

电损伤皮肤中金属导体元素含量的研究^①

竞花兰^② 祝家镇

(中山医科大学法医系病理教研室,广州,510089)

提 要 实验用 60 只大白鼠(SD)以 220V 交流电,通过直径 0.4cm 的铜、铁、铝金属导体分别电击大鼠爪掌部皮肤,时间分别为 1min、20s、5s,形成电损伤。电损伤皮肤与正常对照皮肤经硝酸消化后,用原子吸收光谱检测铜、铁、铝的含量。结果显示,电损伤组 3 种元素含量高出对照组的 3.5~32 倍,经配对 *t* 检验,*P* 值均 < 0.001,有显著性意义。本实验组织处理不同于以往高温灰化,实验操作简便,检材用量可少至 10mg,可为法医学实际检案鉴别是否电损伤皮肤提供客观数据和指标。

主题词 电损伤;金属;皮肤

中图分类号 R89

随着电在工农业生产,科学实验和日常生活中的广泛应用,电对人体形成的损伤和引起的死亡,在法医学检案中日渐增多,正确鉴定是否电损伤或电击致死,是法医学研究的内容之一^[1~5]。对于不典型的电损伤或已发生腐败电击致死的尸体,进行法医学鉴定尤为困难。本研究是在前人实验的基础上,寻找操作简便、检材用量少、切实可行的检测电损伤局部皮肤金属元素的含量,旨在为较疑难的法医检案提供客观的科学依据,解决法医学检验鉴定中的疑难问题。

1 材料与方 法

1.1 材料与仪器

实验用 SD 大白鼠 60 只,重 150~160g 左右,雌雄随机选取。用日立 180 原子吸收光谱仪检测。硝酸、双氧水、酒精均采用分析纯。取直径为 0.4cm 的铜、铁、铝金属导线各一条长 30cm。

1.2 实验分组

1.2.1 不同通电时间的实验组 铜、铁、铝 3 种金属导体,用 220V 交流电电击活体大鼠爪掌部,通电时间分别为 1min、20s、5s;处死 30min 后电击 20s。共 3 组实验组与同体对照

组(每种金属导体用 10 只大鼠,3 种金属共 30 只)。

1.2.2 无明显电流斑的电损伤实验组 用生理盐水湿润皮肤,增加导电性,减少电阻,然后再用 220V 交流电电击已湿润皮肤,通电时间为 1min,形成不典型电击损伤(每种金属导体 10 只大鼠,3 种金属共 30 只)。并设有同体正常皮肤对照组(目的为研究不典型电损伤鉴定的可行性)。另在同体大鼠对侧爪掌部用烧热至红的铜、铁、铝金属线形成热灼伤(接触时间 1min)实验组。

以上各组动物均以剪除心脏的方法处死。

1.3 样本取材与处理

1.3.1 各实验组皮肤的取材 将电击、热灼伤以及各对照组的皮肤检材,取 0.4cm × 0.5cm × 0.2cm 大小,置无水酒精中 6h,取出后置于滤纸上吸干,待酒精挥发 10min 后,分别称取样本重量。

1.3.2 各实验组皮肤组织的破机处理 将称取的组织按每 10mg 加入 0.5ml 硝酸,待其作用 20min 后,皮肤组织呈松散絮状,再置于沸水浴中加热 30min,组织便可溶于硝酸溶液中,外观呈微黄透明色的液体。此时再

① 本课题由学校科研基金资助

② 第一作者,1953 年出生,女,硕士、讲师

按每 0.5ml 硝酸加入 30% 0.05ml 的分析纯双氧水,再于沸水浴中加热 10min,(使组织溶液更加澄清透明),至此,检材已溶解完毕。

1.3.3 配制标准溶液 取高级纯铜、铁、铝并准确称取重量,用超纯水配制成标准浓度溶液,用原子吸收光谱检测仪进行检测^[6],根据其不同浓度的吸光度,作出吸光度(A)与浓度(C)ppm 之间的标准工作曲线(见图 1, 2, 3)。并根据 3 种已知浓度的标准曲线,对各实验组待测样本,用原子吸收光谱仪进行检测,便可求出未知样品中元素含量,并将其含量换算出每 mg 组织中含有多少 ug 的金属元素。

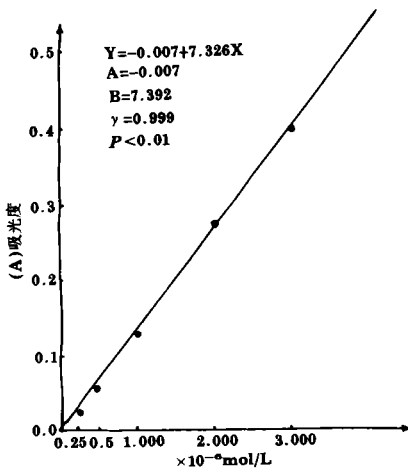


图 1 铜元素的标准工作曲线

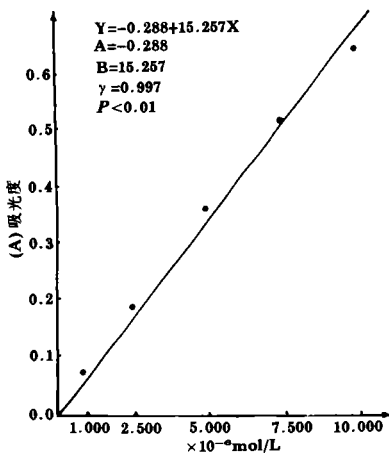


图 2 铁元素的标准工作曲线

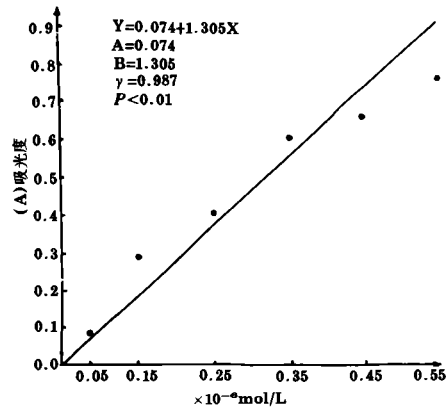


图 3 铝元素的标准工作曲线

2 实验结果

2.1 各组检测结果

活体电击时间为 1min、20s、5s 及死后电击 20s 实验组与同体正常对照皮肤金属元素的含量结果显示:铜元素分别为 32 倍、18.6 倍、3.5 倍、16 倍。铁元素分别为 11 倍、9.1 倍、4.2 倍、9 倍。铝元素分别为 11 倍、8.5 倍、5.8 倍、8.3 倍。经配伍组设计方差分析后,进行完全随机设计方差分析($P < 0.0001$),差别有极显著性意义。经多个样本均数间的两两比较,3 种元素的检测结果除生前电击 20s 与死后电击 20s 无差异外,其各组间均有显著性差异(见表 1)。

2.2 不典型的电损伤检测的结果

电击经生理盐水湿润的爪掌部皮肤 1min,皮肤无典型的电流印痕的样本检测结果与正常皮肤元素测定结果显示,铜、铁、铝 3 种金属导体电击皮肤分别高于正常皮肤的 29 倍、19 倍、9.97 倍。经配对 t 检验,各组 P 值均 < 0.001 ,差别有显著性意义(见表 2)。

2.3 灼伤元素含量与对照皮肤及同体不典型电损伤皮肤元素含量的比较

金属灼伤 1min 皮肤的金属检测与对照皮肤及不典型电损伤皮肤元素含量相比,灼伤皮肤金属含量明显下降,3 种金属分别下降 6 倍、5 倍、2.3 倍。经配对 t 检验,两者间 P 值 < 0.001 。它们分别与同体的正常皮肤

表1 不同电击时间电流斑与正常对照皮肤铜、铁、铝元素含量($\mu\text{g}/\text{mg}$)¹⁾

组别	铜		铁		铝	
	实验 $\bar{x} \pm s_x$	对照 $\bar{x} \pm s_x$	实验 $\bar{x} \pm s_x$	对照 $\bar{x} \pm s_x$	实验 $\bar{x} \pm s_x$	对照 $\bar{x} \pm s_x$
生前电击 1 min 电流斑	1.33 \pm 0.13	0.01 \pm 0.00	2.17 \pm 0.19	0.09 \pm 0.02	1.42 \pm 0.05	0.13 \pm 0.24
生前电击 20s 电流斑	0.77 \pm 0.08	0.01 \pm 0.00	1.66 \pm 0.12	0.09 \pm 0.02	1.08 \pm 0.07	0.01 \pm 0.02
生前电击 5s 电流斑	0.15 \pm 0.03	0.01 \pm 0.00	0.79 \pm 0.09	0.09 \pm 0.02	0.75 \pm 0.01	0.13 \pm 0.02
死后电击 20s 电流斑	0.61 \pm 0.06	0.01 \pm 0.00	1.52 \pm 0.11	0.07 \pm 0.02	1.14 \pm 0.06	0.13 \pm 0.02

1)各实验组与对照组经配对 t 检验, $P < 0.001$

表2 电击 1min 不典型电流斑与正常对照皮肤铜、铁、铝元素含量($\mu\text{g}/\text{mg}$)¹⁾

样本	铜导体		铁导体		铝导体	
	电击皮肤	对照皮肤	电击皮肤	对照皮肤	电击皮肤	对照皮肤
1	0.2450	0.0418	2.3947	0.1105	1.0474	0.1449
2	0.2461	0.0583	2.5502	0.0585	1.0462	0.1206
3	0.2864	0.0033	0.7579	0.1581	1.6779	0.1936
4	0.2167	0.0434	1.4250	0.1160	1.6232	0.2196
5	0.2564	0.0693	1.8507	0.1314	0.8695	0.1702
6	0.4323	0.0115	2.3028	0.0726	1.2219	0.1225
7	0.2808	0.0176	1.7253	0.0726	1.6925	0.0850
8	0.2949	0.0368	1.9266	0.0847	1.6276	0.1295
9	0.4017	0.0572	1.9415	0.1165	1.6649	0.1295
10	0.1751	0.0467	1.9404	0.0126	1.5218	0.1399
\bar{x}	0.2835	0.0386	1.8815	0.0933	1.3993	0.1455

1) $P < 0.001$

金属含量检测结果比较,3种导体分别为12~5倍,经配对 t 检 $P < 0.001$,差别有显著性意义(见表3)。

3 讨论

3.1 可为电损伤检案的鉴定提供客观数据

根据本研究的结果提示,电损伤皮肤中金属元素含量明显高于对照皮肤中含量,对判断电损伤具有显著性意义,作者曾用本法对水中尸体的可疑电损伤皮肤进行检测,检

表3 电击 1min 不典型电流斑皮肤与烧灼 1min 皮肤铜、铁、铝含量($\mu\text{g}/\text{mg}$)¹⁾

样 本	铜				铁				铝			
	电 击		烧 灼		电 击		烧 灼		电 击		烧 灼	
	实验	对照	实验	对照	实验	对照	实验	对照	实验	对照	实验	对照
1	1.25	0.04	1.43	0.01	2.39	0.11	0.47	0.01	1.05	0.14	0.50	0.09
2	1.25	0.06	0.64	0.02	2.05	0.06	0.19	0.12	1.05	0.12	0.30	0.08
3	1.29	0.01	0.52	0.05	0.76	0.15	0.50	0.01	1.68	0.19	0.64	0.08
4	1.22	0.04	0.23	0.05	1.42	0.12	0.18	0.09	1.62	0.22	0.44	0.15
5	1.26	0.07	0.49	0.04	1.85	0.13	0.48	0.02	0.87	0.17	0.71	0.17
6	1.04	0.01	0.24	0.02	2.30	0.07	0.59	0.04	1.22	0.12	0.42	0.14
7	1.28	0.02	0.44	0.04	1.72	0.07	0.47	0.13	1.69	0.09	0.74	0.12
8	1.29	0.04	0.31	0.03	1.93	0.08	0.60	0.09	1.63	0.13	0.61	0.09
9	1.01	0.06	0.50	0.04	1.94	0.12	0.45	0.17	1.67	0.14	1.04	0.08
10	1.17	0.05	0.53	0.04	1.94	0.01	0.33	0.01	1.52	0.11	0.71	0.13
\bar{x}	1.21	0.04	0.53	0.03	1.83	0.09	0.43	0.07	1.40	0.14	0.61	0.11

1) $P < 0.001$

测结果高出对照皮肤的 10 倍,为确定电损伤获得了满意的效果。因而,本研究结果显示出对法医学电损伤的疑难检案鉴定有良好的应用前景。

3.2 电损伤局部皮肤金属元素含量明显增高的原因

损伤皮肤中金属元素含量明显高出正常皮肤与热灼伤皮肤中的含量,最高达到 32 倍之多。我们认为在电损伤时(无论是交流电或直流电)均可产生电场,在电场的作用下,除根据焦耳热引起接触部位的烧伤外,导体可因高温溶融沉积局部皮肤的同时,还可因电流本身的电离作用,将金属离子导入皮肤组织深层。我们曾对水中尸体可疑电流斑皮肤置于 X 线能谱仪进行扫描电镜分析检验时,发现金属成分进入皮肤的深层,呈扇形散布。这说明金属元素在通电时不仅附着在皮肤表面,同时也随电流进入皮肤深层。热灼伤时,只有热的作用损伤局部,金属成分仅附着于

表面,虽然比正常皮肤高,但远不及电损伤高。

3.3 研究方法的优点

本实验方法不同于以往所采用的方法^[7],而是根据金属在酸中形成盐的原理,将皮肤直接放入酸中破坏,直接形成澄清透明的溶液后,用原子吸收光谱仪检测,能达到检材需要量少,花费时间短,具有简便、快速、准确之特点。在有原子吸收光谱仪的地方,可以用本方法帮助鉴定疑难的电流损伤。同时,在进行元素成分分析时还可帮助推断何种金属导体引起的电损伤。

参 考 文 献

- 1 Russll S Fisher, Charles S Petty, Forensic Pathology Castte House Publication Ltd, 1980. 111~123
- 2 陈国弟译·电损伤,吴家汶主译·法医显微病理学诊断,北京:人民卫生出版社,1985. 202~

- 207
- 3 Cyril John Polson, *The Essentials of Forensic Medicine*. 4th Edition, Pergamon London, 1985. 271~275
- 4 内间巢行. 电流斑に関わる实验的研究. 日法医志, 1988, 42(1): 122~124
- 5 赵嘉言. 电伤微量金属简易检出法初探. 中国法医学杂志, 1986, 1(1): 58~58
- 6 杨文澜译. 原子吸收分光光度计. 马延林主译. [美]R. S 恩德普尔著. 现代分析仪器手册. 北京:机械工业出版社. 1985. 147~168
- 7 王晓峰, 龚利昌, 孙景文, 电烧伤皮肤金属元素的测定. 中国法医学杂志, 1987, 2(2): 101~104
- (1993-12-05 收稿 1994-10-15 修回)

QUANTITATIVE STUDY OF THE METAL CONDUCTOR ELEMENT IN THE SKIN ELECTRIC INJURIES

Jing Hualan Zhu Jiazhen

(Department of Forensic Pathology, Sun Yat-Sen University of Medical Sciences, Guangzhou, 510089)

Electric injuries were inflicted on the palms of 60 SD rats with 220V AC electric current by copper, iron and aluminium electrodes of 0.4cm in diameter, the inflicted time was 60, 20 and 5 seconds respectively. Specimens of skin electric injuries and normal skin controls were digested by concentrated nitric acid, the contents of copper, iron and aluminium were measured by atomic absorption spectrophotometer (AAS). The results showed that the contents of copper, iron and aluminium of the skin electric injuries were 32~3.5 times those of normal skin controls, the difference between which was highly significant (pair T test, $P < 0.001$). This method is simple and needs less tissue (about 10mg) compared with the old one in which tissue was burned to ash. So it may be used to provide objective evidence for distinguishing skin electric injuries from normal skin in medicolegal practice.

Subject headings electric injuries; metals element; skin