

- 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] 邵振彦, 余晓刚, 吴美琴, 等. 儿童血铅检测方法的进展 [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] 刘敬大. 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] 甄伟, 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] 徐韶园, 忻仁娥, 林霞凤, 等. Achenbach 儿童行为量表在上海市中小学生的应用 [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. Conners 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。

自然界铅有 4 种稳定同位素, 分别是²⁰⁴Pb、²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb 和²⁰⁸Pb。自然界物质的铅稳定同位素比值在相当长时间内是稳定不变的, 基本不受形成后所处地球化学环境的影响。这就使自然界物质具有特殊的铅同位素指纹特征^[1-3]。国外很早就开始使用此类技术进行血铅暴露来源解析的研究工作^[4], 但在国内相关研究工作尚处于起步阶段。本研究从我国陕西和云南两地抽取部分儿童, 测定其血液和尿液样品的铅稳定同位素比值, 并对相关比值特征进行分析, 以期为我国使用铅稳定同位素示踪技术开展铅暴露来源解析工作打下基础。

1 对象与方法

1.1 对象

从山西某县城关小学抽取儿童 72 名; 从云南某县 3 个乡镇 (A、B、C) 抽取儿童 192 名, A 和 B 乡镇相距约 20 km, B 和 C 乡镇相距约 40 km。

入选标准: 年龄 3~14 岁; 长期在被调查地居住, 近半年未长时间 (>1 月) 离开居住地; 身体健康, 无器质性脏器疾患。调查问卷收集研究对象的年龄、性别、受教育情况、居住地居住时间以及身体健康状况等一般情况。

1.2 生物样品的采集与检测

生物样品采集前请调查对象的监护人签署知情同意书, 采集血液和尿液样品。山西和云南两地所有被调查儿童均留取血液样品。同时从云南省某县 B 乡镇被调查儿童中抽取 22 名, 采集血液样品时同时留取尿液样品。

在儿童居住地的综合医院或学校医务室设置专门采集间和等候间进行血液和尿液样品的采集。血液样品采集严格按照《血铅检验临床技术规范》(卫医发[2006]10 号) 的要求进行, 尿液样品采集严格按照《尿中铅的石墨炉原子吸收光谱测定方法》(WS/T18—1996) 的要求进行, 血液和尿液样品采集后在 4℃ 冷藏保存和运输。铅同位素比值检测采用电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 法。

1.3 质量控制

采集血液和尿液的医务人员均经过专门培训。采集血液样品使用的采血针、抗凝试管、消毒棉签、无粉乳胶手套在使用前均抽样进行了铅含量测定。每次采血开始前、采血中和采血结束时, 分别用 0.5% 硝酸各做两个采样空白进行铅含量检测, 以了解采血过程有无铅污染。

采集尿液样品使用的聚乙烯塑料瓶在使用前使用硝酸浸泡, 并抽样进行铅含量测定。尿液样品采集时, 医务人员对儿童监护人进行指导。在尿液采集过程中, 用 0.5% 硝酸做采样空白进行铅含量检测, 以了解采尿过程有无铅污染。

所有质控样品的检测结果均未检出铅。

1.4 统计学方法

使用 Excel 2010 录入建立数据库, 采用 SPSS18.0 统计软件对数据进行统计分析, 主要统计分析方法包括描述性统计、方差分析、*t* 检验、相关分析等。

2 结果

2.1 基本情况

山西某县城关小学抽取儿童 72 名, 男 36 名、女 36 名,

年龄 7~12 岁、平均 (9.90 ± 1.44) 岁。云南某县 3 个乡镇抽取儿童 192 名, 男 108 名、女 84 名, 年龄 3~13 岁、平均年龄 (7.97 ± 2.99) 岁, 小学生 110 名、幼儿园儿童 59 名、散居儿童 23 名。

2.2 血铅同位素比值特征比较

2.2.1 山西和云南两地区儿童血铅同位素比值特征比较 从图 1 (封三) 所示的散点图可以看出, 山西和云南两地的儿童血铅同位素比值特征明显不同, 两地之间很少有重叠。进一步统计分析显示: 山西和云南被调查地区儿童的 3 个血铅同位素比值 (²⁰⁴Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb) 具有明显的不同特征, 差异有统计学意义。见表 1。

表 1 山西和云南两地儿童血铅同位素比值特征比较

地区	人数	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb
山西	72	0.052 75 ± 0.000 07	0.861 35 ± 0.000 70	2.098 02 ± 0.002 28
云南	192	0.055 48 ± 0.000 07	0.851 90 ± 0.000 34	2.051 27 ± 0.001 91
<i>t</i> 值		27.262	-12.194	-15.722
<i>P</i> 值		0.000	0.000	0.000

2.2.2 云南 3 个乡镇儿童血铅同位素比值特征比较 从图 2 (封三) 所示的散点图可以看出, 云南被调查的 3 个乡镇儿童血铅同位素比值特征散点虽然有部分交叉重叠, 但仍有不同。进一步方差分析统计结果显示: 3 个乡镇儿童的 3 个血铅同位素比值 (²⁰⁴Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb 和²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb) 具有明显的不同特征, 差异有统计学意义。见表 2。两两比较 (bonferroni 法) ²⁰⁴Pb/²⁰⁶Pb, A 和 B 之间有差异 (*P* = 0.002), A 和 C 之间无差异 (*P* = 0.148), B 和 C 之间有差异 (*P* = 0.000); 两两比较 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb, A 和 B 之间无差异 (*P* = 1.000), A 和 C 之间有差异 (*P* = 0.008), B 和 C 之间有差异 (*P* = 0.017); 两两比较 ²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb, A 和 B、A 和 C、B 和 C 之间均有差异 (*P* = 0.000)。

表 2 云南 3 个乡镇儿童血铅同位素比值特征比较

乡镇	人数	²⁰⁴ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb
A	51	0.055 26 ± 0.000 14	0.852 79 ± 0.000 60	2.054 01 ± 0.002 88
B	100	0.055 83 ± 0.000 10	0.852 26 ± 0.000 38	2.039 08 ± 0.002 44
C	41	0.054 86 ± 0.000 11	0.849 87 ± 0.000 99	2.078 27 ± 0.002 16
<i>F</i> 值		16.906	5.228	47.623
<i>P</i> 值		0.000	0.006	0.000

2.3 自体血铅和尿铅同位素比值的相关性分析

云南某县 B 乡镇 22 名被调查儿童的自体血铅和尿铅同位素比值检测结果见表 3。对 22 名儿童自体血铅和尿铅的 3 个同位素比值进行 Spearman 相关性分析显示: ²⁰⁴Pb/²⁰⁶Pb (*r* = -0.105, *P* = 0.641)、²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb (*r* = 0.052, *P* = 0.818)、²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb (*r* = 0.363, *P* = 0.097), 自体血铅和尿铅的 3 个血铅同位素比值均不具有相关性, 无统计学意义。

3 讨论

儿童铅中毒已经成为影响儿童身体健康的社会公众普遍关注问题。近年来, 我国全面禁止使用含铅汽油后, 国内儿

表 3 B 乡镇 22 名儿童同体血铅和尿铅同位素比值情况

编号	$^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	
	尿液	血液	尿液	血液	尿液	血液
1	0.060 34	0.054 96	0.844 57	0.858 13	2.068 14	2.068 77
2	0.058 24	0.055 93	0.855 52	0.854 21	2.098 31	2.058 2
3	0.058 19	0.055 33	0.848 87	0.849 95	2.077 59	2.057 05
4	0.057 18	0.056 37	0.847 7	0.854 71	2.037 51	2.026 89
5	0.057 21	0.055 73	0.850 81	0.854 32	2.067 17	2.035 46
6	0.058 67	0.055 48	0.843 83	0.856 84	2.047 01	2.062 97
7	0.060 47	0.055 71	0.848 56	0.854 25	2.088 4	2.042 82
8	0.059 81	0.055 15	0.849 5	0.847 01	2.086 24	2.057 9
9	0.060 51	0.055 6	0.871 5	0.848 7	2.006 46	2.025 84
10	0.057 74	0.055 09	0.851 45	0.849 85	2.081 37	2.061
11	0.056 78	0.055 24	0.847 77	0.852 56	2.073 79	2.052 25
12	0.057 42	0.055 08	0.846 17	0.852	2.076 44	2.060 2
13	0.058 92	0.055 71	0.850 21	0.853 3	2.086 75	2.082 59
14	0.057 11	0.055 12	0.843 68	0.848 82	2.073 41	2.045
15	0.056 77	0.055 6	0.852 61	0.853 27	2.065 6	2.021 29
16	0.056 05	0.056 24	0.851 98	0.854 08	2.065 79	2.029 05
17	0.057 57	0.053 47	0.848 24	0.843 73	2.075 54	2.094 31
18	0.057 46	0.055 68	0.850 34	0.846 05	2.079 49	2.076 14
19	0.060 47	0.054 98	0.845 73	0.845 87	2.076 63	2.070 96
20	0.057 71	0.054 45	0.844	0.843 5	2.026 08	2.062 3
21	0.058 18	0.055 92	0.859 35	0.853 34	2.085 6	2.051 3
22	0.058 32	0.054 29	0.843 05	0.847 36	2.057 54	2.074 82

童血铅水平呈下降趋势,但仍显著高于发达国家水平,涉铅企业环境污染、含铅食品及包装材料、含铅玩具、居室装修、燃煤污染等都是增加儿童铅暴露的重要因素^[5]。儿童铅中毒最重要的一项防控措施就是切断儿童铅暴露的途径,而明晰儿童铅中毒的主要暴露来源则是采取合理防控策略的前提。

从上世纪 80 年代开始,国外专业人员就开始使用铅同位素检测技术进行儿童血铅暴露来源解析研究工作。美国是开展血铅暴露同位素溯源研究工作最早的国家。上世纪 80 年代初期,美国 Yaffe 等就对来自加利福尼亚州奥克兰市部分儿童的血液样品进行了铅同位素检测分析,经过与当地的汽油、土壤、灰尘、油漆、空气以及纸张等环境暴露样品的铅同位素比值比较,结果发现这些儿童的铅暴露来源最可能是房屋外墙的油漆^[6]。1998 年,秘鲁 Naeher 等人在该国两个城市 (Lima and Callao) 对 2510 名儿童进行了血铅水平调查,本次人群调查中使用了铅同位素分析技术,调查结果表明 Callao 的儿童铅暴露来源更近似于该城附近矿山的矿石,而不是汽油^[7]。目前,国内在儿童血铅暴露来源解析方面的研究工作非常有限,仅在生物材料(血液、尿液和头发)铅同位素 ICP-MS 检测方法的建立和基体效应影响等方面开展了一些研究工作^[8-9]。

本研究发现,山西和云南两地儿童 $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 3 个血铅同位素比值在散点图上明显分属于两个

总体,同位素比值特征具有显著差异。云南某县 3 个乡镇的儿童血铅同位素比值特征虽然也有统计学差异,但没有山西和云南两地间差异大。铅进入儿童体内的主要途径是消化道和呼吸道,其中消化道所占比例在 80% 以上,手一口途径是最重要的暴露方式。儿童铅暴露主要因素中的铅都来源于本区域自然环境,因而自然环境的铅同位素比值特征是影响血铅同位素比值特征的最重要因素。我国地域广阔,不同省份土壤等自然环境本底中的铅同位素比值具有明显地域差异性^[10],这也是造成本研究山西和云南两地儿童血铅同位素比值特征显著不同的原因。同时,由于不同城镇间还可能存在着涉铅企业、道路交通、燃煤、外来饮食和装饰材料等与自然环境铅同位素比值特征不同的铅暴露因素影响,因而造成了同一区域内临近乡镇的儿童血铅同位素比值特征也会存在一些小的差异。

本研究结果还显示同一儿童的血液和尿液中铅同位素比值特征并无明显相关性。由于铅吸收入血后,大多数与红细胞稳定结合,血铅可反映近 2~3 个月铅接触情况;肾脏仅是铅从体内排出的一种途径,尿铅受影响因素较多,是反映近期接触的指标,这种差异可能导致同时采集的血液和尿液中铅同位素构成有所差异。另外,如果铅的不同同位素在体内代谢规律不完全相同,也可以造成血液和尿液中铅同位素构成发生变化。但现有研究对这一现象还难以有圆满解释,需要进行深入研究。

参考文献:

- [1] Kaste J M, Friedland A J, Stürup S. Using stable and radioactive isotopes to trace atmospherically deposited Pb in montane forest soils [J]. Environ Sci Technol, 2003, 37 (16): 3560-3567.
- [2] 张建芳,张刚阳. 铅同位素在矿床研究和找矿勘探中的应用综述 [J]. 地质找矿论丛, 2009, 24 (4): 322-328.
- [3] 金正耀. 铅同位素示踪方法应用于考古研究的进展 [J]. 地球学报, 2003, 24 (6): 548-551.
- [4] Gulson B L, Howarth D, Mizon K J, et al. Source of lead in humans from Broken Hill mining community [J]. Environ Geochem Health, 1994, 16 (1): 19-25.
- [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): 393-398.
- [6] Yaffe Y, Flessel C P, Wesolowski J J, et al. Identification of lead sources in California children using the stable isotope ratio technique [J]. Arch Environ Health, 1983, 38 (4): 237-245.
- [7] Naeher L P, Rubin C S, Hernandez-Avila 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.
- [8] 曾静,王晓燕,刘虎生,等. CAIS 法校正 ICP-MS 测定血铅浓度及同位素比值基体效应的研究 [J]. 光谱学与光谱分析, 2007, 27 (2): 374-377.
- [9] 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, 28 (3): 375-377.
- [10] 张晓静,胡清源,朱凤,等. ICP-MS 测定土壤中铅同位素比值及地域差异性比较 [J]. 分析实验室, 2009, 28 (12): 77-81.

我国不同地域儿童血铅和尿铅稳定同位素比值比较 (正文见255~257页)

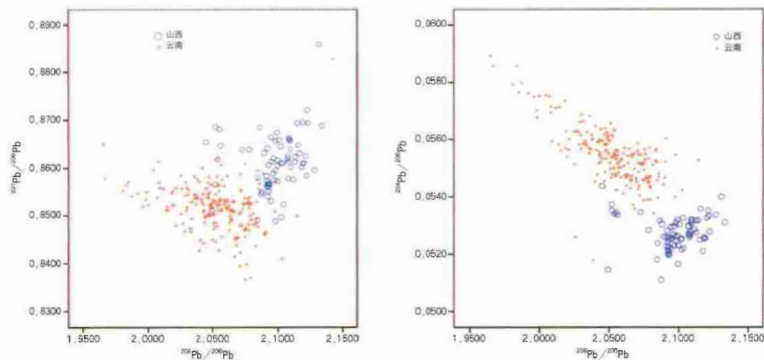


图1 山西和云南两地儿童血铅同位素比值散点图

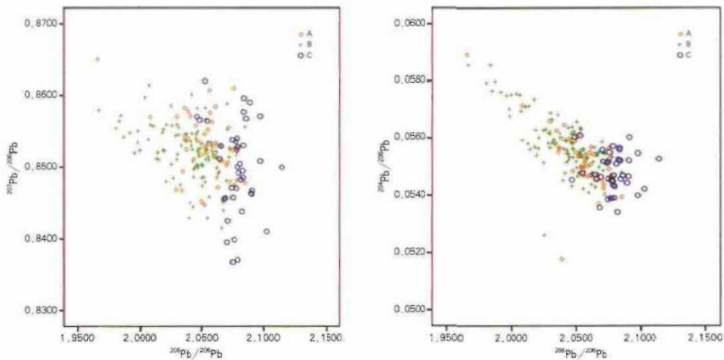
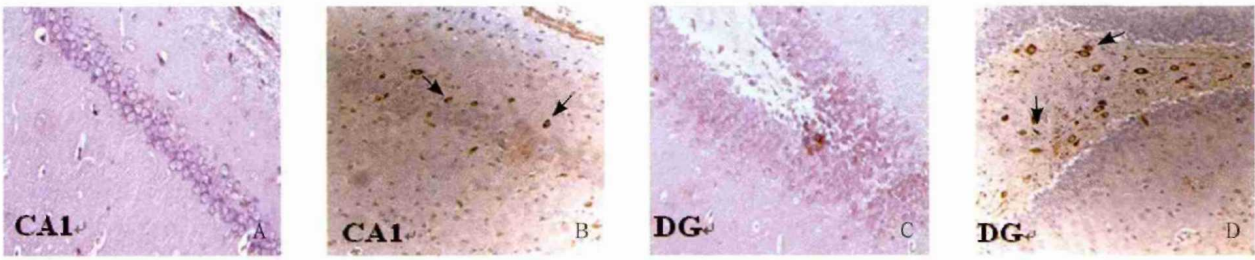


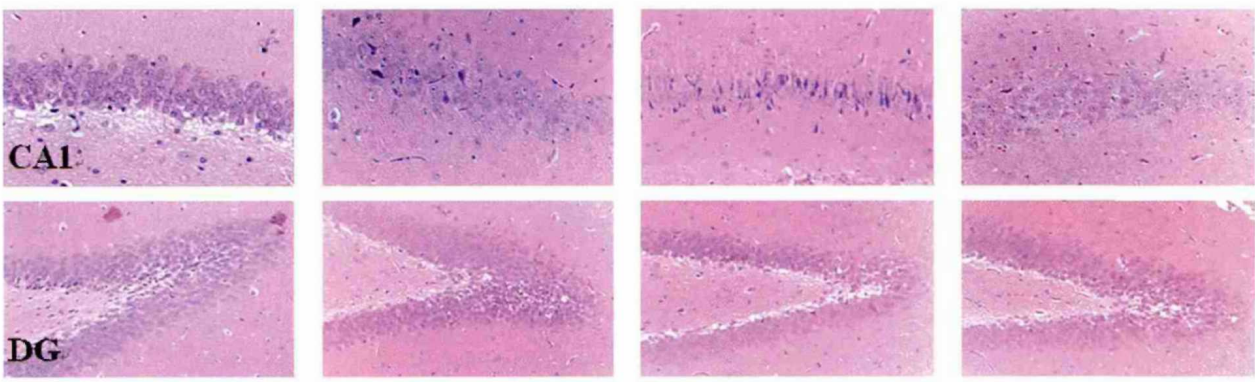
图2 云南三个乡镇儿童血铅同位素比值散点图

脑海马HO-1持续过表达在急性CO中毒迟发性脑病中的作用 (正文见264~268页)



注：A——对照组大鼠脑海马CA1区HO-1免疫组化染色阴性；B——CO染毒10 d大鼠脑海马CA1区锥体细胞HO-1免疫组化染色阳性（箭头所示）；C——对照组大鼠脑海马DG区HO-1免疫组化染色阴性；D——CO染毒10 d大鼠脑海马DG区颗粒细胞HO-1免疫组化染色阳性（箭头所示）

图2 CO染毒大鼠脑海马CA1和DG区HO-1免疫组化结果



注：对照组海马CA1区锥体细胞层和DG区颗粒细胞层细胞排列规则，细胞核呈蓝色，胞浆为淡红色，细胞核大而圆；CO染毒组和hemin干预组大鼠海马神经元出现明显变性坏死，CA1区锥体细胞胞体变小，核浓缩深染，细胞排列紊乱，组织疏松，锥体细胞层变薄，纤维结缔组织增生；DG区颗粒细胞密度降低，细胞排列不规则；SnPP干预组大鼠海马损伤轻，神经元形态和细胞层分布与对照组相似

图5 各组大鼠脑海马CA1、DG区HE染色

空气实时监测系统在大气放射性核素监测中的应用 (正文见272~274页)

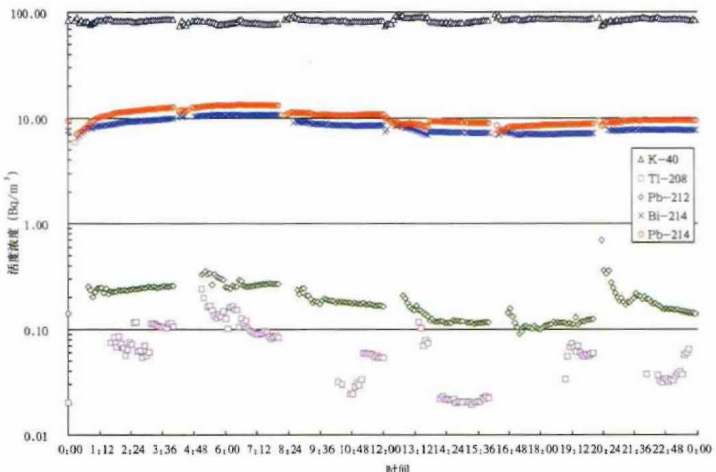


图3 实时监测系统中天然放射性核素活度浓度变化

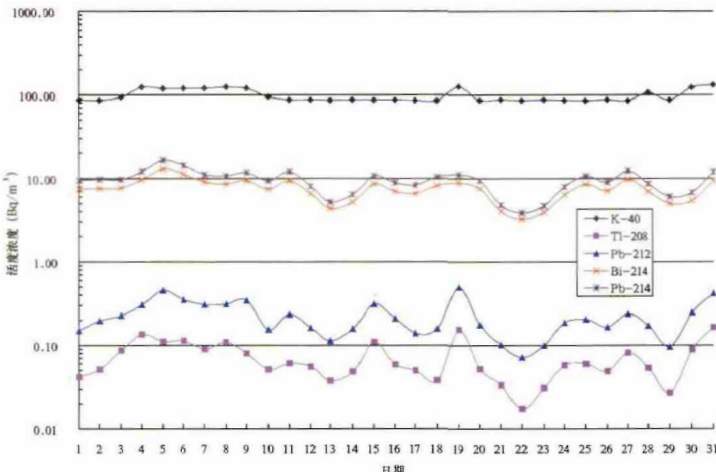


图4 实时监测系统中天然放射性核素活度浓度日均值变化