

전기화상에 대한 임상적 고찰

한일병원 정형외과

<지도 이선호 . 이한구*>

조 성 래

- Abstract -

The Clinical Study of Electrical Burns

Sung Rae Cho, M.D.

Department of Orthopedic Surgery, Hanil Hospital, Seoul, Korea.

(Director: Sun Ho Lee, M.D., Han Koo Lee, M.D.*)

Electrical burns constitute a unique type of thermal injury. Not only may there be a cutaneous burn but frequently hidden local and regional tissue damage exists. Tissue injury and tendon vascular necrosis are complete within eight to ten days following the insult and additional tissue damage can occur because of infection and toxicity of necrotic tissue. Early excision and early graft can prevent this progressive muscle necrosis because marginally viable tissue at the periphery are saved by the increased vascularity provided by immediate use of flaps or grafting.

We have treated 67 cases of electrical burn from 1975 to 1979.

The brief summary of the observations were as follows :

1. Good results were obtained in 15 cases after treatment of early excision and early graft.
2. Simultaneous involvements of hand, wrist, elbow, and shoulder were found because of tetanic contraction in alternating current in 21 cases.
3. In one case of spinal atrophic paralysis due to direct injury to spinal cord, paraplegia was permanent.

Key words : electrical burn, early excision and early graft, spinal atrophic paralysis, progressive muscle necrosis.

서 론

전기화상은 열성화상의 특이한 형태로 표면에 노출된 피부 및 피하손상외에도 혈관소작으로 인한 파괴정도를 쉽게 측정할 수 없는 심부조직의 손상이 있는 것이 특징이며 일반열성화상에서 나타나는 화상범위와 정도, 감염 등과도 차이가 있으며, 특히 국소화상 부위에서는 일반 열성화상과는 다른 심부조직의 진행성 괴사^{9,11)}가 관찰

되었고 이러한 진행성 괴사에 대한 치료는 조기 절제술과 조기 피부이식술^{4,11,12,14,15)}로서 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

저자들은 본 한일병원 정형외과에서 1975년부터 1979년까지 5년간 괴사를 동반한 사지 침범 전기화상 환자 67명에 대한 임상적인 관찰을 하였기에 이에 보고하는 바이다.

증 례 분 석

1. 연령 및 성별 분포

최연소 5세에서 54세까지 분포되며 특히 20세에서 40세까지가 전체의 60% 이상이었다(Table I).

한일병원 정형외과

* 서울대학교 의과대학 정형외과

Table I. Age and Sex Distribution

	Male	Female
Below 10	4	1
11 ~ 20	8	
21 ~ 30	33	
31 ~ 40	11	
41 ~ 50	8	
Over 50	2	
Total	66	1

2. 계절별 분포

계절별로는 거의 비슷한 분포를 보였다(Table II).

3. 화상 부위

다발성 손상을 받은 경우가 거의 대부분이었으며 상지가 단연 많았다. 특히 신체부위중 피부저항이 비교적 적은 완관절부, 주관절부, 액와부는 전류가 수부를 통과할 때 생기는 근육의 강축성 연속(tetanic contraction)으

Table II. Seasonal Distribution

Season	No. of Pt.
Spring	14
Summer	17
Autumn	14
Winter	22
Total	67

Table III. Site of Electrical Burn.

Site	No. of Cases
Upper Extremity	
Hand	59
Wrist & Forearm	45
Elbow & Upper Arm	24
Shoulder & Axilla	26
Lower Extremity	
Foot & Ankle	33
Lower Leg	17
Knee	13
Thigh	20
Others	
Head & Neck	12
Chest	12
Abdomen	10
Back	3

로 심한 관절굴곡이 야기되어 근접되면서 동시에 손상을 받게 되는데 이러한 경우가 21例나 되었다(Table III).

4. 동반 골절

Table IV 와 같았으며 근육의 강축성 연속으로 인한 탈구는 인지되지 않았고 2例의 척추골절 환자중 1例에서는 추락의 병력이 없이 제 1 요추 압박골절이 나타났으며 이는 근육의 심한 강축성 연속에 의한 것으로 추정된다.

Table IV. Associated Injuries.

Injuries	No. of Pt.
Compression Fx. of Spine	2
Rib Fx.	1
Internal Derrangement of Knee	1
Scaphoid Fx.	1
Clavicle Fx.	1
Calcaneous Fx.	1
Total	7

5. 임상 소견

노검사 소견에서 담백뇨 18例, 당뇨 8例, 혈뇨 12例가 관찰되었으나 대부분이 3주내에 정상으로 회복되었으며 3주이상 담백뇨가 지속적이던 2例에서는 수상 40일에 정상으로 되었다.

심전도 소견상 비정상적인 예는 좌심실비대 4例, 동빈맥(sinus tachycardia) 4例, 동서맥(sinus bradycardia) 2例였고 과칼륨혈증의 초기 증상이 2例였으나 일주일 이내에 모두 정상소견을 나타내었다.

6. 전류형 및 전압

67例에서 모두 교류였으며 저압전류(600 volt 이하)로 인한 손상이 5例, 고압전류(600 ~ 7000 volt), 특별고압전류(7000 volt 이상)로 인한 손상이 각각 1例, 61例이었다.

7. 치 료

상지를 침해한 환자중 심한 탄화화상(charred burn)을 동반하지 않고 종창이 심하였던 15例에서 조기 감압 근막절제술, 2~3 차에 걸친 변연절제술을 실시하고 전이 노출된 완관절부, 주관절부 및 수부에 2주 이내 피부이식술을 실시하여 절단 및 심한 운동제한을 막을 수 있었으며, 특히 완관절부에 건들이 노출되고 전의 괴사가 나타났던 5例에서는 파열되지 않은 건들과 신경조직을 제외한 주위 괴사 조직을 어느정도 제거하고 flap skin graft를 실시하면서 배농을 위한 배출구를 만들

고 농의 축적을 방지하여 피부이식후 배출구가 자연 폐쇄되면서 창상이 치유되었고 건 및 주위조직의 진행성 괴사를 막을 수 있었다(Fig. 1).

Fig. 1. 완관절부위 건괴사가 진행되었고 수지 운동제한이 극심했던 예에서 조기 flap graft 실시 후 3개월에 신전 및 굴곡상태. pinching 및 중등도의 수지 굴곡운동을 할 수 있었다.

또한 전갑부에서 주관절부위에 이르는 골조직이 노출되고 심한 상박부 괴사를 수반하면서 내측의 주혈관 및 신경 손상이 없고 수부 및 전박부의 손상이 없었던 1例에서는 조기 변연절제술을 3차에 걸쳐 실시하였으며 수상 1주일에 박피이식술(thin split skin graft)을 실시하고 수상 2주부터 유경피부이식술(pedicle graft)을 수차에 걸쳐 실시하여 지속적이던 수부 및 전박부 종창을 소실시켰고 주관절 및 수부 운동을 만족할만큼 회복시켰다(Fig. 2).

3例의 심한 시지 괴사 환자에서 2차적으로 Index ray amputation을 실시하였고 10例에서 족부 및 수부, 하퇴부 및 두부의 골조직이 노출된 경우 multiple drilling내지는 골피질 절제술을 실시하고 육아 조직을 신생시켜 피부이식으로 창상을 치유시킬 수 있었다.

Table V. Treatment

Treatment	No. of cases
Skin graft	
thin split	80
full thickness	21
flap	11
pedicle	15
Amputation	
A/E	8
B/E	16
A/K	6
B/K	12
ray	3
finger	7
toe	9
Neurectomy	3
Bone drilling & Decortication	10
Osteotomy	1
Tendon graft	2
Scar tissue release	7
Z-plasty	4

8. 합병증

2例의 사망환자는 60%에 이르는 표피화상으로 인한 신부전증 및 안면부, 경부의 화상으로 인한 후두 종창으로 기도폐쇄에 의한 질식사로 추정된다.

Table VI. Complications.

Complications	No. of Cases
G-I trouble	20
Hemorrhage	4
Spinal cord injury	1
Osteomyelitis	4
Cataract	3
Drop foot	4
Paralysis	
Median N.	3
Ulnar N.	2
Radial N.	1
Peroneal N.	1
Neuroma	5
O. M. P. C.	7
Phantom sens., painful	4
Visual disturbance	5
Death	2

Fig. 2. 23 세 남자 환자로써 22000 volt 에 수상, 심한 상박부 피사 및 상박골 노출이 있었으나 수상 1 주에 박피술을 실시하고 수차에 걸친 유경피부이식술을 실시하여 지속적인 수부종창을 소실시켰고 상지 절단을 예방하였다.

안면부 및 두부를 침범한 3例에서 cataract 가 나타났고 절단후 심한 동통을 호소하는 phantom 현상이 4例에서 나타났다. 또한 4例에서 late arterial rupture 가 발생하였으나 조기 발견으로 대량 실혈을 방지할 수 있었다.

42 세의 남자 환자에서 전류에 의한 척수의 직접손상으로 수상후 25일부터 하반신 마비증상이 나타나 서서히 진행되어 영구적인 마비가 초래되었다(Table IV).

고 찰

전기화상은 열성화상과는 달리 주로 소작된 혈관 지배하의 심부조직에 초기 손상정도를 잘 알 수 없는 불규칙적이고 진행성인 피사를 일으키는 것이 특징이다.

Hunt⁶⁾ 등은 전류가 일단 피부저항을 극복하게 되면 골조직을 제외한 모든 내부조직의 저항은 무시되면서 지나가게 된다고 하였다. 피부저항은 습기와 밀접한 연관이 있어서 피부가 건조한 상태인 경우 5000 Ohm의 저항을 가질 수 있지만 습한 경우에는 300 Ohm 정도로 감소하게 되어 전기조작시는 이점을 유의 하여야 한다. 또한 교류가 직류보다 3배정도 위험하며 cycle 이 낮을수록 위험한 것으로 되어있고 특히 교류에서는 근육의 강축성 연축(tetanic contraction)으로 인하여 잠정적인 호흡차단이 나타나게 되며 상지에서는 이러한 강축성 연축이 수부, 단관절부, 주관절부 및 액와부를 근접시키면서 피부저항이 적은 이곳에 심한 화상을 동시에 일으키게 한다. 본 저자들도 21例에서 이러한 일련의 동반된 화상을 경험하였다.

전류에 의한 조직손상 기전은 Hunt 등에 의하면 처음 전류량(Ampereage)이 서서히 상승할때 피부저항이 저하되었다가 2차적으로 전류량이 급상승하여 피부의 완전파괴가 일어나면서 내부조직으로 전류가 흘러 들어가게 되고 마지막으로 조직액이 증발되면서 전류량이 급감하 한다고 하였다.

전기화상으로 손상받은 부위의 병리 소견을 Luce¹¹⁾, Peterson¹²⁾은 central zone of necrosis or current marking surrounding gray white region of necrosis, peripheral areola of partial coagulation necrosis의 3 zone으로 구별하고 중앙의 2 zone은 활성조직(viable tissue)이 거의 없다고 하였다.

전기화상으로 인한 심방세동(ventricular fibrillation)은 주요한 초기 사망 원인이지만 본 저자들의 예에서는 처음 수상 당시의 심전도 소견상 12예에서 비정상적 소견이 나타났으나 이것은 전부 일시적인 증상으로 대개 1주일내 정상으로 돌아왔고 후기 속발증으로 심장 자체가 문제되었던 예는 없었다. 뇌손상으로 인한 후기 속발증도 경험할 수 없었으며 더욱이 두개골을 침범하고 초기 의식소실을 동반했던 경우에도 뇌손상 증상은 볼 수 없었다. Artz²⁾는 신부전증의 빈도가 전기화상에서 훨씬 많다고 주장하였으나 본 저자들의 예에서는 심한 표피화상이 동반된 1예의 사망환자 이외에는 신부전증 및 후기 속발증을 관찰할 수 없었다.

1예에서 영구적인 감각성 하반신 마비 증상이 동반되었던 바 이것은 Levine⁸⁾등이 주장한 spinal atrophic paralysis에 일치되는 소견이었다. Spinal atrophic paralysis는 수상후 수일 내지 수개월후에 서서히 마비증상이 진행되는 것으로 이러한 마비 증상은 전류에 의한 척수의 직접 손상이 원인이라 하였다. 본 저자들의 예에서는 수상후 25일부터 감각이상 보다는 motor weakness가 먼저 관찰되면서 마비현상이 진행되었다.

전기화상에서의 국소부위 화상치료를 15예에서 조기 근막절제술 및 조기 변연절제술을 실시하고 2주 이내 피부이식술을 시행하는 것을 치료 원칙으로 하였으며 특히 수부 및 완관절부에 전기 화상을 받고 건이 노출되어

괴사가 진행중이던 5예에서 피부판 이식술(flap graft)을 실시하고 배농을 위한 배출구를 남기고 치료함으로써 수지운동이 회복되면서 pinching 및 중등도의 굴곡을 할 수 있었다. 이러한 예는 전기화상에서의 국소 화상부위 치료에 가장 문제가 되는 진행성 괴사를 조기 절제술 및 조기 피부이식술로서 어느정도 막을 수 있었다고 한 Luce등^{11,12,14,15)}의 주장과, 건 및 신경조직이 파열되지 않고 연결되어 있는한 조속한 시일내 피부이식을 하여 괴사된 건 및 신경조직의 회복을 볼 수 있었다는 Peterson¹²⁾의 주장과도 일치하는 것이다.

진행성 괴사에 대해 Lewis⁹⁾는 혈관의 변화가 원인이라고 하였고 Luce¹¹⁾는 1) 저항이 강한 골조직에서 생기는 열에 의한 periosseous thermal injury, 2) peripheral patch damage zone, 3) 오염과 탈수로 인한 조직의 활성저하 및 저항력 감소, 감염 및 저산소 증등으로 혈액장애가 진행하면서 괴사가 더욱 더 심해진다고 하였으며 이러한 cycle을 막기 위해서는 조기 절제술을 시행하여야 한다고 주장하였다.

Clayton⁵⁾등에 의하면 동물실험에서 전기 화상 후 Xenon-133으로 혈류량을 측정한 결과 손상부위의 혈류량이 정상부위보다 50%정도 감소되었고 혈류량의 최대 감소는 수상 후 36시간내에 생긴다고 하였으며 Hunt⁶⁾에 의하면 동맥조영술상 혈관의 지연 폐쇄는 없었다고 주장하였다.

이러한 기전에 근거를 두고 전기화상에 대한 국소부위 치료법은 1960년대 Lewis¹⁰⁾등이 주장한 괴사부위 경계가 분명할때 시행하는 지연 변연절제술(delayed debridement)에서 점차 조기 절제술 및 조기 피부이식술(early excision and early graft)의 경향으로 바뀌어져 가고 있으며 이러한 조기절제술의 장점은 감염을 예방하며, 관절구축과 감각을 피하고, 이환율을 낮추면서 경제부위의 활성조직을 보호할 수 있는 것이라 주장하였으며 조직손상이나 건 및 혈관괴사가 8일 내지 10일이면 완전하게 진행되므로 만약 치료를 지연시킬시 감염이나 괴사조직의 독성에 의해 조직손상이 부가된다고 하였다.

조기 절제술 및 조기 피부이식술의 방법을 Artz²⁾는

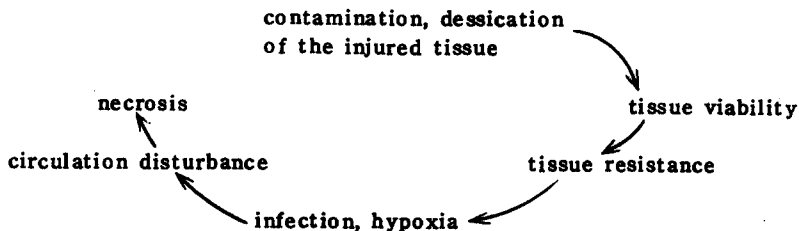


Fig. 3. Mechanism of progressive muscle necrosis.

수상초기 절제술을 실시하고 48 시간 이후에 다시 피사 조직 절제술을 시행하며 필요시 48 시간 후에 재차 실시하고 피부이식술을 시행하는 것이라 설명하였다. 피부이식술을 실시하는 기간은 명확히 제시되지 않았으나 본 저자들의 경험에 의하면 2주내에 시행하여 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

결 론

본 한일병원 정형외과에서 1975년부터 1979년 까지 피사를 동반한 사지 침범 전기화상 67예에 대한 임상적 관찰 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 전기화상의 국소부위 치료는 피사조직의 경계부위가 명확할때 시행하는 것이 좋았으나 조기절제술 및 조기피부이식술을 2주일내에 시술한 15예에서 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

2. 교류에 의한 강축성 연축으로 피부저항이 적은 수부, 완관절부, 주관절부 및 액와부틀 동시에 침범한 경우가 21예였다.

3. 1예에서 전류에 의한 척수의 직접손상으로 나타나는 spinal atrophic paralysis를 경험하였다.

REFERENCES

- 이원기, 이선호 : 전기화상 환자 171예에 대한 관찰. 대한정형외과학잡지 제 8권 제 1호 : 19-28, 1973.
- Artz, C.P. : *Changing concepts of electrical injury. Am. J. Surg.*, 128:600-602, 1974.
- Artz, C.P. : *Electrical injury simulates crush injury. Surg. Gynecol. Obstet.*, 125:1316, 1967.
- Burke, J.F., Quinby, W.C., Bondoc, C., McLaughlin, E. and Treistad, R.L. : *Patterns of high tension electrical injury in children and adolescents and their management. Am. J. Surg.*, 133:492-497, 1977.
- Clayton, J.M., Hayes, A.C., Hammel, J., Boyd, W.C., Hartford, C.E. and Barnes, R.W. : *Xenon-133 determination of muscle blood flow in electrical injuries. J. Trauma*, 17:293-298, 1977.
- Hunt, J.L., Mason, A.D., Masterson, T.S. and Pruitt, B.A. : *The pathophysiology of acute electric injuries. J. Trauma*, 16:335-340, 1975.
- Kragh, L.V. and Erich, J.B. : *Treatment of severe electric injuries. Am. J. Surg.*, 102:419-427, 1961.
- Levine, N.S., Atkins, M.A., McKeel, D.W. and Peck, S.D. : *Spinal cord injury following electrical accidents: Case reports. J. Trauma*, 15:459-463, 1975.
- Lewis, G.K. : *Burns from electricity. Ann. Surg.*, 131:80-91, 1950.
- Lewis, G.K. : *Electrical burns of the upper extremities. J. Bone Joint Surg.*, 40-A:27-39, 1958.
- 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.
- Peterson, R.A. : *Electrical burns of the hand. J. Bone Joint Surg.*, 48-A:407-424, 1966.
- Ponten, B., Erikson, U., Johansson, S.H. and Olding, L. : *New observations on tissue changes along the pathway of the current in an electrical injury. Scand. J. Plast. Reconstr. Surg.*, 4:75-82, 1970.
- Poticha, S.M., Bell, J.L. and Mehn, W.H. : *Electrical injuries with special reference to the hand. Arch. Surg.*, 85:172-181, 1962.
- Sances, A., Larson, S.J., Myklebust, J. and Cusick, J.F. : *Electrical injuries. Surg. Gynecol. Obstet.*, 149:97-107, 1979.
- Taipale, S. : *The results of treatment of electrical burns : A clinical report of 27 cases. Acta. Chir. Scand.*, 131:219-222, 1966.
- Williams, H.B. : *The problem of electric shock. Am. J. Surg.*, 27:151-154, 1935.