



韩之勋 主编

电损伤治疗学

DIAN SUNSHANG ZHILIAOXUE

DIAN SUNSHANG ZHILIAOXUE



本书在编写过程中，参考了国内外文献，目的是提供从事电损伤治疗的医务人员参考。本书在编写过程中，参考了国内外文献，目的是提供从事电损伤治疗的医务人员参考。

安徽科学技术出版社

前 言

自普及用电以来,电损伤的住院病人逐年增多。据安徽省有较大影响的7家医院统计,20年间(1975—1995)共收治电损伤病人1190例,占烧伤住院治疗病人的第三位(发病率为5.88%),且致残率高达63.09%。其原因,与普及用电知识的宣传力度不够;专业医师对电损伤知识的认识不足,因而治疗方法不当有着密切关系。

国内常致德教授从1964年起最先采用早期清创,即行皮瓣覆盖治疗,收到良好的效果;1970年引进轴型皮瓣、肌皮瓣和筋膜瓣后,扩大了早期修复的范围;朱志祥等分别于1988、1989年报道,将电接触烧伤创面的处理作为“急诊手术”范围,并提出“三早”的原则,方使截肢率明显下降。

此后,国内诸多学者对电接触烧伤的病理生理、电休克、脏器功能损害以及造血、免疫系统的影响等方面,在大量的实验研究、临床观察和基础研究中所取得的成果,为进一步提高我国电损伤的整体治疗水平起到推动作用。

我们自1985年起,开始重视电损伤病人的全身治疗和局部处理,使治愈率提高,截肢率下降50%以上。

本书的编写是以作者临床治疗经验为主,并参阅了国内外文献,目的是提供从事烧伤临床工作的年轻医师参考。

全书共分16章。第一至七章,着重介绍电损伤的基础知识、流行病学调查以及诊断分类、分型,并进行分级标准的讨论;第八、九章,为急救和休克的防治;第十章,为创面的局部处理;第十一、十二章,为常见的合并伤、并发症及处理原则;第十三章,为营养代谢和补充;第十四章,为抗感染和抗生素应用;第十五章,重点介绍轴型皮瓣的应用,并附有临床应用不同类型的轴型皮瓣和手术治疗成功的照片;第十六章,介绍临床护理,包括基础护理和专科护理。

由于我们临床经验不足,书中会有诸多不足之处。我们热诚期望前辈及同道们给予批评指正。医学科学在发展,电损伤防治的研究工作在不断地进行,希望本书能起到抛砖引玉的作用。

韩之勋

目 录

第一章 概述	1
第一节 电损伤的概况	1
第二节 电流对人体的损害	1
第二章 电损伤的类型	3
第一节 电损伤的分类及概念	3
第二节 电接触烧伤及其概念	4
第三章 电损伤的流行病学调查	8
第一节 概述	8
第二节 国内外电损伤流行病学资料	8
第三节 安徽省住院电损伤病人调查	9
第四节 电损伤的原因分析	14
第四章 电接触烧伤后机体病理生理变化	17
第一节 电接触烧伤后机体病理生理改变机理的探讨	17
第二节 高压电接触烧伤后局部组织的病理改变	18
第三节 严重电接触烧伤对脏器功能的损害	20
第四节 电接触烧伤后对机体造血机能的影响	24
第五章 小儿电损伤	26
第一节 流行病学调查	26
第二节 小儿电损伤的特点	27
第三节 小儿电损伤的致伤原因	29
第四节 小儿电损伤的诊断及防治原则	29
第六章 闪电损伤	31
第一节 资料回顾	31
第二节 病理生理	31
第三节 临床表现特点	32
第四节 治疗原则	33
第七章 电接触烧伤的诊断	35
第一节 急救现场诊断概要	35
第二节 院内一般诊断概要	35
第三节 电接触烧伤的临床分类与分型	36
第四节 电接触烧伤严重程度分级标准的探讨	39
第八章 电损伤的急救	42
第一节 概述	42
第二节 电损伤的院前急救	42
第三节 途中的继续抢救	48
第四节 院内急救	49
第九章 电损伤休克的防治	51

第一章 概述

第一节 电损伤的概况

国家的工农业发展,电是先行官。当今我国农村已普及用电,用电量逐年增加,人们与电接触的机会也相应增多,因而电损伤的发生率在逐年提高。从城市到农村,从厂矿到企业,不分年龄和性别,都有电损伤病例的发生,除偶然事故外,多与安全用电和用电知识的普及不足有直接关系。

首次将电作为商业性能源,是在1849年,当时受到公众的反对,示威者在纽约市中心广场上电死狗,以告诫全城每家每户:新的能源如此危险!30年后的1879年,在医学杂志上报道了首例死于电事故的病例(Carole L, 1978)^[1]。此后,在世界各地因电损伤住院抢救的病人逐年增加。当今美国死于电损伤的每年约有1500人,在1916年和1966年则分别为670人和1100人(Mills W, 1966)^[2];在英国,电损伤造成的死亡者中有2/3死于250 V电压以下(Lee WR, 1961)^[3];在瑞典,电力的发展与电损伤事故的发生呈平行发展(Sances A等, 1979)^[4]。故电造成的损伤,正日益成为目前世界性问题(Shoog T, 1970)^[5]。

对于电损伤的诊断,目前尚无统一的名词,常见于文献中的有:电烧伤(electrical burn)、电击伤(electrical shock)、电损伤(electrical injury)、接触性电损伤(electrical contact injury)等。此类损伤除在电接触的瞬間电流通过组织所致热力损伤外,还有继发性的血管痉挛和栓塞,引起的深部组织变性坏死和肢体、肌肉进行性、继发性的坏死,故主张使用“电损伤, electrical injury”一词(高洪君, 1995)^[6]。

电损伤的致病因素为物理因素。电本身又有直流、交流、静电、高频、低频、高压、低压之分,电流又可产生电弧和因短路产生火花。因此,电损伤应包括热效应、刺激效应和化学效应。由于原因不同,在临床上各有其特殊性和复杂性。

电损伤的发生率很高,虽各家医院报道不一,大都占住院总烧伤病例的3%~9%^[1,7,8,9,10,11,12]。上海电力医院电损伤病例占烧伤病例的74.5%^[13]。经安徽7家烧伤中心统计,电损伤约占同期住院烧伤病人的第三位^[14],且具有并发症多、残废率高和现场死亡率高的特点。在治疗上,目前均在减少截肢率上展开努力,包括实验研究和临床手术方法的改进,但对380 V以上,特别是10 000 V以上高压电接触烧伤后,肢体业已坏死者,仍无良策。这类病人,截肢是不可避免的。因此,电损伤的预防,是今后烧伤界及有关部门共同努力的基本方向。

第二节 电流对人体的损害

当人体接触裸露的带电设备或带电导体时,由于电流通过人体,对机体造成不同程度的损伤。根据焦耳-楞次定律: $Q=0.24 \times I^2 R t$ [Q 为热量(卡), I 为电流强度, R 为电阻, t 为时间,0.24为常数],即电能的产生与电流强度、组织电阻及接触的时间成正比。部分电能转换成热能,使电阻大的皮肤首先被烧伤损害,凝固炭化。皮肤炭化后电阻变小,继续进入人体的电流将损害人体内脏。若接触低电压电源,一般只对接触处皮肤的表面造成轻度损伤,形

成轻度的斑点或小面积烧伤,如能即时脱离电源,对人的肢体、全身和内脏影响不大;如若不能即时脱离电源,由于长时间的作用,可以造成机体内部严重损害,甚至死亡。当接触高压电源时,在机体接近高压电源的瞬间,发生电弧放电,电弧温度可高达数千度,造成现场人体皮肤大面积深度烧伤而危及生命;同时在强烈的电弧刺激下,眼睛受伤造成眼炎;若触电者与地面接触,电流通过人的机体,损伤中枢神经,造成心跳、呼吸骤停及脏器、肢体的严重损害。电接触烧伤的并发症较多,包括内脏损害^[4]、血容量变化、心肺并发症、血管受损、电解质紊乱以及骨与关节损伤、肠道损伤、感染和神经系统后遗症等^[4]。然而其机理,在近数十年间仍未被完全搞清楚^[15]。

(韩之勋)

参 考 文 献

- [1] Carole L, Johnson RPT, Edward J, et al. Burn management. New York: Raven Press, 1978. 24~29
- [2] Mills W Jr, Switzer WE, and Moncrief JA. Electrical injuries. J A M A, 1966, 195: 164~168
- [3] Lee WR. A clinical study of electrical accidents. Br J Ind Med, 1961, 18: 260
- [4] Sances A Jr, Lanson SJ, Myklebust JMS, and Joseph F. Cusick, Milwaukee, Wisconsin Electrical injuries. Surgery, Gynecology & Obstetrics, 1979 July 149: 97~98
- [5] Shoog T. Electrical injuries. J Trauma, 1970, 10: 816
- [6] 高洪君. 有关电损伤诊断上的几个建议. 中华整形烧伤外科杂志, 1995, 10(1): 79
- [7] James Holliman C, Jeffrey P Fischer, and Richard G Strate. The nature history of electrical injury. J Trauma, 1977, 17: 487~488
- [8] Hanumadass ANL, Voora SB, Kajan RJ. Acute electrical burns: a 10 year clinical experience. Burns, 1986 Apr, 12 (4): 254~259
- [9] 钟敏华, 赵崇华. 国内 84 家医院 9 695 例电烧伤病人流行病学资料分析. 中华整形烧伤外科杂志, 1993, 9(6): 417~418
- [10] 常致德主编. 烧伤创面修复后全身治疗. 北京: 北京出版社, 1993. 109~110
- [11] 刘同省, 赵桂相, 常明, 等. 765 例电烧伤分析. 中华整形烧伤外科杂志, 1994, 10(3): 224~245
- [12] 黎 莹主编. 烧伤治疗学, 第二版. 北京: 人民卫生出版社, 1995. 321~329
- [13] 徐雪璋, 吴亚莉, 曹凤山. 电烧伤后治疗 (附 30 例住院病例分析). 中华整形烧伤外科杂志, 1988, 4(4): 279~281
- [14] 徐庆连, 王立基, 韩之勋. 电损伤流行病学调查. 全国部分省市电损伤防治研讨会论文集汇编, 安徽, 1997. 24~30
- [15] Jaffe RH. Electropathology: a review of the pathologic changes produced by electric currents, Arch Pathol. 1928, 5: 837

第二章 电损伤的类型

第一节 电损伤的分类及概念

根据临床所见,我们将电损伤概分为:电接触烧伤(电击)、电接触+电火花烧伤(高压电源短路)、电弧/电火花烧伤和自然灾害所造成的闪电(雷击)烧伤。

1. 电接触烧伤 (electrical contact injury)

是指在人体直接接触电源后,电流通过机体,可以直接损伤皮肤和损害脑神经中枢并引起心室纤维颤动或呼吸骤停,从而造成死亡。如果触电者能迅速脱离电源,及时进行人工心肺复苏急救,可幸免于死;被灼伤的皮肤呈现点型的电流“入口”和“出口”;电流通过人体,可以是直流电或交流电,两者对机体所造成的损害,临床上有原则的区别:

1) 直流电接触烧伤 机体接触直流电后,因直流电能排斥人体,故接触时间短暂,很少造成严重损害,局部仅有温热感,临床比较少见;

2) 交流电烧伤(又叫真性高压电损伤)^[1] 电流与皮肤接触,并通过皮肤进入人体组织,电能即刻转变成热能,使组织直接受热并损伤局部的深层组织,如肌肉、血管和神经,甚至骨骼。其作用机理是:电流可以产生电脉冲,经循环传导,进一步损伤远隔部位血管,使血管形成血栓,造成组织的进一步损害;其次,触电后对肌细胞可以造成“去极化”(depolarization)作用,肌肉发生反复周期性强直和松弛。接触电源的时间越长,损伤就越重,其严重程度是直流电的3倍^[2]。因此,接触高压交流电后,除烧伤皮肤外,对心脏、血管、中枢神经、肌肉和骨骼等系统均能造成不同程度的损害。

2. 电弧烧伤 (electric arc burn)

电弧是高压电产生的,属热烧伤。电弧烧伤是在机体接近带电体的瞬间,电源与人体间建立一种光亮桥带——电弧放电,或谓“空气间隙击穿”^[3,4],温度可达数千度(2 500~3 000℃左右);10万V以上的高压电弧热甚至高达20 000℃以上。在场强范围内强大的电场作用下,身体与电源之间感应生电,空气亦被电离,人体也带电,瞬间电流通过身体,同时被弧光(arcover)烧伤。这类皮肤烧伤以三度为主,严重时可有皮下组织大面积损毁;皮肤无进、出口,但有典型的“电弧烙印”,多合并跌伤和/或肌肉强直性收缩损伤。电力部门规定距高压电源的安全距离是:10 000 V为0.2 m;35 000 V为0.4 m。电弧的发生为突然性,在场人员逃离不及,均可被局部高温空气灼伤,且以暴露的双手及头面部为主,烧伤的严重程度与电流、电压和人体与电源之间的距离有关。点燃衣物和周围易燃物后,会使伤情加重。在强烈的电弧刺激下,眼睛也可受到伤害造成眼炎。文献报道^[4]认为,电弧就其本身特点,有别于一般热力烧伤,但其病理和病理生理变化基本上与热力烧伤相同;实验研究结果表明(邱海等,1996)^[5],当人免进入高压电安全距离之内时,除有电弧热损伤因子之外,同时确有电流进入机体,其深部组织损伤的程度比电接触性烧伤相对较轻。

3. 闪电烧伤 (lightning injury)

闪电烧伤是一种特殊的电损伤,又叫雷击。它对人体的损害为闪电直接击中和静电感应的结果。闪电烧伤后皮肤可出现闪电纹,呈树枝状或蜘蛛网状微红色彩;皮肤常被烧焦,多

合并或并发神经系统疾患。美国每年因遭雷击而死亡者约 200 人左右,但住院病例很少。安徽省 7 家烧伤中心 1970—1995 年共收治 17 例闪电电烧伤病人,占总电损伤住院病例的 1.43%,死亡 2 例。

4. 电火花烧伤 (electrospark burn)

电火花系高压电源短路所产生。电火花烧伤根据受伤时电压的高低和距离电源的远近,皮肤被直接或间接烧伤。其皮肤烧伤可呈现不同的深度表现,但常见以三度为主。低压电、距离远,直接烧伤暴露的皮肤,多以浅度为主,烧伤面积一般不大;否则,若衣物燃着,造成间接烧伤时,烧伤面积的深度就远重于前者。电火花烧伤后的病理改变同一般热力烧伤,但临床表现远重于一般热力烧伤。

在同一个病人身上,可以有几种病理因素同时并存。

第二节 电接触烧伤及其概念

交流电对机体损伤的程度决定于:电流的种类、电流的强度、电压的高低和接触电源的时间;另外亦与身体对电流的阻力、电流通过身体的途径有关。

1. 电流 (current, 单位: 安培 Ampere, A)

1) 电流的频率 每秒在 60 Hz 的低电流,电压虽低 (60~65 V),仍可导致致命的心室纤维颤动和窒息、细胞内离子紊乱,甚至造成病人死亡。其原因主要是能导致心脏的传导系统和 Purkinje 纤维细胞膜极性的快速变换,或中枢神经元传导的暂时性瘫痪、暂时性冠状动脉痉挛和弥漫性心肌损害。民用电源频率为每秒 60 Hz,若与地面接触,由于电压低 (220 V),可无严重组织损害,但可使心跳、呼吸骤停;随着频率的增加,对机体损害反而变小,大于 2 万 Hz 时,所产生的损害明显减轻。

2) 电流的强度 (即电流密度) 电流强度遵照欧姆定律 (Ohm's Law):

$$\text{电流} = \text{电压} / \text{电阻} (I = V/R)$$

电流越强对人体损害越大,人体的生理反应越明显,感觉越强烈,引起心室纤维颤的时间就越长,致命的危险性就越大。按照电流通过人体的大小不同,机体所呈现的临床表现也不同。实验证明,当用手握住电极 (铜线),电流增加时,开始感到热和刺痛;当手握住铜管,电流量继续增加,则出现肌肉收缩和疼痛;如果电流超过 18 mA 接触胸部肌肉时,出现电休克呼吸停止,然而电流中断后呼吸可以恢复,如电流不中断将出现衰竭、失去知觉,瞬间死亡 (Charles 等, 1972)^[6]。因此,根据临床表现,可将电流强度分类为三级,即:

(1) 感觉电流 引起人体感觉最小的电流,称为感觉电流。成年男性的平均感觉电流是 1.1 mA,成年女性的平均感觉电流是 0.7 mA。

(2) 摆脱电流 人触电后,能自动摆脱电源的最大电流,称为摆脱电流。成年男性的平均摆脱电流为 16 mA,成年女性的平均摆脱电流为 10.5 mA。

(3) 致命电流 在短时间内危及生命的最小电流,称为致命电流。大于 80 mA 的电流,接触者不能摆脱电源,引起持续性心室纤维颤动、室颤后停跳及窒息。

3) 电流通过人体的途径对心脏的危害 电流通过人体的路径不同,通过人体心脏的电流强弱亦不同,造成危害程度也不同。现以心室颤动作为评价不同电流途径相对的危害性 (表 2-1):从表中可以看出,触电途径从胸到左手是最危险的电流途径;对于四肢最危险的电流途径是左手→左脚、左手→右脚、左手→双脚、双手→双脚;从脚→脚的途径,由于离心脏太远,进入心脏的电流极少。电流在 1 mA 时,人体可耐受;5 mA 时感觉疼痛,对人体无损害;

达 15 mA 以上时,可刺激神经和肌肉,发生强直性收缩;如果在 60 mA 时,电流从身体的一侧流向另一侧,心脏内的电流密度足以引起心室纤维颤动和心跳骤停(表 2-2)。

表 2-1 心脏电流系数(F)

电流途径	F	电流途径	F	电流途径	F
左手→左脚	1.0	右手→左脚	0.8	胸→右手	1.3
左手→右脚	1.0	右手→右脚	0.8	胸→左手	1.5
左手→双脚	1.0	右手→双脚	0.8	臀→左手	0.7
双手→双脚	1.0	背→右手	0.3	臀→右手	0.7
左手→右手	0.4	背→左手	0.7	臀→双手	0.7

表 2-2 不同强度交流电(50~60 Hz)通电 1 秒钟的生物效应

电流强度	人体反应
0~0.5 (mA)	没有感觉
0.5~1.5 (mA)	手指麻木
2~3 (mA)	手指剧烈刺痛
5 (mA)	最低安全电流
10~20 (mA)	最大摆脱电流
20~25 (mA)	手不能摆脱电源
50~80 (mA)	电流横向由一侧流向另一侧,呼吸麻痹,心室纤维
90~100 (mA)	电流通过心脏,呼吸麻痹,室颤后停搏
1~2 (A)	持续性心室收缩
>6 (A)	暂时性呼吸麻痹,严重烧伤及其他损伤

2. 电压 (electric voltage, 单位: 伏特, Volt, V)

电压决定于电流(表 2-3)。但通过人体电流的大小,又决定于人体的外部电阻和内部电阻以及人体所承受电压的大小。根据欧姆定律,电压越高,对人体的损伤越大,机体承受的损伤越重。以前一般认定,1 000 V 以下为低电压,1 000 V 以上为高电压^[7];后来根据临床实践,有的学者主张:小于 250 V 为低电压,引起损伤多与家庭用电有关;大于 350 V 为高电压,与工作不慎有关^[1]。1970 年 Shoog 提出,380 V 以下为低电压,380 V 以上为高电压,此已被公认。人在触电时,吸收电能量的多少,决定于接触电源的时间和触电时身体接触地面的程度。触高电压一般不引起心室纤维颤动,多引起骨骼肌强直性收缩和呼吸停止,如能即时抢救,多得以生存;低电压则易发生心室纤维颤动或心跳骤停,所谓“浴缸”意外即指洗澡时潮湿的机体、潮湿的地面与电压(110 V)接触,伤时可无灼伤创面,但可使心跳骤停^[8]。高压电产生的电弧,温度可高达 4 000~20 000℃,每 10 000 V 电压弧光,辐射面可达数厘米^[9],可直接或间接引起皮肤严重的大面积深度烧伤。

以前习惯地把 36 V 当作人体长时间直接接触也不会有危险的电压,故前苏联允许 36 V 的接触时间为 3~10 秒,但是将 36 V 作为安全电压是有条件的,是相对的,而不是绝对安全的电压(表 2-3)。虽然 36 V 是安全电压,但 36 V 和 50 V 都属于同一效应区域内,在生理效

应上没有多大差别,接触后都有一定的危险性,都处于痉挛以上、致心室颤动以下的区域内。故只要安全电路的一端与地面接触时,操作者的身体任何部位与电源另一端接触后,就会立即造成触电;因是安全电压,一般不会造成立即死亡,但若长时间不能摆脱,也会酿成不良的后果或造成间接损伤。

表 2-3 正常人接触不同电压时的人体电阻

接触电压 (V)	皮肤状况	人体电阻 (Ω)	通过人体电流 (mA)
50	干燥	4 000	12.5
	潮	2 000	25.0
	湿	875	57.1
42	干燥	4 200	10.0
	潮	2 100	20.0
	湿	900	47.0
36	干燥	4 500	9.0
	潮	2 250	16.0
	湿	950	36.0
24	干燥	5 000	4.8
	潮	2 500	9.6
	湿	1 000	24.0
12	干燥	6 000	2.0
	潮	3 000	4.0
	湿	1 200	10.0
6	干燥	7 000	0.9
	潮	3 500	1.7
	湿	1 300	4.6

3. 电阻 (electric resistance, 单位: Ohm, Ω)

组织电阻的计量单位是 Ω/cm^2 。局部电阻越大,对机体的损伤越严重。活组织不是欧姆导体(金属导体),不完全依赖电流强度。实验证明,人体组织均遵守焦耳定律(Joule's Law)^[7]: $P=I^2 R t$ (P =功率或热, I =电流强度, R =电阻, t =接触时间)。当电能转换成热能时,组织损伤的程度与组织电阻有关。机体不同部位、不同组织和器官电阻不一样,如电流进入手掌,其电阻是进入手背的3~4倍;另外与接触处(入口)有无绝缘物及种类、入口处皮肤潮湿程度(潮湿时电阻减少为干燥时的1/30)有关。人体组织电阻增加的次序顺列是:神经、血管、脑脊液、肌肉、脂肪、肌腱和骨骼^[10]。人体皮肤没有血管,而且干燥,电阻可高达10万 Ω/cm^2 。若去掉皮肤的角质外层,电阻值将下降到800~1 000 Ω/cm^2 。如将全层皮肤剥掉,人体的电阻将下降到600~800 Ω/cm^2 。正由于人体皮肤电阻大,接触高压电后瞬间转化为热能,使皮肤炭化;皮肤炭化后电阻下降,成为电流向全身传导的通道,使损伤范围增加。电流进入机体后,沿电阻最小的组织进行,故血管、肌肉和神经首先受损,而且损伤最重。

4. 接触电源的时间

电流造成人体损害的程度与接触时间有直接关系。如在电流为1 A,电压为220 V时,在

1~2 秒钟内, 可造成皮肤三度烧伤; 无害电源如接触时间长, 也可造成死亡。在高压电路中, 一般都有自动开关和自动断电装置, 发生短路时会自动断电。10 000 V 电路, 自动断电时间不超过 0.5 秒, 所以实际人体触电时间不超过 1 秒, 遭雷击时的时间只有几十毫秒。Sances 在猪身上实验, 由后肢到后肢通电, 电压为 220~300 V, 电流强度为 1 A, 通电时间为 0~10 秒, 结果见表 2-4; 但实际上, 动脉、神经的电流密度虽然大, 且大都通过肌肉传导, 温度可高达 45℃, 但能很快地传到周围组织中去。

表 2-4 通电时间和测得的各组织温度 (℃)

通电时间(分)	电流密度	动脉	神经	肌肉	脂肪	骨髓	骨皮质
0	增 大 ↓	39	38.5	39	38.5	39	39
2		41	41.5	40.5	42	40	40
4		43	44.5	42.5	45.5	42.5	42.5
6		46	47.5	44.5	49	46	46
8		47	49.5	46.5	52	47	47
10		48.5	52	47.5	54	47	47
		(塌陷)	(绞扭)				

5. 其他

1) 细胞类型能决定电损伤的程度 如骨骼的电阻高, 以产热为主; 血管可凝成血块, 内膜和中层坏死, 有血栓和/或破裂; 肌肉易发生细胞裂开和水肿。

2) 躯体截面大小也能决定损伤的程度 Hunt (1976) 提出“容积导电学说”, 认为身体各部位截面面积的大小以及各种组织成分比例不同, 同一条件下, 不同部位机体损伤的严重程度也不一样^[11], 如肢体截面小, 电流密度大, 内(电)阻高, 损伤最严重; 躯干截面大, 电流密度小, 很少有内脏损伤。

故“高能”(即高电压、低电阻)时: 主要造成软组织损伤, 或不伴有心脏和/或呼吸系统的损害。在机体接触高电压后, 沿电阻最低的途径, 直线流经人体出去, 即出口; 且如出口不在同一个肢体上, 损伤就特别严重, 可产生心脏和中枢神经的损害。而在“低能”(即低电压、低频)时, 主要造成心、肺的损害, 而无软组织损伤。

(韩之勋 戴怀勇 唐士木)

参 考 文 献

- [1] 张友刚摘. 真性高压电损伤. 国外医学·创伤与外科基本问题分册, 1985, 6 (2): 107
- [2] 沈吟梅摘. 急性电损伤. 国外医学·创伤与外科基本问题分册, 1981, 2 (1): 58
- [3] 赵文中主编. 高压电技术. 第二版. 北京: 水利电力出版社, 1985. 1~14
- [4] 傅世林, 周海宗. 面部电弧闪光烧伤的特点及治疗. 中华整形烧伤外科杂志, 1987, 3 (1): 39~40
- [5] 邱海, 李敬录, 唐凯森, 等. 高压电弧放电烧伤的实验研究. 中华整形烧伤外科杂志, 1996, 12 (5): 363
- [6] Charles F Dalziel. Electric shock hazard. IEEE spectrum February, 1972. 41~50
- [7] 黎 肇主编. 烧伤治疗学, 第二版. 北京: 人民卫生出版社, 1995, 321~932
- [8] 黄怡兴, 向熊瑞, 徐麟瑞, 等. 默克诊疗手册, 第二版. 北京: 人民卫生出版社, 1994
- [9] Shoog T. Electrical injuries. J Trauma, 1970, 10: 817~823
- [10] 杨之骏, 许伟石, 史济湘主编. 烧伤治疗, 第二版. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 218~220
- [11] 赵为民摘. 电击伤的判断和处理. 国外医学·创伤与外科基本问题分册, 1984, 5 (1): 42

第三章 电损伤的流行病学调查

第一节 概 述

人类认识“电”仅有 200 多年的历史。早期商业用电是直流电,到 1881 年 Westinghouse 首先获得特斯拉交流发电机专利,继之获得 Stanley 转换器专利,此时商业交流电能的传输才全面展开^[1]。早在 1880—1900 年,人们已经知道交流电比直流电更危险。Jex-Blake 在 1879 年报道了^[2]世界上第一例电击致死的案例,死者是一位法国里昂的木匠,他死于接触一台 250 V 的交流发动机;第二例电死者发生于次年的苏格兰;5 年后, Brouardel 开始了电对人体危害的研究,时至今日,人们仍未能完全对电损伤的机理有一个全面完整的认识。随着电普及率的不断提高,电损伤的发生率也在相应地增加,然而就其流行病学的研究并不完整,由于不同国家和地区对该病发生率的统计不尽相同,尤其在第三世界国家和地区,医疗保险投保率很低,要想对此作出较为确切的、详尽的统计结果十分困难。因此,大多数国家和地区电损伤的发生率,仅指其占住院病例的比率。

了解电损伤致伤的原因和专业防护措施,正确地进行现场急救和不断提高院内治疗水平,加强对电损伤的预防和减少残废率,是临床烧伤医师的职责。我们从调查研究入手,了解电损伤发病情况、发病因素、治疗水平,以期从中制定出今后的努力方向。

第二节 国内外电损伤流行病学资料

1. 国外电损伤流行病学资料

1) 美国 1849 年,美国首次将电作为商业性能源,当时遭到公众的反对;30 年后的 1879 年在医学杂志上报道,首例死于电事故^[2];之后,触电死亡报道频频出现,1965 年有 1 071 例,1974 年有 1 157 例;Luce 报道,美国每年有 1 000~1 200 人死于触电,电损伤占美国住院病例的 1%~5%^[3]。

Baxten CR (1970) 来自华盛顿哥伦比亚特区的调查报道^[4],1970 年美国有 2 400 多名电休克患者被送往医院急救,估计其中有 3% 因伴有电烧伤而被送往烧伤中心;每年约有 1 500 人死于电损伤,而此前的 1914—1966 年,每年的死亡人数分别仅为 670 人和 1 100 人^[5]。

Barkland 纪念医院,自 1974 年以来共收治 383 例电烧伤病人,死亡率为 2.9%,截肢率为 13%^[6];Butler 报道电损伤上肢截肢率为 65%;另有报道在 30%~60% 之间。

Lynn Sallem 等 (1977) 报道^[7],1966—1975 年确认有 64 位接触性电烧伤病人,住在 Minnesota 大学 Saint Paul-Ramsey 医院烧伤中心, TBAS 平均 11%,最大 25%,共出现 114 个并发症,心电图异常占 36%,急性肾衰占 1.5%,死亡率为 3.1%。

Jame C 等 (1982) 报道^[8],1976—1981 年,80 例电烧伤病人收住在 Intermauntain 烧伤中心,占总住院烧伤病人的 8.9%。其中高压电接触烧伤 47 例,家中低电压触电 8 例,发生季节在 7—9 月份。

Helgeson SD (1985) 调查了华盛顿州 1950—1979 年间因灌溉时输水管钥匙或头顶碰上动力电线的电击致伤,大多发生在 4—5 月间^[9]。

Haberal M (1986) 报道^[10], 在 1980—1985 年的 5 年内, 共收治 94 例电损伤病人。最多的并发症是肌肉坏死后的截肢, 占 71.42%; 其次是急性肾衰占 18.08%。严重病人的死亡率为 58.82%。伤者在 15 岁以上者占 62.58%; 15 岁以下者 82.35% 为学生。在家庭中受低电压 (220~440 V) 致伤者 52 例, 被高电压 (1 000~3 800 V) 致伤者 53 例。每年 5、6 月份是发病的高峰。

Duclos PT 等 (1990) 报道^[11], 在佛罗里达地区, 闪电致死率为 0.9/百万人口, 而其他州闪电致死率则低得多。

Fatovich DM (1992) 通过调查澳洲西部 1976—1990 年医院记录、死亡报告、急诊委员会资料以及尸体报告单, 结果发现: 这一时期该地区有 104 人死于电接触烧伤, 大多发生于夏季, 系年轻男性碰击低电压所致, 52% 与接触水有关, 且多数为现场心律失常电休克死亡^[12]。

2) 德国 Cabans (1989) 报道, 10 年间德国国立电力煤公司 12 万雇员中, 发生电损伤者 1 231 人, 发生率为 1‰; 如折算为年发生率则为 100/百万人口, 病人总死亡率为 3.3%。

3) 英国 Lee WR (1961) 报道, 电击造成的死亡中, 有 2/3 死于 250 V 电压之下^[13]; 而在 1981 年报道触电死亡为 150 人, 死亡率为 2.1‰^[14]。

Gordon MW 等 (1988) 报道^[15], 苏格兰西部年电损伤致死率为 2.6/百万人口; 经统计, 10 年中有 70 人死亡, 其中 52 人为现场死亡, 另 18 人住院期间并发脓毒症而死亡; 同时提到, 57% 的病人通过有效预防措施本可以避免发生电损伤; 20 岁以下的人 91% 可以通过有效预防措施避免发生电损伤。

4) Hanumadass NL 等 (1986) 报道^[16], Cook 国立医院烧伤中心的电损伤病人占同期住院烧伤病人的 3.5%; 低电压损伤占 73%, 多数为小儿在家因家用电器漏电致伤。

2. 中国电损伤流行病学资料

上海电力职工医院徐雪璋等 (1988) 报道^[17], 1972—1986 年治疗电烧伤病人 304 例, 占住院烧伤病人的 74.5%; 电接触烧伤 240 例, 占 78.9%; 电火花烧伤 64 例, 占 21.1%; 死亡率为 0.66%。

钟敏华等 (1993) 报道^[18], 根据 1992 年在上海召开的首届电烧伤学术论文资料, 中国 84 家医院对 9 695 例电损伤住院病例的调查结果: 电损伤占同期烧伤住院病人的 6.56%; 男女之比为 7:1; 青壮年占 3/4; 受伤人员的职业分布: 工人占 47.12% (其中专业电工占 41.68%), 农民占 26.56%, 其他占 26.33%; 合并伤 12.38%, 各种并发症占 34.96%。

北京积水潭医院 25 年资料统计^[14,19], 电损伤病人占住院烧伤病人的 9.1%, 截肢率高达 36.2%。

辛时林等 (1993) 报道^[20], 电损伤的死亡率为 10%。

刘同省等 (1994) 报道^[21], 电损伤病人占同期住院的烧伤病人总例数的 5.94%。

第三军医大学^[22]有一个初步统计 (1995), 烧烫伤病人百万人口发生率为 $(5\sim10)\times10$, 而电损伤住院者占烧伤住院病例的 3.72%, 推算电损伤百万人口发生率为 186~372。

台湾: 1958 年报道, 电烧伤病人占烧伤住院病人的 9.4%。

第三节 安徽省住院电损伤病人调查

1. 一般情况调查

本书总结了安徽省 7 家医院自 1975 年 5 月至 1995 年 12 月, 20 年内收治的 1 190 例电损

伤病人,进行了以下分析。

1) 电损伤占同期住院烧伤病人的第三位 见表 3-1。

表 3-1 1970—1995 年烧伤病人的原因分析

	火焰烧伤	热流液烫伤	电损伤	化学灼伤	烟火火药烧伤	其他	合计
例数	7 757	9 874	1 190	627	392	394	20234
比率 (%)	38.34	48.80	5.88	3.10	1.94	1.95	

2) 电损伤的年发病例(率)和季节发病例(率) 20年间住院病人逐年增加,在1970—1975年的6年间,年平均住院电损伤病人为5.5人(占同期住院烧伤病人的4.49%),1986—1990年,年平均增加到79.4人(占同期住院烧伤病人的6.75%);1991—1995年,略有下降(表3-2)。此与农村普及用电后,安全用电及用电知识的宣传和教育工作尚未跟上有关。从发病季节观察,发病的顶峰是在每年的7、8两个月份,9月份后逐渐下降,此与高温季节工业、农业以及居民用电量增加,因而电事故发生率亦相应提高有关。

表 3-2 1 190 例电损伤住院病人年平均入院例数与同期住院烧伤病人总数的比较

年 段	1970—1975	1976—1980	1981—1985	1986—1990	1991—1995
总烧伤病人数	735	2 187	4 389	5 881	7 042
电损伤病人数	33	119	252	397	389
电损伤年平均住院例	5.5	23.8	50.4	79.4	77.8
电损伤占总烧伤 (%)	4.49	5.44	5.74	6.75	5.52

3) 电损伤的类型与病人性别 我们将1 190例分成4种类型(表3-3)。其中遭受电接触烧伤者高居首位,占66.13%。在受电损伤者性别中,男性患者为1 019例,占85.63%,男女之比为6:1。

表 3-3 1 190 例电损伤的类型及病人性别

	电接触烧伤	电接触+电火花烧伤	电弧/电火花烧伤	闪电烧伤
例数	652	135	386	17
率 (%)	54.79	11.34	32.44	1.43
男性	516	130	364	9
女性	136	5	22	8

4) 受伤时电压 除雷击(17例)外,380 V以上高压电烧伤占73.87%,其中约1/3以上(37.65%)为10 000 V以上超高压电损伤(表3-7)。

5) 职业分布 在遭受电损伤的1 190例中,农民最多,共310例(26.05%),主要原因是缺乏用电知识;工人次之,以工作中失误为主要原因(表3-4)。

表 3-4 1 190 例电损伤病人的职业调查

	农民	工人	儿童	农电工	专业电工	其他
例数	310	306	264	112	93	105
率 (%)	26.05	25.71	22.18	9.41	7.82	8.82

6) 年龄分布 电损伤病人的好发年龄在 50 岁以下, 多分布在 18~30 岁和 31~50 岁之间, 51 岁以上发生率明显下降, 其原因是 51 岁以上年龄人从事该项工作者较少。部分受害者主要与缺乏用电知识有关。值得引起我们的重视是, 12 岁以下儿童受伤比例较大, 占 22.18% (表 3-5)。

表 3-5 1 190 例电损伤病人的年龄分布

年龄 (岁)	12	13~17	18~30	31~50	51 以上
例数	264	85	271	532	38
率 (%)	22.18	7.14	22.77	44.71	3.19

7) 电损伤面积的计算及深度的估计 电损伤皮肤面积计算和深度的估计, 我们仍按照一般热力烧伤统一的计算方法。在 1 190 例中, 电接触烧伤 652 例, 其特点是除皮肤损毁外, 皮下组织损伤深而范围广, 其中低电压 (220 V) 烧伤 138 例, 皮肤烧伤面积 0.12%~3.5%, 平均 1.78% ($M \pm SD$, 下同), 这类患者无明显全身反应。高电压 (380 V 以上) 烧伤 514 例, 皮肤烧伤面积 1.34%~15.4%, 平均 7.67%, 且伴有全身反应和严重的内脏功能的损害。故高压电烧伤不能单纯以皮肤损伤面积来估计伤情, 若合并电弧/电火花烧伤, 皮肤损毁面积较大时, 伤情就更加严重。而单纯电弧/电火花烧伤, 皮肤损毁面积一般较大, 资料显示, 平均 47.7%, 最大可达 95%, 且亦以深二度和三度为主; 同时电弧之初伴有一时性电流通过机体, 亦有内脏尤其是心肌损害的可能, 死亡率亦高, 故其严重程度亦不可轻估 (表 3-6)。

表 3-6 1 190 例电损伤病人皮肤烧伤面积 (%) 计算 ($M \pm SD$)

	电接触烧伤	电接触/电火花烧伤	电弧/电火花烧伤	闪电烧伤
例数	652	135	386	17
220 V TBSA %	1.78 $\pm$ 1.47 (N=138)		4.025 $\pm$ 1.92 (N=156)	
380 V TBSA %	4.05 $\pm$ 3.65 (N=171)	27.4 $\pm$ 6.74① (N=20)	29.22 $\pm$ 10.8 (N=89)	
>6 000 V TBSA %	9.59 $\pm$ 5.33⑦ (N=52)	30.55 $\pm$ 8.1 (N=41)	21.95 $\pm$ 5.96 (N=58)	21.46 $\pm$ 5.72② (N=17)
>10 000 V TBSA %	9.39 $\pm$ 5.15⑩ (N=291)	31.65 $\pm$ 11.4⑥ (N=74)	47.7 $\pm$ 20.15⑦ (N=83)	(不计电压)
死亡率 (%)	1.96	15.5	3.73	15.38

○中为死亡例数

2. 电接触烧伤创面部位 (入口与出口) 与电压的关系

在电接触烧伤 787 例 (包括电接触+电火花烧伤) 中, 电接触“入口”创面共 856 处, 其中直接经手受伤 612 例 (77.8%)、681 只手 (69 例为双手), 即 681 个入口 (79.5%), 居首

位；经其他部位受伤（入口）175例（22.3%），最多的是经前臂（表3-7）。

表 3-7 电接触部位（入口）与电压的关系

电压 (V)	220	380	>6 000	>10 000	总例数
例数	179	206	82	320	787
[入口部位]					
手（双手）	164 (14)	157 (12)	63	228 (43)	612 (69)
头 颈 部	2	4	3	16	25
躯 干		10	4	12	26
前 臂	7	13	6	27	53
肘				6	6
上 臂		2	4	7	13
大 腿	2	2		6	10
小 腿 / 足	2	14		10	26
膝 部		2	2		4
臀 部	2	2		2	6
会 阴 部				6	6
入口数例	193	218	82	363	856

（ ）中为双手例数

在 787 例电接触烧伤中，共有 2 707 个出口，平均每个入口有 3.16 个出口；如果再加上 856 个入口，共有 3 563 个创面，每个伤者平均有 4.53 个创面。根据资料统计，身体任何部位触电后，出口的部位没有一定规律性，但出口部位皮肤的潮湿、与导体接触的时间以及接触电压的高低有直接关系：接触电压越高，出口越多，触及万伏以上电压者最多的有 15 个出口。从受伤创面部位的发生率（%）观察，四肢受伤占 88.56%（上肢占其中的 73.47%），其他部位只占 11.44%；且上肢（主要是双手）的入口多于出口，下肢的出口多于入口。（表 3-8）

表 3-8 787 例电接触烧伤病人受伤部位及发生率（%）

部 位	上 肢	下 肢	其他部位	合计（处）
入口数（%）	753 (87.97)	40 (4.67)	63 (7.36)	856
出口数（%）	1 575 (58.18)	712 (26.31)	420 (15.5)	2 707

3. 单纯电弧/电火花烧伤

单纯电弧/电火花烧伤共 386 例（表 3-6），占 32.44%。其烧伤面积与受伤电压有直接关系，电压越大，皮肤烧伤面积越大。220 V 电压为 4.025%（M±SD，下同）；而电压大于 380 V 者烧伤面积达 32.84%，且均以三度为主。死亡 7 例，病死率为 3.73%，均集中于遭受万伏以上电压损伤病例中，死亡原因以感染后并发创面脓毒症为主。

4. 闪电烧伤

闪电烧伤共 17 例，其中成人 13 例，儿童 4 例；男 10 例，女 7 例；14 例系夏天在田间劳动，3 例在途中突遭雷暴雨致伤；现场死亡 2 例，死亡原因系严重的心肌损害和严重的电休克（表 3-6）。

表 3-9 34 例死亡的有关因素

1. 电压 (V)	380	>6 000	>10 000	闪电	
死亡例数	1	7	24	2	
2. 年龄 (岁)	8m~12	13~17	18~30	31~50	>51
死亡例数	7	0	12	14	1
3. 入院-受伤时间 (h)		<12	13~24	25~48	>49
死亡例数		7	8	9	10

5. 电损伤的预后

在 1 190 例电损伤病人中,治愈 1 102 例,好转 37 例,自动出院放弃治疗 17 例;死亡 34 例,病死率 2.86%。

死亡的 34 例均集中于 649 例 380 V 以上高压电接触烧伤病例中(表 3-6),故高压电损伤的病死率为 5.24%,其中 8 例死于现场,与死亡有关的其他因素见表 3-9。

好转 37 例均为低电压损伤,损伤面积小,无全身不良反应,经处理后门诊治疗;自动出院放弃治疗共 17 例,其中因伤势严重,无治愈的可能 9 例;拒绝截肢而自动出院者 8 例。

6. 致残度情况

“残废”,包括肢体截除,或虽未截除但功能丧失造成终生残废,甚至失去生活自理能力;另外不可弥补的终生精神创伤,不在此讨论之列。

“残废”均发生在 649 例 380 V 以上电接触和电接触/电弧、电火花烧伤病人中。649 例治愈 624 例,行截肢(不包括指/趾)者 266 例(42.63%);同时截除两个肢体者 31 例(62 个肢体);同时截除 3 个肢体者 3 例(9 个肢体),共计截除 303 个肢体,截肢率为 46.69%。其中上肢占 91.8%(表 3-12);另外虽勉强保留肢体外形,但仍部分或全部失去功能者计 169 例,总计电接触烧伤后的残废率为 65.09%。截肢率与伤后入院时间的迟早、创面感染和感染的程度以及受伤时接触电压的高低有直接关系。

1) 截肢率与入院迟早的关系 在截除的 303 个肢体中,最多是前臂,共 142 侧,占 46.86%;其次是上肢(肱骨外科颈上下)80 侧,占 26.4%。48 小时以内入院者共截除 73 个肢体,占 24.1%;3~7 天入院者共截除 115 个肢体,截肢率最高,达 37.95%。故伤后入院越迟,截肢率越高;但 16 天以后入院者,截肢率显著下降,这部分属于已坏死肢体。(表 3-10)

表 3-10 截肢率与入院迟早的关系

受伤至入院时间	12 h	13~48 h	3~7 d	8~15 d	16~30 d	合计
腕部截手		1	11	8	4	24
前 臂	21	13	36	65	7	142
上 臂	4	1	9	5	2	21
上 肢	9	12	40	9	10	80
肩 离 断	4		6			10
小 腿	1	4	5	2		12
下 肢	2	1	8	3		14
截肢数	41	32	115	92	23	303
(%)	13.5	10.56	37.95	30.36	7.59	

2) 截肢率与受伤时电压的关系 受伤时电压越高,截肢率越高,万伏以上高电压截肢率占 74.9% (表 3-11)。

表 3-11 截肢率与受伤时电压的关系

电压 (V)	380	>600	>10 000	合计
病例数	191	93	365	649
腕部截手	12	7	5	24 (7.92%)
前 臂	17	13	112	142 (46.86%)
上 臂	2	4	15	21 (6.93%)
上 肢	1	9	70	80 (26.4%)
肩 离 断		4	6	10 (3.3%)
小 腿	1		11	12 (3.96%)
下 肢	1	5	8	14 (4.62%)
截肢数	34	42	227	303
(%)	11.2	13.9	74.9	

3) 截肢率与治疗是否及时和手术方法选择的关系 在截除的 303 个肢体中,均与入院迟并发感染、肢体湿性坏疽或因未即时行减张手术,因电性水肿,组织间隙张力过大,引起动、静脉继发性血栓,进而继发感染坏死有关;有的虽或入院较早,但切除坏死组织后仅用自体皮片覆盖,致继发感染坏死;有 179 个肢体 (59.1%),患者在入院时肢体业已坏死,因而无法挽救。从逐年截肢率情况观察 (表 3-12),截肢率高低与对电接触烧伤的认识程度和治疗水平有直接关系。

表 3-12 787 例电接触烧伤住院患者不同年段截肢率的比较

	1970—1975	1976—1980	1981—1985	1986—1990	1991—1995	合计
病例数	39	88	151	208	163	649
截肢数	18	60	104	70	51	303
(%)	46.2	68.2	68.9	33.65	31.3	46.69

第四节 电损伤的原因分析

电损伤的原因多种多样,难以详尽统计,如国内与国外、室内与室外、不同年龄与不同职业,等等,分析起来也比较复杂。

国外最早资料来源于受电刑 (electrocution) 者。Haberal (1986) 报道^[10]与擅用电、用电时不小心、缺乏用电知识有关,部分伤者是由于先天性视力障碍误触电源。Hamumadass (1986) 临床统计^[16],认为小儿主要是室内受低电压损伤,而青壮年主要是室外受高压电损伤,且 50% 以上与工作无关。Stantomauro (1989) 报道^[23],小儿室内触电与家用电器安装技术问题有关,同时部分与家长缺乏用电知识和照料失误有关。Baker (1989) 报道^[24]涉及小儿用牙、嘴触碰或咬电线、电源插头,用钥匙、别针、汤勺柄插入电源插座致伤等。更多的报道是地下电缆漏电,工人受伤 (Gault, 1987)^[25]和农民在田间灌溉时灌溉管道漏电 (Helgersen, 1985)^[9]致伤。亦有报道因突遭雷暴雨 (thunderstorm) 袭击致伤,在全美国范围内较多,死亡率亦高^[26],包括空中飞行时造成飞机失事^[27,28],在田间劳动时突遭雷击、在打电话时被闪电导引击伤 (Andrews 1989)^[29]等。