

排铅后再接铅生物指标的观测

朱俐冰, 王文军, 李玉美, 蒲永杰

(甘肃省劳动卫生职业病防治研究所, 甘肃 兰州 730020)

摘要: 目的 探讨排铅工人再接铅后, 某些生物监测指标和卟啉代谢指标的动态变化。方法 110 名冶炼厂工人经排铅治疗后, 回生产岗位 2 周、7 周、24 周, 分别采样进行血铅 (PbB)、尿铅 (PbU)、尿氨基酮戊酸 (δ ALA)、血氨基酮戊酸脱水酶 (δ ALAD)、红细胞游离原卟啉 (FEP)、血红蛋白 (Hb) 的监测, 同时进行作业场所空气铅烟的监测。结果 低水平接触组以 PbB 变化较早和灵敏, 其次为 δ ALAD, δ ALA 和 FEP 的增高出现较晚; 中等水平接触组以 PbB、PbU 和 δ ALAD 变化出现最早和敏感, 其后变化趋势变缓, 但 δ ALA、FEP 持续增高; 高水平接触组各项指标均出现明显的改变, 以 δ ALA 变化幅度较大, 其次为 FEP、PbU、PbB, 而 δ ALAD 的变化与中等水平组相似, Hb 仅在 24 周出现降低。经相关和聚类分析, PbB、PbU、 δ ALAD 活性具有相似变化规律, 而 FEP 与 δ ALA 具有相似的时间序列变化规律。结论 工人排铅后再接铅, 在较短时间内出现铅的毒性效应, 应加强一级预防, 接铅后各项指标呈现两种不同类型的变化态势。

关键词: 铅接触; 卟啉代谢指标; 接触水平-效应关系

中图分类号: O614. 433 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X (2001) 03-0139-04

Dynamic changes in biomarkers in the workers re-exposed to lead after treatment with chelating therapy

ZHU Li-bing, WANG Wen-jun, LI Yu-mei, PU Yong-jie

(Gansu Provincial Institute for Occupational Health, Lanzhou 730020, China)

Abstract: Objective To explore the dynamic changes in some markers in biological monitoring and porphyrin metabolism. **Methods** Blood lead (PbB), urine lead (PbU), urine δ -aminolevulinic acid (δ ALA), activity of δ -aminolevulinic acid dehydrase (δ ALAD), free erythrocyte protoporphyrin (FEP) and hemoglobin (Hb) were measured for 110 workers in the smelters re-exposed to lead after chelating treatment, as well as the air level of lead fume in the workplaces was monitored. **Results** In the low-level exposure group, PbB was a more sensitive indicator and changed earlier, and δ ALA, δ ALAD and FEP changed later. In the medium-level exposure group, PbB, PbU and δ ALAD were more sensitive and the earliest indicator to increase, but δ ALA and FEP increased later and kept in a higher level. In the high-level group, all indicators changed significantly, with an increase in δ ALA to a greater extent than that in FEP, PbB and PbU, but δ ALAD increased as that in the medium-level exposure. Correlation and cluster analysis showed that PbB, PbU and δ ALAD appeared similarly regular changes, but FEP and δ ALA appeared similar time-series changes. **Conclusions** Toxic effects could be revealed in a shorter time period in the workers re-exposed to lead after chelating agent treatment. All indicators appeared two different types of change trends after re-exposure to lead. It is emphasized that primary prevention should be strengthened.

Key words: Lead exposure; Porphyrin metabolism; Exposure-effect relationship

为探讨排铅后回到原生产岗位的工人再次接铅的健康危害, 对某冶炼厂一批在医院排铅治疗后回厂的工人, 定期监测其某些生物指标和卟啉代谢的变化, 并同时监测了作业场所空气中铅浓度, 现将结果报告如下。

1 调查对象和监测方法

1.1 调查对象

根据既往空气监测资料, 选某冶炼厂选矿车间经

排铅后回原车间的生产工人 30 名作为低水平接铅组, 烧结车间经排铅后的工人 41 名作为中等水平接铅组, 熔炼车间经排铅后 39 名工人作为高水平接铅组。3 个车间工人均为男性, 平均年龄 (30.9 \pm 7.8) 岁, 平均接铅工龄 (9.9 \pm 3.6) 年。3 个车间内均无机械通风装置, 工人作业时仅戴口罩, 每天工作 8 小时。另选 30 名不接铅工人作为对照组。

1.2 调查项目和方法

对经体检确诊铅吸收或轻度铅中毒的上述工人, 收入病房作排铅治疗, 用 $N_{a2}CaEDTA$ 溶于 5% Glucose 静脉滴注, 每 3 天为一个疗程, 休息 4 天, 再开始第

收稿日期: 1999-12-15 修回日期: 2000-12-15

作者简介: 朱俐冰 (1956-), 女, 副主任药师, 长期从事工业卫生毒理工作。

二个疗程。大多数病人进行一个疗程的治疗。在工人出院当时、回车间工作后2周、7周、24周分别采血、尿样品测定PbB、PbU（密度校正）、FEP、 δ ALA、 δ ALAD、Hb。测定方法按国家标准GB11504—89规定的检验方法^[1]，对未规定检验方法的 δ ALAD活性采用 δ ALA基质比色法^[2]，Hb采用高氰方法^[2]。用统一标样进行质控。

空气监测，在观测6个月期间（24周），每月对作业场所空气中铅烟浓度测定1次，每次连续3日，每隔4小时采样1次（即每日6次），求全日时间加权浓度（TWA）。

2 调查结果

2.1 作业场所空气中铅烟浓度

见表1。

表1 3个车间空气中铅烟浓度

车间	样品总数	铅烟浓度	超标率%	超标倍
选矿（低）	108	0.034	10.1	0.1
烧结（中）	108	0.096	45.4	2.2
熔炼（高）	98	0.664	80.4	21.1
供热（对照）	98	0.02	0.0	0.0

由表1可见，选矿车间空气铅烟浓度接近国家最高容许浓度（0.03mg/m³），烧结车间超标约2倍，而熔炼车间超标21倍。

2.2 不同水平接触组各项指标的时间序列变化

见表2。

表2 不同水平接触组各项指标的变化 ($\bar{x} \pm s$)

		排铅后	重接铅2周	重接铅7周	重接铅24周
PbB (μ mol/L)	低水平组	1.65±0.02	2.05±0.01 [△]	1.72±0.02	1.06±0.01 ^{△△}
	中等水平组	1.92±0.12	2.81±0.13 ^{△△}	2.53±0.18 [△]	1.94±0.05
	高水平组	2.19±0.12	3.18±0.14 ^{△△}	2.94±0.12 ^{△△}	2.65±0.13 ^{△△}
PbU (μ mol/24h)	低水平组	0.15±0.05	0.12±0.05	0.14±0.05	0.13±0.07
	中等水平组	0.15±0.05	0.32±0.05 [△]	0.25±0.05	0.25±0.04
	高水平组	0.19±0.05	0.36±0.03 ^{△△}	0.36±0.03 ^{△△}	0.35±0.03 ^{△△}
FEP (μ mol/L)	低水平组	0.73±0.09	0.93±0.12	0.80±0.15	1.01±0.09 [△]
	中等水平组	1.04±0.21	1.56±0.31	1.64±0.50 [△]	2.22±0.57 [△]
	高水平组	1.79±0.09	2.45±0.23 ^{△△}	1.92±0.18 [△]	2.70±0.31 ^{△△}
δ ALA (μ mol/24h)	低水平组	25.20±2.36	30.43±2.44	26.23±2.67	38.82±3.74 [△]
	中等水平组	30.12±2.67	83.20±3.20 [△]	83.81±10.37 [△]	69.09±8.39 [△]
	高水平组	42.17±3.74	95.55±10.68 [△]	121.02±19.52 [△]	90.14±11.06 [△]
δ ALAD (%)	低水平组	100.00±0.00	71.74±5.33 [△]	61.91±6.11 ^{△△}	64.05±3.74 ^{△△}
	中等水平组	100.00±0.00	64.48±6.20 [△]	47.84±5.27 ^{△△}	50.38±4.53 ^{△△}
	高水平组	100.00±0.00	78.55±6.09 [△]	60.98±3.11 ^{△△}	61.03±5.98 ^{△△}
Hb (g/L)	低水平组	2.28±0.04	2.27±0.04	2.33±0.03	2.12±0.04
	中等水平组	2.17±0.03	2.26±0.04	2.22±0.04	2.14±0.03
	高水平组	2.27±0.04	2.15±0.05	2.10±0.04	1.95±0.04 [△]

与排铅后出院值比，[△] $P < 0.05$ ，^{△△} $P < 0.01$

由表2可见，低水平接触组接铅后2周，PbB有明显增加（ $P < 0.05$ ）， δ ALAD活性有明显抑制（ $P < 0.05$ ），在7周后走势趋平缓，其他指标如FEP、 δ ALA 24周显著增高（ $P < 0.05$ ），PbU无明显变化；中等水平组再接铅2周，PbB、PbU、 δ ALA均有明显增高（ $P < 0.05$ ）， δ ALAD活性有明显降低（ $P < 0.05$ ），但7周后变化幅度有一定回落，其中PbB在

第24周以及PbU在7~24周与再接铅前差异无显著性，FEP和 δ ALA在接铅后7~24周出现明显增加（ $P < 0.05$ ）；高水平接触组PbB、PbU、 δ ALA、FEP自2周后出现持续的全程增高（ $P < 0.01$ 或 $P < 0.05$ ）， δ ALAD出现全程降低（ $P < 0.05$ 和 $P < 0.01$ ），Hb 24周出现降低，特别是高水平组。

2.3 不同水平接铅组各项指标变化幅度的比较

为排除不同水平组的排铅后基础值不一致的混杂作用, 将各项指标的排铅后值转化为基数, 再计算其变化幅度即比值, 结果见表 3。

表 3 各接铅组各项指标不同时间序列的比值

项 目	测定时间 (周)	各接铅组指标均值增长比值		
		低水平组	中水平组	高水平组
PbB	0	1.00	1.00	1.00
	2	1.24	1.46	1.45
	7	1.04	1.32	1.34
	24	0.64	0.99	1.21
PbU	0	1.00	1.00	1.00
	2	1.13	2.13	1.90
	7	0.91	1.71	1.90
	24	0.88	1.68	1.85
FEP	0	1.00	1.00	1.00
	2	1.28	1.50	1.94
	7	1.09	1.58	1.51
	24	1.38	2.14	2.13
δ-ALA	0	1.00	1.00	1.00
	2	1.21	2.76	2.64
	7	1.04	2.78	2.87
	24	1.54	2.29	2.14
δ-ALAD	0	1.00	1.00	1.00
	2	0.72	0.65	0.79
	7	0.62	0.48	0.53
	24	0.64	0.50	0.61
Hb	0	1.00	1.00	1.00
	2	0.98	1.04	0.94
	7	1.02	1.02	0.93
	24	0.93	0.99	0.86

由表 3 所列各指标的变化比值分析, 低水平组接铅后, 在早期以 PbB、PbU 增加和 δALAD 活性降低出现最早, 变化比值较大, 但随时间进展, 变化均值均有下降趋势, 其次 δALA 和 FEP 比值在早期有中度增高, 随时间变化保持增加趋势, 但 Hb 基本无变化。中等水平组也有同样变化, 以 δALAD 降低 δALA 增高改变最早 (2 周), PbU 和 PbB 虽出现早, 但随时间变化比值下降。高水平组各项指标变化幅度都较大, 以 δALAD 活性降低和 δALA 增高变化比值最大, 其次为 FEP、PbU 和 PbB, Hb 比值在晚期 (24 周) 才有明显下降。由此可见, 在铅中毒的不同发展阶段, 各项指标的意义和敏感程度是不相同的, 应适当在不同阶段以不同指标作为健康监护的指标。

2.4 指标间的相关性和聚类性比较

为探讨这 6 项生物监测指标的变化一致性, 计算其相关系数, 见表 4。

表 4 接铅工人各项指标的相关系数 (r)

	PbU	FEP	δALA	δALAD	Hb	
	2	3	4	5	6	
PbB	1	0.655*	0.419*	0.455*	-0.536*	-0.026
PbU	2		0.063	0.063	-0.568*	-0.037
FEP	3			0.439*	-0.159	-0.038
δALA	4				-0.285	-0.116
δALAD	5					-0.263

*P < 0.05

由表 4, PbB 与 PbU、FEP、δALA 呈显著正相关, 与 δALAD 呈显著负相关; PbU 仅与 PbB 和 δALAD 呈相关, FEP 与 PbB 和 δALA 相关, 说明 PbB 与大多数卟啉代谢指标相关, 是铅接触最有代表性的内剂量指标。Hb 与上述各项指标相关不显著。这表明具有相同变化趋势和同步时间序列变化的指标, 相关性才会显著, 否则不显著。为进一步探讨不同指标间变化的同步程度, 使用 R 型一次聚类法^[3], 进行了多指标的聚类分析, 先按相似程度最大的归类, 再继续按相似程度顺序逐步归类, 用树枝状图表示 (见图 1)。

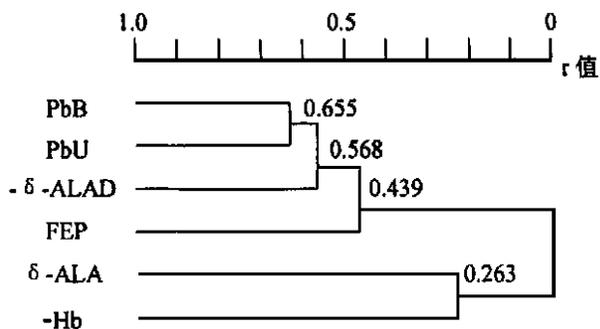


图 1 铅接触 6 项指标聚类枝状图

由图 1 可知, PbB、PbU、δALAD 活性可基本聚为一类, 其变化规律是接铅初期变化灵敏, 后期变化趋于缓和或略有降低; FEP 和 δALA 可聚为另一类, 指标变化随时间推移而持续; Hb 的降低出现较晚, 与 δALA 在接铅后期的增高略似, 故与 δALA 有较弱的聚类性。

3 讨论

本次研究采用前瞻性调查方法, 对各项指标的变化, 不仅作横断面比较, 而且作时间序列的比较。在调查设计上, 除考虑不同水平接触组工人的年龄、工龄、性别等因素的平衡外, 还考虑到不同水平接铅工人既往体内铅负荷的差异, 故以排铅后的工人作为调查研究对象, 使低、中、高水平接铅组各项指标的背景值基本位于同一起点上, 因此在设计上是较为合理

的。实测表明,原熔炼车间工人体内铅负荷较高,经一个排铅疗程仍未能达到中、低水平接触组的水平。故又将各项指标的排铅后值(背景值)转化成一个基数,再进行比较,达到了预期的效果。

根据本次的动态观察, PbB、PbU、δALAD 的变化是铅吸收和铅中毒的早期监测指标而对低水平接铅的较晚期变化不够敏感,相反 FEP 和 δALA 对早期变化不够敏感,但可作为较晚期变化的指标; Hb 降低出现较晚,不能显示早期毒性效应。因此在实际防治工作中,应将两类指标联合运用,将会对接铅工人的健康提供更加全面和更具有特异性的信息。

本次调查还提供了接触 0.034mg/m³TWA 铅烟浓度的安全性资料,根据 GB11504-89 职业性铅中毒诊断标准和近几年发表的调查,铅中毒诊断标准的起点值一般认为是 PbB: 2.41μmol/L (50μg/L), PbU: 0.48μmol/24h (0.1mg/24h), FEP: 2.31μmol/L (130μg/L), δALA: 45.8μmol/24h (6mg/24h) 等^[1,6-10]。据此衡量,低水平接铅组在再接铅 6 个月内各项指标的变化,但均不超过限值,说明接触 0.034mg/m³TWA 浓度是安全的,不会造成接铅工人的过量吸收。但中等水平接触组, PbB、PbU、FEP 有一定的增高,不超过上述限值, δALA 值略超,说明尚未引起卟啉代谢的明显障碍,提示 0.1mg/m³TWA 铅烟浓度属基本安全的,这与目前美国、德国、日本

等国以 0.15mg/m³TWA 作为限值^[1]相一致。高水平组(0.66mg/m³)接铅 6 个月后,有 38.5% 工人的 PbB、FEP、δALA 均超过上述限值,提示在这种作业环境下是不安全的,有引起接铅工人再次铅中毒的可能。

参考文献:

- [1] GB11504-89. 职业性铅中毒的诊断标准及处理原则 [S].
- [2] 陶文训. 临床生化检验 [M]. 上海: 上海科技出版社, 1979. 161.
- [3] 汤旦林. 医学统计学基础 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1989. 173.
- [4] Tola S. et al. Parameters indicative of absorption and biological effect in new lead exposure. A prospective study [J]. Brit J Ind Med, 1973, 30: 134.
- [5] Stolley B. et al. Short term prospective study of cognitive functioning in lead workers [J]. Brit J Ind Med, 1991, 48: 739.
- [6] 薛汉麟. 铅中毒检验指标的研究 [J]. 中华医学杂志, 1987, 67: 23.
- [7] 王露兰, 等. 职业性铅接触健康效应的研究 [J]. 工业卫生与职业病, 1984, 3: 129.
- [8] 陈自强, 等. 职业性铅接触者血铅剂量-反应关系 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 1986, 4: 275
- [9] 孙谷兰, 等. 血铅、红细胞游离原卟啉及锌原卟啉的剂量-效应关系 [J]. 中华预防医学杂志, 1989, 23: 279.
- [10] Sun J. et al. Effect of lead exposure on porphyrin metabolism indicators in smelter workers [J]. Biomed Environ Sci, 1992, 5: 76.
- [11] ACGIH: 1991-1992 Threshold limit values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices, 1991, U. S. A

· 来稿选登 ·

洗手液去铅效果评价

林瑾葆, 孙东红, 周宏东

(上海市浦东新区卫生防疫站, 上海 200129)

对铅作业工人手部铅的污染情况进行测定,并对自来水和洗手液洗手的去铅效果进行研究,提出应该养成用洗手液洗手的良好卫生习惯,积极预防铅中毒。

1 方法

1.1 对象

选取某工厂铅接触工人 17 人。

1.2 分组及对照

自身对照。17 人 3 天分别测定不洗手、自来水洗手、洗手液洗手后,其两手铅残留情况。测定时间皆为上午 3 小时。不洗手和洗手后用定量稀酸浸双手后,取稀酸液进行测定。

1.3 溶液中铅含量的测定方法

3500G 原子吸收分光光度计,乙炔-空气火焰法,波长 283.3nm。

2 结果

实验结果详见表 1。

表 1 铅接触工人手部铅含量及洗手后手部铅残留情况

	人数	平均铅含量 (mg/双手)	去铅率 (%)
手部铅含量	17	174	
自来水去铅组	17	54	69
洗手液去铅组	17	21	88

对以上 3 组的测定结果分别进行配对 t 检验,自来水去铅组 (t = 8.208, P < 0.001) 及洗手液去铅组 (t = 6.950, P < 0.001) 较未洗手时手部铅残留差别有显著性,洗手液去铅效果较自来水去铅效果亦有显著差别 (t = 3.426, P < 0.005)。

3 讨论

3.1 本次实验结果表明,市售洗手液的洗手效果较之不洗手,效果大为改善,去铅率达 88%; 较之自来水洗手,效果也有很大的提高,洗手去铅率由 69% 增加到 88%,两者比较差异有显著性。

3.2 本次实验所用洗手液为厂方提供的一般工业洗手液,价格较低, pH6.8, 略偏酸性,对人体无毒副作用,对局部皮肤无伤害。安装一不锈钢洗手液罐,并配备洗手刷,所需不过几十元,然而对工人的身体健康却大有帮助,是防止职业性铅中毒和铅吸收的有效措施。

(收稿: 2000-02-22; 修回: 2000-03-13)