

异,这与前期研究^[7,8]血铅和尿铅的同位素比值不同的结论类似,说明正常人同体血、尿、发铅的同位素比值均存在显著性差异,即由于不同组织器官对铅同位素的选择性蓄积或者生物富集作用,使得出现了同体血、尿、发铅指纹差异现象。

表 4 某省儿童血、尿铅同位素比值

检测样品	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb
血液	0.055 373 3 ± 0.000 633 1	0.851 166 2 ± 0.004 166 3	2.054 394 8 ± 0.019 357 7
尿液	0.058 228 6 ± 0.001 368 1	0.835 828 1 ± 0.066 048 3	2.068 729 5 ± 0.022 261 9

4 结论

目前污染导致铅中毒事件频发,明确铅污染来源对于环境的治理及事件责任的划分起到关键性的作用。由于不同物质中铅同位素的组成不同,因此可利用铅同位素的这种地球化学指纹特征来示踪环境及人体铅的来源。本研究采用微波消解法消除尿样中的干扰物质,赶酸后浓缩尿样从而增大样品中铅同位素的计数,提高检测的稳定性。采用电感耦合等离子体质谱仪对尿样中铅同位素比值进行测定,进而建立了 ICP-MS 检测尿铅同位素比值的方法。本研究所建立的方法可对人体尿中铅的各个同位素计数进行测定,计算出尿中铅各同位素计数的比值,其结果可与环境等样品的铅同位素比值进行统计学分析,在综合数据的基础上为铅污染地区人体内

铅的溯源提供依据。

参考文献:

- [1] Takagi M, Yoshinaga J, Tanaka A, et al. Isotope ratio analysis of lead in blood and environmental samples by multi-collector inductively coupled plasma mass spectrometry [J]. ANAL SCI, 2011, 27: 29-35.
- [2] 李惠玲,周博,张宏顺,等. 血铅浓度和同位素比值同时测定的电感耦合等离子体质谱法 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2013, 31 (12): 971-973.
- [3] Angle C R, Manton W I, Stanek K L. Stable isotope identification of lead sources in preschool children: the Omaha study [J]. Toxicol Clin Toxicol, 1995, 33 (6): 657-662.
- [4] Naeher L P, Rubin C S, Hernandez A M, et al. Use of isotope ratios to identify sources contributing to pediatric lead poisoning in Peru [J]. Arch Environ Health, 2003, 58 (9): 579-589.
- [5] 王小燕,李玉峰,李柏,等. 稀释法快速测定人体血液和尿液中多种重金属元素 [J]. 分析实验室, 2010, 29 (6): 41-45.
- [6] 李惠玲,马婧,郝凤桐. 尿中铅的快速检测 [J]. 中国工业医学杂志, 2009, 22 (1): 65-66.
- [7] 刘景秀,曾静,王晓燕. 成人血铅和尿铅同位素比值的分析及地域影响研究 [J]. 中国食品卫生杂志, 2007, 19 (4): 297-299.
- [8] 刘景秀,王晓燕,曾静,等. 同体儿童血、发铅浓度及同位素比值研究 [J]. 卫生研究, 2009, 38 (3): 375-377.

我国儿童血铅影响因素及其评价方法的研究进展

孟聪申,张宏顺,孙承业

(中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所,北京 100050)

摘要: 随着我国工业化和城市化步伐的加快,环境铅污染日趋严重。儿童由于代谢和发育的特点,对铅特别敏感,同等环境中,铅对儿童的毒性作用更明显。本文对我国儿童血铅的影响因素及其评价方法进行了总结。

关键词: 儿童; 血铅; 影响因素; 评价方法

中图分类号: R179 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2014)04-0251-05 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2014.04.005

Study progress on influence factor of children's blood lead and its evaluation in China

MENG Cong-shen, ZHANG Hong-shun, SUN Cheng-ye

(National Institute of Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)

Abstract: Along with the rapid development of industrialization and urbanization in China, environmental lead pollution is also getting worse. Due to the metabolic and developmental characteristics, children are particularly sensitive to lead even though at same environment. In this paper, the progress on influence factor of children's blood lead level and its evaluation methods in China were reviewed.

Key words: children; blood lead; influence factor; evaluation methods

建国后大规模工业化建设使得金属铅这个基本原材料广

泛用于多个工业部门,在其采选、冶炼、应用及遗弃回收过程中增加了环境铅负荷量,改革开放带来的社会经济快速发展也是伴随着铅的开采、使用量的急剧增加,现我国已经是铅生产和使用第一大国。儿童由于代谢和发育的特点,对铅危害特别敏感,同等环境中,铅对儿童的毒性作用更明显^[1]。近 20 年国内有关儿童血铅研究结果显示,我国儿童血铅平均水平在 40~140 μg/L^[2,3] 这个较大的波动区间。采用系统综述的方法,王舜钦^[4]等 2004 年的研究结果显示,我国儿童血铅

收稿日期: 2014-05-22

基金项目: 环保公益性行业科研专项(涉铅企业周边儿童血铅污染的环境暴露来源解析及防控对策研究,编号 201109064); 环保公益性行业科研专项(重金属环境健康风险重点防控区划分及分级技术研究,编号 2010467046)

作者简介: 孟聪申(1981—),男,助理研究员,研究方向: 中毒控制。

通讯作者: 孙承业,研究员, E-mail: pccsun@gmail.com。

平均值为 92.9 $\mu\text{g/L}$ ，有 33.8% 的儿童血铅水平超过 100 $\mu\text{g/L}$ ；张金良^[5]等研究表明，儿童血铅平均值为 80.7 $\mu\text{g/L}$ ，有 23.9% 的儿童血铅水平超过 100 $\mu\text{g/L}$ 。可见，我国儿童血铅平均水平和血铅超标率近年来均呈下降趋势。但与发达国家相比还存在显著的差距，1999—2002 年美国 CDC 调查结果显示^[6]，1~5 岁儿童血铅均值为 19 $\mu\text{g/L}$ ，血铅值 > 100 $\mu\text{g/L}$ 的儿童比例为 1.6%。

影响儿童血铅的因素很多，不同地区和国家儿童血铅的影响因素也会有所不同，其评价方法也会存在差异。本文对我国儿童血铅影响因素及其评价方法资料作一综述，以期为进一步研究提供思路。

1 儿童血铅的影响因素

1.1 环境因素

自然环境中铅的本底值比较低。当今人类铅摄入量及铅负荷的升高主要是铅污染造成的^[7]。含铅汽油的广泛使用和铅在现代工业中的大量应用是导致 20 世纪环境铅本底升高的两个重要原因^[8]。在汽油加铅时代，机动车尾气排放是大气铅污染的主要来源，而在汽油无铅化后，燃煤煤尘已经成为大气铅污染的最重要来源。

1.1.1 居住地理位置及周围环境

1.1.1.1 地理位置 铅污染具有明显的人为富集和空间变异性大的特征^[9]。比较沈阳、长春和北京城市土壤的调查显示，各城市间土壤中铅含量存在很大差异，沈阳、北京、长春三座城市的土壤铅平均值分别为 199.72 mg/kg、66.2 mg/kg、49.97 mg/kg^[10-13]。即使在同一城市的不同地区土壤铅浓度也存在很大差异，杭州市土壤中铅的最大值是最小值的 289 倍^[14]。

1.1.1.2 住房临街或接近主干道 尽管我国已推广无铅汽油的使用，但道路交通污染仍然是影响儿童血铅水平的主要因素之一。樊朝阳等^[15]通过调查我国 15 个中心城市 0~6 岁儿童铅中毒的影响因素得出结论，靠近主干路、住房楼层低的儿童比远离主干路、住楼层高的儿童血铅水平要高。陈欣欣等^[16]通过调查北京市 0~6 岁儿童血铅水平及其影响因素得出，居室距繁华马路 ≤ 50 m、家庭居住 1 层楼房或平房为儿童高血铅的主要危险因素（OR 值分别为 28.65、22.72、12.25）。

1.1.2 室内环境 季莘等^[17]对 2000—2005 年正式发表的关于中国儿童血铅水平状况的 20 余篇论文进行 Meta 分析显示，“居室新装修”是使儿童血铅水平升高的危险因素，其 OR 值为 6.246（95% CI 为 2.095~18.620）。樊朝阳等^[15]调查也显示，住房装修是导致儿童铅中毒的危险因素之一。这可能与房屋内装修材料有关，如油漆中含铅较多，从而增加了儿童铅暴露的危险。

灰尘是人体铅暴露的主要环境介质^[18]，WHO 估计儿童铅暴露 45% 来源于室内外尘土^[19]。边归国^[20]于 2009 年对某地儿童血铅进行调查发现，儿童血铅与室内尘总铅摄入量及总铅潜在剂量正相关但无统计学意义，与尘总铅暴露量显著相关（ $r=0.431$ ， $P=0.040$ ）。

美国环保部认为，人体暴露的铅中有 10%~20% 来自饮用水，而对于婴儿这个比例会更高。饮用水中的铅大多来自输水管道，如铅焊接、含铅水管以及水暖装置。有资料显示^[19]，从源头采集的饮用水中的铅浓度一般低于 5 $\mu\text{g/L}$ ，但由于输水管道中含铅，尤其是当水在管道中存放数小时后，饮用水中的含铅量会超过 1005 $\mu\text{g/L}$ 。而在我国未见类似研究。

1.2 机体的因素

1.2.1 儿童自身因素

1.2.1.1 性别 王舜钦等^[4]研究表明，男童血铅均值（96.4 $\mu\text{g/L}$ ）高于女童血铅均值（89.4 $\mu\text{g/L}$ ），差异具有统计学意义（ $P<0.001$ ）。张金良等^[5]2009 年研究认为，男童血铅均值（79.3 $\mu\text{g/L}$ ）高于女童血铅均值（76.9 $\mu\text{g/L}$ ），男童血铅超标率（22.5%）高于女童（19.6%），差异具有统计学意义（ $P<0.001$ ）。考虑其原因可能是男童好动、户外活动多、探索性强，且卫生习惯普遍较女童差。但国内也有少数调查显示，男童和女童血铅水平无明显差异^[21,22]。

1.2.1.2 年龄 许燕峰等^[23]对豫西地区 0~6 岁儿童血铅水平调查显示，各年龄组儿童血铅水平随年龄增加逐渐增高。屈明利等^[24]采用随机抽样的方法对西安市城郊 2673 名 0~6 岁儿童按不同年龄组进行血铅检测发现，随着年龄增大，儿童血铅超标率呈上升趋势。这一增长趋势与一些发展中国家类似，而欧美等国以 1~3 岁儿童血铅水平最高^[25]。

但在我国一些地区调查也得到不同的结论，李亚平^[26]等对北京市海滨区 5741 名儿童血铅水平调查发现，儿童的血铅水平和血铅超标率以 1 岁组儿童较高，且随着儿童年龄增长血铅超标率基本呈下降趋势。

不同调查研究结论不一致，可能由于地区间自然和社会环境差异、分组方法差异或年龄统计计算方法差异等因素造成。由于目前我国缺少全国大范围的儿童血铅水平调查，对于我国儿童血铅整体水平与年龄的确切关系尚无定论。

1.2.1.3 生活习惯 王波等^[2]对青岛市 8192 名 0~7 岁儿童血铅水平进行 Logistic 回归分析显示，咬铅笔对儿童铅中毒有显著影响。有研究表明^[27]，无良好饭前洗手习惯的儿童相对于有此习惯的儿童，血铅超标的 OR 值为 1.227~1.285。

田宏等^[28]对 2004 年 1 月~2005 年 6 月北京儿童医院 1055 例门诊患儿的调查表明，在血铅 > 100 $\mu\text{g/L}$ 的 459 人中，有 293 人不勤洗手，占 64%，高于血铅 ≤ 100 $\mu\text{g/L}$ 者，差异有统计学意义（ $P<0.01$ ）。分析其原因，可能与儿童在玩耍和学习过程中手上容易沾染大量尘土，且尚未养成良好的卫生习惯，较成人有更多的手一口接触机会有关。

1.2.1.4 饮食习惯 经口摄入是儿童铅危害的主要途径。吃爆米花、松花蛋及膨化食品均能不同程度地提高儿童铅中毒的危险性^[27]。有关部门取样检验，使用传统的爆米花机爆出的米花铅量可高达 20 mg/kg，超过国家食品卫生标准（我国食品卫生标准规定，糕点类的含铅量不得超过 0.5 mg/kg）。

此外，食品在加工过程中的铅污染也是一个不容忽视的因素，如罐装食品或饮料、用聚乙烯塑料包装袋包装的食品、

用搪瓷器品装的醋及果汁食品等含铅量较高^[17, 29, 30]。

常服用钙锌铁剂、常吃奶类制品能降低儿童铅中毒的危险性^[15]。陈欣欣等^[16]2001年5~7月调查北京市2262名0~6岁常住儿童的血铅水平,并对相关影响因素进行多因素 Logistic 回归分析显示,不常喝牛奶的儿童相对于经常喝牛奶的儿童,其血铅超标的 OR 值为 28.65。

1.2.2 父母或抚养人的因素

1.2.2.1 文化程度 樊朝阳等^[15]对15个城市0~6岁儿童血铅水平及其影响因素进行 Logistic 回归分析显示,儿童血铅水平危险因素与“父和(或)母低学历”这一危险因素相关。父母亲文化水平偏低,对铅中毒知识的了解也相对较少,在生活中很难指导儿童正确地避开相关危险因素。

1.2.2.2 职业 翟连臣等^[31]对郑州市0~5岁儿童血铅水平及相关因素调查表明,父母职业铅接触是儿童血铅水平增高的因素。何斌等^[32]和屈明利等^[24]调查也得到相同结论。

从事与铅有关职业的父母会从工作场所把含有铅的尘埃带回家,增加子女接触铅的机会。

1.2.2.3 吸烟 被动吸烟是导致儿童血铅水平升高的危险因素之一。钱莹莹等^[33]认为,相对于未被动吸烟的儿童,被动吸烟患高铅血症的 OR 值为 5.346。也有研究提示^[34],被动吸烟影响幼儿血铅水平,可能年龄越小、越易感和脆弱。

此外,母源性血铅也是儿童体内血铅的来源之一,孕妇在孕期被动和主动吸烟可使脐血铅水平明显升高^[35]。

2 我国儿童血铅及其影响因素评价方法研究

2.1 血铅的检测

儿童血铅水平处于痕量水平,容易受到检测方法、标本采集等影响。

2.1.1 标本类型 边兴艳等^[36]测定769例儿童血铅,发现不同年龄组静脉血与末梢血结果无显著性差异。国内外其他研究也有类似的结果^[37, 38]。由于儿童的血样采集有其特殊性,末梢血采集简单快捷易为家长所接受,但是易受环境及人为污染,常导致假阳性结果出现,因此,根据卫生部《血铅临床检测技术规范》规定,用于儿童铅中毒诊断的血样必需采集静脉血,群体筛查可采用末梢血。

2.1.2 检测方法 血铅检测方法众多,由于方法学原理、试验条件、操作难易程度、环境干扰因素等不同,同一样本采用不同方法检测,往往导致结果相差很大。

早期血铅测定采用二硫腈比色法,但该方法操作繁琐、试剂成本较高、灵敏度较低、重复性差,且二硫腈为有毒试剂,目前逐步为其他方法所替代^[39]。电化学法包括极谱分析法和电位溶出分析法,前者已逐渐淘汰。后者包括阳极溶出伏安法(ASV)、阴极溶出伏安法(CSV)和微分电位溶出法(DPSA),其中电位溶出法灵敏度、重复性、稳定性最高,也是我国临床认可的检测方法之一。

我国目前常用的方法主要有原子吸收光谱法(AAS)与电化学法。原子吸收光谱法包括火焰原子吸收光谱法和无火焰原子吸收光谱法,综合灵敏度、稳定性、成本等因素,无火焰原子吸收光谱法中的石墨炉原子吸收光谱法(GFAAS)

是目前我国临床认可的检测方法之一。

闫文强等^[40]通过比较认为,GFAAS和DPSA的检测结果具有很好的一致性,检测结果可靠,微分电位溶出法检测成本低、偏差较小、操作简便。电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)在微量元素分析领域占有重要地位,与其他方法相比,ICP-MS灵敏度高,检测限低,校正曲线的范围宽,可同时检测多种元素,对复杂基体样品的分析有很好的抗干扰能力。但由于全血中铅的含量基本都在 ng/ml 级别,CP-MS 检测灵敏度又高,因此必须防止由于实验室环境和试剂引入铅污染造成对测定结果的影响^[41]。

2.2 铅暴露相关日常生活行为问卷调查

目前在已开展的有关儿童血铅影响因素调查研究中,针对儿童铅暴露相关日常生活行为调查大多采用问卷调查的方式收集相关信息,所涉及的内容主要包括基本信息、家庭情况、居住环境、生活习惯和健康状况等,通过与血铅的相关与回归的统计学分析找出儿童铅暴露的危险因素和保护因素。由于调查研究的设计不同以及不同地区的自然、人文环境的差异,调查结果存在一定的差异。

2.3 精神行为量表的测量

我国在开展儿童血铅及相关因素调查中使用的量表主要包括智力测试量表和行为评定量表。

2.3.1 智力测试量表

2.3.1.1 韦克斯勒儿童智力量表(WISC) 该表于1986年引入中国。按年龄段分设成人(>16岁)、儿童(6~16岁)和学龄前及学龄初期儿童(4~6.5岁)3套量表,包括语言测验和操作测验。韦氏智力量表作为一种经典的智力测验方法,由于能够比较准确、全面地反映智力的整体和各个侧面而得到广泛地认可和应用^[42]。但是韦氏测验需要专业人员个别施测、费时费力、操作复杂。

2.3.1.2 联合型瑞文测验(Combined Raven's Test, CRT) 由华东师范大学心理学系李丹教授等根据美国心理学家瑞文创制的“瑞文推理测验”(Raven's progressive matrices, RPM)和“瑞文标准推理测验”(Raven's standard progressive matrices, SPM)修订而成,分为成人量表(CRT-AC)和儿童量表(CRT-C)^[43]。CRT克服文化背景影响和语言交往的困难,具有操作简便、省时省力、可集体施测等优点,因此,较适合流行病学大规模调查。余毅震^[44]研究表明,CRT和WISC所测结果具有高度正相关,对个体的施测结果符合性较好,认为CRT可以在大规模研究中作为WISC量表的替代工具。

2.3.2 行为评定

2.3.2.1 Achenbach 儿童行为量表(简称 CBCL) 该量表主要用于筛查儿童的社交能力和行为问题,有3种问卷形式,分别供家长、老师和10岁以上的儿童自己填写。家长问卷适用于4~16岁儿童,包括一般项目、社交能力和行为问题三部分^[45]。该量表是目前我国儿童血铅研究中应用较多的量表之一,刘建安等^[46]采用CBCL进行问卷调查研究表明,低水平铅暴露对儿童外向行为具有负性影响。陈红慧等^[47]调查研究亦得到相似结论。

2.3.2.2 Rutter 儿童行为问卷 该问卷主要用于评定小学生的情绪和行为问题,包括父母问卷和教师问卷,对儿童在家庭和学校中表现分别进行评定。问卷分为两类:第一类反社会行为(A行为),包括经常破坏自己和别人的东西、不听管教、时常说谎、欺负别人、偷东西等问题行为;第二类神经症行为(N行为),包括肚子痛和呕吐、经常烦恼、害怕新事物和新环境、拒绝上学、睡眠障碍等问题行为^[48]。刘敖大^[42]通过该问卷研究表明,铅中毒对儿童智力发育及行为有密切关系。但在使用 Rutter 儿童行为问卷时需要注意,儿童不同场合表现的行为问题及不同观察者的角度发现的问题存在差异,父母易发现神经症性问题,教师易于发现违纪或反社会问题^[48]。

2.3.2.3 Connors 儿童行为问卷 该问卷可用于筛查儿童的行为问题,特别是多动症,主要有父母问卷、教师问卷及父母教师问卷。虽然笔者在国内有关儿童铅中毒文献中未发现应用此问卷的研究,但有国内学者调查显示^[49],Connors 问卷应用于学龄前儿童行为问题的调查研究有着较好的效度,行为问题的检出率在性别之间和年龄之间差异无显著性。

参考文献:

- [1] 刘慧,李英娥,隋桂英. 儿童铅中毒的研究进展 [J]. 济宁医学院学报,2003,26(1): 70-72.
- [2] 王波,牛海青,蒋玉红,等. 青岛市0~7岁儿童血铅水平测定及影响因素分析 [J]. 医学检验与临床,2009,20(2): 37-39.
- [3] 唐梅. 达州市城区学龄前儿童血铅水平调查 [J]. 职业卫生与职业病,2007,22(2): 106-108.
- [4] 王舜钦,张金良. 我国儿童血铅水平分析研究 [J]. 环境与健康杂志,2004,21(6): 355-360.
- [5] 张金良,何康敏,王舜钦,等. 中国儿童血铅水平及变化趋势研究 [J]. 环境与健康杂志,2009,26(5): 393-397.
- [6] CDC. Blood lead levels—United States, 1999—2002 [J]. Morb Mortal Wkly Rep, 2005, 54(20): 513-516.
- [7] 袁宝珊,吴宜群. 环境铅污染与儿童健康 [J]. 国外医学(卫生学分册),1998,25(4): 193-197.
- [8] 沈晓明. 儿童铅中毒 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1996: 216.
- [9] 贾玲侠,宋文斌. 城市铅污染对人体健康的影响及防治措施 [J]. 微量元素与健康研究,2007,24(6): 38-41.
- [10] 任慧敏,王金达,张学林. 沈阳市土壤铅的空间分布及风险评估研究 [J]. 地球科学进展,2004,19(S1): 429-432.
- [11] 王金达,刘景双,于君宝,等. 沈阳市城区土壤和灰尘中铅的分布特征 [J]. 中国环境科学,2003,23(3): 300-304.
- [12] 郑袁明,余轲. 北京城市公园土壤铅含量及其污染评价 [J]. 地理研究,2002,21(4): 418-424.
- [13] 郭平,谢忠雷,李军,等. 长春市土壤重金属污染特征及其潜在生态风险评估 [J]. 地理科学,2005,25(1): 108-112.
- [14] 符娟林,章明奎,厉仁安. 杭州城市土壤铅的化学形态和可溶性研究 [J]. 浙江大学学报·农业与生命科学版,2004,30(3): 305-310.
- [15] 樊朝阳,戴耀华,谢晓桦,等. 中国15城市0~6岁儿童铅中毒影响因素的研究 [J]. 中国儿童保健杂志,2006,14(4): 361-363.
- [16] 陈欣欣,滕红红,王凤芝,等. 北京市0~6岁儿童血铅水平与相关影响因素的研究 [J]. 中华流行病学杂志,2003,24(10): 868-871.
- [17] 季莘,李春建,张卫兵. 影响儿童铅水平的因素分析 [J]. 中国妇幼保健,2007,22(16): 2176-2178.
- [18] Yiin L M, Rhoads G G, Liyo P J. Seasonal influences on childhood lead exposure [J]. Environ Health Perspect, 2000, 108(2): 177-182.
- [19] IPCS. Environmental health criteria85: Inorganic Lead Geneva [M]. WHO, 1993: 49-50.
- [20] 边归国. 室内尘埃中铅的赋存形态与儿童血铅的相关性研究 [J]. 中国环境监测,2009,25(6): 94-98.
- [21] 张淑伟,郑文柱. 济宁市部分3~7岁儿童血铅水平及其影响因素调查研究 [J]. 中国热带医学,2007,7(2): 280-281.
- [22] 李芳芳,柴娟. 衡水市9875例儿童血铅检测结果分析 [J]. 中国实用医药,2009,4(8): 248-249.
- [23] 许燕峰,乔月妮,曹焕珍,等. 豫西地区0~6岁儿童血铅水平及影响因素的流行病学研究 [J]. 中国儿童保健杂志,2004,12(2): 133-134.
- [24] 屈明利,薛向阳,马旗,等. 西安地区0~6岁不同年龄组儿童铅中毒与影响因素相关性分析 [J]. 中国优生与遗传杂志,2008,16(8): 118-119.
- [25] Succop P, Bornschein R, Brown K, et al. An empirical comparison of lead exposure pathway models [J]. Environ Health Perspect, 1998, 106(Suppl 6): 1577-1583.
- [26] 李亚平,刘惠云,孙丽荣,等. 海淀区5741名儿童血铅水平调查 [J]. 中国儿童保健杂志,2007,15(5): 561-562.
- [27] 戴耀华,樊朝阳. 中国儿童铅中毒的影响因素 [J]. 中国实用儿科杂志,2006,21(3): 165-167.
- [28] 田宏,焦宏,齐可民. 儿童铅中毒高危因素分析 [J]. 实用儿科临床杂志,2006,21(18): 1221-1222.
- [29] 杨凡,杨惠,毛萌,等. 成都地区0~8岁儿童血铅水平及相关危险因素分析 [J]. 中国儿童保健杂志,2007,15(1): 83-84.
- [30] 周世兴,方志发. 铅元素与儿童健康关系的研究进展 [J]. 广东微量元素科学,1999,6(2): 9-11.
- [31] 翟连臣,闫臻,路娜. 0~5岁儿童血铅水平及相关因素调查结果分析 [J]. 中国妇幼保健,2005,20(23): 3145-3146.
- [32] 何斌,黄广文,熊朝丹. 长沙市区0~6岁儿童铅中毒与家庭环境关系的初步分析 [J]. 实用预防医学,2006,13(5): 1254-1256.
- [33] 钱莹莹,张檀,陈意振,等. 儿童铅污染防治效果分析 [J]. 中国妇幼保健,2007,22(4): 481-483.
- [34] 刘建安,静进,易欢琼,等. 被动吸烟与幼儿血铅水平关系的研究 [J]. 中国公共卫生,2000,16(11): 977-978.
- [35] 任太芳,丰慧根,潘莹,等. 吸烟对脐血铅水平及新生儿神经行为发育的影响 [J]. 实用儿科临床杂志,1998,13(4): 221-222.
- [36] 边兴艳,张子军,吴向军,等. 儿童血铅测定静脉血与末梢血的结果比较 [J]. 中国医药导报,2008,5(35): 39-40.
- [37] Anticona C, Bergdahl I A, San S M. Lead exposure among children from native communities of the Peruvian Amazon basin [J]. Rev Pa-

- nam Salud Publica, 2012, 31 (4): 296-302.
- [38] 杨静. 末梢与静脉两种采血方式在儿童血铅检验中的应用分析 [J]. 中国儿童保健杂志, 2009, 17 (4): 375.
- [39] 郜振彦, 余晓刚, 吴美琴, 等. 儿童血铅检测方法的研究进展 [J]. 国际检验医学杂志, 2013, 34 (12): 1554-1557.
- [40] 闫文强, 叶政德. 人体血铅检测方法的比较 [J]. 中国误诊学杂志, 2009, 9 (1): 38.
- [41] 尹之全, 姜严, 牛丽凤. ICP-MS 检测全血铅的研究进展 [J]. 中国实用医药, 2011, 6 (4): 255-256.
- [42] 刘放大. 1298 例儿童血铅水平对儿童智商行为的影响分析 [J]. 中国妇幼保健, 2009, 24 (10): 1366-1367.
- [43] 甄炜, 辛爱霞. 瑞文推理测验联合型 (CRT) 在城市幼儿中的测试报告 [J]. 教育理论与实践, 2004, 24 (20): 59-62.
- [44] 余毅震, 吴汉荣, 黄艳. 联合型瑞文智力测验的应用研究 [J]. 中国校医, 1999, 13 (5): 329-331.
- [45] 徐韬园, 忻仁娥, 林霞凤, 等. Achenbach 儿童行为量表在上海市中小學生中的应用 [J]. 上海精神医学, 1991, 3 (1): 1-3.
- [46] 刘建安, 刘德华, 静进, 等. 儿童低水平铅暴露与神经行为关系的研究 [J]. 中国当代儿科杂志, 2002, 4 (4): 303-304.
- [47] 陈红慧, 江蕙芸, 谢佩琳, 等. 南宁市学龄前儿童血铅水平对体格发育和心理行为影响的研究 [J]. 广西医科大学学报, 2006, 23 (3): 424-426.
- [48] 宣煦, 梁志中, 康传媛, 等. Rutter 儿童行为量表父母及教师问卷在小学生中应用比较 [J]. 中国学校卫生, 2008, 29 (11): 1002-1003.
- [49] 余文. Connors 问卷评价学龄前儿童行为问题的应用研究 [J]. 中国儿童保健杂志, 2001, 9 (5): 338.

我国不同地域儿童血铅和尿铅稳定同位素比值比较

张宏顺¹, 孟聪申¹, 李惠玲², 周博², 孙承业¹

(1. 中国疾病预防控制中心职业卫生与中毒控制所, 北京 100050; 2. 首都医科大学附属北京朝阳医院, 北京 100020)

摘要: 目的 分析国内不同地域的儿童血铅和尿铅同位素比值特征, 并探讨同体血液和尿液铅同位素比值间的相关性。方法 从山西和云南两区域抽取 3~14 岁儿童 264 名, 按照国家有关标准和规范的要求采集被调查儿童的血液和尿液样品, 使用电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 法对采集样品进行铅同位素比值测定。结果 山西和云南被调查地区儿童的 3 个血铅同位素比值 ($^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) 显著不同 ($P < 0.01$); 而同体血铅和尿铅的同位素比值则不具有相关性 (r 值分别为 -0.105 、 0.052 和 0.363 , P 值分别为 0.641 、 0.818 和 0.097)。结论 不同地域儿童血铅同位素比值不同, 同一地域内临近城镇的儿童血铅同位素比值特征也有一定差别, 同体尿铅和血铅的同位素比值不具有显著相关性。

关键词: 儿童; 铅; 同位素

中图分类号: R179 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2004)04-0255-03 DOI: 10.13631/j.cnki.zggyx.2014.04.006

Comparison of stable isotope ratio of blood lead and urine lead from two different areas in China

ZHANG Hong-shun*, MENG Cong-shen, LI Hui-ling, ZHOU Bo, SUN Cheng-ye

(* . National Institute of Occupational Health and Poison Control, Chinese Center for Disease Control and Prevention, Beijing 100050, China)

Abstract: **Objective** To compare feature of isotope ratio of blood lead and urine lead from different areas in China, and the correlation of the ratios of blood lead and urine lead. **Methods** The blood and urine samples of 264 3—14 years old children from Shanxi and Yunnan Provinces were collected according to national technical standards or manuals; the lead isotope ratios of these samples were determined by inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). **Results** There was significant difference between the ratios among three blood lead isotopes ($^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) of these children both from Shanxi or Yunnan ($P < 0.01$); meanwhile, there was no correlation between the blood and urine lead isotope ratios despite they are taken from same individual, the r value and P value were -0.105 , 0.052 , 0.363 and 0.641 , 0.818 , 0.097 , respectively.

Conclusion The results suggested that the blood lead and urine lead isotope ratios were different despite they were from towns or rural areas, besides, there was no correlation between blood and urine lead isotope ratios.

Key words: child; lead; isotope

收稿日期: 2014-05-22

基金项目: 环保公益性行业科研专项 (涉铅企业周边儿童血铅污染的环境暴露来源解析及防控对策研究, 编号 201109064); 环保公益性行业科研专项 (重金属环境健康风险重点防控区划分及分级技术研究, 编号 2010467046)

作者简介: 张宏顺 (1973—), 男, 副主任医师, 研究方向: 中毒控制。

通讯作者: 孙承业, 研究员, E-mail: pccsun@gmail.com。