

中国八省份一般人群血和尿中锰、钴、钼水平分布的研究

潘亚娟 丁春光 张爱华 吴邦华 黄汉林 朱醇 刘德晔 朱宝立 许光
邵华 彭珊茁 姜先龙 赵春香 韩长城 姬红蓉 余善法 张晓曦
张龙连 郑玉新 闫慧芳

【摘要】 目的 调查我国一般人群血和尿中锰、钴、钼水平,分析其人群分布特点。方法 2009 至 2010 年,在我国东部、西部和中部 8 个省份的 24 个市县,采用整群随机抽样的方法抽取了 18 120 名 6~60 岁人群为研究对象,对其生活习惯和健康状况进行了问卷调查,并分别采集其静脉抗凝血样和尿样。用电感耦合等离子体质谱法对血样和尿样进行锰、钴、钼含量检测,通过统计学分析不同年龄、性别人群血和尿中锰、钴、钼水平的分布。结果 我国一般人群血锰几何均数为 8.98 $\mu\text{g/L}$,男性和女性血锰几何均数分别为 8.14、9.88 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -18.84, P < 0.01$);尿锰几何均数为 0.63 $\mu\text{g/L}$,男性和女性尿锰几何均数分别为 0.62、0.63 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -0.67, P > 0.05$);血钴几何均数为 0.194 $\mu\text{g/L}$,男性和女性血钴几何均数分别为 0.166、0.225 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -23.04, P < 0.01$);尿钴几何均数为 0.282 $\mu\text{g/L}$,男性和女性尿钴几何均数分别为 0.260、0.307 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -7.35, P < 0.01$);血钼几何均数为 0.25 $\mu\text{g/L}$,男性和女性血钼几何均数分别为 0.27、0.23 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -5.03, P < 0.01$);尿钼几何均数为 27.7 $\mu\text{g/L}$,男性和女性尿钼几何均数分别为 29.8、25.6 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -6.31, P < 0.01$)。结论 我国一般人群血和尿中锰、钴、钼水平存在性别及地区差异。

【关键词】 锰; 钴; 钼; 血液; 尿; 电感耦合等离子体质谱

Distribution of manganese, cobalt and molybdenum in blood and urine among general population in 8 provinces of China

Pan Yajuan*, Ding Chunguang, Zhang Aihua, Wu Banghua, Huang Hanlin, Zhu Chun, Liu Deyue, Zhu Baoli, Xu Guang, Shao Hua, Peng Shanzhuo, Jiang Xianlong, Zhao Chunxiang, Han Changcheng, Ji Hongrong, Yu Shanfa, Zhang Xiaoxi, Zhang Longlian, Zheng Yuxin, Yan Hui Fang. * National Institute of Occupational Health and Poison Control, China Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China

Corresponding author: Yan Hui Fang, Email: yan_huifang@yeah.net

【Abstract】 Objective To evaluate the manganese (Mn), cobalt (Co) and molybdenum (Mo) levels in blood and urine among general population in China, and thereby to analyze their prevalent features. **Methods** From 2009 to 2010, a total of 18 120 subjects of general population aged 6-60 years were recruited from 24 districts in 8 provinces in eastern, central and western China mainland, by cluster random sampling method. The information about their living environment and health status were collected by questionnaire, and their blood and urine samples were also collected. Inductive coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) was applied to test the Mn, Co and Mo levels of blood and urine samples, and the Mn, Co, Mo distribution in blood and urine among groups of population in different ages and genders were then analyzed. **Results** Among general population in China, the geometric mean (GM) of Mn concentration

DOI:10.3760/cma.j.issn.0253-9624.2014.09.008

基金项目:卫生部行业科研专项(200802020);国家科技支撑计划(2006BAI06B02)

作者单位:100050 北京,中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所 化学安全与健康重点实验室(潘亚娟、丁春光、郑玉新、闫慧芳);广东省职业病防治院(张爱华、吴邦华、黄汉林);江苏省疾病预防控制中心(朱醇、刘德晔、朱宝立);山东省职业病防治研究院(许光、邵华);辽宁省沈阳市第九人民医院检验科(彭珊茁);辽宁省丹东市卫生监督所(姜先龙);河北省疾病预防控制中心职业卫生所(赵春香);河北医科大学公卫学院(韩长城);青海省疾病预防控制中心职业卫生所(姬红蓉);河南省职业病防治研究院(余善法);北京市朝阳区疾病预防控制中心(张晓曦);北京市丰台区疾病预防控制中心职业卫生所(张龙连)

通信作者:闫慧芳,Email:yan_huifang@yeah.net

in blood was 8.98 $\mu\text{g/L}$. The Mn concentration in blood among males and females were separately 8.14 $\mu\text{g/L}$ and 9.88 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -18.84, P < 0.01$). The GM of Mn concentration in urine was 0.63 $\mu\text{g/L}$. The Mn concentration in urine among males and females were separately 0.62 $\mu\text{g/L}$ and 0.63 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -0.67, P > 0.05$). The geometric mean (GM) of Co concentration in blood was 0.194 $\mu\text{g/L}$. The Co concentration in blood among males and females were separately 0.166 $\mu\text{g/L}$ and 0.225 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -23.04, P < 0.01$). The GM of Co concentration in urine was 0.282 $\mu\text{g/L}$. The Co concentration in urine among males and females were separately 0.260 $\mu\text{g/L}$ and 0.307 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -7.35, P < 0.01$). The GM of Mo concentration in blood was 0.25 $\mu\text{g/L}$. The Mo concentration in blood among male and female group were separately 0.27 $\mu\text{g/L}$ and 0.23 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -5.03, P < 0.01$). The GM of Mo concentration in urine was 27.7 $\mu\text{g/L}$. The Mo concentration in urine among males and females were 29.8 $\mu\text{g/L}$ and 25.6 $\mu\text{g/L}$ ($Z = -6.31, P < 0.01$), respectively. **Conclusion** The Mn, Co and Mo levels in blood and urine varied by gender and area among general population in China, the study provided basic data evidence for the following Mn, Co and Mo biological monitoring studies in near future.

【Key words】 Manganese; Cobalt; Molybdenum; Blood; Urine; Inductive coupled plasma mass spectrometry

锰、钴、钼均是公认的人体必需微量元素,多通过酶的活力组分实现其生理功能,与人体健康密切相关,其缺乏或过量均会导致疾病^[1]。生物材料中微量元素的监测是研究微量元素与人体健康关系的基础。锰、钴和钼对于人体健康影响的研究结果也显示,对正常人体内锰、钴、钼负荷水平进行评估具有极为重要的意义。笔者采集了我国 8 省份 24 个地区一般人群的血和尿,并对样品中的锰、钴、钼含量进行了测定和统计分析,对我国一般人群的血和尿中锰、钴、钼水平分布状况进行了描述,为开展生物监测和进行相关科学研究提供基础数据。

对象与方法

1. 对象:根据国家统计局的分类方法,将全国省份划分为东、中、西部地区,采用分层整群随机抽样的方法,抽取了 8 个省份,每个省份抽取 3 个市县,共 24 个市县,共调查了 18 120 名研究对象。选取的调查对象均符合以下条件:(1)常住于该地区满 5 年;(2)居住地无相关污染性企业;(3)现未患肝脏疾病、肾脏疾病、糖尿病、甲亢及肿瘤等慢性消耗性疾病;(4)3 个月内未服用复合微量元素类药物和保健品;(5)年龄范围为 6~60 岁。本次调查通过了中国 CDC 职业卫生与中毒控制所伦理审查委员会的审查。调查对象均经过了知情同意,对所有调查对象进行问卷调查并采集其血样和尿样。

2. 试剂及仪器:肝素锂抗凝剂采血管(美国 BD 公司),冻存管(美国 Axygen 公司),去离子水($\geq 18.3 \text{ m}\Omega$),曲拉通(超纯,美国西格玛公司),硝酸(优级纯,德国默克公司),全血痕量元素标准物质(L-1,批号 1103128,挪威 Seronorm 公司),电感耦合等离子体质谱仪(X SERIES 2 型,美国 Thermo Fisher Scientific 公司)。

3. 调查内容和样品采集:(1)问卷调查:对调查对象的一般情况进行了调查,包括年龄、性别、教育程度、生活环境和生活习惯等。(2)样品的采集:样品采集和处理均在洁净的环境中进行。血液:采用 6 ml 肝素锂抗凝采血管,抽取调查对象的静脉血(血液体积 $>2 \text{ ml}$),分装至 2 ml 冻存管中并进行编号。尿液:采集调查对象一次性尿作为样品,使用一次性尿杯采集(尿液体积 $>50 \text{ ml}$),测定尿比重并收集比重在 1.010~1.030 g/ml 的尿样,分装至 50 ml 离心管中进行编号。在样品采集的当天随机抽取 2 套采集用品和样品容器作为样品空白。采集后的样品和样品空白分装入专用容器中进行冷冻运输。样品置于 $-70 \text{ }^\circ\text{C}$ 冷冻储存。

4. 样品检测:(1)血样处理:取 0.50 ml 血液样品,加入 4.50 ml 稀释液(含体积分数为 0.01% 曲拉通和 0.5% 硝酸的混合溶液),样品经震荡充分混匀;(2)尿样处理:取 0.50 ml 尿液样品,加入 4.50 ml 的 0.5% 硝酸溶液,样品经震荡充分混匀;(3)调节电感耦合等离子体质谱仪测定参数:冷却气流速为 12.5 L/min,辅助气流速为 0.7 L/min,雾化器流速为 0.90 L/min;蠕动泵速为 20 r/min;雾化器温度为 3 $^\circ\text{C}$,以浓度为 10 $\mu\text{g/L}$ 的钇(Y)溶液为内标,定量测定同位素⁵⁵Mn、⁵⁹Co、⁹⁸Mo。锰、钴、钼的方法检出限分别为 0.12、0.045、0.072 $\mu\text{g/L}$ ^[2]。

5. 实验过程的质量控制:本次调查的质量控制在采样容器使用、样品采集和样品检测等方面均按照课题组制订的现场采样及质量控制方案进行^[3]。生物样品采集所用采血针、抗凝采血管、尿杯、离心管等用品经本底检测,均低于方法检出限;实验及采样用品统一配置后发放;样品空白与样品处理方法相同,对样品空白检测确定未被污染后,再进行样品检测;样品检测过程中采用挪威 Seronorm 公司标准

物质和实验室制备的质量控制样品进行质量控制。

6. 统计学分析:采用 EpiData 3.1 软件进行数据录入,数据分析均采用 SPSS 19.0 软件。人群血尿中的锰、钴、钼含量均为非正态分布,采用几何均数(95% CI 值)及 $P_{2.5}$ 、 P_{25} 、 P_{50} 、 P_{75} 、 P_{90} 、 P_{95} 、 $P_{97.5}$ 描述其分布情况。采用 Mann-Whitney U 检验对性别、吸烟、饮酒等组间的几何均数数据差异进行了比较,采用 Kruskal-Wallis H 检验对不同年龄组和不同区域间的几何均数差异进行了多重统计学比较,以 $P < 0.05$ 为差异具有统计学意义。采用 Spearman 秩相关分析对血锰与尿锰、血钴与尿钴以及血钼与尿钼结果进行相关性分析。数据统计过程中低于方法检出限的样品数值以检出限除以 $\sqrt{2}$ 代替。

结 果

1. 调查对象一般情况及样品检测情况:调查地区的 18 120 名调查对象根据不同年龄段人群的社会活动方式、饮食状态、发育状态和主要环境状态等差异分成:6 ~ 12、13 ~ 16、17 ~ 20、21 ~ 30、31 ~ 45 以及 46 ~ 60 岁组。根据调查问卷对采集的 18 120 名调查对象的血、尿样品进行筛选,并对合格样品中的锰、钴、钼含量进行检测分析,最终获得了 13 061 份血样、12 516 份尿样。

2. 血和尿中锰水平:13 061 名调查对象血锰几何均数为 8.98 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 8.88 ~ 9.08), P_{50} 为 9.79 $\mu\text{g/L}$, $P_{97.5}$ 为 19.27 $\mu\text{g/L}$ 。男性和女性人群血锰几何均数差异有统计学意义 ($Z = -18.84$, $P < 0.01$), 女性高于男性。不同年龄组人群血锰水平差异有统计学意义,其中 46 ~ 60 岁组血锰水平最高,6 ~ 12 岁组水平较低。血锰水平几何均数由西、中、东部依次降低 ($Z = 519.13$, $P < 0.01$)。吸烟、饮酒人群血锰水平均低于不吸烟、不饮酒人群,其差异有统计学意义。12 516 名调查对象尿锰几何均数为 0.63 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 0.61 ~ 0.64), P_{50} 为 0.77 $\mu\text{g/L}$ 。男性和女性人群尿锰几何均数差异无统计学意义 ($Z = -0.67$, $P > 0.05$)。不同年龄组人群尿锰水平差异有统计学意义 ($Z = 230.40$, $P < 0.05$), 其中 6 ~ 12 岁组尿锰水平最高。西部地区尿锰水平最高。吸烟、饮酒人群尿锰水平均低于不吸烟、不饮酒人群,其差异有统计学意义(表 1)。

3. 血和尿中钴水平:13 061 名调查对象血钴几何均数为 0.194 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 0.190 ~ 0.198), P_{50} 为 0.306 $\mu\text{g/L}$, $P_{97.5}$ 为 0.852 $\mu\text{g/L}$ 。男性和女性人群血钴几何均数差异有统计学意义 ($Z = -23.04$,

$P < 0.01$), 女性高于男性。不同年龄组人群血钴差异有统计学意义,其中 31 ~ 45 岁组血钴水平最高,6 ~ 12 岁组水平较低。不同地区血钴水平有差异 ($Z = 126.32$, $P < 0.01$), 其中西部地区血钴水平最高为 0.303 $\mu\text{g/L}$ 。吸烟、饮酒人群血钴水平均低于不吸烟、不饮酒人群,其差异有统计学意义。12 516 名调查对象尿钴几何均数为 0.282 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 0.276 ~ 0.288), P_{50} 为 0.360 $\mu\text{g/L}$ 。男性和女性人群尿钴几何均数差异有统计学意义 ($Z = -7.35$, $P < 0.01$), 女性高于男性。不同年龄组人群差异有统计学意义,其中 17 ~ 20 岁组尿钴水平最高,6 ~ 12 岁组水平较低。中部地区尿钴水平最高为 0.550 $\mu\text{g/L}$ 。饮酒人群尿钴水平低于不饮酒人群,其差异有统计学意义 ($Z = -3.63$, $P < 0.01$), 但吸烟与否对尿钴水平无影响 ($Z = -1.06$, $P > 0.05$) (表 2)。

4. 血和尿中钼水平:13 061 名调查对象血钼几何均数为 0.25 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 0.24 ~ 0.26), P_{50} 为 0.32 $\mu\text{g/L}$, $P_{97.5}$ 为 3.05 $\mu\text{g/L}$ 。男性和女性人群血钼几何均数差异有统计学意义 ($Z = -5.03$, $P < 0.01$), 男性高于女性。不同年龄组人群差异有统计学意义,其中 46 ~ 60 岁组血钼水平最高,21 ~ 30 岁组水平较低。血钼水平几何均数由西、中、东部依次降低 ($Z = 1 275.72$, $P < 0.01$)。12 516 名调查对象尿钼几何均数为 27.7 $\mu\text{g/L}$ (95% CI: 27.0 ~ 28.4), P_{50} 为 33.8 $\mu\text{g/L}$ 。男性和女性人群尿钼几何均数差异有统计学意义 ($Z = -6.31$, $P < 0.01$), 男性高于女性。不同年龄组人群差异有统计学意义,其中 17 ~ 20 岁组尿钼水平最高,46 ~ 60 岁组水平最低。西部地区尿钼水平几何均数最高为 43.3 $\mu\text{g/L}$ 。吸烟、饮酒对尿钼水平差异有影响(表 3)。

5. 血、尿指标结果相关性分析:对 9 551 名调查对象的全血和尿液中锰、钴、钼测定结果进行数据匹配,分别就锰、钴、钼数据进行双变量相关分析。因结果均非正态分布,采用秩相关分析。结果显示,血锰与尿锰、血钴与尿钴、血钼与尿钼 Spearman 秩相关系数分别为 0.071、0.207、0.202。

讨 论

摄取正常量的微量元素对维持生命活动发挥着重要作用。日常饮食是一般人群摄入锰、钴、钼的主要来源,合理膳食不会导致这些元素缺乏。但锰、钴、钼在自然界广泛存在且应用广泛,造成环境中锰、钴、钼含量升高,并通过食物链转移到人体,导致这些元素摄入过量而对机体产生不同程度的损

表 1 不同特征人群血锰、尿锰水平(μg/L)

组别	人数 (名)	几何均数 (95% CI)	百分位数							检验值	P 值
			P _{2.5}	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P _{97.5}		
血锰	13 061	8.98 (8.88 ~ 9.08)	2.20	7.71	9.79	12.26	15.05	17.00	19.27		
性别										-18.84 ^a	<0.01
男	6 428	8.14 (7.99 ~ 8.29)	1.06	7.26	9.24	11.61	14.14	15.97	17.73		
女	6 633	9.88 (9.75 ~ 10.01)	3.39	8.24	10.40	12.89	15.79	17.89	20.67		
年龄(岁)										124.50 ^b	<0.01
6 ~	2 065	8.74 (8.44 ~ 9.04)	0.80	7.94	10.15	12.46	14.75	16.37	17.73		
13 ~	2 309	8.96 (8.64 ~ 9.29)	<LOD	8.20	10.55	13.18	15.78	17.44	19.38		
17 ~	1 944	9.12 (8.92 ~ 9.31)	3.77	7.45	9.32	11.52	14.00	16.15	18.93		
21 ~	2 193	9.12 (8.88 ~ 9.35)	2.90	7.67	9.60	12.00	14.96	17.21	20.30		
31 ~	2 280	8.81 (8.59 ~ 9.04)	2.16	7.42	9.57	12.28	15.50	18.14	21.05		
46 ~ 60	2 270	9.15 (8.96 ~ 9.34)	3.32	7.61	9.61	11.85	14.79	16.68	18.58		
地区										519.13 ^b	<0.01
东部	9 761	8.60 (8.47 ~ 8.72)	1.48	7.46	9.62	12.18	15.05	17.09	19.48		
中部	1 510	8.97 (8.84 ~ 9.11)	5.11	7.36	8.95	10.95	12.87	14.20	16.16		
西部	1 790	11.40 (11.25 ~ 11.55)	6.63	9.49	11.35	13.61	16.08	18.05	20.22		
吸烟状况										-11.12 ^a	<0.01
是	1 394	8.02 (7.75 ~ 8.31)	1.44	6.96	8.80	11.11	13.61	15.60	17.67		
否	11 667	9.10 (8.99 ~ 9.21)	2.35	7.81	9.93	12.38	15.18	17.11	19.42		
饮酒状况										-9.41 ^a	<0.01
是	1 055	8.00 (7.68 ~ 8.33)	1.41	7.02	8.86	11.09	13.45	15.79	17.67		
否	12 006	9.07 (8.96 ~ 9.18)	2.35	7.78	9.90	12.36	15.15	17.06	19.39		
尿锰	12 516	0.63 (0.61 ~ 0.64)	<LOD	<LOD	0.77	2.25	4.36	6.53	9.12		
性别										-0.67 ^a	>0.05
男	6 397	0.62 (0.60 ~ 0.65)	<LOD	<LOD	0.78	2.18	4.30	6.67	9.04		
女	6 119	0.63 (0.60 ~ 0.65)	<LOD	<LOD	0.77	2.32	4.39	6.42	9.26		
年龄(岁)										230.40 ^b	<0.01
6 ~	2 195	0.98 (0.92 ~ 1.04)	<LOD	0.34	1.29	3.08	5.92	8.71	12.70		
13 ~	2 157	0.63 (0.59 ~ 0.67)	<LOD	0.15	0.68	2.16	4.13	6.02	9.09		
17 ~	2 025	0.61 (0.57 ~ 0.66)	<LOD	<LOD	0.77	2.05	4.59	7.14	9.70		
21 ~	2 024	0.55 (0.52 ~ 0.59)	<LOD	<LOD	0.74	2.06	3.75	6.72	8.85		
31 ~	2 161	0.52 (0.48 ~ 0.56)	<LOD	<LOD	0.58	2.35	4.36	6.18	7.54		
46 ~ 60	1 954	0.54 (0.50 ~ 0.57)	<LOD	<LOD	0.65	1.85	3.49	4.59	5.92		
地区										2 455.71 ^b	<0.01
东部	9 511	0.49 (0.48 ~ 0.51)	<LOD	<LOD	0.57	1.73	3.37	4.80	6.67		
中部	1 439	0.44 (0.41 ~ 0.47)	<LOD	<LOD	0.49	1.18	2.44	3.66	5.06		
西部	1 566	3.68 (3.54 ~ 3.83)	0.80	2.35	3.58	6.12	9.45	11.83	15.40		
吸烟状况										-2.11 ^a	<0.05
是	1 326	0.58 (0.53 ~ 0.63)	<LOD	<LOD	0.73	2.07	3.92	5.97	7.96		
否	11 190	0.63 (0.61 ~ 0.65)	<LOD	<LOD	0.78	2.28	4.40	6.61	9.36		
饮酒状况										-6.61 ^a	<0.01
是	980	0.46 (0.42 ~ 0.51)	<LOD	<LOD	0.48	1.60	3.78	6.12	8.22		
否	11 536	0.64 (0.62 ~ 0.66)	<LOD	<LOD	0.80	2.30	4.38	6.56	9.16		

注:^a 使用 Mann-Whitney U 检验,检验值为 Z 值;^b 使用 Kruskal-Wallis H 检验,检验值为 χ^2 值;<LOD: 低于检出限,血锰、尿锰的检出限为 0.12 μg/L

害^[4-6]。锰、钴、钼在体内的作用机制已有阐述^[7-10]。生物监测研究表明,尿锰可大致反映机体近期吸收锰的情况,而测定血锰对于评估体内锰负荷有一定意义^[11-12];测定尿钴含量可了解短期内钴进入体内的状况^[9];血、尿中钼浓度能较准确的反映体内钼的负荷水平^[6]。

国内外已有研究关注一般人群体内锰负荷水

平。Ikeda 等^[13]报道了日本妇女血锰为 13.2 μg/L; Heitland 和 Köster^[14]报道了 130 名德国人血锰为 8.6 μg/L; Goullé 等^[15]报道了法国 100 名志愿者血锰、尿锰中位数分别为 7.6 μg/L 和 0.31 μg/L; White 和 Sabbioni^[16]报道了英国约 200 名调查对象的血锰、尿锰中位数分别为 7.4、0.3 μg/L。王克^[17]报道了 312 名调查对象血锰含量为 5.5 ~ 46.3 μg/L;

表 2 不同特征人群血钴、尿钴水平(μg/L)

组别	人数 (名)	几何均数 (95% CI)	百分位数							检验值	P 值
			P _{2.5}	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P _{97.5}		
血钴	13 061	0.194(0.190~0.198)	< LOD	0.088	0.306	0.425	0.545	0.669	0.852		
性别										-23.04 ^a	<0.01
男	6 428	0.166(0.162~0.171)	< LOD	0.050	0.268	0.371	0.465	0.536	0.631		
女	6 633	0.225(0.219~0.231)	< LOD	0.127	0.355	0.473	0.616	0.776	0.981		
年龄(岁)										120.22 ^b	<0.01
6~	2 065	0.148(0.140~0.156)	< LOD	< LOD	0.251	0.416	0.504	0.599	0.955		
13~	2 309	0.189(0.180~0.198)	< LOD	0.047	0.337	0.450	0.538	0.603	0.681		
17~	1 944	0.193(0.184~0.202)	< LOD	0.109	0.297	0.403	0.510	0.601	0.681		
21~	2 193	0.205(0.196~0.214)	< LOD	0.138	0.291	0.403	0.562	0.714	0.867		
31~	2 280	0.232(0.222~0.242)	< LOD	0.150	0.320	0.464	0.670	0.910	1.108		
46~60	2 270	0.202(0.194~0.211)	< LOD	0.106	0.312	0.416	0.516	0.629	0.845		
地区										126.32 ^b	<0.01
东部	9 761	0.182(0.178~0.186)	< LOD	0.048	0.298	0.431	0.562	0.690	0.895		
中部	1 510	0.172(0.162~0.182)	< LOD	< LOD	0.310	0.403	0.486	0.591	0.728		
西部	1 790	0.303(0.296~0.311)	0.082	0.239	0.330	0.419	0.522	0.606	0.751		
吸烟状况										-12.81 ^a	<0.01
是	1 394	0.162(0.153~0.170)	< LOD	0.088	0.245	0.328	0.415	0.477	0.568		
否	11 667	0.198(0.194~0.202)	< LOD	0.088	0.317	0.435	0.559	0.686	0.876		
饮酒状况										-9.18 ^a	<0.01
是	1 055	0.158(0.148~0.169)	< LOD	< LOD	0.251	0.356	0.447	0.527	0.891		
否	12 006	0.197(0.193~0.201)	< LOD	0.093	0.312	0.430	0.553	0.677	0.846		
尿钴	12 516	0.282(0.276~0.288)	< LOD	0.096	0.360	0.735	1.250	1.750	2.381		
性别										-7.35 ^a	<0.01
男	6 397	0.260(0.252~0.268)	< LOD	0.086	0.340	0.680	1.080	1.400	1.826		
女	6 397	0.307(0.297~0.317)	< LOD	0.109	0.380	0.814	1.459	2.126	2.730		
年龄(岁)										460.12 ^b	<0.01
6~	2 195	0.198(0.189~0.208)	< LOD	0.052	0.231	0.510	0.830	1.100	1.578		
13~	2 157	0.311(0.294~0.328)	< LOD	0.113	0.373	0.824	1.553	2.260	3.058		
17~	2 025	0.392(0.371~0.413)	< LOD	0.168	0.500	0.980	1.600	2.101	2.872		
21~	2 024	0.300(0.284~0.316)	< LOD	0.111	0.396	0.752	1.228	1.660	2.280		
31~	2 161	0.323(0.307~0.340)	< LOD	0.130	0.431	0.791	1.283	1.760	2.410		
46~60	1 954	0.216(0.204~0.228)	< LOD	0.050	0.255	0.646	1.021	1.301	1.633		
地区										477.43 ^b	<0.01
东部	9 511	0.265(0.258~0.272)	< LOD	0.080	0.334	0.720	1.259	1.770	2.409		
中部	1 439	0.550(0.527~0.573)	0.090	0.330	0.600	0.920	1.380	1.870	2.490		
西部	1 566	0.224(0.211~0.238)	< LOD	0.074	0.259	0.566	1.011	1.447	1.981		
吸烟状况										-1.06 ^a	>0.05
是	1 326	0.269(0.252~0.287)	< LOD	0.090	0.368	0.708	1.011	1.300	1.690		
否	11 190	0.284(0.277~0.290)	< LOD	0.099	0.356	0.740	1.290	1.803	2.431		
饮酒状况										-3.63 ^a	<0.01
是	980	0.241(0.223~0.260)	< LOD	0.070	0.320	0.670	1.002	1.319	1.671		
否	11 536	0.286(0.279~0.292)	< LOD	0.100	0.360	0.740	1.280	1.781	2.426		

注:^a 使用 Mann-Whitney U 检验,检验值为 Z 值;^b 使用 Kruskal-Wallis H 检验,检验值为 χ^2 值;< LOD: 低于检出限,血钴、尿钴的检出限为 0.045 μg/L

孙宏华和米长清^[18] 调查了 802 名调查对象,血锰含量为 4.06~16.4 μg/L。本研究显示,我国一般人群血锰水平与上述报道相当。本研究与加拿大的研究均发现女性血锰水平高于男性^[19],引起这一差异的影响因素有待探讨。本研究也发现我国一般人群尿锰水平高于法国和英国^[15-16],且男女尿锰水平差异无统计学意义。此外,与加拿大^[19]、丹麦^[20] 报道

的结果不同的是,本研究显示不同年龄组、不同地区一般人群血锰、尿锰水平均差异具有统计学意义,其影响因素还需进一步探讨。

我国一般人群钴负荷水平的研究仅限于某个地区或某一年龄段。如王均乐^[21] 曾报道了南京 88 例 7~14 岁儿童全血和血清钴分别为 0.366、0.266 μg/L,郁燕等^[22] 报道了上海 80 名新生儿尿

表 3 不同特征人群血钼、尿钼水平(μg/L)

组别	人数 (名)	几何均数 (95% CI)	百分位数							检验值	P 值
			P _{2.5}	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₅	P _{97.5}		
血钼	13 061	0.25(0.24~0.26)	<LOD	<LOD	0.32	1.07	1.73	2.33	3.05		
性别										-5.03 ^a	<0.01
男	6 428	0.27(0.26~0.27)	<LOD	<LOD	0.41	1.11	1.81	2.36	3.09		
女	6 633	0.23(0.23~0.24)	<LOD	<LOD	0.23	1.02	1.66	2.32	3.02		
年龄(岁)										354.22 ^b	<0.01
6~	2 065	0.28(0.26~0.30)	<LOD	<LOD	0.47	1.14	1.86	2.47	3.20		
13~	2 309	0.20(0.19~0.21)	<LOD	<LOD	<LOD	0.92	1.47	2.02	2.98		
17~	1 944	0.28(0.26~0.30)	<LOD	<LOD	0.43	1.13	1.78	2.31	2.87		
21~	2 193	0.16(0.15~0.17)	<LOD	<LOD	<LOD	0.75	1.31	1.87	2.49		
31~	2 280	0.30(0.28~0.32)	<LOD	<LOD	0.53	1.09	1.77	2.34	2.96		
46~60	2 270	0.33(0.31~0.36)	<LOD	<LOD	0.64	1.30	2.08	2.83	3.66		
地区										1 275.72 ^b	<0.01
东部	9 761	0.19(0.18~0.19)	<LOD	<LOD	<LOD	0.91	1.54	2.07	2.75		
中部	1 510	0.49(0.45~0.52)	<LOD	0.07	0.85	1.42	2.22	2.87	3.58		
西部	1 790	0.69(0.65~0.73)	<LOD	0.57	0.93	1.39	2.22	2.97	3.68		
吸烟状况										-0.82 ^a	>0.05
是	1 394	0.26(0.24~0.28)	<LOD	<LOD	0.37	1.09	1.86	2.36	3.08		
否	11 667	0.25(0.24~0.26)	<LOD	<LOD	0.31	1.06	1.72	2.33	3.04		
饮酒状况										-0.26 ^a	>0.05
是	1 055	0.25(0.23~0.27)	<LOD	<LOD	0.29	1.09	1.84	2.36	3.09		
否	12 006	0.25(0.24~0.26)	<LOD	<LOD	0.33	1.06	1.72	2.33	3.04		
尿钼	12 516	27.7(27.0~28.4)	1.1	12.8	33.8	73.8	143.2	217.7	311.5		
性别										-6.31 ^a	<0.01
男	6 397	29.8(28.8~30.9)	1.3	14.5	36.6	78.0	145.4	218.7	297.6		
女	6 119	25.6(24.7~26.6)	0.9	11.3	31.2	69.3	138.9	214.2	323.9		
年龄(岁)										131.35 ^b	<0.01
6~	2 195	29.7(28.0~31.4)	1.3	14.6	35.9	76.8	143.1	201.2	294.0		
13~	2 157	29.9(28.0~32.0)	0.9	12.9	36.9	92.5	190.0	270.0	349.8		
17~	2 025	34.0(32.1~36.0)	2.0	17.8	38.5	80.2	161.8	243.0	331.4		
21~	2 024	27.0(25.4~28.8)	1.1	12.0	32.5	70.0	128.4	198.2	315.6		
31~	2 161	26.6(25.0~28.2)	1.1	11.9	32.0	70.1	122.8	198.4	284.6		
46~60	1 954	20.5(19.1~21.9)	0.7	8.9	27.5	58.2	105.1	155.7	247.8		
地区										188.27 ^b	<0.01
东部	9 511	26.3(25.5~27.2)	0.9	10.1	33.6	78.1	156.0	240.4	339.8		
中部	1 439	23.9(22.7~25.3)	2.9	15.3	27.5	45.1	70.3	94.7	119.7		
西部	1 566	43.3(41.2~45.5)	5.3	24.2	44.3	84.5	139.1	189.1	268.9		
吸烟状况										-2.61 ^a	<0.01
是	1 326	24.9(23.0~27.0)	1.0	11.0	31.4	68.8	122.8	189.6	280.6		
否	11 190	28.0(27.3~28.8)	1.1	13.0	34.2	74.5	145.3	220.6	318.7		
饮酒状况										-6.64 ^a	<0.01
是	980	20.7(18.8~22.7)	0.8	9.0	26.6	57.9	101.2	156.1	246.1		
否	11 536	28.4(27.6~29.2)	1.1	13.3	34.6	75.4	146.1	220.9	318.1		

注:^a 使用 Mann-Whitney U 检验,检验值为 Z 值;^b 使用 Kruskal-Wallis H 检验,检验值为 χ^2 值;<LOD: 低于检出限,血钼、尿钼的检出限 0.07 μg/L

钼几何均数为 0.05 μg/L。巴西报道了亚马逊丛林地区血钼水平为(0.4 ± 0.3) μg/L^[23],加拿大曾报道 61 名调查对象血清钼水平为 8.69 nmol/L^[24],美国《人群环境污染物暴露国家报告》(第四版)显示尿钼几何均数为 0.369 μg/L^[25]。本文报告了我国一般人群血钼、尿钼水平。与巴西、美国报告的钼水平相比,我国人群钼的负荷水平较低。加拿大曾有

报道血清钼水平不受年龄、性别影响^[24],而本研究则显示不同性别、年龄人群血钼、尿钼水平差异有统计学意义。

王克等^[26]调查显示,该地区人群血中钼为 0.22~3.54 μg/L;加拿大人血钼为 15.36 nmol/L^[24];Heitland 和 Köster^[14]报道了德国北部 130 名对象血钼几何均数为 0.33 μg/L;Heitland 和 Köster^[27]还报

道了德国儿童和成年人尿钼分别为 48 $\mu\text{g/L}$ 和 26 $\mu\text{g/L}$, 美国《人群环境污染物暴露国家报告》(第四版)显示尿钼几何均数为 45.7 $\mu\text{g/L}$ ^[25]。本研究结果表明我国人群钼的负荷水平低于美国和加拿大, 而与德国基本相当。

本研究结果显示, 吸烟、饮酒人群的血锰、尿锰、血钴及尿钼水平均低于不吸烟、不饮酒人群, 其差异有统计学意义, 这与吸烟、饮酒导致体内铅、镉等重金属含量偏高的研究结论不同, 可能与元素在体内代谢途径不一有关。此外, 本研究还发现不同地区人群锰、钴、钼水平差异均有统计学意义, 引起差异的原因可能是地区环境及人群饮食习惯有差异, 提示在应用本研究结果时有必要关注所属地区。本研究覆盖了全国从东到西、从南到北共 24 个地区, 具有较好的代表性。研究结果可为评估特殊人群锰、钴、钼负荷水平和环境污染状况提供重要参考数据。

参 考 文 献

- [1] 陆艳琦. 微量元素与人体健康[J]. 河南教育学院学报(自然科学版), 2002, 11(4): 36-39.
- [2] 丁春光, 朱醇, 刘德晔, 等. 电感耦合等离子体质谱方法检测全血中 30 种金属及类金属元素[J]. 中华预防医学杂志, 2012, 46(8): 745-749.
- [3] 闫慧芳, 朱宝立, 黄汉林, 等. 中国一般人群血和尿中重金属和有机物负荷水平调查方法和实验室质量控制结果[J]. 中华预防医学杂志, 2014, 48(2): 147-150.
- [4] 薛秀琴, 张瑞娟. 锰健康研究的现状和未来研究[J]. 国外医学(医学地理分册), 2008, 29(1): 44-46.
- [5] 何凤生. 中华职业医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 1999: 294-296.
- [6] 郑玉新. 人群环境化学物生物监测-评价暴露水平与卫生政策制定的依据[J]. 中华预防医学杂志, 2014, 48(2): 81-82.
- [7] 杜凤其, 姜岳明, 莫雪安, 等. 锰神经毒性机制的研究进展[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2006, 33(2): 109-112.
- [8] 吕文, 周玲. 锰元素体内平衡的营养状况[J]. 国外医学(医学地理分册), 2007, 28(1): 36-39.
- [9] 李青仁, 苏斌, 李胜钊. 微量元素钴、镍与人体健康[J]. 广东微量元素科学, 2008, 15(1): 66-70.
- [10] 郑艺梅, 胡承孝. 食物中的钼与人体健康[J]. 广东微量元素科学, 2005, 12(8): 1-4.
- [11] 邬堂春. 加强早期健康损害研究相关疾病[J]. 中华预防医学杂志, 2013, 47(7): 579-580.
- [12] 陈雯雯. 锰接触者生物标志物的横断面研究[D]. 济南: 山东省医学科学院, 2009.
- [13] Ikeda M, Ohashi F, Fukui Y, et al. Cadmium, chromium, lead, manganese and nickel concentrations in blood of women in non-polluted areas in Japan, as determined by inductively coupled plasma-sector field-mass spectrometry[J]. Int Arch Occup Environ Health, 2011, 84(2): 139-150.
- [14] Heitland P, Köster HD. Biomonitoring of 37 trace elements in blood samples from inhabitants of northern Germany by ICP-MS[J]. J Trace Elem Med Biol, 2006, 20(4): 253-262.
- [15] Goullé JP, Mahieu L, Castermant J, et al. Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair. Reference values [J]. Forensic Sci Int, 2005, 153(1): 39-44.
- [16] White MA, Sabbioni E. Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. X. A study of 13 elements in blood and urine of a United Kingdom population [J]. Sci Total Environ, 1998, 216(3): 253-270.
- [17] 王克. 李沧区健康人群血中金属元素调查[D]. 济南: 山东大学, 2008.
- [18] 孙宏华, 朱长清. 广州市番禺区人群全血微量元素参考值的初步调查[J]. 国际检验医学杂志, 2007, 28(4): 314-315.
- [19] Clark NA, Teschke K, Rideout K, et al. Trace element levels in adults from the west coast of Canada and associations with age, gender, diet, activities, and levels of other trace elements[J]. Chemosphere, 2007, 70(1): 155-164.
- [20] Kristiansen J, Christensen JM, Iversen BS, et al. Toxic trace element reference levels in blood and urine: influence of gender and lifestyle factors [J]. Sci Total Environ, 1997, 204(2): 147-160.
- [21] 王均乐. 南京 236 例儿童全血和血清钴结果分析[J]. 微量元素与健康研究, 2006, 23(4): 18-19.
- [22] 郁燕, 倪俊毅, 徐决平, 等. 崇明地区新生儿血清及尿液中 15 种金属元素的含量分布探讨[J]. 蚌埠医学院学报, 2012, 37(4): 396-399.
- [23] Rodrigues JL, Batista BL, Fillion M, et al. Trace element levels in whole blood of riparian villagers of the Brazilian Amazon [J]. Sci Total Environ, 2009, 407(13): 4168-4173.
- [24] Clark NA, Teschke K, Rideout K, et al. Trace element levels in adults from the west coast of Canada and associations with age, gender, diet, activities, and levels of other trace elements[J]. Chemosphere, 2007, 70(1): 155-164.
- [25] U. S. Centers for Disease Control and Prevention. National report on human exposure to environmental chemicals, 2013 [EB/OL]. [2013-11-22]. http://www.cdc.gov/exposurereport/pdf/FourthReport_UpdatedTables_Sep2013.pdf.
- [26] 王克, 陈霞, 崔永凯. 李沧区健康成人血中 7 种金属元素参考值调查[J]. 微量元素与健康研究, 2008, 25(6): 5-8.
- [27] Heitland P, Köster HD. Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS [J]. Clin Chim Acta, 2006, 365(1/2): 310-318.

(收稿日期: 2013-10-09)

(本文编辑: 郑湃)