

## 전기화상 치료의 새로운 접근

한일병원 정형외과

라종득 · 김용훈 · 윤성일 · 박태수 · 김덕련

### — Abstract —

#### A Modified Approach in the Treatment of Electrical burn

Jong-Deuk Rha, M.D., Yong-Hoon Kim, M.D., Sung-Il Yoon, M.D.,  
Tae-Soo Park, M.D. and Duk-Ryeon Kim, M.D.

*Department of Orthopaedic Surgery, Hanil General Hospital, Seoul, Korea*

The electrical burns constitute a unique type of thermal injury and usually consist of a limited area of cutaneous burn, but associated with deep muscle damage of variable extent. The deep tissue destruction resulting from such injury leads to high incidence of amputation. So electrical burns are different from other types of injuries requiring individualized and varied methods of treatment, such as early fasciotomy, repeated debridement, wound coverage and technique of amputation.

During 5 years from Jan. 1988 to Dec. 1992, we experienced 310 cases of electrical burn. We analyzed these cases on the aspects of functional result and necessity of amputation according to the treatment variability. The result showed the extent of burn in amputation group was 11.6%, salvage group 13.1%, with no difference of extent between 2 groups( $p>0.05$ , by qui square test). When the fasciotomy was done earlier than 12 hours after injury showed 39.1% of more than good functional result, when later than 12 hours 7.7% of more than good, that is, earlier fasciotomy resulted in better function( $p<0.05$ , qui square test). The amputation rate was 23.9% during the last 5 years which was a marked improvment when compared to the previous ten years(32.4%).

From these results we concluded that in order to reduce the rate of amputation and to improve the function of patients, early fasciotomy, early repeated debridement and wound coverage is necessary.

---

※ 통신저자 : 김 덕 련  
서울시 도봉구 쌍문동 388-1  
한일병원 정형외과

## 서 론

전기화상은 피부병변이 국소적인 반면 심부조직의 손상이 다양하고 손상범위가 모호하게 나타나며 심부조직의 진행성 괴사가 관찰되는 특수 손상이다<sup>2,5)</sup>. 손상의 특성상 사지가 주로 침범되며 혈관 손상 및 혈류 순환장애 등으로 인하여 절단의 빈도가 다른 손상에 비하여 높을 뿐만 아니라 치료 방법, 절단의 시기, 절단 방법도 상이하다. 이에 저자들은 1988년 1월부터 1992년 12월까지 만 5년간 본원에서 치험한 전기화상 환자 310명을 분석하여 전기화상의 임상적 특성, 치료 방법 및 시기에 따른 절단수술의 빈도 차이와 환자의 기능을 평가하고자 하였다.

## 대상 및 방법

322명의 환자 전체의 평균연령은 30.2세로 20-30대가 대부분이었고, 전체 환자에 대한 남녀 비율은 15.1 : 1, 절단을 시행한 경우는 남자가 대부분(36 : 1)이었다.

전압분포는 고전압 전류인 22,900V가 200례(62.1%)였다(Table 1).

**Table 1.** Voltage distribution

Voltage	Amputation	No Amputation	Total
Below 440	4	72	76
1500-6600	8	20	28
11400-22900	59	141	200
66000	3	3	6
Total	74	236	310

사지 중 한 곳만 손상된 경우가 71/310(23.0%), 2지(two limb) 이상 수상받은 다발성 손상 환자가 77.1%였다(Table 2). 전체 환자의 평균 수술횟수는 2.6회이며 절단 환자는 4.9회, 절단하지 않은 환자는 1.9회였다(Table 3).

총 310례 중 타원에서 초기 치료 후 전원된 예와 건조탈수(desiccation)나 미이라화(mummifica-

**Table 2.** Involved extremity

Involvement	Amputation	No Amputation	Total
Right upper	4	33	37
Left upper	0	26	26
Right Lower	0	6	6
Left Lower	0	2	2
Tow Limbs	25	101	126
Three Limbs	21	52	73
Four Limbs	24	16	40
Total	74	236	310

**Table 3.** Operation numbers

Number	Amputation	No Amputation	Total
0	0	83	83
1 - 3	20	113	133
4 - 6	38	34	72
7 - 9	14	6	20
10 - 12	2	0	2

tion)된 예, 그리고 방전(arc burn)에 의한 표재성 화상이 주된 경우를 제외한 45례에서 62회의 근막 절개술(17례는 2지 이상의 손상으로 인한)을 시행하였으며, 그 결과를 분석하기 위하여 4단계로 기능적 분류를 하였다. 우수(excellent)는 정상 운동 및 감각 기능으로 이전의 작업능력을 회복할 수 있는 경우, 양호(good)는 정도의 근력 약화 및 감각 이상이 동반되나 능동적인 운동이 가능하여 일상생활(activity of daily living)을 영위할 수 있는 경우, 보통(fair)은 중등도와 운동장애와 감각장애로 인하여 일상생활에 부분적인 장애가 있는 경우, 불량(poor)은 4지 중 1지 이상의 절단(major amputation)이나 기능없는 지(useless limb)로 나뉘었다.

근막절개술의 시간차에 의한 유의성은 Qui square test로 검정하였다.

## 결 과

화상의 범위는 평균 12.7%였으며 3% 이하인 경우가 전체의 31.0%였다. 절단 환자에서는 11.6%, 절단하지 않은 환자에서는 13.1%였다(Table 4).

근막절개술을 시행한 62지 중 27지에서는 절단을 피할 수 있었으며, 특히 수상 후 6시간 이내의 초기

**Table 4.** Extents of burns

Percentage	Amputation	No Amputation	Total
Below 3	14	82	96
4 - 9	18	54	72
10 - 18	31	49	80
19 - 27	9	16	25
28 - 50	2	26	28
Above 51	0	9	9
Total	74	236	310

근막절개술을 시행받은 경우에는 절단이 필요 없을 정도로 상처가 회복될 수 있었고, 또한 모두 양호(good) 이상의 좋은 기능을 보였으며, 12시간 이전에 근막절개술을 시행한 경우가 그 이후에 시행한 경우보다 통계적으로 유의하게 좋은 결과를 보였다(Table 5).

**Table 5.** Result of fasciotomy

	-6hrs	6-12hrs	12-24hrs	1-2days	3days-
Excellent	3			1	
Good	2	4		2	
Pair		4	3	7	1
Poor		10	8	11	6

## 고 찰

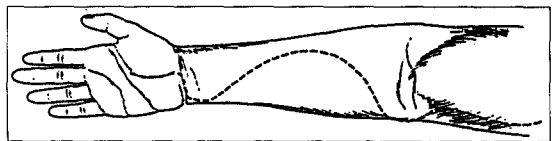
전기에 의한 손상은 흔히 화상으로 분류되나 손상 범위가 일반 화상보다 훨씬 광범위하며 심부조직의 진행성 괴사를 초래하는 특수 손상으로 사지 절단의 빈도가 높다<sup>2,5)</sup>. 전기화상이 발생하는 경로(pathway)로는<sup>3,7,8)</sup> 1. 전기가 신체를 흐를 때 신체조직의 저항으로 발생하는 열(entrance and exit burns), 2. 전기접촉부가 공기 중에서 발생시키는 방전(arc burns), 3. 감전시 의복 등에 발생한 화염에 의한 화상(thermal burns)을 들 수 있으며 저자들이 치험한 환자들은 대부분 제 1례와 제 2례에 해당된다.

전기화상의 병리생태는 아직 확실히 규명되지 않고 있으나 Hunt 등<sup>9)</sup>은 혈관 병변이 주된 병변임을 주장하였고, 전기화상 환자에서 전류에 의해 근육과 근막하 부종 및 가피하 부종이 발견됨을 보고하였다.

저자들의 경험에서는 수상 후 수시간 내에 시행한

근막절개술시 주요 혈관의 손상이 발견되지 않는 경우에도 근육 및 신경이 손상된 소견을 보여, 혈관병변에 의한 괴사 뿐만 아니라 전류에 의한 조직의 직접손상도 전기화상의 병태생리로 사료된다. 그러므로 전류에 의한 조직의 직접손상으로 인한 구획증후군은 거의 모든 고전압 전류에 의한 손상 시 발생하며 이의 방지를 위한 조기 근막절개술은 전기화상 치료에 필수적으로 생각되었으며, 실제 본 연구의 결과에서도 조기 근막절개술을 시행한 환자에서 치료 결과가 양호하였다.

근막절개술은 첫째, 사지에 3도(third degree)의 원주성 수상(circumferencial injury)을 받은 경우, 둘째, 분명한 구획증후군의 증상 및 이학적 소견이 있는 경우, 셋째, 고전압 전류에 의해서 사지, 특히 상지에 입출구수상(input output injury)을 받아 인접부위에 상당한 조직손상과 더불어 부종이 점차 증가될 것으로 예견된 경우에 시행하였다. 초기에 저자들은 Mubarak 방법(wick catheter technique)에 의한 구획내 압력을 측정하여 근막절개술 적응증의 기준으로 삼고자 하였으나 임상 소견 및 손상의 진행 정도와 구획내 압력과의 연관 관계가 불확실하고, 오히려 고압전류에 의한 전기화상의 경우 초기에는 구획내 압력의 증가가 없더라도 전례에서 추후 구획증후군 증상이 발생함을 알게 되어 상술한 적응증에 해당하는 고압전류에 의한 전기화상의 경우 조기 근막절개술을 시행하였다.



**Fig. 1.** The skin incision of fasciotomy was made as Green's method. The skin flap are created to cover the median nerve at the wrist and the ulnar nerve at the elbow

근막절개술시 피부절개는 Green의 방법(Fig. 1)<sup>4)</sup>을 사용하였으며 이두근 근막(bicipital aponeurosis) 및 횡수근 인대(transverse carpal ligament) 뿐만 아니라 개개 근육의 근막을 완전히 절개하였고, 주요 혈관 및 신경을 관찰하였으며 필요시 수배수, 수지 그리고 무지구(thenar area)에도 근막절개술을 시행하였다(Fig. 2). 근막절개술 후

빈번한 환부 관찰을 통해 괴사조직 발견 시 반복된 조기 변연절개술을 시행하였고 이와 더불어 각 관절의 능동적 관절운동(active range of motion exercise)을 시행하였다. 창상봉합(wound coverage)은 모든 괴사된 조직이 제거되고 건강한 육아조직(granulation tissue)이 형성된 후 창상의 직접 봉합 및 피부이식 또는 국소피판술을 이용하였다(Fig. 3).

**Fig. 2.** The complete fasciotomy was done at an electrical burn patient. The bicipital aponeurosis, transverse carpal ligament and muscle fascia were completely released and then radial artery, median nerve, and ulnar artery and nerve were explored. The fasciotomy was also done at thenar area.

**Fig. 3.** The wound coverage was done with split thickness skin graft after healthy granulation tissue formation.

상술한 방법으로 치료한 최근 5년간의 치료결과를 과거 10년간의 것과 비교해 볼 때 수술횟수는 늘어났지만 평균 재원일수 및 절단율은 감소되고 기능적 결과가 좋아졌음을 경험할 수 있었다.

본 연구에서 환자의 대부분이 20-30대였고 남자가 월등히 많았던 것은 주로 전기 작업 중 안전사고로 비롯되었기 때문이라 사료되며, 전압분포에서 22,900V가 가장 흔한 것은 한국에서의 고압전류는 대부분 22,900V이기 때문이며 특히 고압전류에 의한 수상일 경우 절단의 빈도가 높았다.

일반 화상과는 달리 전기화상에서는 화상의 범위가 예후와 직접적인 연관이 없었으며 오히려 전압의 크기, 수상 부위(input and output)의 상태 및 초기의 치료, 특히 수상 후 철저한 근막절개술 시행까지의 경과시간(time interval)이 예후와 밀접한 관계가 있었다.

## 요약 및 결론

1988년 1월부터 1992년 12월까지 322명의 전기화상 환자에 대한 치험적 결과는 다음과 같았다.

1. 평균연령은 30.2세로 대부분 20대 및 30대 남자였다.
2. 22,900V에 의한 수상이 64.5%로 가장 많았고, 77.1%에서 다발성으로 수상받았다.
3. 화상범위의 전체 평균은 12.7%이며 절단을 시행한 환자에서는 11.6%, 절단하지 않은 환자에서는 13.1%로 일반 화상과는 달리 전기화상에서는 화상범위가 손상의 경중을 좌우하지는 않는다( $p>0.05$ ).
4. 전체 환자의 수술의 횟수는 2.6회였으며 절단을 시행한 환자에서는 4.9회, 절단하지 않은 환자에서는 1.6회였다.
5. 45명의 환자에 62지의 근막절개술을 시행하였는 바 12시간 이전에 시행한 군에서 그 이후에 시행한 군보다 더 좋은 결과를 보였다( $p=0.045<0.05$ ).
6. 조기 근막절개술, 조기의 반복된 변연절제술 및 창상봉합과 같은 치료법으로 최근 5년간의 치료 결과에서 과거 10년간<sup>1)</sup>에 비하여 현저한 절단율의 감소 및 치료 후 기능의 향상을 보였다.

고압전류에 의한 전기화상 치료시 절단율을 감소시키고 더 나은 기능적 결과를 가져오기 위해서 조기에 완전한 근막절개술 및 적절한 외과적 치료로써 조기의 반복된 변연절제술, 조기의 창상봉합(wound coverage)이 필요할 것으로 사료된다.

## REFERENCES

- 1) 이선희, 라종득, 민경덕, 김남석 : 전기화상의 285 절단지에 대한 통계적 고찰, *대한정형외과학회지* ; 23(4) : 1205-1211, 1988.
- 2) 이선희, 이한구, 조성래 : 전기화상에 대한 임상적 고찰, *대한정형외과학회지* ; 15(3) : 553-558, 1980.
- 3) **Baxter CR** : Present concepts in the of management of major electrical injury. *Surg. Clin. Am.*, 50 : 1401, 1970.
- 4) **Green DP, Hotchkiss RN** : *Operative hand surgery, 3rd edition* ; 671-673, New York, Churchill Livingstone Inc ; 1993.
- 5) **Hunt JL, Mason AD, Masterson TS and Pruitt BA** : The pathophysiology of acute electric injuries. *J. of Trauma*, 16(5) : 335-340, 1976.
- 6) **Hunt JL, McManus WF, Haney WP, and Pruitt BA** : Vascular lesion in acute electrical injuries. *J. of trauma*, 14(6) : 461-473, 1974.
- 7) **Mann RJ, Wallquist JM** : Early decompressive fasciotomy in the treatment of high-voltage electrical burns of the exremities. *Southern Medical Journal*, 68(9) : 1103-1108, 1975.
- 8) **Ramaktishnan KM, Ramachandran K, Jayaraman V and Mathivanen T** : Electrical burns treated in an Indian hospital. *Burns*, 17(6) : 481-483, 1991.