

전기화상의 285절단지에 대한 통계적 고찰

한일병원 정형외과

이선희 · 라종득 · 민경덕 · 김남석

=Abstract=

The Statistical Analysis for 285 Amputee in the Patients with Electrical Burn

Sun Ho Lee, M.D., Jong Deuk Rha, M.D., Kyung Duck Min, M.D.
and Nam Seog Kim, M.D.

Department of the Orthopaedic Surgery, Hanil Hospital

Electrical burn is thought to be similar to crushing injury in that it usually involves skin, muscle and neurovascular structure simultaneously.

Especially in extremity, there are many occasions that amputations are inevitable.

Since the demarcation between viable and non-viable tissue tends to be obscure, electrical burn greatly differs from other types of injury in detailed methods of treatment, such as the level, the timing and the technique of amputation. During the past 10 years from January, 1978 to December, 1987, authors experienced 285 amputations in 181 cases of electrical burn at Orthopedic Department of Hanil Hospital. The clinical data of our experience were reviewed and analysed.

The results were as follows ;

1. Amputation rate in electrical burn was 22.4%.
2. Out of total 285 amputations, the number of upper extremity was 187 (65.6%) and it was 1.9 times more than that of lower extremity. Right forearm was 1.8 times more than left forearm.
3. Multiple limbs amputation were performed in 83 cases (45.9%).
4. Among 285 stumps, more than one operation were done in 74 stumps because of infection (50%), necrosis of stump end (35.1%), bony overgrowth at stump end (8.1%) and neuroma(6.8%).

Key Words : Electrical burn, Amputation.

서 론

전기화상으로 인한 손상은 좌멸손상 (crush injury)과 유사하여, 전층피부, 근육 및 혈관등을 침범하여 조직의 괴사를 초래하는 특수 손상이다. 사지를 침범시에는 대체로 절단의 빈도가 높으며, 화상지 환부는 피부손상이 심하고 혈류순환 장애의 차이로 정상조직과 괴사조직이 혼

재되어 있어서 절단의 시기, 절단부위 절단방법, 절단처치등이 다른 원인에 의한 절단과는 차이가 있다.

이에 저자들은 1978년 1월부터 1987년 12월까지 만 10년간 본 한일병원 정형외과에서 치험한 181명의 285절단지에 대하여 분석하고 문헌과 함께 보고하는 바이다.

대상분석

Table 1. Age distribution

Age (Years)	No	%
Below 15	4	2.5
16~20	12	6.6
21~25	36	19.8
26~30	56	30.6
31~35	45	24.8
36~40	12	6.6
41~45	9	5
46~50	3	1.6
Above 51	4	2.5
Total	181	100

Table 2. Monthly distribution

Month	No	%
Jan.	9	5
Feb.	9	5
Mar.	15	8.3
Apr.	12	6.6
May.	15	8.2
June	31	17.1
July	21	11.6
Aug.	18	10
Sept.	15	8.3
Oct.	9	5
Nov.	12	6.6
Dec.	15	8.3
Total	181	100

1. 연령, 성별, 월별, 전압분포

연령 및 성별에서는 20대에서 30대까지가 149례(82.3%)로 대부분 이었고(Table 1), 이 중에서 여자는 단지 6명이었다. 월별로는 년중 모두 발생하였으나 습기가 많은 5월부터 9월까지가 100명(55.2%)으로 약간 많았다(Table 2). 또, 전압분포는 22900 V가 140례(7.3%)로서 대부분 이었다(Table 3).

2. 절단부위별 분포

수지 및 수부가 37례, 전박이 93례, 상박이 57례로서 전체 상지의 절단이 187례(65.6%)였고, 하퇴 54례, 족지 및 족부 31례, 대퇴 13례로서 하지절단이 98례(34.4%)였다(Table 4).

Table 3. Voltage distribution

Voltage	No	%
220	9	5
440	3	1.7
1500	2	1.5
2000	2	1.5
3300	1	0.5
6600	8	4.4
11400	7	3.9
22900	140	77.3
66000	9	5
Total	181	100

Table 4. Amputation Level distribution

Amputation Level	No	%
A/E	57	20
B/E	93	32.6
Hand, Finger	37	13
A/K	13	4.6
B/K	54	18.9
Foot, Toe	21	10.9
Total	21	100

* A/E : Above Elbow.

* B/E : Below Elbow.

* A/K : Above Knee.

* B/K : Below Knee.

3. 좌, 우 대비

우측이 183례(64.2%), 좌측이 102례(35.8%)로서 우측이 약 1.9배 많았고 특히 전박절단에서 우측이 54례, 좌측이 39례였다(Table 5).

4. 절단의 다발성

181명중 2지이상 절단이 83명(45.9%)이었으며, 그중 2지절단이 59명(32.6%)으로서 가장 많았고, 3지절단이 16명(8.8%), 4지 모두 절단이 10명(4.5%)으로서 장애정도가 심한 편이었다(Table 6-1, 2, 3).

5. 절단술 및 시기

일차적으로 폐쇄성 절단(primary closed amputation)을 시행한 경우와 개방성 절단(open amputation) 후 이차적으로 봉합(delayed closure)을 시행한 2군이 있는데 후자는 221례(77.5%), 전자는 64례(22.5%)였다(Table 7).

Table 5. Right Vs Left

Amputation Level	Right	Left	Total
A/E	42 (14.7)	15(5.3)	
B/E	54 (18.9)	39(13.7)	
Hand, Finger	25 (8.8)	12(4.2)	187(65.6%)
A/K	7 (2.5)	6(2.1)	
B/K	33 (11.6)	21(7.3)	
Foot, Toe	22 (7.7)	9(3.2)	98(34.4%)
Total	183 (64.2)	102(35.8)	98(34.4%)

Table 6. Multiple Amputation

Table 6-1. Two Limb Amputation

Amputation	No	%
	3	5.1
A/E-B/E	6	10.2
Both B/E	6	13.5
B/E-Hand, Finger	2	3.4
A/K-B/K	2	3.4
Both B/K	3	5.1
B/K-Foot, Toe	2	3.4
Both Foot, Toe	7	11.8
A/E-A/K	3	5.1
A/E-B/K	3	5.1
B/E-B/K	13	22
B/E-Foot, Toe	2	3.4
Hand-B/K	2	3.4
Finger-Foot, Toe	2	3.4
A/E-Foot, Toe	1	1.7
Total	59	100

Table 6-2. Three Limb Amputation

Amputation	No	%
Both B/E-B/K	7	43.7
Both A/E-B/K	1	6.3
Both A/E-Foot Toe	2	12.5
Both A/K-A/E	1	6.3
Both A/K-A/E	2	12.5
Both Foot, Toe-A/E	2	12.5
A/K-Foot Toe-Hand Finger	1	6.3
Total	16	100

수술시기에 있어서는 전기화상은 예측할 수 없는 병변의 진행으로 시기선택의 어려움이 있으며 육안적 소견이 내부적 괴사진행을 판별할

Table 6-3. Four Limb Amputation

Amputation	No	%
Both B/E-Both B/K	4	50
Both Hand-Both Finger Foot, Toe	1	12.5
Both Hand0A/K-B/K Finger	1	12.5
Both B/E-A/K-B/K	2	25
Total	8	100

수 없는 경우가 대부분인데 수상후 폐쇄성 절단은 3주에서 4주사이(평균 24.3일)가 가장 많았으며, 개방성 절단은 1주에서 2주사이에 시행된 것이 많았다(Table 8). 개방성 절단후 이차적 봉합까지는 최소 6일에서 최대 60일이 소요되었고, 대개는 21일에서 35일 사이에 시행되었으며, 괴사조직의 부분잔존, 피부결손 등이 이차적 봉합의 장애요인으로서 작용하였다.

6. 재 수술의 경우(원인, 수술횟수)

일차적 폐쇄성 절단을 한 64례중 10례였고, 개방성 절단 후 이차적 봉합을 한 221례에서 64례였으며, 재 수술의 원인으로는 양군 모두 감염이 50%였고(Table 10, 11), 수술횟수에 있어서도 전자, 후자 모두 절단창면의 특수성으로 1회에서 9회까지의 횟수를 보였다(Table 12).

총괄 및 고찰

1978년 1월부터 1987년 12월까지 만 10년간 입원한 전기화상 환자 558명 중 181명에서 사지의 일부를 절단하여 전 수상자의 32.4%에 이르고 있어, 다른 저자들^{11, 14)}과 비슷한 결과를 보였고, 연령 및 성별에서 활동기 청년층이 181명중 149명(82.3%)으로 Hunt⁹⁾ 및 다른 저자들¹⁴⁾과 비슷하였다. 계절적 편차는 중요하지 않았다. 전

Table 7. Primary Closure Amputation Vs Primary open Amputation and delayed Closure

Amputation Level	Primary Closure amputation	Primary Open Amp delayed closure
A/E	11(17.2)	40(18.1)
B/E	18(28.1)	81(36.7)
Hand, Finger	3(4.7)	34(15.4)
A/K	5(7.8)	6(2.7)
B/K	19(29.7)	37(16.7)
Foot, Toe	8(12.5)	23(10.4)
Total	64(100)	221(100)

Table 8. Amputation period

Amputation Period (Weeks)	Primary closure	Primary open
Below 1		18(8.1)
1~2	2(3.1)	121(54.8)
2~3	10(15.6)	45(20.4)
3~4	37(57.8)	37(16.7)
4~5	11(17.2)	
Above 5	4(6.3)	
Total	64	221(100%)

Table 9. Period of delayed Closure

Period (Days)	No	%
1 Day~6	3	5.4
7~13	11	5.0
14~20	30	13.6
21~27	101	45.7
28~34	39	17.6
35~60	37	16.7
Total	221	100

Table 10. Revision Case

Amputation	Primary closure	Primary open
A/E	1(10%)	3(4.7%)
B/E	6(60%)	31(48.4%)
Hand, Finge		3(4.7%)
A/K	1(10%)	3(4.7%)
B/K	2(20%)	18(28.1%)
Foot, Toe		6(9.4%)
Total	10(100%)	64(100%)

기화상에 있어서 사지절단에 이르는 중대손상을 입게 되는 것은 접촉시 신체조직의 저항으로 열

Table 11. Cause of Revision

Cause	Primary closure	Primary open
Infection	5(50)	32(50)
Neurona	1(60)	4(6.25)
Overgrowth	2(20)	4(6.25)
Necrosis	2(20)	24(37.5)
Total	10(100%)	64(100%)

Table 12. Operation Number

No(Times)	Primary closure	Primary open
1	3	48
2	3	
3	1	9
4	1	3
5		2
6	1	
8		1
9	1	1
Total	10	64

이 발생되어 손상을 입고, contact point로부터 전류가 최단거리를 통과하면서 ground로 흐를 때 접촉부와 공기중에서 일으키는 방전(Arc)으로 인한 화상과 감전 동시 의복 및 외부물체에 인화된 불꽃(flame)에 의한 화상으로 손상을 입는다⁶⁾. 이때 신체조직의 저항에 의해 발생하는 열은 Joule's law^{8,11,14)}에 의하며 방전시에는 2500~3000°C의 열이 발생한다.

전기화상에 있어서 중요한 역할을 하는 조직의 저항에 있어서 피부, 근육 및 지방조직은 5,000 ohm이고, 골조직은 90만 ohm으로 보고되어 있고^{10,12)}, 특히 피부에서는 각질화 혹은 경화되면 100만 ohm까지 증가되어 절연체로서 역할을 할

Fig. 1. 25 years old male patient was burned by 22,000 volts. On 3 days after injury, in contact point to electrical source(Input), complete necrosis and charred burn below the elbow joint and illustrated tetanic flexion contracture at wrist but at above elbow joint, grossly normal like appeared.

Fig. 2. Identical patient above Fig. 1. In sites of exit on both feet(Out put), complete necrosis and charred burn, also.

수 있으나, 습윤한 피부는 1000 ohm까지도 낮아진다고 하며, 이러한 경우 절연체로서의 역할이 없어진다고 한다^{13,15)}. Ohm's law에 의하면, $current = Voltage / Resistance$ 로 나타낼 수 있으며 저항은 피부의 청결도, 습도 및 혈액량과 두께에 깊은 관계를 지닌다.

전기화상은 총상과 같이 입구와 출구가 생기는데 전원에 접촉부위 즉 입구(input)에서는 전류가 피부조직 및 근육등의 피사를 유발하고(Fig. 1)^{6,8)}, 빠른 속도로 신체를 흐른 후^{7,8)} ground point에서 다시 collection되어 그 부위의 피부를 파열시키면서 나가게 된다(out put)(Fig. 2)⁶⁾. 전기조직은 우측수부로 행하는 것이 많고, 전원에 접촉이 되면 이 부위의 수지와 완관절부위에서 강직성 굴곡이 초래되어 구축으로 인해 손을 전원에서 피할 수가 없어 많은 양의 전류가 흐르게 되고, 결국 불가역적 손상을 입기 때문에 김^{1,2)}, 박³⁾, McKeever¹²⁾ 등의 전기손상을 제외한 절단환자의 보고와는 다르게 우측 전박절단의

Fig. 3. Identical patient above Fig. 1. On two weeks after injury, the region to have been appeared normal like glossly, was necrosed with times.

빈도가 높다. 또한 출구에서는 localized arcing burn⁷⁾ 및 전류가 다시 집결됨으로 손상을 심하게 입게 되는데, 저자들의 경우에서 2지절단이 59명, 3지절단이 16명, 4지절단이 8명으로 다발성을 보이고 있다.

수상후 창면의 특성은 입구와 출구부위에서 그 모양이 원 혹은 타원형으로서, 그 색조는 Fig. 1, 2에서와 같이 연황색 및 회색빛이거나 탄화된(charred depressed) 양상으로서 출혈이 없고 열감과 통감이 없는 것이 특징이다. 이당시 수액의 공급에서는 본 병원의 이와 김⁴⁾이 창출한 $T = S - \alpha + F$ 의 공식을 이용하여 일반화상과는 다르게 공급을 시도 하기도 하였고, 또 감압 절제술을 시행한 경우는 환자의 상태를 고려하면서 더 많은 수분을 공급하기도 하였다. 그후 일주일 혹은 이주일 정도가 지나면서 Fig. 3에서 보는 바와 같이 중심부의 white skin이 흑색으로 변하고, 수상초기에 경미하게 보이던 주변 조직도 차츰 가시적 변화로 나타나서 창면이 넓게 괴사되고 소작된 혈관과 생성된 혈전등으로 perpheral patchy damage zone이 형성되고, 조직의 탈수, 저항력감소, 감염 및 저산소증등이 합병되어 괴사는 더욱 악화, 확대된다.

치료에 대해 일부저자들^{6,7,11)}은 진행되는 괴사조직의 dead tissue와 viable tissue와의 경계가 명확히 구분될때 까지 주기적인 괴사조직 절제술을 시행하는 것이 좋다고 하였으며, 다른 학자들^{8,14)}은 골조직은 열을 방열하는데 장시간이 소요됨으로 연부조직 손상의 진행을 예방하기 위해서는 조기절제술이 바람직하다고 주장하였다. 저자들은 64절단지에서 주기적 오물 제거술 및 부분적으로 조기 절제술을 한후 경계가 명확할때 일차적 폐쇄성 절단을 시행하였고, 221절단지에서는 조기에 개방성 절단을 시행한 후 이

차적 봉합을 시행하였다. 절단창면은 피부손상 및 손상부위의 범위가 확실치 않아 이와 조⁵⁾와 같이 수회에 이르는 피부이식수술을 시행한 후 이차적 봉합을 하게 되는 경우가 대부분이었다. 수상후 절단까지는 폐쇄성 절단의 경우 평균 24.3일, 개방성 절단의 경우 평균 11.3일이었고, Luce¹¹⁾의 경우 평균 10.8일 이었다. 치유기간은 폐쇄성 절단시는 평균 36.8일, 개방성 절단시는 평균 51.5일로 후자가 더 길었다. 절단시기와 치유기간등은 다른 질환에 의한 절단과는 상이하며, 절단부위도 ideal level과는 무관 하였다. 총 64례(29.0%)에서 재 수술을 시행하였으며 그 원인으로서는 감염이 37지(50.0%), 피부 및 근괴사 26지(35.1%), 골괴상장 6지(8.1%), 신경종 5지(6.8%)이었으며, 다른 질환으로 인한 절단술후 감염을 20~30%^{2,3)}보다 빈도가 높았다. 이는 전기화상의 창면이 진행성 병변으로 인한 것으로 해석되는데, Luce¹¹⁾는 viability가 잇는 조직도 necrosis가 되는 것을 관찰하였고, 정상으로 보이던 근조직도 현미경적으로는 20~60%까지 non viable muscle이었다고 하며¹⁰⁾, Baxter⁶⁾는 감염된 조직의 대부분이 괴사에 빠진 조직이었다고 보고하였다. 또, 이러한 변화들은 혈관의 변화에 기인 한다고 하며¹⁶⁾, 저자들도 이와 같은 결론을 얻었다. 이러한 손상 및 병변 기전으로 말미암아 저자나 다른 보고에 의하면 개방성 및 폐쇄성 절단을 막론하고 1회에서 8~9회에 이르는 창면 처치 및 수술이 필요하였다.

결 론

1978년 1월부터 1987년 12월까지 558명의 전기화상 환자중 181명 285절단지에 대한 치험결과는 아래와 같았다.

1. 총 558명중 181명에서 사지의 일부를 절단하여 22.4%의 절단율을 나타냈다.
2. 285절단지중 상지절단이 187례(65.6%)로 하지의 약 1.9배였고, 전박절단이 93례였으며 우측전박절단이 좌측보다 약 1.8배가 많았다.
3. 2지이상 절단한 환자가 83명으로 45.9%를 보이고, major limb의 관절이단술은 없었다.
4. 74례에서 재수술을 하여 25.9%의 빈도를 보였고 원인으로서는 감염이 50%로 가장 많았다.
5. 수술횟수는 1회에서 9회까지로 다양하였다.

REFERENCES

- 1) 김광희, 신필수, 최창도, 장세창, 황은옥 : 절단환자에 대한 통계적 관찰, 대한정형외과학회잡지 Vol. 3, No. 1 : 63-69, Feb. 1986.
- 2) 김기중, 심재익, 정인환 : 절단환자에 대한 통계적 관찰, 대한정형외과학회잡지 Vol. 18, No. 3 : 529-534, June. 1983.
- 3) 박영식, 장소환, 최기홍 : 절단환자의 통계적 관찰, 대한외과학회잡지 Vol. 10, No. 6 : 383-389, Aug. 1963.
- 4) 이선호 · 김동현 : 전기화상 환자의 수액 투여량에 관한 고찰, 대한정형외과학회잡지 Vol. 18, No. : 339-334, Dec. 1983.
- 5) 이선호 · 조성래 : 전기화상에 대한 임상적 고찰, 대한정형외과학회잡지 Vol. 15, No. 3 : 553-558, Sept. 1980.
- 6) Baxter, C.R. : Present concepts in the management of major electrical injury. Surg. Clin. N. Am., 50 : 1401, 1970.
- 7) Burke, J.F., Quinby, W.C., Bondoc, C., McLaughlin, E. and Trelstad, R.L. : Patterns of high tension electrical injury in children and adolescents and their management. Am. J. Surg., 133 : 492-497, 1977.
- 8) Hunt, J.L., Mason, A.D., Masterson, T.S. and Pruitt, B.C. : The pathophysiology of acute electric injuries. J. Trauma, 16 : 335-340, 1976.
- 9) Hunt, J.L., McManus, W.F., Haney, W.P. and Pruitt, B.A. : Vascular lesions in acute electrical injuries. J. Trauma, 14 : 5461, 1974.
- 10) Hunt, J.L., Sato, R.M., Baxter, C.R. : Acute electrical burns. Arch. Surg., 115 : 434, 1980.
- 11) Luce, E.A., Dowden, W.L., Su, C.T. and Hoopes, J.E. : High tension electrical injury of the upper extremity Surg. Gynecol., Obstet, 147 : 38-42, 1978.
- 12) McKeever, F.M. : A discussion of Controversial points in Amputation surgery. surg. Gynecol., Obst, 82 : 459-511, 1946.
- 13) Pearl, F.L. : Electric shock. Arch. Surg., 27 : 227, 1933.
- 14) Poticha. S.M., Bell, J.L. and Mehn, W.H. : Electrical injuries with special reference to the hand, Arch. Surg., 852-860, 1962.

- 15) Robinson, D.W. and Forrest, W.T. : *Electrical burns : A Review and analysis of 33 cases. Plastic surg. Vol. 57, No. 3 : 385-390, 1965.*
- 16) Sturim, H.S. : *The treatment of electrical burns. Surg. Gynecol., Obstet., : 128 : 129, 1969.*