稿日期: 2018-05-26, 修订日期: 2018-10-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(21177163), 高等学校学科创新引智计划项目(B08044), 中央民族大学建设世界一流大学(学科)和特色发展引导专项资金(2018, 10301-018004032001), 中央高校建设世界一流大学(学科)和特色发展引导专项资金资助(2018, Master, No:182116), 中央民族大学本科生创新训练计划(BEIJ2017110032)资助

作者简介: 梁飘飘, 1994 年生, 中央民族大学生命与环境科学学院硕士研究生 e-mail: 1797741361@qq.com

* 通讯联系人 e-mail: liuying4300@163.com

孕前期(12周之前)主要是胎儿各器官的分化过程,所需微量元素的数量较小。孕中期(13—27周)是胎儿功能发育的时期,会迅速消耗母体中的微量元素储备,使孕妇体内微量元素发生变化的主要时期。孕晚期(28周)以后,胎儿发育所需微量元素与孕妇维持自身健康所需微量元素趋于形成一个供给稳态^[5],与孕中期相比,元素含量变化不明显。因此,研究未孕和孕中期阶段妇女的微量元素水平至关重要。头发中微量元素来源于血液,并与血液微量元素含量呈正相关,对其微量元素含量的监测越来越多地被应用于研究机体微量元素的平均负荷水平^[6]。近年来有很多关于育龄妇女微量元素含量水平调查的研究^[2, 6],但是针对低硒地区育龄妇女体内微量元素含量水平及 Se 与其他元素相互作用的研究报道较少。本文在前期研究工作的基础上,以内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗五个乡镇 156 名未孕妇女和孕中期妇女为研究对象,重点探讨低硒地区这些妇女头发中 12 种微量元素的含量水平及 Se 与其他元素的关系,比较分析异常元素缺乏或过量的原因,旨在当地育龄妇女正确摄入微量元素提出有效建议,提高对低硒地区微量元素含量对人体健康影响的关注和预防。

1 实验部分

1.1 仪器与试剂

电感耦合等离子体发射光谱仪(Ciros^{CCD}, Spectro, German),原子荧光光谱仪(AF640, Beijing Rayleigh Analytical Instrument Corporation China),浓硝酸、高氯酸均为分析纯。

1.2 测定方法

电感耦合等离子体原子发射光谱仪(ICP-AES)测定人

发中 Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, V 和 Zn 的含量,及原子荧光光谱法(AFS)测定人发中 Se 的含量,仪器工作条件见表 1。由连续 10 次测定空白溶液的 3 倍标准偏差计算出 ICP-AES 和 AFS 的方法检出限,分别为 $0.007 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$, $0.03 \text{ ng} \cdot \text{mL}^{-1}$ 。此外,对同一份样品连续测定 6 次,相对偏差均小于 5%。

表 1 ICP-AES 和 AFS 测定条件

Table 1 Determination conditions of ICP-AES and AFS				
实验仪器	ICP-AES 测定条件		AFS 测定条件	
	测定条件	参数	测定条件	参数
高频发生器	频率/MHz	27.12	载气流量/($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)	400
	输出功率/W	1.25	屏蔽气流量/($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)	900
雾化装置	提升量/($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)	2.6	原子化器高度/mm	8
	冷却气/($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)	10.5	负高压/V	290
氩气流量	载气/($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)	1.0	灯电流/mA	80
	等离子体气/($\text{L} \cdot \text{min}^{-1}$)	10.2		

1.3 样品采集、预处理及统计分析

选取鄂尔多斯市伊金霍洛旗的阿勒腾席热镇、纳林陶亥镇、伊金霍洛镇、乌兰木伦镇和札萨克镇为研究区域(图 1),采样对象为经口头知情同意并作过问卷调查的 156 名健康育龄妇女,年龄在 19~45 岁之间,平均年龄为 29 岁。其中 50 名未孕妇女和 106 名孕中期妇女。采集的头发样品参照文献^[6]进行预处理备用。同时使用 ArcGIS10.2 进行地图编辑并使用 SPSS19.0、Kolmogorov-Smirnov 检验和非参数检验(Mann-Whitney's U 检验和 Kruskal-Wallis 检验)的统计方法。

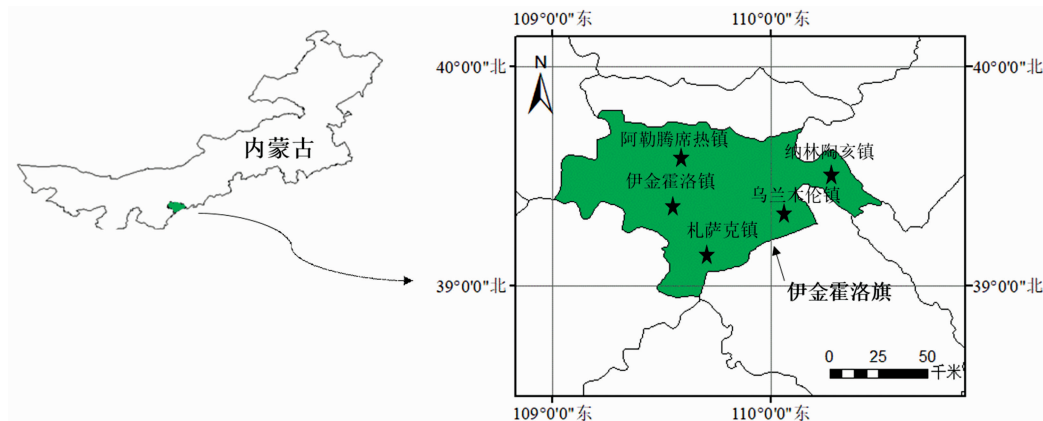


图 1 伊金霍洛旗各区域采样点信息图

地图数据由中国科学院资源与环境科学数据中心提供(<http://www.resdc.cn>)

Fig. 1 Information of sampling sites in Ejin Horo Banner

The data set of Map is provided by Data Center for Resources and Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences (<http://www.resdc.cn>)

2 结果与讨论

2.1 育龄妇女头发中微量元素含量水平分布

表 2 为研究区未孕和孕中期育龄妇女头发样中微量元素含量水平。除 Pb 和 Zn 外,其余 10 种元素含量均有显著性差异($p < 0.05$),大小排序为: $\text{Ca} > \text{Zn} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Al} > \text{Cu} > \text{Pb} > \text{Ni} > \text{Mn} > \text{V} > \text{Se} > \text{Cd}$ 。根据我国成人体内微量元素含

量标准^[1],对研究区五个乡镇未孕和孕中期妇女头发微量元素含量水平进行分级,发现所有育龄妇女发样中 Se 元素均属于缺乏水平。由于头发 Se 含量可以作为人体 Se 营养状况的有效指标^[2],硒缺乏与癌症、心脏病以及生育方面的疾病有关^[1-2,7]。地质条件影响当地饲养的牲畜以及培育的农作物,这些食物是人类重要的硒来源^[7]。因此,研究区妇女缺硒与地质缺硒有直接关系。此外,Se 含量水平同时会影响其他元素的含量水平,如在 Se 缺乏状态下,Zn 的吸收效率会更高,本文 6% 未孕妇女处于 Zn 含量缺乏状态,孕中期妇女 Zn 含量均属于正常范围。91%,88%,32%和 40%的未孕妇女发样中分别存在 Mn,Fe,Cu 和 Mg 元素缺乏,而孕中期妇女相应元素缺乏的比例分别是 92%,95%,35%和 60%。因此,建议当地育龄妇女增加小麦、巴西坚果、大蒜、苹果和柿子等富含 Se 元素的食物及海产品、坚果和扁豆等富含 Mn,Cu,Mg 和 Fe 食物的摄入。另外,超过 66%的妇女头发 V 含量过量,它会引起记忆力减退,心肾受损等症状。文献^[1]指出克山病区克山病患者头发中 V 含量明显高于非病区健康人群。本文研究区是潜在克山病的发病区,V 的过量应该引起警示。同时发现超过 45%和 33%的育龄妇女存在 Cd 和 Pb 过量的情况,Cd 和 Pb 负荷高会对人体神经系统产生不良的影响,且过量 Cd 会损伤 Ca 代谢,引起骨质疏松。对美国非职业暴露成人发中微量元素的研究认为,正常人群的人发中 Cd 的含量应小于 $0.15 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ ^[8],本文研究区妇女发样中 Cd 含量高于此标准的 60%,表明研究区的环境可能受到一定程度的 Cd 污染,应加强该区域饮水-土壤-农作物中重金属的监测。

表 2 研究区育龄妇女头发中微量元素水平(平均值±标准偏差)及人发微量元素分级标准($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

Table 2 The contents of elements in women hair of Ejin Horo Banner (Mean±SD) and the classification standard of trace elements in hair ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)

微量元素	伊金霍洛旗育龄妇女发样 /($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)		人发微量元素 分级标准 ^[1] /($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)
	未孕	孕中期	
Al	15.5±3.9	14.8±4.5	≤38.8
Ca	1136.7±459.0	1072.6±446.8	736.6~2184.4
Cd	0.24±0.09	0.23±0.09	≤0.25
Cu	12.54±5.32	11.54±4.19	9.56~23.59
Fe	24.70±8.44	23.84±8.46	31~86.7
Mg	59.6±38.7	66.2±37.0	57.6~166.4
Mn	1.29±0.82	1.43±1.12	2.72~19.9
Ni	2.08±0.46	2.10±0.56	0.66~2.76
Pb	5.68±2.71	5.59±2.64	≤7.09
V	0.57±0.18	0.53±0.17	0.05~0.48
Se	0.26±0.07	0.25±0.67	0.5~2.02
Zn	187.8±52.2	196.5±50.0	120.7~324.3

从表 2 可看出,孕中期妇女发样中 Al, Ca, Cu, Fe, V 和 Se 含量均低于未孕组,这可能是由于孕中期胎儿快速发育以及维持孕妇自身健康需要更多的微量元素参与以保持母

体和胎儿的正常代谢^[2]所致。Se 是胎儿神经发育的重要元素,从英国和土耳其观察性研究发现^[7],复发性早期流产妇女与健康对照组相比,其血清 Se 含量降低。因此,孕中期 Se 含量降低表明孕妇需要补充更多富含 Se 食物来满足 Se 酶表达所需;另外,孕期补充 Ca 是目前国内外比较关注的问题。临床发现,妊娠 20~28 周开始补 Ca 十分重要^[2]。低水平的 Cd 和 Pb 暴露可能是某些疾病的病因因子或者贡献因子^[7],本研究孕中期妇女发样中 Cd 和 Pb 含量均低于未孕组,这可能与胎盘屏蔽 Cd 和 Pb 的能力有限有关^[9]。母体血液中 Cd 和 Pb 穿过胎盘进入胎儿体内,从而使得母体中这两种元素含量减少,因而减少了排泄到头发中的 Cd 和 Pb^[7]。从表 2 还发现孕中期妇女头发中 Mg, Mn 和 Zn 含量高于未孕组。这可能和孕中期妇女饮食增加肉类摄入有关。

2.2 育龄妇女头发中微量元素含量水平的影响因素

2.2.1 年龄和民族的影响

表 3 是研究区育龄妇女年龄和头发微量元素含量的相关性分析。可以看出,未孕妇女头发 Se 与年龄呈正相关关系,且具有统计学意义。但由于研究区地处我国地质缺硒带,所以研究区妇女仍然需要通过膳食补硒。同时,孕中期妇女头发 Cu 与年龄呈正相关关系,并具有统计学意义。Cu 是机体内蛋白质和酶的重要组成部分,许多重要的酶需要微量 Cu 的参与和活化^[7],孕妇饮食缺乏 Cu 会导致早期胚胎死亡和结构畸形的短期后果及心血管疾病风险增加和受精率减少等的长期后果。其他元素与年龄的相关关系不具有统计学意义,可能与研究群体年龄差距较小(18~45 岁)有关。

表 3 育龄妇女年龄和头发微量元素含量的相关性分析
Table 3 Interrelation between ages and trace elements in hair of women of child-bearing age

	未孕	孕中期	未孕	孕中期	
Al	0.022	0.098	Mn	-0.130	-0.030
Ca	0.053	-0.063	Ni	-0.137	0.114
Cd	0.093	-0.018	Pb	0.095	-0.073
Cu	-0.001	0.323**	V	0.097	0.092
Fe	-0.031	0.173	Se	0.418**	0.059
Mg	-0.106	0.084	Zn	-0.120	0.081

注: ** $p < 0.01$ 时,相关性是显著的; * $p < 0.05$ 时,相关性是显著的。

Note: Statistically significant correlations * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

图 2(a)和(b)分别是研究区未孕和孕中期妇女头发含量和民族、年龄的双层聚类图。图 2(a)垂直聚类将未孕妇女分成 4 组,第 1 组妇女年龄较大,且 Pb, Cd 和 V 三种元素过量人数所占比例较大,而 Fe, Ca, Cu 和 Mn 缺乏人数也占比例较大。文献^[9]指出, Ca 和 Fe 的缺乏会增强 Pb 和 Cd 毒性的敏感性,且已证明有毒重金属可以破坏微量元素代谢, Cd 毒性会通过直接损害骨骼或间接产生肾毒性来影响 Ca 的代谢。第 4 组未孕妇女年龄较小,相比于第 1 组未孕妇女, Cd 多处于过量状态,而 Pb 含量则显示正常或缺乏,这可能与 Pb 和 Cd 在人体的排泄代谢机制不同有关。因此,该组妇女应该注意避免与环境中 Pb 和 Cd 的接触及增加 Ca 和 Fe 的

补充。图 2(b)将孕中期妇女分成 6 组。其中,第 4 组是较高年龄的孕中期妇女,Al, Mn 和 Fe 大多处于缺乏状态,这可能与女性身体功能密切相关,随着年龄的增大,这个特殊阶段其适应能力以及自身调节能力都下降,因而更需要依靠外来营养物质予以补充^[10]。文献报道高含量 Pb 和 Cd 暴露可

减少 Cu 的吸收^[7],图 2(b)中第 1 和 2 组是孕中期较低年龄组,发样中 Cu 含量缺乏人数所占比例均低于其他组,但集中了 Pb 和 Cd 过量人群,与文献^[7]报道一致。另外,从表 3 可以看出,孕中期妇女发样中 Cu 含量与年龄呈显著正相关关系,具有统计学意义。

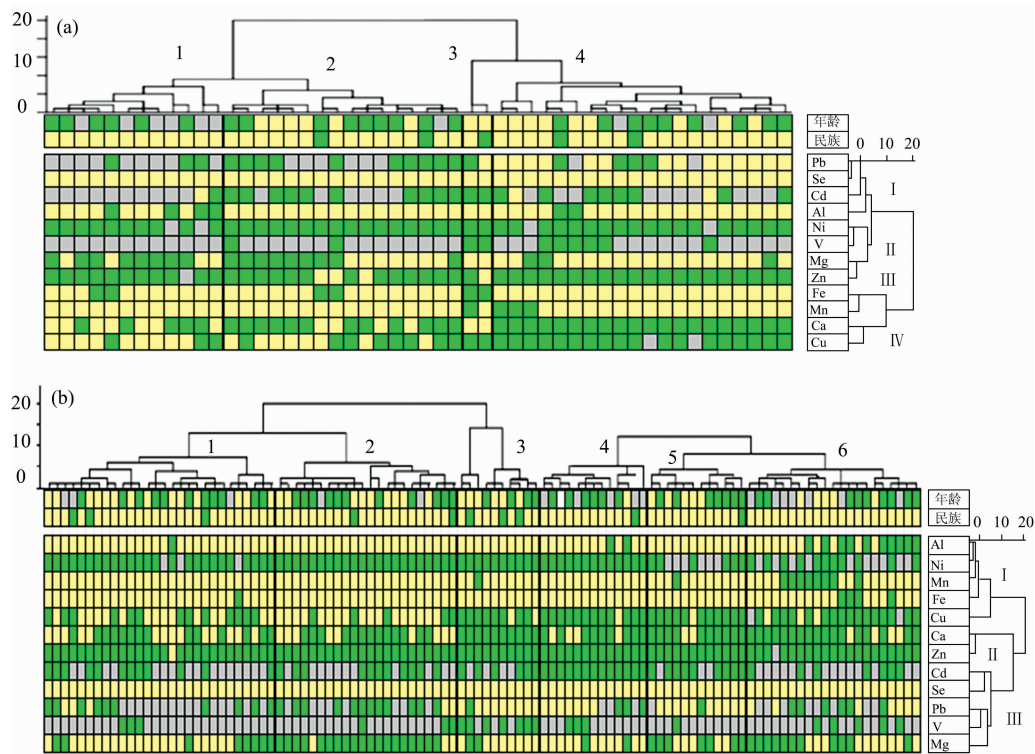


图 2 未孕(a)和孕中期(b)妇女头发中微量元素含量双层聚类图

垂直聚类图为个案聚类(根据年龄、民族和元素含量),每一列代表一位妇女的所有信息,黄色、绿色和灰色分别表示含量的缺乏、正常和过量及年龄的低、中、高三段,黄色为汉族,绿色为蒙古族。水平聚类为元素含量的变量聚类

Fig. 2 Double dendrogram of the trace elements contents in the non-pregnant group (a) and in the second trimester group (b)

The vertical dendrogram showed the clustering of individuals according to their age, ethnic group and contents of the various trace elements. Each column represented a single subject. Yellow, green and gray indicated the tertile location of age (the low, medium, and high stages) and the specific element content in each subject, respectively (the lack, normality, and excess), and the yellow and green stood Han and Mogolian etheic group. The horizontal dendrogram showed the clustering of chemical elements according to the correlation coefficients between the content of the elements.

在未孕组和孕中期第 1 组妇女发样中均发现 Ca 含量缺乏,而 Pb 含量处于过量的情况,这与文献^[11]指出的当体内 Ca 缺乏时,吸收 Pb 的速率可能加倍^[1]的结果相一致。而 Pb 已被证明对人体中枢神经系统具有毒性作用^[12]。从水平聚类看,未孕组和孕中期组均发现 Pb-Cd-Se 三者之间有关联,Pb 和 Cd 的暴露多来自于职业暴露。研究表明,在几个金属酶辅基中发现 Se,在大多数情况下,Se 能保护动物免受 Cd 和 Pb 毒性影响^[9]。综合图 2(a)和(b),发现研究区育龄妇女发样元素含量均与民族关联不大,可能与两个民族饮食同化程度较高有关。

2.2.2 育龄妇女头发中微量元素之间的相互作用

人体微量元素之间的相互关系会影响人体对微量元素的吸收。从表 4 可以看出,未孕妇女发样中 Fe-Pb 存在显著的

负相关性,这可能与微量元素对机体吸收或生物利用的影响有关,Fe 和 Pb 是有竞争性拮抗物的金属,在人体中有特定的主动转运机制^[12],在摄取时 Pb 与 Fe 拮抗并降低 Fe 的生物利用度。由此,有学者认为获取足够 Fe 和 Ca 的儿童将会减少 Pb 的吸收^[12]。未孕和孕中期妇女均存在 Ni-Pb 和 Ni-Cd 显著的相关关系,这可能与研究区煤炭开采与冶炼是支柱产业,它地处交通发达的呼一包一鄂“金三角”区域,其中的金属冶炼和交通运输与环境中 Cd, Pb 和 Ni 的主要人为来源有关。此外,有研究表明,Se 能减弱 Cd 的毒性影响^[9],但在本文中未发现 Se 与 Cd 的相关性,可能是机体内元素的相互作用会受到共存多种元素的同时影响^[13]。

众所周知 Ca-Mg 之间存在相互作用,但本研究区妇女头发中 Ca-Mg 均不存在显著的相关关系,这与文献^[14]报

道不同。但未孕妇女和孕中期妇女头发 Ca/Mg 含量比值分别是 26.56 和 21.45。元素之间的比例关系对评估元素代谢功能非常重要，体内相关元素之间保持正常的比例是人体健康的重要因素，而其比值的变化是导致某些疾病患病率上升

的一个因素^[1]。当 Ca 含量在正常范围内而 Mg 含量低，且 Ca 与 Mg 含量比值大于 10，很可能存在动脉粥样硬化和心血管疾病^[1]。研究区妇女的 Ca/Mg 含量比值均高于 10，应引起重视。

表 4 伊金霍洛旗育龄妇女头发微量元素相关性分析

Table 4 Interrelation among the trace element contents in hair of women of child-bearing age in Ejin Horo Banner

	Al	Ca	Cd	Cu	Fe	Mg	Mn	Ni	Pb	V	Se	Zn
Al	1.000									0.319*		
Ca		1.000			-0.467**			-0.294*		-0.347*	-0.418**	
Cd	0.200*		1.000		-0.286*	0.289*			0.325*	0.447**		
Cu				1.000		-0.541**				-0.526**	-0.507**	
Fe	0.346**		0.225*		1.000				-0.348*		0.352*	
Mg						1.000		0.298*		0.402**		0.310*
Mn	0.224*	0.239*					1.000					
Ni	0.373**						0.197*	1.000	0.429**			
Pb			0.239*					0.290**	1.000	0.303*		
V	0.194*		0.229*	-0.436**	0.211*			0.238*		1.000	0.507**	
Se											1.000	
Zn		0.281**			0.204*			0.202*				1.000

注：表格对角线上部和下部分别代表未孕和孕中期妇女；** 在 $p < 0.01$ 时，相关性是显著的；* $p < 0.05$ 时，相关性是显著的

Note: The right and left parts of diagonal line represent the non-pregnant group and the second trimester pregnant women, respectively.

** significant different at: $p < 0.01$ lever; * significant difference at: $p < 0.05$ lever.

3 结 论

(1) 伊金霍洛旗所有育龄妇女发样中 Se 元素均存在缺乏现象，这些可能与研究区地处我国低硒带有关；另外 92%，95%，35% 和 60% 的妇女分别存在 Mn, Fe, Cu 和 Mg 元素缺乏现象。同时发现 80%，52% 和 34% 妇女分别存在 V, Cd 和 Pb 过量的情况。建议增加小麦、巴西坚果、大蒜、苹果和柿子等富含 Se 元素的食物及海产品、坚果和扁豆等富含 Mn, Cu, Mg 和 Fe 食物的摄入。

(2) 孕中期妇女发样中 Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Pb, V 和 Se 含量均低于未孕组，可能与孕中期胎儿快速发育所需微量元素含量增加从而导致排泄到头发中的元素含量少有关。

(3) 未孕妇女头发 Se 含量和孕中期妇女发样中 Cu 含量分别与年龄呈显著正相关关系。但是与民族没有相关联，可能与两个民族饮食同化程度较高有关。

(4) 研究区未孕组和孕中期组 Cd-Pb, Ni-Pb 和 Ni-Cd 之间存在显著相关关系，表明研究区 Cd, Ni 和 Pb 具有同一来源，该区妇女头发中 Ca/Mg 含量比值高于 10，应引起重视。

References

[1] QIN Jun-fa, LI Zeng-xi, LIANG Dong-dong(秦俊法, 李增禧, 梁东东). Hair Trace Element Analysis and Disease Diagnosis(头发微量元素分析与疾病诊断). Zhengzhou: Zhengzhou University Press(郑州: 郑州大学出版社), 2003.

[2] Pieczyńska J, Grajeta H. J. Trace Elem. Med. Bio., 2015, 29: 31.

[3] Sun H, Chen W, Wang D, et al. Chemosphere, 2014, 108: 33.

[4] Winkvist A, Stenlund H, Mohammad H, et al. Am. J. Clin. Nutr., 75: 1072.

[5] Huang H, Leung P D, Zhu M. Biol. Trace Elem. Res., 1999, 69(2): 111.

[6] Luo R, Zhuo X, Ma D. Ecotox. Environ. Safe., 2014, 104(5): 215.

[7] Mistry H D, Williams P J. Oxidative Medicine & Cellular Longevity, 2011, 2011(5): 841749.

[8] Harkins D K, Susten A S. Environ. Health Perspect., 2003, 111(4): 576.

[9] Nordberg A S, Lamadrid-Figueroa H, Tellez-Rojo M M, et al., Environ. Health Perspect., 2009, 117: 26.

[10] Selinus O, Alloway B J, Centeno J A, et al. Essentials of Medical Geology. Springer, 2013.

[11] Mora A M, Berna V W D J, Donna M, et al. Environ. Sci. Tech., 2014, 48(6): 3467.

[12] Krenkel P A. Heavy Metals in the Aquatic Environment. Pergamon Press, 1975.

[13] Zhou S, Yuan H, Ma X, et al., Chemosphere, 2017, 166: 528.

[14] Chojnacka K, Görecka H, Görecki H. Sci. Total Environ., 2006, 366(2-3): 612.

Quantification of Trace Elements in Hair Samples from 156 Women Living in the Low-Selenium Region of Inner Mongolia by ICP-AES and AFS

LIANG Piao-piao¹, ZHOU Shan-shan¹, XING Yun-xin¹, LIU Ying^{1, 2*}

1. College of Life and Environmental Sciences, Minzu University of China, Beijing 100081, China

2. Beijing Engineering Research Center of Food Environment and Public Health, Minzu University of China, Beijing 100081, China

Abstract Because of great physiological changes during pregnancy, pregnant women can easily become a high-risk group with the lack or excess of trace elements, resulting in obstruction of normal body activities and abnormalities, especially in the second trimester, fetal function development will rapidly deplete maternal trace element reserves. Meanwhile, low-selenium regions are the high incidence areas of various endemic diseases. In this study, the contents levels of 12 trace elements (Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Se, V and Zn) in hair samples, which were collected from 156 women of child-bearing age (non-pregnant and in the second trimester) living in the 5 townships in Ejin Horo Banner (Ordos City, Inner Mongolia), the influence factors and interaction between Se and other elements were studied by using the inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry (ICP-AES) and atomic fluorescence spectrometry (AFS). The results showed that (1) there was a deficiency of Se in all the hair samples, which were related to the fact that the study area was located in China's low-selenium region. In addition, 92%, 95%, 35% and 60% of women had an lack of Mn, Fe, Cu, and Mg, respectively. It was recommended to increase the production of Se-enriched foodstuff such as wheat, Brazil nuts, garlic, apples and persimmons, and the food of seafood, nuts, and lentils which were rich in Mn, Cu, Mg, and Fe. Whereas 80%, 52% and 34% of women had an excess of V, Cd and Pb, respectively. (2) The content levels of Al, Ca, Cd, Cu, Fe, Pb, V and Se in hair samples of the second trimester women were all lower than those in the non-pregnant group. This may be due to the fact that more nutrition is required for rapid growth and development of the fetus in the second trimester. (3) It is noteworthy that there were two significant positive correlations not only between Se content and age in non-pregnant women but also between Cu content and age in the second trimester. In addition, there was no significant correlation between Ca and Mg in all women in the study area, which may be related to a Ca/Mg ratio higher than 10. (4) We found that there was a significant correlation between Cd-Pb, Ni-Pb and Ni-Cd in the non-pregnant group and the second trimester group, indicating that Cd, Ni, and Pb might have the same source and there was a higher exposure risk in the study area.

Keywords Low-selenium Region of Inner Mongolia; Women of child-bearing age; Trace elements in hair; Inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry; Atomic fluorescence spectroscopy

(Received May 26, 2018; accepted Oct. 8, 2018)

* Corresponding author