

# 成人铅接触的生物标志物研究进展

邹建芳<sup>1</sup>, 杨晨芸<sup>2</sup>

(1. 山东省职业卫生与职业病防治研究院, 山东 济南 250002; 2. 济南市职业病院, 山东 济南 250005)

**摘要:** 通过复习国内外文献, 按照铅的接触性生物标志物——血铅、骨铅、尿铅、发铅、乳铅等进行汇总分析, 探讨成人铅接触的生物标志物及与健康关系的评价。结果: (1) 血铅包含血液铅、血浆铅。入血液循环的铅 99% 以上存于红细胞中, 不到 1% 存在于血浆中; 血浆铅是反映机体近期铅暴露水平的较好指标, 亦代表能进入胎盘的那部分铅, 比全血铅更说明铅对胎儿的危害。此外, 血铅与骨铅呈正相关。(2) 尿铅浓度升高提示近期有铅接触, 但尿铅波动较大, 有去离子化干扰的问题, 影响因素较多。血铅与尿铅的相关系数在 0.284~0.850 之间。(3) 骨铅可以作为累积性铅接触的生物标志物, 用于研究慢性铅接触与健康的关系。其监测方法为 X 线荧光仪 (XRF)。影响骨铅转运与年龄、妊娠及哺乳、钙离子的代谢密切相关。(4) 发铅是检验环境铅暴露的理想指示器, 既可反映人体铅负荷状态, 亦可反映环境污染状况。但发铅的正常值范围较大, 目前没有统一。(5) 监测母血铅和乳铅水平对预防儿童铅中毒有重要意义。乳铅的波动范围也较大。总之, 较可靠铅接触的生物标志物对评价人体接触剂量、筛选高危和易感人群、铅中毒的诊断、制定治疗方案以及评估疗效有重要意义; 但在评价结果时应考虑个体因素、样本类型、检测时间、检测方法和实验室条件等的影响。

**关键词:** 铅接触生物标志物; 成人; 研究进展

中图分类号: R135.11 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2010)01-0035-04

Review of research progress on biomarker of lead exposure in adult

ZOU Jian-fang YANG Chen-yun

(1. Shandong Provincial Academy for Occupational Health and Occupational Disease Control, Shandong 250002, China; 2. Jinan Occupational Hospital, Jinan 250005, China)

**Abstract:** Through literature review, analyze the relationship between these indices as blood lead, urine lead, bone lead, hair lead, and milk lead etc. and health to explore the reliable biomarker of lead exposure in adult. Result: (1) Blood lead (including whole blood lead and plasma lead), 99% of blood lead stored in red blood cell, less than 1% blood lead existed in plasma, but the latter is a better index of recent lead exposure and the part which could go into placenta, therefore it could better explain the extent of injury to fetus. Additionally, blood lead (Cumulative Blood Lead Index) showed positive relationship with bone lead. (2) Urinary lead. Risen urinary lead suggests recently lead exposure, but it has larger fluctuation range and has more influence factors such as the interference of deionization. The interrelation coefficient between blood lead and urine lead is 0.284-0.850. (3) Bone lead. Bone lead could be used as a biomarker of accumulative lead exposure which may use for studying the relationship between chronic lead exposure and health. X-ray fluorescence analyzer (XRF) is the common method for bone lead monitoring. Bone lead transfer is closely correlated with age, pregnancy, lactation, and calcium ion metabolism. It has intimate connection with cognition, blood pressure and renal function especially on renal tubules. (4) Hair lead. Hair lead is an ideal indicator of environmental lead exposure, which either reflexes lead burden in body or environmental pollution, but it has larger fluctuation range. (5) Milk lead. It is also an important monitoring index which will be especially helpful in prevention of child lead intoxication, despite it also has larger fluctuation range. The review suggested that the reliable biomarker of lead exposure showed quite important significance in assessing individual exposure, dose screening high-risk or susceptible population, diagnosing lead poisoning, establishing therapeutic protocol and evaluating curative effect etc., and it is necessary to think over individual factor, a sample type, measure time, detecting method and laboratory condition during assessing measuring results.

**Key words:** biomarker for lead exposure; adult; study progress

铅接触的生物标志物对评价人接触剂量、探索健康损害

早期敏感的检测指标、筛选高危和易感人群、中毒的诊断、制定治疗方案以及评估疗效有重要意义。现将铅接触生物标志物研究进展作一综述。

收稿日期: 2009-05-18 修回日期: 2009-09-07

基金项目: 山东省医学科学院基金 (项目编号 2007-04)

作者简介: 邹建芳 (1968-), 女, 主任医师, 硕士生导师, 从

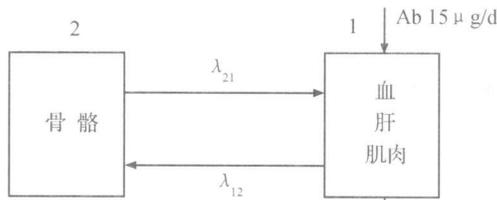
事职业中毒临床和研究工作。

1 铅在人体中的代谢和动力学模型

铅可通过呼吸道、消化道和皮肤进入人体。人每日从自

然环境中的食物、水、空气摄入铅  $40 \sim 50 \mu\text{g}$  进入血液的铅大多经肾脏、消化道随尿、粪排出，少量通过唾液、奶汁、汗液、月经等排出；另一部分在血液中以磷酸氢铅、甘油磷酸化合物、蛋白质化合物或  $\text{Pb}^{2+}$  态循环至全身， $91\% \sim 95\%$  以不溶性的磷酸三铅存在于骨骼中，仅少量储存于肝、脾、脑等器官和细胞内。储存于肌肉、肝、肾、脑等组织中的铅随时与血液维持动态交换，也可被依地酸二钠钙螯合由尿排出<sup>[1]</sup>。

瑞典科学家 Ahgren 等人根据正常人和铅污染人群的统计结果，制定出人体代谢的动力学模型，如图 1 所示。



吸收量:  $Ab 15 \mu\text{g/d}$ ; 日交换率:  $\lambda_{10} 0.650 \times 10^{-2}$ ,  $\lambda_{12} 0.161 \times 10^{-2}$ ,  $\lambda_{21} 0.100 \times 10^{-3}$ 。(注:  $\lambda_{21}$  表示骨铅到软组织池年转运率为  $3.5\%$ 。)

图 1 铅进入人体的动力学模型示意

上述动力学模型对非职业或环境污染时接触铅的人群进行了推算，日吸收量为  $15 \mu\text{g/d}$  日交换率  $\lambda_{10}$ ,  $\lambda_{12}$ ,  $\lambda_{21}$ , 55 年后该人群血铅为  $0.43 \mu\text{mol/L}$ ，骨铅为  $3 \mu\text{g/g}$  这些值与瑞典正常人参照值相吻合。Aghren 对职业接触铅的人群进行了同样的分析：若某一人群平均血铅  $3.4 \mu\text{mol/L}$  (相当于  $756 \mu\text{g/L}$ )，骨铅  $80 \mu\text{g/g}$  得出铅接触之后 7 年，血铅为  $1.2 \mu\text{mol/L}$  (即  $253 \mu\text{g/L}$ )，骨铅为  $74 \mu\text{g/g}$  血铅下降了  $64.7\%$ ，骨铅只降低了  $7.5\%$ 。此结果与实测值近似，说明此模型较可靠。在停止职业性铅污染后，血铅会较快地下降，其中一部分进入骨骼，而骨铅清除速度很慢，成为人体内长期存在的中毒库<sup>[2]</sup>。

## 2 血铅

### 2.1 血液铅和血浆铅

入血液循环的铅  $99\%$  以上存在于红细胞中，仅有不到  $1\%$  的铅存在于血浆中，因此血浆铅含量较低。国内学者研究表明非接触铅者与接触者相比，红细胞中铅含量较高，而血浆铅无显著差异，故红细胞铅可作为早期铅接触的指标，而血浆铅在评价铅接触水平方面没有意义<sup>[3,4]</sup>。Donald 认为血浆铅虽然微量但比血液铅可能更好地反应血液循环中铅的毒理学效应<sup>[5]</sup>。Ikeya 等<sup>[6]</sup>研究表明血浆铅与血铅有良好的线性关系 ( $r = 0.729$ )。当机体接触铅后血浆铅立即上升，于接触后的  $15 \sim 25 \text{h}$  达到最大值，停止接触后血浆铅快速下降， $1 \text{d}$  内下降幅度达  $76\%$ ，而红细胞内铅浓度在  $3 \text{d}$  内下降幅度只有  $36\%$ ，因此血浆铅是反映机体近期铅暴露水平的较好指标。Calk 等<sup>[7]</sup>最先提出骨骼释放出的铅先分阶段进入血清中，尽管大部分 (约  $99\%$ ) 全血铅位于红细胞，但含量极少的血浆铅 (小于  $0.3\%$ ) 可能更具生理和毒理学意义。血浆铅代表铅循环能进入胎盘的部分，因此比传统检测的全血铅更说

明铅对胎儿的危害<sup>[8]</sup>。

Hill<sup>[9]</sup>提出累积血铅指数 (Cumulative Blood Lead Index CBLI) 的概念和计算方法，认为每 6 个月以上的复测可以动态反映此期间铅接触情况，此方法测得的血铅指数与骨铅呈正相关，但由于没有大样本的流行病学调查，目前仍然没有正常标准值。

## 2.2 检测方法

常用血铅检测方法有两种，即原子吸收光谱法 (AAS) 和微分电位溶出法 (DPSA)<sup>[10]</sup>。检测血铅含量是一项要求非常高的操作。采血时注意挤压方法的操作，否则血液标本被组织液稀释可能会导致结果偏低等。取血时要注意去离子化，应按顺序用  $0.2\%$  硝酸、纯水、碘酒、酒精 (或用约  $5\%$  “洗洁净”棉球、 $2\%$  依地酸钠棉球、酒精棉球) 清洁取血区皮肤<sup>[11,12]</sup>。

即使检测结果准确，把血铅值作为唯一衡量铅中毒程度指标也是不全面的，因为不同时期血铅会变化。由于血铅生物半减期仅有  $30 \text{d}$  左右，在骨骼中的半减期可达  $25$  年左右，因此血铅值不能表征铅在人体内的积存效应。严格地说只有骨骼中的铅含量值才是反映人体受铅污染中毒程度的指标。

## 3 尿铅

铅主要随尿排出，尿铅浓度升高提示近期有铅接触，但尿铅波动较大，同样也有去离子化干扰的问题，影响因素较多。扬克敌等<sup>[13]</sup>研究表明，用 Perkin-Elmer 塞曼 5000 型原子吸收光谱仪测 17 人的血铅浓度 ( $\text{g/L}$ ) 与  $24 \text{h}$  尿铅排泄量 ( $\text{g}$ ) 显著相关 ( $r = 0.71$ )，尿流速、尿肌酐与尿铅排泄率无明显相关。铅肾小球滤过后一部分被肾近曲小管重吸收，导致尿流速与尿肌酐与尿铅的相关性不显著。在血铅  $< 800 \mu\text{g/L}$  时尿铅与血铅浓度密切相关 ( $r = 0.85$ )<sup>[14]</sup>。

国内研究持相反意见<sup>[15,16]</sup>，认为  $24 \text{h}$  尿液标本虽然克服单次尿样浓度的波动性，但未能反映体内的铅积蓄状况，尿铅与其他指标相关性较差，因此作为铅中毒的诊断和筛查指标意义不大，仅反映近期铅接触。研究提示铅接触工人组  $24 \text{h}$  尿铅明显高于对照组，但血铅与尿铅的相关系数为  $0.284$  其与血锌原卟啉的相关性较低。尿铅排出量受饮食、饮水及肾脏功能影响较大，一次晨尿检验很难精确地反映铅量的真实水平，故尿铅在职业性铅中毒的诊断上不及血铅可靠。

## 4 骨铅

### 4.1 骨铅的测定

齿铅被认为可代表机体铅负荷的情况，但仅适于换牙期儿童铅毒性的研究。目前可应用 X 线荧光仪 (XRF) 在体无创伤测定骨铅。该仪器有 L-XRF 和 K-XRF 两种，一种是测定铅的 K 系特征射线，另一种是测定铅的 L 系特征射线。L-XRF 仅被用在一些儿童的研究中，只能测量骨内  $2 \sim 3 \text{mm}$  的铅，这项技术对覆在骨上的皮肤厚度轻微变化高度敏感，也对转动敏感，在骨膜下区域的铅较致密的骨皮质内的铅容易转移，可以较快地反映环境铅污染状况及机体生理的变化。

K-XRF 应用较普遍，因为铅的 K 系 X 射线的能量较高，

穿透能力强,能测至骨内 37 mm。大多数骨部位都能进行 K-XRF 测量,以  $^{109}\text{Cd}$  为点放射源,用  $\text{Ge}$  晶体作为检测器,信号经放大处理,数字转换后由 PC 机进行分析,结果以  $\mu\text{gPb/g}$  骨矿物质表示。该仪器使用简便,准确性、重复性均很好,对人体无害,每个样本的检测时间为 30~60 min。软组织的厚度对 K-XRF 测量有较大影响,所以胫骨通常是最佳的测定部位。

#### 4.2 骨铅的代谢动力学

目前没有完整、系统的骨铅毒代动力学模型。其主要原因是:(1)毒代动力学模型自身的局限性;(2)铅在血中的半减期远远小于在骨中的半减期;(3)铅在骨骼中的分布并非均匀,与血铅的交换速率也不一致;(4)铅在骨内的代谢受年龄、性别、基因多态性等影响。O'Flaherty 经数年研究,提出了铅的生理代谢动力学模型 (PK) [17],其中充分考虑了年龄、铅的“亲骨”特性等因素。在描述的模型中,12岁无明显铅暴露女童的血铅浓度为  $0.037\text{ mg/L}$ ,骨铅含量为  $2.7\text{ mg/kg}$  骨矿物质。但该模型仍有待接受更多的实践检验。

影响骨铅转运的因素是年龄、妊娠及哺乳。青少年骨骼发育成长,骨铅吸收增加;老年人随着骨钙等矿物质的丢失,骨铅释放增加。骨质疏松症与骨铅的相互关系受到重视。当缺钙、血钙降低或由于感染、饥饿、服用酸性药物而改变体内的酸碱平衡时,均可能使骨铅释放入血。女性在月经、泌乳、妊娠期、骨质疏松等生理和某些病理状态下,促进骨铅释放入血 [9]。

#### 4.3 骨铅的毒性

骨铅可动员到血液,再分布到其他组织、脏器产生毒作用。骨铅对骨细胞的功能亦有直接或间接的影响。铅干扰很多重要激素如  $1,25\text{-(OH)}_2\text{VD}_3$ 、降钙素、糖皮质激素等对成骨和破骨过程的调控。如同在其他细胞中一样,铅替代钙等重要金属元素扮演“毒性信使”的角色,影响骨细胞的多种功能,在实验动物和人群均可观察到铅对骨骼发育的影响,如骨骼畸形、骨骼和乳齿发育不良等。

骨铅可以作为累积性铅接触的生物标志物,能用于研究慢性铅接触与健康的关系。Needham 等 [18] 检查了 301 名 12 岁男孩,发现胫骨铅水平与父母和教师报告的犯罪、攻击性行为、内向化、外向化型行为明显相关。Payton [9] 等发现中老年男性骨铅水平与认知行为测验得分呈负相关,该研究显示胫骨高铅水平与空间模仿和图像记忆比血铅相关性要强,而血铅与其他认知测验结果比骨铅相关性要好,作者认为环境低水平铅接触在衰老过程中对认知功能损害起作用。Stewart 等 [20] 采用横断面研究观察铅作业工人的胫骨铅水平与认知功能得分呈负相关,主要在言语和记忆方面。Schwartz 等 [21] 进行了 4 年的纵向研究,作者认为骨铅水平是智力衰退的重要决定因素,在脱离环境若干年后智力仍进行性衰退。累计铅暴露与认知关系更为密切 [22]。

Weaver VM 等 [23] 对 803 名接铅工人的研究发现,中等剂量骨铅与肾功能密切相关,尤其对于年龄较大的工人。Gerhardsson 等 [24] 报道了 100 名从事铅作业 14~32 年的冶炼工

人,胫骨和跟骨铅水平分别为  $39.2\text{ g/g}$  和  $100\text{ g/g}$ ,但没有发现肾小球和肾小管的损伤。

Cheng 等 [25] 对 833 名中老年男性进行了研究,517 名无高血压史的人收缩压与骨铅水平呈正相关,其中发现的 74 名高血压患者骨铅水平与高血压发生率呈正相关,认为累积铅接触增加高血压的危险性。Korrick 等 [26] 进行的护士病例对照研究中,在调整了年龄、膳食钙、酒精摄入、吸烟、体质指数、家族高血压史后,骨铅水平与血压增高机会密切相关。以上两项研究表明与高血压发生密切相关的因素是骨铅而不是血铅,这个结论可以解释以往许多血铅与高血压相关性研究阴性结果的原因。

#### 5 发铅

##### 5.1 关于发铅的研究

头发是体内金属负荷的重要指示器,发铅可反映以往不同时期的铅接触情况,但受外界环境(居住地区、吸烟习性、年龄等)影响较大。研究发铅在职业性接触的意义是观察吸收到体内并代谢至发内的铅,头发表面吸附的铅不代表吸收的铅。

许多研究表明,头发是检验环境铅暴露的理想指示器。去除表面污染的发铅即可反映人体铅负荷状态,亦可反映环境污染状况,是一个很好的评价铅接触的指标 [4]。Creason 研究了美国纽约市不同环境污染程度的 3 个社区居民发中微量元素与环境暴露的关系,发现发铅及其他 5 种元素的含量均与环境中的含量呈显著正相关。Chart (1980) 对加拿大多伦多所做的研究表明,离工业区 100 km 的农村居民发铅含量 ( $9.6\text{ }\mu\text{g/g}$ ) 远低于居住在离冶炼厂 500 m 内的居民 ( $25.3\text{ }\mu\text{g/g}$ ) 和市中心居民 ( $14.7\text{ }\mu\text{g/g}$ )。乔文建 (1989) 对武汉某蓄电池厂和印刷厂工人、万伯键 (1993) 对辽宁沈阳某蓄电池厂女工、何国津 (1996) 对江苏常州某蓄电池厂和冶炼厂工人所做的分析均表明,职业接触组工人的发铅含量非常显著地高于非接触铅人群,前者为后者的 5~36 倍。

##### 5.2 发铅的检测方法

首先将无明显铅接触者的头发剪成  $0.5\text{ cm}$  细段,然后浸泡在  $50\text{ mg/L}$  的铅标准溶液中,24 h 后取出用蒸馏水冲洗。再分别用  $\text{HCl}$ 、 $\text{NaOH}$ 、 $\text{EDTA}$ 、 $\text{OP}$  溶液、吐温-20、白猫洗涤剂、丙酮、洗衣粉、乙醚洗涤,干燥,测定发样铅含量。以  $0.25\text{ mmol/L HCl}$  浸洗的发样,能去除发表面的铅污染 95% 以上,其效果最佳 [4]。

#### 6 乳铅

母乳也是母体铅排出的一条途径。动物试验显示,母鼠通过哺乳传递仔鼠的铅量较通过胎盘高 4 倍。儿童出生后体铅含量与母血铅和乳铅水平有关。因此,监测母血铅和乳铅水平对预防儿童铅中毒有重要意义 [27]。由于母乳中铅浓度相对低而脂肪含量高,增加了分析的难度。

研究发现在母亲全血铅浓度为  $2\sim 34\text{ }\mu\text{g/d}$  之间时,其母乳铅与母亲全血铅存在线性相关 [28]。Ettinger 等 [29] 在墨西哥市的研究认为髌骨铅上升 25% 导致母乳铅上升 14%,而胫骨铅只使母乳铅上升约 5%。另据国外对乳铅含量的测定报道,

苏格兰测定的乳汁铅含量为  $16.3 \mu\text{g}/\text{dl}$  (1943), 比利时为  $27.7 \mu\text{g}/\text{dl}$  (1967), 美国为  $2.8 \mu\text{g}/\text{dl}$  (1984), 德国城市  $1.32 \mu\text{g}/\text{dl}$ , 农村  $0.91 \mu\text{g}/\text{dl}$  (1985)。昆明地区正常孕妇血清铅为  $0.2374 \sim 34.11 \mu\text{g}/\text{dl}$ <sup>[30]</sup>。

总之, 铅接触的生物标志物有许多亟待解决的问题, 如采样方法、检验方法、正常人群标准值等技术方面的统一。另外, 铅接触生物标志物还有粪铅、脑脊液铅等, 目前大多用于实验研究。

#### 参考文献:

- [1] 易伟松, 罗贤清, 陈建军, 等. 骨铅含量应作为人体铅中毒新的生物标记 [J]. 广东微量元素科学, 2006, 13 (4): 1-6
- [2] Ahlgren L. In vivo determination of lead in skeleton after occupational exposure to lead [J]. Brit J Ind Med 1980, 37 (2): 109-113
- [3] 冯青, 谭亮英, 李田菊, 等. 接触铅工人骨密度与接铅工龄、血铅、血钙关系的研究 [J]. 中国职业医学, 2007, 34 (4): 289-290
- [4] 张晔, 吕向春, 禹萍, 等. 头发、血浆、红细胞中铅对评价职业性接触水平的作用 [J]. 环境与职业医学, 2003, 20 (4): 302-303
- [5] D Smith, M Hernandez-Avila, M Maria, et al. The relationship between lead in plasma and whole blood in women [J]. Environ Health Perspect 2002, 110 (3): 263-268
- [6] Ikeya Y, Sakai T, Yanagihara Y, et al. Method for determination for plasma concentrations and relationships between plasma lead and the other parameters of lead exposure [J]. Jap J Traumatic Occupant Med 1984, 32 (3): 236-241
- [7] Calkins KM, Bowins R, J, Vajillancourt C, et al. Partition of circulating lead between serum and red cells is different for internal and external sources of lead [J]. Am J Ind Med 1996, 29 (5): 440-445
- [8] U.S. Environmental Protection Agency. Washington DC. Air quality criteria for lead (2006) Final Report [J/OL]. http://cfpub.epa.gov/ncea/CEM/recordisplay.cfm?id=158823
- [9] Hu H, Shin R, Rothenberg S, et al. The epidemiology of lead toxicity in adults: measuring dose and consideration of other methodologic issues [J]. Environ Health Perspect 2007, 115 (3): 455-462
- [10] 余晓刚, 颜崇淮. 血铅检测方法的新进展 [J]. 国外医学临床生物化学与检验分册, 2004, 25 (2): 191-192
- [11] 余晓刚, 颜崇淮, 沈晓明, 等. 血铅检测质量控制 7年回顾分析 [J]. 检验医学, 2005, 20 (6): 589-590
- [12] 中华人民共和国卫生部. 卫医发 [2006] 10号. 血铅临床检验技术规范 [S].
- [13] 扬克敌, J Konietzko, O Mayer-Popken. 血中铅、镉水平与其尿排泄关系的研究 [J]. 卫生研究, 1993, 22 (5): 257-259
- [14] Nordberg G F, Mahaffey K R, Fowler E A, et al. International workshop on lead in bone: implication for dosimetry and toxicology [J]. Environ Health Perspect 1991, 91 (1): 3-7
- [15] 孙惠芳. 铅作业工人血锌原卟啉、血铅和 24小时尿铅浓度检测
- [16] 李爱钦, 罗昊, 陈茂勋. 职业性铅接触与生物效应关系分析 [J]. 河南科技大学学报 (医学版), 2004, 22 (1): 13-16
- [17] O'Flaherty E J. A physiologically based kinetic model for lead in children and adults [J]. Environ Health Perspect 1998, 106 (suppl 6): 1495-1503
- [18] Needleman H L, Riess J A, Tobin M J, et al. Bone lead levels and delinquent behavior [J]. JAMA 1996, 275 (5): 363-369
- [19] Payton M, Riggs K M, Avron S, et al. Relation of bone and blood to cognitive function: the VA normative aging study [J]. J Neurotoxicol Teratol 1998, 20 (1): 19-27
- [20] Stewart W F, Schwartz B S, Simon D, et al. Neurobehavioral function and chelatable lead levels in 543 former organo-lead workers [J]. Neurology 1999, 52 (12): 1610-1617
- [21] Schwartz B S, Stewart W F, Bollhake K L, et al. Past adult lead exposure associated with longitudinal decline in cognitive function [J]. Neurology 2000, 55 (10): 1144-1150
- [22] Najla Khalil, Lisa A Morrow, Herbert Needleman, et al. Association of cumulative lead and neurocognitive function in an occupational cohort [J]. Neuropsychol 2009, 23 (1): 10-19
- [23] Weaver V M, Lee B K, Ahn K D, et al. Associations of lead biomarkers with renal function in Korean lead workers [J]. Occup Environ Med 2003, 60 (8): 551-562
- [24] Gerhardsen L, Boresson J, Grubb A, et al. In vivo XRF as mean to evaluate the risk of kidney effects in lead and cadmium exposed smelter workers [J]. Appl Radiat Isot 1998, 49 (6): 711-712
- [25] Cheng Y, Schwartz J, Sparrow D, et al. Bone lead and blood lead levels in relation to baseline blood pressure and the prospective development of hypertension: the normative aging study [J]. Am J Epidemiol 2001, 153 (2): 164-171
- [26] Kordeck S, Hunter D, Romitzky A, et al. Lead and hypertension in a sample of middle aged women [J]. Am J Public Health 1999, 89 (3): 330-335
- [27] 庞宝森, 王辰, 唐朝枢, 等. 湖北三个不同空气污染地区孕妇血铅、乳铅的动态观察 [J]. 卫生研究, 2000, 29 (3): 149-151
- [28] Gulson B L, Mahaffey K R, Jameson C W, et al. Impact of diet on lead in blood and urine in female adults and relevance to mobilization of lead from bone stores [J]. Environ Health Perspect 1999, 107 (4): 257-263
- [29] Ettinger A S, Tellez-Rojo M M, Amarasiriwardena C, et al. Levels of lead in breast milk and their relation to maternal blood and bone lead levels at one month postpartum [J]. Environ Health Perspect 2004, 112 (8): 926-931
- [30] 梁国华, 李韵华. 昆明地区正常孕妇血清铅与初乳铅含量相关性的初步研究 [J]. 广东微量元素科学, 2001, 8 (10): 54-56