

# 感電事故와 應急處置

## 머리말

生体에는 심전도, 뇌파와 같이 1mV 정도까지의 전기현상이 있지만 生体가 자기자신이 발생하는 전기 이외의 電氣에 의하여 생체에 電流가 흘러 이 通電으로 생체에 어떤 反應이 생기는 것을 感電이라고 하며, 감전에 있어서의 生体의 장애를 電擊傷이라고 한다. 落雷의 雷電流에 의한 전격상은 상용 교류에 의한 전격상과는 상위점이 있어 雷擊傷으로 구별하는 일이 있다.

과거의 雷擊傷을 분석하면 고압에 의한 것이 약 75%, 저압에 의한 것이 5% 정도이고 나머지는 거의 전부가 特高에 의한 것이었다. 한편 電擊傷은 설비의 개선과 安全教育의 보급결과로 해마다 감소추세에 있다고 한다.

## 1. 生命의 危險性

### 가. 即 死

電擊傷의 即死의 원인은 급성의 心停止, 호흡정지 특히 心室細動이 감전현장에서 발생하는 경우가 가장 많다. 심실세동이란 心停止의 일종으로서 심장의 근육이 떨리는 것 같은 경련을 일으키는 상태이다. 기타 뇌, 심장 등이 대전류로 인하여 크게 파괴되어 즉사하는 경우도 생각할 수 있다. 또한 高所작업중에 감전되어 추락함으로써 머리나 가슴 등에 치명적인 外傷을 받아

즉사하는 수도 있다.

感電現場에서의 즉사로 추정되는 電擊傷者가 구급차에 의하여 병원으로 운반된 예를 보면 그 1명은 3kV/高壓配電線에 의한 사고로서 왼쪽 어깨와 양쪽 下肢에 극히 가벼운 국소 손상이 있었고, 다른 한명은 6kV 高壓配電線의 사고로 오른쪽 어깨와 양손에 中等度 이하의 국소손상이 인정되었다. 2명이 공히 현장에서의 급성心停止, 호흡정지로 인한 즉사로 추정된다. 후자에 대해서는 해부한 결과 급성의 心停止, 호흡정지, 아마도 心室細動에 의한 사망으로 추정되는 변화가 인정됐고 부상 직후에 확실한 심장마사지, 인공호흡을 했다면 救命의 가능성을 느끼게 했다. 단, 2명이 모두 電柱上에서의 受傷이었으므로 그같은 처치를 受傷直後에 실시한다는 것은 무리로서 구명은 절망적이었다고 하겠다.

心停止, 呼吸停止: 사람을 포함하여 동물의 심장에 商用交流를 通電하면 때로 心室細動을 일으킨다. 한편 전격상에서는 四肢 사이에 通電이 되는 수가 많으므로 심장이 通電回路에 들어가 심실세동을 일으킬 가능성이 높다. 따라서 電擊傷의 즉사의 대부분은 심실세동이 사인이라고 할 수 있다. 四肢 사이의 통전에서는 100mA에 의하여 心室細動이 일어난다고 한다.

통상 四肢사이에서의 通電을 마크로속이라고 한다.

한편 특수한 검사로서 心電圖, 血壓 등을 브

라운관의 영상으로 보거나 또는 記錄紙에 기록하여 감시하면서 四肢 등의 혈관에서 심장 내로 가는 管을 삽입하여 심장 내의 血壓의 측정이나 血液分析 등을 행하고 있는데, 그 몸 밖으로 나온 가는 管 끝에 붙어 있는 接續用的 금속 등을 통하여 心電計·혈압계 등의 감시장치의 商用交流電源으로부터 누설전류가 심장에 흘러 심실세동을 일으킬 위험성도 생각할 수 있다.

심장에 직접 通電된 경우에 心室細動을 일으킬 최저의 電流値는 개 등의 실험에서  $100\mu A$ 라고 하며, 이같은 통전을 前記한 마크로속에 대하여 마이크로속이라고 하고 있다. 이 마이크로속의 安全電流値는  $10\mu A$ 로 하는 것이 세계적으로 인정되어 있으므로 前述한바와 같은 심장의 특수한 검사를 하는 경우에 만일 누설전류에 의하여 体内에 電流가 흘러도  $10\mu A$  이하가 되도록 하기 위해, 人体内部的 2點間的 최저전기저항을  $500\Omega$ 으로 보고 있으므로 人体에 직접, 간접으로 전기적인 접촉이 가능한 모든 金屬의 2點間的 電位差를  $5mV (=10\mu A \times 500\Omega)$  이하가 되는 接地方法이 권장되고 있다. 또한 마이크로속을 받을 위험성이 있는 경우에 落雷가 발생하여 건물 내의 전기회로, 접지회로에 異常電位가 발생, 환자에게 위험을 미치는 전류가 흘렀다는 보고는 없지만 앞으로 하나의 과제라고 하겠다.

최근 心電圖, 血壓 등을 전전지에 의한 텔레미터에 의하여 電波로 전송하여 감시하는 방법도 채용되어 누설전류를 염려하지 않아도 되지만 뜻하지 않은 곳에 누설전류가 발생하는 위험도 부정할 수 없으므로 세심한 주의가 필요하다. 또한 몸 표면이 물에 젖어 있는 경우의 人体의 최저저항은  $300\Omega$ 이며, 개의 실험에서 보면  $100\Omega$  이하의 경우에도 발생할 수 있다고 추정된다.

#### 나. 遷延死

병원에 수용된 후의 사망을 遷延死라고 하며 전격상의 천연사는 드물고 전격상의 사망의 대부분은 感電現場에서의 심실세동에 의한 즉사로

추정된다. 電擊傷의 천연사는 외국의 문헌에 의하면 3.7~22%로 되어 있다.

일반적으로 천연사의 원인으로 가장 많은 것은 갑자기 尿가 만들어지지 않게 되는 급성신부전을 들 수가 있고 다음이 局所損傷의 상처부분에 증가된 세균이 血液 속에 들어가 점차 증가되는 敗血症이 있다. 기타 소화기 합병증으로 이른바 스트레스潰瘍으로서의 급성위, 십이지장 궤양으로 인한 大出血에 의한 사망도 있고, 드물게는 겨드랑이 밑의 심한 電擊傷에서는 겨드랑이 밑의 동맥파열에 의한 出血死가 기록되고 있다.

## 2. 局所損傷

電流  $iA$ 가  $r\Omega$ 의 전기저항을 가진 생체조직에  $t_s$ 에 걸쳐 흐름으로써  $i^2 r t J = 1/4.18 i^2 r t$  cal 熱이 생기며, 이 발열의 정도에 대응하여 生体組織, 특히 통전회로가 된 四肢에서 생체조직의 부분적 死인 壞死에 이르기까지의 여러 가지 정도의 損傷이 발생한다. 이른바 電流의 出入口가 된 피부에는 다갈색 또는 白色의 건조된 여러 가지의 깊이, 크기의 損傷이 인정되며 電流斑이라고 하여 통전의 유력한 증거가 되지만 사후의 通電에 의해서도 전류반이 생기므로 전류반과 感電死를 연결시키는 것은 신중을 기해야 된다. 또한 100V, 200V의 저압에 의한 電擊傷에서는 극히 드문 변화로서의 전류반이 인정되는 일이 많으나 저압에 의한 感電死에서는 3.7~33.3%는 電流斑이 인정되지 않았다고 한다.

피부표면의 변화로서 인체표면의 部分沿面放電의 방전불꽃에 대응한 表層性的 극히 가벼운 화상이 생기는데, 電紋이라고 한다. 상용교류에 의한 電擊傷에서는 電紋이 극히 드물고 雷擊傷에서는 많이 발생한다.

이른바 감전사고 중에는 큰 전기불꽃이나 아크에 의한 직접적인 熱傷(화상)이나 그같은 불

꽃이나 아크에 의하여 피부에 불이 붙어 생긴 간접적인 熱傷이 주요 손상으로 되는 수가 있으며 최근에는 드물지만 断路器 오조작으로 생긴 격심하고 큰 아크에 의한 熱傷은 그 전형적인 손상으로서, 電氣火傷이라고 불러 구별하고 있다. 전기화상은 화염에 의한 보통의 熱傷과 같지만 일반적으로 電擊傷이라고 하면 전기화상도 포함된다. 미국의 어떤 통계에 의하면 電氣火傷과 전격상의 비율이 半半이었다.

좁은 의미에서의 전격상과 일반적인 熱傷의 차이는 ① 局所損傷이 약간이라도 심실세동으로 죽사하는 수가 있으며 몸 표면의 손상의 대소로는 重症의 정도를 판정할 수 없다. ② 시간이 흐름에 따라 局所損傷이 넓고 깊어진다(進行性 壞死). ③ 근육의 손상과 2차적 出血이 자주 발생한다는 세가지 점이다. 이 2次的出血은 전격상 특유의 변화이며 受傷 후 2~4주간 사이에 발생하는 국소손상 부분에서의 出血이다.

### 3. 應急處置

感電即死의 경우에는 사고와 동시에 거의 전부가 呼吸과 심장이 멎는다고 할 수 있는데 그 중에는 즉시 인공호흡과 심장 마사지를 정확히 하면 救命의 가능성도 있다.

#### 가. 人工呼吸(吹入式 人工呼吸)

인공호흡을 하는 사람이 肺로 흡입한 공기를 입에서 토해낼 때에 人工呼吸을 받는 사람의 입 또는 코를 통하여 肺속으로 불어 넣어 주는 방법이며 이 방법은 ① 상대방의 목을 충분히 위로 젖히고 턱을 앞으로 내밀게 하고 목구멍을 혀로 덮지 않도록 한다 ② 상대방의 코구멍을 뺨이나 손가락으로 막고 입으로 공기를 불어 넣는다 ③ 처음 열번 정도는 肺 가득히 흡입한 공기를 불어 넣고 그 후에는 4~5초에 한번 정도로 한다.

이 방법에서 중요한 점은 목을 충분히 위로

젖히게 하는 것과 공기를 吸入했을 때에 가슴이 충분히 부풀었는지 보는 것인데 실제로는 공기의 吸인이 끝난 시점에서 상대방의 가슴이 움푹 해졌는지 확인한다.

#### 나. 心臟 마사지(心臟壓迫法)

背骨(척추, 척주)과 가슴의 앞 중앙에 있는 흉골 사이에 끼어 있는 심장을 胸骨의 주기적인 壓迫에 의하여 심장 내의 혈액을 순환시키는 방법이며 그 요점은 ① 등은 판자나 地面 등의 딱딱한 곳에 놓인다. ② 胸骨의 아래쪽에서 배로 내려간 부분은 다치지 않고 흉골의 下半分の 중앙 부근을 壓迫한다. ③ 양손목을 충분히 젖히고 한쪽 손목을 흉골의 下半分の 중앙 부근에 대고 그 손 위에서 다른 손목을 겹쳐놓고 胸骨이 4~5cm 들어가도록 압박한다. ④ 壓迫은 체중을 실어 단숨에 순간적으로 압박하고 바로 놓아준다. 단 흉골에서 손을 떼지 않고 壓迫은 1분간에 60회의 비율로 한다. ②와 ③을 지키지 않으면 肋骨이 부러져 肋膜으로 출혈이 되거나(血胸), 흉골의 하단이 골절되어 간장을 찢을(腹膜内出血) 위험성이 있다.

인공호흡과 심장 마사지를 혼자 할 경우에는 심장 마사지를 1분간에 80회 정도의 비율로 하며 심장 마사지를 15회 계속하고 2회 人工呼吸을 시키는 순서로 계속한다. 2명이 할 때에는 심장 마사지를 1分間に 60회 정도의 비율로 하고 심장 마사지 4~5회에 1회의 비율로 심장 마사지를 쉬지 않고 하며 심장 마사지 사이에 人工呼吸을 시킨다. 심장 마사지는 피로해지므로 교대하면서 쉬지 않고 계속한다.

配電線의 電柱上에서의 감전시에 呼吸吹入式 인공호흡은 가능하나 심장 마사지는 불가능하다. 이 경우의 심장 마사지를 대신하는 하나의 방법으로서 주먹으로 胸骨의 하반분의 중앙부근을 20~30cm의 높이에서 중 정도의 강도로 한번 때리는 방법이 있다. 현재로서는 배전선의 電柱上에서 심장 마사지를 대신하는 유일한 방법이다.

#### 다. 所局損傷의 應急處置

전격상이나 전기화상이나 모두 그 所局를 물로 최저 30분 정도 식혀 준다. 단, 불이 가까이 있는 경우에는 식히는데 구애되지 말고 빨리 의로시설로 옮겨야 된다. 현장에 준비해야 될 의료품은 전혀 필요가 없다. 현장에서 생각해야 될 것은 엄중한 방호법, 정해진 活線作業 순서의 엄수, 작업자의 최선의 心身狀態를 평소부터 유지하는 노력이다. 高壓配電線의 전주상에서의 감전사고가 많다는 것과 電柱에서 受傷者를 내리는 어려움을 고려하여 신속, 안전하게 내리는 방법으로서 高所作業車의 작업현장에의 대기가 좋겠다.

#### 4. 後遺症

四肢의 통전에 의한 여러 가지 정도의 切断 변형에 의한 사지, 특히 손의 기능장애가 가장 많고 기타의 후유증은 적다. 뇌, 척수의 장애로 인한 운동장애, 失語症, 정신증상 등도 드물게 있다. 심전도에서 본 受傷 직후의 頻脈, 부정맥은 一過性으로 인정되었는데 후유증으로서의 心筋梗塞의 경험은 없다. 그러나 후유증으로서의 심근경색이 일어날 가능성은 충분히 생각할 수 있다. 水晶체가 하얗게 흐려지는 백내장은 頭部 특히 眼球가 통전회로로 들어간 경우에 후유증으로서 발생하는 수가 있다. 극히 드물기는 한데 電擊傷, 전기화상의 극소손상의 상처자리에 몇년 후에 癬痕癌이 발생할 가능성이 있다.

#### 5. 雷擊傷

조사한 바에 의하면 뇌격상을 당한 장소는 ① 높은 나무 밑에서 비를 피하거나 ② 넓은 들에 서있거나 步行할 때가 많다.

雷擊傷의 특징 및 전격상과의 차이는 다음의 7가지 점에 있다. ①사망의 거의 전부가 즉사, ②천연사는 극히 드물고 생존자의 대부분은 빨리 회복되며 후유증도 별로 없다. ③頭部通電

으로 일과성 의식장애가 발생 ④電紋은 빈발하는데 육안적 電流斑, 근육괴사, 진행성 괴사는 드물거나 소규모이다. ⑤受傷 이후 조기의 일과성 低칼륨血症이 계속 遷延. ⑥신경통이 때로 천연. ⑦하나의 落雷로 다수의 사람이 受傷되는 일이 있으며 여성, 소아의 뇌격상도 드물지는 않다.

#### 6. 電擊傷·雷擊傷의 動物實驗

개, 토끼, 흰쥐(패트), 마우스 등을 사용하여 50Hz, 400V~4kV 및 模擬雷로서의 표준파 등에 의한 통전실험을 한 결과, 여기서는 50Hz 통전과 모의뢰 통전에 대하여 각각 예를 들어 소개한다.

##### 가. 電擊傷의 進行性 壞死

고전압에 의한 전격상에서는 상처가 시간이 흐름에 따라 넓게, 깊어진다는 것이 하나의 특징이다. 만일 이 진행성 괴사를 방지할 방법이 있다면 절단하거나 도려내는 부분이 적어도 되므로 극히 유리하며 가령 진행성 괴사를 저지시킬 수는 없어도 괴사가 어느 정도 진행할 것인지 미리 알 수 있다면 괴사할 부분을 조기에 도려내고 植皮함으로써 所局損傷을 적게 할 수 있으므로 이것 또한 극히 다행이겠다.

먼저 토끼의 오른쪽 귀 끝 가까이에 폭이 소독제 정도의 銀板電極을 대고 오른쪽 뒷다리에 食鹽水에 적신 가제를 감아 電極으로 하고 이 兩電極間에 50Hz 1,800V를 1초간 통전함으로써 右後肢에 손상을 입히지 않고 右耳에 전격상인 所局損傷을 만들었다. 이 귀는 날을 거듭할수록 괴사가 점차 넓어져 脫落되었다. 여러가지의 시행착오 끝에 혈관 내의 혈액의 덩어리라고 할 수 있는 血栓이 생긴 부분까지 괴사되는 것으로 예상되어 通電 후에 조기에 귀의 앞과 뒤에서 고무주머니에 空氣를 넣고 壓迫하여 귀의 血液을 심장으로 돌려놓고 귀의 뿌리쪽을 대형 클립으로 끼워 고무주머니의 空氣를 빼고 귀의



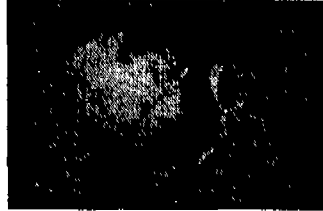
〈사진 1〉 토끼 귀의 擊傷. 우측은 虛血中の 透過光線像 좌측은 非虛血中の 透過光線像



〈사진 2〉



〈사진 3〉 通電後 7日째



〈사진 4〉 通電後 12日째



〈사진 5〉 通電後 17日째

〈사진 2〉 通電후 10시간째. 검은 곡선은 사진5 까지 壞死分界豫定線( $I_3$ )

壓迫을 제거해도 血液이 귀로 유입되지 않도록 했다(虛血狀態). 이 귀를 透過光線으로 보면 사진 1의 우측과 같이 血栓이 생긴 부분은 빨갛게 보였고 혈액이 심장쪽으로 돌아간 부분(허혈부분)은 하얗게 투명했다. 한편 이 조작 전의 귀를 透過光線으로 보았을 때 사진 1의 좌측과 같이 血栓의 유무의 경계가 분명하지 않았다. 거기서 사진 1의 우측과 같은 조작을 한 귀에 대하여 허혈부분의 끝에 일치시켜 사진 2와 같이 선을 그어 피사분계에 정선( $I_3$ )으로 호칭하고 관찰했다. 사진 2~4와 같이 通電 후 10시간째, 7일째, 12일째로 피사가 점차 진행되어 17일째(사진5)에는  $I_3$ 를 연하여 피사부분이 탈락되었다.

한편 사진 2와 같이  $I_3$ 를 그려놓고 血栓을 녹이는 약이나 혈액의 흐름을 원활하게 하는 약등을 사용해도 피사의 진행을 저지시킬 수는 없었다. 그러나 早期에  $I_3$ 를 그려놓음으로써 피사를 조기에 도려내는 것이 可能해졌다. 이 방법을 손의 電擊傷에 이용한 경우에 血管이 적은 臍이나 신경에서는 血栓이 불분명하여  $I_3$ 의 判定에는 경험을 필요로 했다.

#### 나. 플래시오버에서의 生死의 條件

雷擊傷의 조사와 동물실험을 한 결과 플래시

오버의 증거로서 머리부터 下腿까지 線狀으로 연결된 가벼운 火傷 또는 피부가 찢어진 경우에 生存者는 후유증을 거의 남기지 않고 치료가 되었는데 흰쥐의 心電圖, 血壓, 呼吸을 기록하면서 標準波를 머리와 右後肢 사이에 통전하여 플래시오버를 발생시켜 머리와 右後肢 사이의 電壓과 전체의 전류에 대하여 波形을 기록한 결과 체내 消費電氣 에너지의 다과가 生死를 결정한다는 결론에 도달했다.

生存例에서는 電流의 대부분이 플래시오버에 대응하는 전류이며 전압과 상사형의 전류가 머리와 右後肢 사이의 体内를 흐르게 된다. 한편 사망 예에서는 전압과 상사형의 電流가 체내를 흐르므로 생존 예와 사망 예의 体内 소비 전기에너지를 비교하면 前者가 훨씬 적은 것을 알았다. 그러나 体内 電流의 지속시간이 극도로 짧으면 生體는 죽지 않는 것으로 생각이 되는데 우선 에너지 値의 대소가 生死를 가름한다고 결론을 내렸다.

이같은 生存例의 전압과형이 확실히 일어나도록 하려면 흰쥐의 머리에서 허리까지의 등에 銅線을 둘러 줌으로써 얻을 수 있다. 이 동선과 같은 금속이 体内 電流의 통전시간을 감소시키는 효과가 있다. 그러나 人体에는 避雷를 위하여 적용할 수 없다.