

いろいろな電撃症例の検討

洛和会音羽病院 形成外科*

関西医科大学附属滝井病院 形成外科**

尾崎 裕次郎***・田辺 敦子*・鈴木 健司**

洛和会音羽記念病院 形成外科

小川 豊

関西医科大学附属枚方病院 形成外科

楠本 健司

Study for electrical injuries

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Rakuwakai Otowa Hospital*

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Kansai Medical University, Takii Hospital**

Yujiro Ozaki***, Atsuko Tanabe*, Kenji Suzuki**

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Rakuwakai Otowa Memorial Hospital

Yutaka Ogawa

Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Kansai Medical University, Hirakata Hospital

Kenji Kusumoto

【要旨】

今回われわれは関西医科大学附属滝井病院において2001年1月から2009年12月までの過去10年間に経験した8例（男性7人、女性1人）の電撃症例について検討した。一般的に電撃傷はtrue electric injury、arc burn、flame burnの3つに分類されている。今回の検討ではtrue electric injuryが7例、flame burnが1例であった。一時的な意識障害は5例で認められた。true electric injuryにおける四肢熱傷は全例保存的加療で治癒したが、頭部熱傷1例とflame burn1例は手術加療を要した。一般的に電撃症の死亡率は25%と言われているが、今回の検討では死亡例は1例も認めなかった。また、今回は1例も認めなかったが腎障害、筋障害、神経障害など様々な合併症を来しうる疾患であるため各科との連携が必要である。

【Abstract】

In this time, eight patients (7 males and 1 female) with electrical injuries, who attended to Kansai Medical University Takii Hospital from January 2001 to December 2009, were studied. Generally electrical injuries were classified into three categories, true electrical injury, arc burn, and flame burn. True electric injury was treated in seven patients, and flame burn was in one case. In five cases of all cases, conscious loss was experienced just after the electrical injuries.

The limbs burn with true electric injury in all cases was conservatively managed and cured. On the other hand, surgical treatment was performed in two cases, scalp burn and flame burn.

In these objects, there are no dead cases, though the mortality rate of electrical injuries is 25%. In the cases with combined general symptoms, renal dysfunction, myopathy and neuropathy, related medical stuffs must promote the intensive treatment.

Key words : 電撃症、電撃傷、火焰熱傷

electrical injury, true electric injury, arc burn, flame burn

【緒 言】

電撃症は電流が生体を通ることによって生じる電撃傷と通電に伴う心筋障害などの合併損傷を総称する。通常の熱傷とは違い電撃傷は電流が生体内を流れることによりジュール熱が発生して組織損傷が生じるため血管、筋肉、骨、神経などの深部組織も障害される。今回われわれは関西医科大学附属滝井病院（以下当施設）において2001年1月から2009年12月までの過去10年間に経験した電撃傷について検討したので報告する。

【症 例】

対象は2001年1月から2009年12月までの10年間に当施設を受診し電撃傷と診断した5～76歳（平均年齢46歳）の男性7人女性1人の8人である。症例の概要を表1に示す。

症例1. 61歳 男性

電気室で作業中に立ち上がった際、天井の配電極（6,600V）に頭部を接触し受傷した。電流は頭頂部から流入し右手掌と左手指から流出したと考えられ数分の意識障害を生じた。熱傷は流入部の頭頂部に直径6cmの3度熱傷（以下DB）、流出部の右手掌・左手指に小豆大の深達性2度熱傷（以下DDB）を認めた。全身状態に別状無く局所治療のみを施行した。

頭部熱傷は全身麻酔下で受傷後14日目にデブリードマンと回転皮弁術施行、右手掌・左手指は保存的加療で治癒した。（写真1a、b）

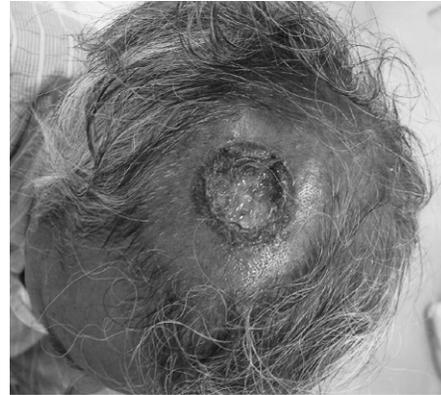


写真1a 症例1受傷時



写真1b 症例1手術後

表1

症 例	年齢／性別	病 因	意識障害	電 圧(V)	流 入 部 (熱傷数)	流 出 部 (熱傷数)	治 療
1	61／ M	T	有	6,600	頭頂部 (3)	右手掌 (3) 左小指 (1)	手術 (頭部) 保存的
2	74／ M	T	有	6,600	右手掌 (4)	左 肘 (1)	保存的
3	35／ M	T	有	200	背部 (1)	右手指 (3)	保存的
4	38／ M	T	無	6,600	左手指 (3)	右手指 (3)	保存的
5	54／ M	T	無	100	左手指 (2)	右 手 (1)	保存的
6	64／ M	F	有	24,000	下 肢	不 明	手 術
7	5／ F	T	無	100	左足底 (1)	不 明	保存的
8	37／ M	T	有	200	左手指 (3)	右手掌 (3)	保存的

T : true electric injury、 F : flame burn

症例2. 74歳 男性

6,600Vの高圧電流の電流測定をしている際に誤って感電した。電流は右手掌から流入し左肘から流出したと考えられ数分の意識障害を認めた。流入部の右手掌に直径1cm程度のDBを3カ所、流出部の左肘に手掌大のDBを認めた。保存的加療で治癒したが右手掌に瘢痕拘縮を認めたため受傷6ヶ月後に局所皮弁による瘢痕拘縮形成術を施行した。(写真2a～d)

症例3. 35歳 男性

鉄工所の5～6mの足場で作業中に体の後方を通る電線(200V)に接触し感電した。その際に一瞬の意識消失後墜落し頭蓋骨骨折、硬膜外血腫、鎖骨・肋骨・肩甲骨・頸椎骨折・肺挫傷を合併した。電流は背部から流入し右手指から流出したと考えられた。熱傷は流入部の背部に手掌大程度のDDBを認めたが、流出部の右手指には熱傷を認めなかった。背部の熱傷は保存的加療で治癒した。またその他

の合併症に対しては骨折の変形欠損は軽微でかつ硬膜外血腫も小さく無症状であったので手術等は施行せず保存的加療で経過観察し転院となった。

症例4. 38歳 男性

作業中にクレーン車が6,600Vの高圧線に接触し、そのクレーン車に接触し受傷した。電流は左手指から流入し右手指から流出したと考えられた。意識障害は認めなかった。流入出部である両手指に5×5mm程度のDDB～DBを数カ所認めたが、保存的加療で治癒した。

症例5. 54歳 男性

工場で配線の修理中に通電している配線をニッパで切断した際に受傷した。左示指中指から流入し右手から流出したと考えられた。意識障害は認めていない。流入部の左示指中指に小豆大のDDBを認めたが流出部の右手には熱傷を認めなかった。左示指中指の熱傷は保存的加療で治癒した。



写真2a 症例2受傷時



写真2b 症例2受傷時



写真2c 症例2受傷5ヶ月後



写真2d 症例2瘢痕拘縮形成術施行3ヶ月後

症例6. 64歳 男性

作業中に24,000Vの電圧線に触れその際の火花がズボンに引火し受傷した。意識消失を数分認めた。熱傷は両下肢に受傷面積が5%のDDB～DB、左Ⅱ・Ⅲ趾を中心に左足にDBを認めた。循環動態はBaxterの輸液で管理し、受傷後36日目に左足に対して遊離広背筋皮弁、左下肢のDBの箇所に対して植皮術を施行した。その半年後に大腿の瘢痕に対して植皮術をおこなった。その後の経過は良好である。(写真3a～e)



写真3a 症例6受傷1ヶ月後



写真3b 症例6受傷1ヶ月後



写真3c 症例6受傷1ヶ月後



写真3d 症例6術後1年



写真3e 症例6術後1年

症例7. 5歳 女児

穴が開き一部裸線になっていた100Vの電気コードに誤って触れて受傷した。意識消失は生じていない。流入部の左足底に3mm×3mmのSDBを生じたが保存的加療で治癒した。(写真4)



写真4 症例7受傷時

症例8. 37歳 男性

脚立に乗り電気工事中に200Vの電線にあたり受傷した。左手指から流入し右手掌から流出したと考えられ意識障害を数分生じた。流入部の左手指に1カ所、流出部の右手掌に2カ所の小豆大のDBを認めたが保存的加療で治癒した。

【考 察】

我が国では発電所で発電された電気は27万5,000V～50万Vで送電され超高压変電所、1次、2次変電所を経て電圧を下げ配電用変電所で6,600Vにまで下げられて電柱あるいは地中線を通して配電され最終的には変圧器で100、200Vになって工場や一般家庭に配電されている（図1）。すなわち電柱に掛けられたこの配電線には高压線と低压線、特別高压線の3種類があり、高压線の電圧は6,600Vである。今回の8症例のうち6,600Vで受傷した症例が3例あった。アメリカの死刑執行の際に使用される電圧は2,000Vであるため6,600Vは危険な電圧であると考えられる。

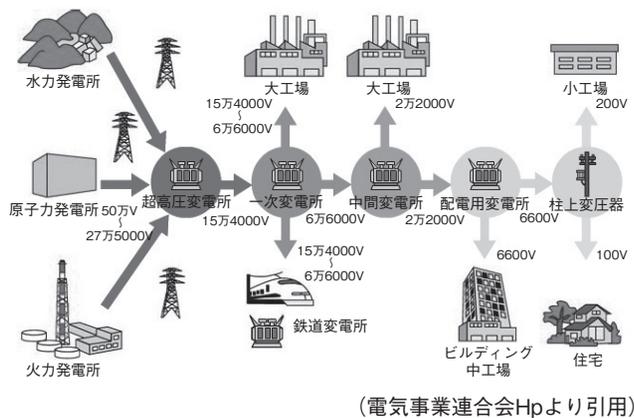


図1

電撃傷はArtz¹⁾により①電流が組織を通過するために生じる損傷で、通過する際に生じた熱により血管や神経、筋肉が損傷されるtrue electric injury、②電源に近接しアーク放電が起こり、そのスパーク熱により起きる損傷であるarc burn、③アーク放電やスパークの際に衣服などに引火炎上することで生じる熱傷であるflame burnの3つに分類された。今回対象とした8例では症例6のみflame burnであったが、それ以外の7例はtrue electric injuryであった。

電撃症の病態としては電流の直接作用による障害とジュール熱による障害があり、前者では心臓に通電すると心室細動が生じて心停止する場合がある。直流より交流のほうが心臓の不応期に電流が流れる可能性が高く危険である。また中枢神経に通電すると呼吸麻痺や一過性の意識障害が生じることがある。一方後者ではジュール熱（Q）は電流値（I）、抵抗値（R）、通電時間（t）に比例する（ $Q=I^2Rt$ ）。また、生体の電気抵抗は骨、脂肪、皮膚、筋肉、血管、神

経の順で低くなり神経が最も低い。したがって抵抗が大きい組織ほど通電による損傷が大きくなるが、電気は体内の電気抵抗の少ない組織を選択する。そのため筋肉、血管、神経が障害されやすくなる。このことは通電経路での抵抗を並列に考えて説明されている²⁾。並列の場合は電圧（V）が同じであるため、表2に示すようにRの小さい方がQが大となるので抵抗の小さい血管や神経の熱損傷が大きくなる。われわれは、後者の障害のみを認めるものを電撃傷、前者の合併症も認めるものを電撃症として区別している。症例1、2、3、6、8では意識障害を認めていることから電撃症と言え、症例4、5、7は意識障害を認めていないことから電撃傷と言える。

表2

<p>1) $Q=I^2R$ 2) $V=IR$ $\therefore R=V/R$ 3) 2) を1) に代入して $Q=V^2/R$ ここでVは一定なのでQはRに反比例する $Q=熱量$ $I=電流$ $R=電気抵抗$ $V=電圧$</p>

電撃傷の原因には成人では電気作業中や災害での受傷、小児ではコンセントでの受傷が多いと言われているが、今回の検討では成人は7例とも電気作業中や工事現場での作業中の受傷、小児は1例で電気コードに誤って接触し受傷していることから一般的な受傷原因であったと考えられる。

電撃傷では一般的に深部組織が損傷されることが多く、受傷早期には比較的軽傷と考えていても時間経過とともに深部組織が壊死することが多い³⁾。今回の症例では熱傷自体で手術を必要とした症例は2例であった。症例1では頭頂部にDBを認め保存的加療が困難と考え手術を施行した。頭部は皮下組織が薄い骨膜や骨の損傷を受けやすく、骨膜が損傷された場合骨上では上皮化が困難であると考えた。術中所見では骨膜が損傷していた。症例6はflame burnであり広範囲の熱傷であった。入院初期からBaxterでの輸液管理にて全身管理を行った。熱傷では足趾が壊死したため遊離広背筋皮弁、また両下肢のDBに対して植皮術を施行した。症例6のようにflame burnでは衣服に着火するなどし、

広範囲の熱傷になることがあるため保存的加療が困難なことがある。flame burnではtrue electric injuryでの熱傷より症状が重篤なことが多い。大橋はtrue electric burnのみを電撃傷とし、arc burnとflame burnを電気火傷として区別しており²⁾、学会等においてもarc burnとflame burnを電撃傷に入れるかどうか議論が分かれている。残りの6例は四肢のDDBやDBが主であったが全例保存的加療で治癒したが症例2では右手掌に瘢痕拘縮を認めたため瘢痕拘縮形成術を施行した。電撃傷では流入出部が手であったりDBである場合が多く、保存的に加療した場合には創収縮し瘢痕化して治癒することがあり瘢痕拘縮になりやすいのではないかと考えた。実際Liangらは45例の電撃傷の治療結果を検討し、79%になんらかの障害が残存したと述べている⁴⁾。

一般的には流出部の熱傷の方が流出部の熱傷より重傷になると言われている。流入部と流出部の熱傷数は症例1では流入1カ所、流出4カ所であった。症例2では流入4カ所、流出1カ所であった。症例3では流入1カ所、流出3カ所であった。症例4では流入、流出ともに3カ所であった。症例5では流入2カ所、流出1カ所であった。症例8は流入、流出ともに3カ所であった。このうち流入部の熱傷が重傷であった症例は症例1、2、3、5で、流出部の方が重傷であった症例は認めなかった。症例4、8は同程度の熱傷であった。流入部の熱傷が重傷であった4例のうち症例2を除く3例では流入部の熱傷の数のほうが少なかったが、流出部では電流が散在性に流れることにより熱傷が軽症になるのではないかと推察された。

また、遅発性の合併症として重度の筋損傷が生じた場合はミオグロビン血症が生じ急性尿細管壊死や急性腎不全が起こることがあり1.0ml/hr/kgの尿量確保や十分な輸液が必要である。その他、動脈瘤破裂による二次的出血、消化管出血、神経障害などがある。動脈瘤に関しては主に2~4週間後に起こるとされており、その時期の受傷部動脈造影は有用であるという報告もある⁵⁾。頭部の受傷では白内障やぶどう膜炎といった眼症状の報告が散見されるが⁶⁾、症例1では現在の所眼症状は認めていない。

電撃傷の原因としては成人では電気作業中や災害での受傷、小児ではコンセントでの受傷が多いと言われているが、今回の検討では成人は7例とも電気作業中や工事現場での作

業中の受傷、小児は1例で電気コードに誤って接触し受傷していることから一般的な受傷原因であったと考えられる。電撃症での死亡率は25%と言われているが今回は1例も死亡例を認めなかった。当施設は高度救命救急センターを併設しているため比較的遠方から搬送されることも多いが、死亡例は大半が即死であり受傷現場に近い病院に搬送されていると思われる。

【結 語】

関西医科大学附属滝井病院における2001年1月から2009年12月までの過去10年間に経験した8例の電撃傷例について検討した。受傷原因は成人7例全例が電気作業中や工事作業中での受傷、小児1例が電気コードへの接触であった。true electric injuryにおける四肢熱傷は全例保存的加療で治癒したが、頭部熱傷1例とflame burnの下肢熱傷1例は手術加療を要した。全身管理が必要であった症例はflame burnの1例であった。flame burnでは広範囲な熱傷を受傷することがあるため重症になりやすい。一般的に電撃症の死亡率は25%で大半が即死といわれているが今回の検討では死亡例は1例も認めなかった。電撃傷は流入部より流出部の方が重傷になりやすいが、今回の検討では流入部の方が重傷であった。また、今回は1例も認めなかったが腎障害、筋障害、神経障害など様々な合併症を来しうる疾患であるため各科との連携が必要である。

【文 献】

- 1) Artz CP : Changing concepts of electric injury. Am J Surg 128 : 600-602, 1974.
- 2) 難波雄哉 他 : 電撃傷. 図説臨床形成外科講座8 熱傷・その他の物理的損傷 : 206-213, 1988.
- 3) 大橋正次郎 : 電撃傷. 熱傷 23 : 65-80, 1997.
- 4) Liang DR, et al : Management of early complications of the electrical injury and repair of the injured hands. Di Yi Jun Yi Da Xue Xue Bao 22 : 955-956, 2002.
- 5) 横山智哉 他 : 動脈瘤を合併した電撃傷の1例. 皮膚科の臨床 : 899-902, 2003.
- 6) 福田由美 他 : 電撃傷により著名なぶどう膜炎および白内障を発症した1例. 臨床眼科57 : 881-884, 2003.