

一起电镀槽清理发生的急性铬中毒事故的调查

罗进斌¹, 陈强¹, 李韬¹, 李文龙¹, 朱斌斌¹, 王方俊²

1. 金华市疾病预防控制中心环境与职业卫生科, 浙江 金华 321002

2. 永康市疾病预防控制中心卫生监测科, 浙江 永康 321300



DOI 10.11836/JEOM24144

摘要:

[背景] 电镀工艺被广泛运用于机械制造业, 电镀作业可接触到铬、锌、氰化物、硫酸等职业病危害因素, 随着防护条件的不断改善, 职业病危害得到有效控制, 但目前较少关注电镀作业过程中可能发生的急性职业病危害事故。

[目的] 通过调查一起某五金加工厂电镀槽清理过程中发生的急性铬中毒事故, 查明事故原因, 采取有效预防措施, 避免类似中毒事故再次发生。

[方法] 详细询问中毒病人的职业史、病史及就诊经过, 查阅病人住院病历记录, 对病人血样本进行检测; 对中毒事故现场进行职业卫生学调查、检测。

[结果] 作业场所铬及其化合物峰接触浓度(C_{PE})及时间加权平均容许浓度(C_{TWA})分别为 0.49、0.31 $mg \cdot m^{-3}$ 。辅助检查: 血铬 4175.85 $\mu g \cdot L^{-1}$, 血清肌酐 1370.2 $\mu mol \cdot L^{-1}$, 尿素 42.28 $mmol \cdot L^{-1}$, 尿渗透压 248 $mosm \cdot L^{-1}$ 。诊断为: 职业性急性重度中毒性肾病(铬及其化合物)、职业性化学性皮肤中度灼伤(铬酸、硫酸)。患者经右下肢扩创植皮术、血透、对症支持等治疗, 病情稳定, 逐步好转出院。

[结论] 用人单位负责人职业病防治意识薄弱, 未依法落实职业病防治主体责任和有效的职业病防护措施, 未按要求对劳动者进行职业卫生培训并配备有效的个人防护用品, 是导致本次中毒事故发生的主要原因。政府有关部门和用人单位应引起高度重视, 加强职业病防治知识培训教育, 加大职业卫生监督力度, 督促用人单位依法落实各项职业病预防措施, 切实保护劳动者的身体健康。

关键词: 电镀槽清理; 铬及其化合物; 血铬; 急性中毒; 铬酸皮肤灼伤

Investigation on acute chromium poisoning accident occurred in process of electroplating tank cleaning LUO Jinbin¹, CHEN Qiang¹, LI Tao¹, LI Wenlong¹, ZHU Binbin¹, WANG Fangjun² (1. Department of Environment and Occupational Health, Jinhua Center for Disease Control and Prevention, Jinhua, Zhejiang 321002, China; 2. Department of Health Surveillance, Yongkang Center for Disease Control and Prevention, Yongkang, Zhejiang 321300, China)

Abstract:

[Background] Electroplating technology is widely used in the mechanical manufacturing industry. Electroplating workers may be exposed to occupational hazards such as chromium, zinc, cyanides, and sulfuric acid. With the continuous improvement of protective conditions, occupational hazards have been effectively controlled, but there is less focus on the potential acute occupational poisoning that may occur during the electroplating process.

[Objective] To identify causes of an acute chromium poisoning accident occurred during the cleaning process of electroplating tank in a hardware processing plant, and to formulate relevant prevention and control measures to avoid similar poisoning accidents.

[Methods] Occupational history, medical history, and treatment process of the poisoned worker were inquired in detail, his inpatient medical records were consulted, and his blood samples were tested. Occupational health investigation and testing were carried out at the scene of the poisoning accident.

[Results] The air concentration of peak exposure (CPE) and permissible concentration-time weighted average (CTWA) of chromium and its compounds in the workplace were 0.49 $mg \cdot m^{-3}$ and 0.31 $mg \cdot m^{-3}$ respectively. The results of auxiliary test were Serum chromium 4175.85 $\mu g \cdot L^{-1}$, serum creatinine 1370.2 $\mu mol \cdot L^{-1}$, urea 42.28 $mmol \cdot L^{-1}$, and urine osmotic pressure 248 $mosm \cdot L^{-1}$.

作者简介

罗进斌(1967—), 男, 学士, 主任医师;
Email: 1094187109@qq.com

通信作者

罗进斌, Email: 1094187109@qq.com

作者中包含编委会成员 无

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2024-04-07

录用日期 2024-11-26

文章编号 2095-9982(2024)12-1428-04

中图分类号 R13

文献标志码 A

引用

罗进斌, 陈强, 李韬, 等. 一起电镀槽清理发生的急性铬中毒事故的调查[J]. 环境与职业医学, 2024, 41(12): 1428-1431.

本文链接

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM24144

Correspondence to

LUO Jinbin, Email: 1094187109@qq.com

Editorial Board Members' authorship No

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2024-04-07

Accepted 2024-11-26

To cite

LUO Jinbin, CHEN Qiang, LI Tao, et al. Investigation on acute chromium poisoning accident occurred in process of electroplating tank cleaning[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2024, 41(12): 1428-1431.

Link to this article

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM24144

The final diagnosis was occupational acute severe toxic nephropathy (chromium and its compounds) and occupational chemical skin moderate burn (chromic acid, sulfuric acid). The prescribed treatment included right lower limb expansion skin grafting, hemodialysis and symptomatic support. The patient's condition was stable and gradually improved after the treatment.

[Conclusion] The main causes of the poisoning accident include weak awareness of the employer of occupational disease prevention and control; failures in fulfilling legal obligations of occupational disease prevention and control, implementing effective occupational disease prevention measures, and providing proper occupational health and safety training and effective personal protective equipment. In order to protect the health of workers, the relevant government departments and employers should attach great importance to the prevention and control of occupational diseases, such as strengthening training and education, increasing the intensity of occupational health supervision, and urging employers to implement occupational disease prevention measures in accordance with the law.

Keywords: electroplating tank cleaning; chromium and its compound; blood chromium; acute poisoning; chromic acid skin burn

2023 年 12 月 19 日 10 时许,我中心接到某县疾控中心电话报告,称该县人民医院肾病内科收治一例某五金加工厂疑似职业中毒病人,要求协助调查。接到报告后,市疾控中心组织有关人员赶赴救治医院和事发企业,对患者发病及诊疗情况进行了询问,并对作业场所进行了卫生学调查。根据现场卫生学调查、职业卫生检测、患者急性肾损害的临床表现和辅助检查结果等资料确定为一起急性铬中毒事故,现报告如下。

1 事故经过

我市某五金加工厂,主要从事五金器材电镀加工。2023 年 12 月 10 日 19 时许,患者接到企业负责人通知,对 8 车间电镀槽槽液进行清理。当晚 22 时患者开始清理作业,约作业 6 h 后完工,未及时更换衣服。次日,患者右侧大腿皮肤出现痛痒,手抓可缓解症状。13 日起,患者感觉胃部不适,出现恶心,呕吐,程度较剧烈,每日 10 余次。14 日至 16 日其前往当地个体诊所就治,未见好转。18 日上午,其因身体极度不适,恶心、呕吐加剧伴腹胀、尿量减少、口干被送往县人民医院救治。急诊检查结果如下:右侧大腿后侧大片皮肤破溃,尿素 $42.28 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$,血清肌酐 $1370.2 \mu\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$,初诊“急性肾功能不全、右下肢烧伤 III 度”收治入院。因怀疑职业中毒,救治医院向当地疾控中心进行了报告。

2 现场调查

事发企业成立于 2009 年 9 月,现有职工 100 余人,主要从事五金器材电镀加工,有 6 条电镀生产线。事故发生在 8 车间镀铬镀铜生产线,位于厂房第四层,该生产线长 50.0 m、宽 6.0 m、高 6.5 m,用玻璃封闭生产线,安装可移动的玻璃门,内设机械排风设施。生产工艺流程:镀件上挂→高温除油→逆流漂洗→镀铬→逆流漂洗→烘干→包装→成品。除上挂件需人工辅助外,其他工序为自动化操作。发生事故的电镀槽槽

体长 4.1 m、宽 1.0 m、高 1.5 m,槽面上高 4.5 m,现场未按规定设置喷淋冲洗和事故应急通风设施。槽内电镀液主要成份有硫酸、盐酸、氢氧化钠、铬酸酐(三氧化铬)、碳酸氢钠等。正常生产时,铬酸酐每 3 天添加一次,每次添加量 49 kg;硫酸每天添加一次,用量 6.5 kg。患者为该企业杂工,从事清扫等辅助工作。2023 年 12 月 10 日晚 22 时许,患者穿戴普通工作服、一次性医用口罩、雨鞋、橡胶手套进入槽内,对槽内剩余部分电镀液($4.1 \text{ m} \times 1.0 \text{ m} \times 0.3 \text{ m}$)用水瓢、抹布等进行人工清理。领班在槽外配合、监护作业,未进入槽内,未接触电镀液,也未佩戴个人防护用品,槽外通风良好。作业中途休息 1 h,至 11 日凌晨 5 时结束,约 6 h 完工。因生产任务忙,患者未更换衣服回家休息 2 h 后又回厂上班。自诉清理作业时,不慎右侧大腿衣物被电镀液浸湿,未冲洗。次日局部皮肤出现瘙痒,手抓可缓解症状,皮肤破溃后用碘伏擦拭。患者未经职业卫生培训,作业时未开启通风排毒设施,未佩戴防毒面罩、未穿防护服,对存在的职业病危害不清楚。为查明中毒原因,2024 年 1 月 5 日,市疾控中心(以下简称某市疾控)现场模拟当时清理作业时情况,对事发电镀岗位空气中铬及其化合物、硫酸及三氧化硫、氯化氢等有害气体浓度进行了检测。结果显示,作业场所空气中铬及其化合物峰接触浓度(C_{PE})为 $0.49 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,时间加权平均容许浓度(permissible concentration-time weighted average, C_{TWA})为 $0.31 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$,超过国家职业卫生标准限值 $0.05 \text{ mg} \cdot \text{m}^{-3}$ (C_{TWA})。硫酸及三氧化硫、氯化氢等低于实验室检出值。领班无明显不适感,经胸部 CT、腹部 B 超、肝肾功能、血清肌酐、血铬等临床检查未发现异常。

3 临床资料

3.1 临床表现及体征

患者,男,60 岁,平时身体健康,否认心血管、肝、

肾、肺等病史,无吸烟史。2023年12月11日起,患者开始出现右大腿皮肤瘙痒、腹部不适、恶心、呕吐等症状。13日起,症状逐渐加重,出现尿量减少、口干明显等。14日晚因胃部严重不适、精神状态不佳,前往住所附近的个体西医诊所就医,给予奥美拉唑、头孢曲松输液治疗3天症状无好转,诊所建议到人民医院住院诊治。18日入院查体:神志清,精神软,睡眠不佳,食欲减退,双肺未闻及干湿啰音,心律齐,腹平软无压痛反跳痛,双肾叩击痛阴性,双下肢无水肿。右侧大腿后侧Ⅲ度化学烧伤、体表面积1%,皮肤发黑,触痛消失,部分结痂,局部有脓液渗出。

3.2 辅助检查

12月18日进行生化检查,血清肌酐 $1370.2\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$,尿素 $42.28\text{mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ 。12月19日进行的CT检查结果:两肺下叶膨胀不全,两侧胸腔少量积液,腹盆腔积液,腹盆壁广泛皮下水肿,膀胱充盈差;B超检查:残余尿量约23 mL。12月20日进行B超检查:双侧胸腔积液。尿液分析:尿渗透压 $248.0\text{mosm}\cdot\text{L}^{-1}$,葡萄糖2+,潜血3+,尿微量蛋白 $1402.0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$,尿微量蛋白/尿肌酐 $3214.3\text{mg}\cdot\text{g}\cdot\text{Cr}$ 。血铬浓度 $4175.9\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。12月21日进行的B超检查结果:膀胱完全不充盈,双侧输尿管未见明显扩张,腹腔积液,肝、脾、胰等未见异常。12月22日进行MR检查:双肾弥漫水肿,腹水。12月24日检测血铬浓度为 $3459.7\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。12月27日测量24 h尿液尿量,为0.950 L。12月29日检测血铬浓度为 $2544.8\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。2024年1月1日检测血铬浓度为 $2015.3\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。1月2日进行的CT检查结果:两侧胸腔积液、腹盆腔积液;B超检查:双肾弥漫性病变,符合急性肾脏病变超声表现。1月5日检测血铬浓度为 $1752.0\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。1月23日检测血铬浓度为 $1173.6\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。2月2日检测血铬浓度为 $480.0\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。入院临床诊断为急性肾功能衰竭,右下肢烧伤Ⅲ度体表面积TBSA1%,胸腔积液,腹腔积液及铬中毒。

3.3 职业病诊断

目前,我国尚未制订职业性急性铬中毒诊断标准。2月2日,市职业病防治所根据患者有明确的铬及其化合物、硫酸等接触史,结合现场职业卫生学调查、职业卫生检测、患者临床表现、辅助检查和血铬检测结果等资料,排除了其他病因后,依据GBZ 71—2013《职业性急性化学物中毒的诊断 总则》、GBZ 51—2009《职业性化学性皮肤灼伤诊断标准》、GBZ 79—2013《职业性急性中毒性肾病的诊断》,诊断为:1、职业性急性重度中毒性肾病(铬及其化合物);2、职业性化学性

皮肤中度灼伤(铬酸、硫酸)。

3.4 救治与转归

入院后行右下肢扩创植皮术、血透、对症支持等治疗,病情稳定,症状好转,于2024年2月3日出院。出院一个月后电话随访,患者自诉无明显不适。

4 讨论

铬在自然界中分布广泛,常应用于冶金、电镀工业。铬是多价化合物, Cr^{3+} 是人体必需的微量元素之一,而 Cr^{6+} 则有毒,且易被人体吸收。 Cr^{6+} 能够对人体引起急慢性毒作用,主要毒性作用有刺激腐蚀、肝肾损害、致癌等^[1-3]。作为强致癌剂和多器官毒物,六价铬化合物已被列入我国《优先控制化学品名录(第一批)》及《有毒有害水污染物名录(第一批)》中的危险化学品物质,并在美国毒物与疾病登记署2017年发布的有害物质中处于前列^[4]。生产过程中发生急性铬中毒多因吸入或皮肤灼伤引起^[5-6]。铬从人体内清除较慢,主要通过肾脏经尿液排出,血铬、尿铬可作为生物监测指标反映机体接触水平^[7-8]。目前,我国仅制定尿中铬的生物接触限值,胡贵平等^[9]提出尿铬检测存在污染和红细胞分离等困难,并建议全血可溶性六价铬化合物的生物接触限值为 $6.00\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 。本次调查采用电感耦合等离子体—质谱仪测定全血铬,结果严重超出此建议限值。中毒患者清理作业时处在相对密闭的电镀槽中,且较长时间接触了较高浓度的铬酸。同时,右侧大腿皮肤被铬酸液体污染后未及时清洗,导致吸收了大量铬及其化合物。因此,本次中毒事故是在未采取有效卫生防护措施的情况下,通过呼吸道吸入和皮肤吸收引起的。我国尚未制订职业性铬中毒诊断标准,某市疾控参考了相关国家职业病诊断标准进行了诊断,其中:呼吸道刺激应与刺激性气体中毒相鉴别,肝、肾功能损害应与砷中毒等进行鉴别。

事故发生后,某市疾控对事故现场进行了卫生检测,作业场所空气中铬及其化合物浓度 C_{PE} 、 C_{TWA} 均超出国家职业卫生标准限值。中毒患者在接触了较高浓度的铬及其化合物后开始出现消化道症状,伴随尿量减少,局部皮下出现水肿和严重的急性肾功能损害。患者中毒特点:潜伏期较短,中毒性肾损害症状明显,病情进展较快。患者早期出现咳嗽、咳痰、胸痛等呼吸道症状,入院时症状减轻CT检查发现两肺下叶膨胀不全、双侧胸腔积液等体征。肝功能检查发现除总胆红素、总蛋白、白蛋白等指标下降外,其他指标未见明显异常,肝损害表现不明显。通过每日2次注射硫

代硫酸钠,每周3次临床血液透析及补充液体、维生素,留置导尿等对症支持治疗,血铬浓度下降较快,肾功能明显改善。

本调查分析了导致本次中毒事故发生的主要原因:(1)用人单位负责人职业病防治法制意识薄弱,未依法落实职业病防治主体责任和职业病防护措施,未给劳动者提供有效的个人防护用品;(2)用人单位管理人员未接受职业卫生培训、考核,对清理等辅助作业存在的急性职业病危害缺乏认识;用人单位未建立急性职业病危害事故应急处置救援预案和设施;事故发生后,用人单位未及时采取相应的应急处置和救治措施;(3)劳动者未经职业卫生培训,对可能引起的职业中毒危害缺乏认识,中毒发生后也未及时进行有效治疗;(4)电镀企业发生急性铬中毒事故较少见,用人单位和相关政府管理部门重视不够,缺乏有效监管。

为防止此类中毒事故再次发生,以保护劳动者身体健康,本次研究提出以下建议:(1)进一步加大职业病防治法律法规知识的宣传教育,提高全社会和用人单位职业病防治法制意识,依法落实用人单位职业病防治主体责任;(2)依法加强对电镀企业的职业健康监督管理,督促用人单位全面落实各项职业病防治措施,健全职业病危害事故应急救援预案等职业卫生管理制度,按要求设置职业病危害事故应急处置救援设施,为劳动者配备有效的个人防护用品;(3)严格按照《国家卫生健康委办公厅关于进一步加强用人单位职业健康培训工作的通知》要求,加强用人单位管理人员和劳动者职业卫生培训,提高广大劳动者的职业病防治意识和自我防护能力;(4)加强对基层医疗机构

和个体诊所医务人员职业中毒救治知识的培训教育,进一步提高中毒救治水平。

参考文献

- [1] RENU K, CHAKRABORTY R, MYAKALA H, et al. Molecular mechanism of heavy metals (Lead, Chromium, Arsenic, Mercury, Nickel and Cadmium) - induced hepatotoxicity - a review[J]. *Chemosphere*, 2021, 271: 129735.
- [2] IYER M, ANAND U, THIRUVENKATASWAMY S, et al. A review of chromium (Cr) epigenetic toxicity and health hazards[J]. *Sci Total Environ*, 2023, 882: 163483.
- [3] DEN BRAVER-SEWRADJ S P, VAN BENTHEM J, STAAL Y C M, et al. Occupational exposure to hexavalent chromium. Part II. Hazard assessment of carcinogenic effects[J]. *Regul Toxicol Pharmacol*, 2021, 126: 105045.
- [4] Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). The ATSDR 2022 substance priority list[EB/OL]. (2017-01-01)[2024-03-11]. <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/>.
- [5] LIN C C, WU M L, YANG C C, et al. Acute severe chromium poisoning after dermal exposure to hexavalent chromium[J]. *J Chin Med Assoc*, 2009, 72(4): 219-221.
- [6] 李德鸿, 赵金垣, 李涛. 中华职业医学[M]. 北京: 人民卫生出版社, 2019: 405-408.
LI D H, ZHAO J Y, LI T. Chinese occupational medicine[M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 2019: 405-408.
- [7] 刘萍, 李继猛, 孔学云. 误服含铬电镀液工人自身对照分析[J]. *实用预防医学*, 2024, 31(5): 594-596.
LIU P, LI J M, KONG X Y. Self-control analysis of workers with chromium electroplating solution misuse[J]. *Pract Prev Med*, 2024, 31(5): 594-596.
- [8] 金泰虞, 王祖兵. 化学品毒性全书[M]. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2020: 112-113.
JIN T Y, WANG Z B. Chemical toxicity encyclopedia[M]. Shanghai: Shanghai Scientific and Technological Literature Press, 2020: 112-113.
- [9] 胡贵平, 张亚丽, 洪诗怡, 等. 六价铬化合物职业接触人群全血铬生物接触限值探讨[J]. *中国职业医学*, 2024, 51(2): 129-137.
HU G P, ZHANG Y L, HONG S Y, et al. Study on the biological exposure limit of whole blood chromium in occupational hexavalent chromium compounds exposed population[J]. *China Occup Med*, 2024, 51(2): 129-137.

(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 顾心怡, 汪源)