

## 고압전류 감전자에게서 나타난 말초신경병증 증례보고

성균관의대 마산삼성병원 산업의학과

손준석 · 김영욱 · 채창호 · 민경범 · 이철호

### — Abstract —

### A case of Peripheral Neuropathy After High Electrical Injury

Jun-Seok Son, Chang-Ho Chae, Young-Wook Kim, Keong-Bum Min, Cheol-Ho Yi

*Department of Occupational & Environmental Medicine, Masan Samsung Hospital,  
College of Medicine, SungKyunKwan University.*

**Background:** With increasing industrial development, opportunities are growing to contact electricity in the workplace or home. Therefore, the risk of electrical accident has been increased gradually. In general, electrical injuries involve the extremities and result in amputation or severe disability of limbs. Delayed spinal cord injury and peripheral neuropathies following electrical accidents are extremely rare.

**Case report:** A 32-year-old man with 10 years working experience at a CRT-monitor manufacturer with repetitive exposures to high voltage current visited our hospital. He complained of left leg weakness and atrophy, and intermittent pain. The symptoms were progressive. Other symptoms occurred such as nocturia, hesitancy, and weak urinary stream. We examined the patient and conducted EMG, L-spine MRI, neurometer test, isokinetic strength test, and physical examination. The results showed neural injuries due to anterior horn lesions or compression of the left femoral nerve pathway, with a consequent diagnosis of neurogenic bladder.

**Key Words:** Electrical injury, Muscle atrophy, Peripheral polyneuropathy

### 서 론

직업적 요인에 의해서 발생하는 말초 신경병증의 가장 흔한 원인은 인간공학적인 유해요인으로 발생하는 추간판 탈출증에 의한 것이다. 추간판탈출증에 의한 말초신경병증은 신경근의 해부학적 위치 때문에 일반적으로 감각신경의 손상이 선행되고 운동신경의 손상은 추간판에 의한 압박이 심해졌을 때 발생한다. 그 외에도 납과 수은 같은 중금속이나 유기용제 그리고 고압전류 감전 등에 의해서도 운동신경병증이 발생할 수 있다. 특히 고압전류에 의한 운동신경병증은 전류가 상지에서 상지로, 상지에서 하

지로 흘렀을 때 발생하고 회복이 아주 서서히 일어나며 회복되지 않은 경우도 있다. 감전에 의해서는 어떤 기관도 침범될 수 있고, 상처부위나 감전부위에서 멀리 떨어진 곳에서 이상이 나타나는 경우도 있다. 신경학적 증상으로서는 의식소실, 간질, 기억력감퇴, 감정이상, 두통 같은 대뇌장애나 감각운동 소실, 지각이상, 마비 등의 말초신경장애의 형태로 나타날 수 있다.(Lee et al, 1987) 일반적으로 신경조직은 전류에 대한 저항성이 거의 없는 것으로 알려져 있고, 감전에 의한 이들의 손상은 다양한 형태로 나타난다고 알려져 있다. 전류의 강도나 파괴된 조직의 저항정도에 따라서 손상은 사지말단 부위에 가버

운 상처나 이상감각만을 초래할 수도 있고, 심한 경우에는 심근과열, 완전한 사지마비, 사망 등을 초래할 수도 있다. (Christensen et al, 1980) 전기 감전에 의한 신경 손상은 크게 말초신경계 손상과 중추신경계 손상으로 구분되는데 Grube 등(1990)은 전기 감전에 의한 말초신경계 손상이 45~55%에서 발생한다고 하였고 Varghese 등(1986)은 척수손상이 2~27%에서 발생한다고 하였다. 우리나라에서는 Rha 등(1992)이 전기감전에 의한 척수 손상이 35%에서 발생한다고 하였고 Kim 등(1999)은 말초신경계 손상이 47%, 중추신경계손상은 20%, 말초신경계와 중추신경계 손상 혼재가 20%였고 13%에서는 신경손상이 나타나지 않았다고 보고하였다. 저자들은 반복적인 고압전류(수 천에서 수 만볼트) 감전으로 인한 좌하지의 근육위축과 위약감(weakness), 간헐적인 통증을 호소하며 방문한 근로자를 말초운동신경병증으로 진단하고 이에 대한 증례를 문헌고찰과 함께 보고하는 바이다.

**증례 보고**

환자: 33세 남자 (2004년 6월 현재)

주소: 수년간의 좌측 하지 근육의 위축 및 위약감

현 병력: 상기 환자는 브라운관 제조업체에서 브라운관 검사를 담당하였고 1996년부터 주위 동료로부터 한쪽 다리가 가늘다는 말을 들었으나 별 조치 없이 지내다가 1998년부터 본인이 좌측 하지의 위축과 위약감과 같은 자각증상을 느꼈고 2001년 7월경 더 자주 다리가 아프고

힘이 없어져 헬스로 다리 근육운동을 하며, 대구지역 내 한 대학병원 등을 방문하여 검사하였으나 정확한 원인은 찾지 못하였다. 2001년 8월경 대구지역 내 또 다른 대학병원에서 실시한 요추부MRI에서는 정상소견이었으며, 같은 기간에 실시한 근전도검사(EMG)에서는 좌측요추부 복합신경증(Left lumbosacral polyneuropathy)의 소견이 있었다. 이 당시 입원 치료와 검사를 통하여 이상은 있는 것 같은데 원인은 모르겠다는 말을 듣고 통증에 대한 대증적 요법만을 시행하다가 2002년 3월 20일 본원 산업의학과에 내원하였고, 본원에서 실시한 이학적 검사, 요추 MRI촬영, 근전도검사 그리고 과거병력 및 직업력에 대한 고찰을 통해 말초신경병증(특히 운동신경병증)으로 진단하였다. 그리고 이에 대한 치료과정에서 2003년 3월경부터 소변을 보는 것이 힘들었고(소변을 처음 시작하는데 수분이 걸림) 2004년에 와서는 앉아서 배를 눌러 압력을 가해야지만 소변을 볼 수가 있어 2004년 6월 8일과 26일 두 차례 실시한 요역동학검사에서 방광 수축력이 감소되어 있어 신경인성방광, 이완성으로 진단 받고 현재 산재요양중이다.

과거병력: 1996년 축구하다 뒤로 넘어져 뇌진탕을 입은 적이 있으며 1998년 교통사고로 크게 다치지는 않았으나 뒷목이 뻣뻣한 증상은 이후에도 계속되었다. 그 외 특이한 과거 병력은 없으며 흡연은 하지 않으며 음주는 비교적 자주하는 편이었다.

직업력: 상기환자는 1992년 11월 26일 구미의 브라운관 제조업체에 입사하여 Integrated Tube Component (ITC) 4반에서 근무를 시작하였다. 작업내용은 브라운관 제조공정에서 마지막 공정으로 Tube에 편향요크(Deflection York, DY)와 Piezoceram Magnetic (PCM)을 고정하고 Purity, Convergence, 화면 위치 등을 조정하여 최종적으로 브라운관을 완성하는 일이었다. 작업방법은 컨베이어 벨트로 돌아가는 브라운관 앞에 서서 화면을 보면서 보이지 않는(작업장 내부가 어두웠다고 함) 뒤쪽을 더듬어 화면을 조절하므로 실수로 전원입력부분을 더듬게 되면 순간전력 수천에서 수만 볼트의 감전이 빈번히 발생하였다. 습도가 높은 날이면 불량이 늘어나고 누전이 되는 경우도 더 잦아서 주당 최고 10여회의 감전이 발생하는 주도 있었다고 한다. 작업자의 전기노출에 대하여는 당시 작업하던 환경이 바뀌어서 직접적인 측정은 불가능하나 대부분의 라인에서 작업조건이 대동소이하므로 현재 수준



**Fig. 1.** both leg photograph. Muscular atrophy of the left calf is seen clearly.

**Table 1.** Measurement of both legs by date

(Left/Right)

	Thigh (Lt/Rt)	Peroneal (Lt/Rt)	Calf (Lt/Rt)
2002. 3. 20	57/62 cm	42/48 cm	35.5/40 cm
2004. 4. 1	57/62 cm	42/48 cm	36.5/41 cm

에서 측정된 결과가 이전 노출수준과 큰 차이가 없다고 판단되며 산업안전공단의 역학조사결과 직접적인 측정치는 매우 낮으나 누설전류가 있는 것이 확인되었고 최고 30,000V에 이르는 고전압에 노출될 수 있음을 보여주었다고 한다. (Korea Occupational Safety and Health Research Institute, 2004) 또, 검사작업 전 설치하는 편향요크(Deflection York, DY)설치를 위해 DY 150 개들이(80~90 kg) 박스를 2명이 들어 올리는 일도 반복적으로 작업하였다. 2003년 11월부터는 PM라인으로 이동하여 브라운관에 마스크를 설치하는 작업을 하게 되었다. 더 이상의 감전은 없으나 브라운관을 계속 들고 놓는 작업이라 허리 통증이 심해졌다.

이학적 검사: 육안으로 보기에 좌측 하지가 상당히 가늘어 보였고 측정 상에서도 좌측이 우측보다 허벅지둘레, 종아리둘레에서 모두 가늘었다(Fig. 1)(Table 1).

심부건 반사검사에서는 무릎건 반사(+/+), 발목건 반사(+/+)로 좌우 차이 없이 약간 감소되어 있었고 양 하지의 감각신경검사(Sensory test in lower limbs)와 도수근력검사(manual muscle testing)에서는 정상 소견을 보

였다. 요추부위의 자기공명사진(L-spine MRI)에서는 특이소견 없었으나(Fig. 2) 신경전도와 근전도 검사에서는 좌측 대퇴부신경부위와 2번 3번 요추신경부위의 신경병증(Lt. femoral nerve lesion or L2, L3 radiculopathy)이 의심되나 만성적인 병변으로 인하여 명확히 구분할 수 없는 상태이고 신경재생(nerve regeneration)이 진행되는 소견을 보였고(Table 2) 감각신경전도검사에서는 정상의 소견을 보였다(Table 3). 감각신경역치검사(neurometer)에서는 좌측 얇은 비골신경(Lt. superficial peroneal nerve)에서 경미한 감각저하소견을 보였다. (score = 7.0)(Prithvi et al, 2001; American Association of Electrodiagnostic Medicine, 1999) 하지에 대한 Cybex-6000을 이용한 두 차례의 등속성 근력검사에서는 좌측 슬관절의 굴곡근(flexor muscle) 및 신전근(extensor muscle)이 우측에 비해 각속도가 낮아 근력이 저하되어 있는 것으로 나타났다(Table 4).



Fig. 2. L-spine MRI shows non-specific finding.

Table 2. Results of needle EMG study

		Fibrillation	Pos. Wave*	Fascic <sup>†</sup>	Polyphasic <sup>‡</sup>	MUAP pattern <sup>§</sup>	Maximal Effort
Rectus Femoris	L	None	None			Full	Maximum
Vastus Medialis	L	None	1+		Few	Full	
Tibialis Anterior	L	None	None	None	None	Full	None
Gastrocnemius	L	None	None	None	None	Full	None
Medial Head							
Iliopsoas	L	None	None	None	Few	Full	None
Adductor Longus	L	None	None	None	None	Full	Maximum

\* Positive Sharp wave

† Fasciculation

‡ Polyphasic motor unit action potential

§ motor unit action potential

고찰

말초신경병증은 중추신경이 경막을 빠져나온 말초신경 부위에 병증이 발생한 것이다. 이에 대한 진단적 접근은 신경침범이 단발성인지 다발성인지, 병변의 진행이 급성, 아급성 그리고 만성적인지, 신경병변이 감각성인지 운동성인지에 대한 구분, 신경병변의 형태가 축삭(axon)인지

수초(myelin) 중 어디에 더 주요하게 일어나는 지에 따라 질병의 형태와 원인을 추정할 수 있다. 이러한 일반적으로 발생하는 말초신경병증의 원인 중에는 직업적 요인은 대부분 arsenic과 같은 신경독작용이 있는 화학물질의 과도한 폭로에 의해서 급성으로 발생하는 경우이다. 또 다른 경우 유기인계 농약으로 인해 지연성으로 발병하는 지연성 운동신경장해 등이 있다.

**Table 3.** Results of sensory nerve conduction test

Stimulation site	Latency	Ampulitude	Duration	Area	Segment	Distance	Conduction
Lt. Sural.							
Post Calf	3.4 ms	24.73 uV	1.7 ms	23 mVms	Lateral ankle-post calf	140 mm	41 m/s
Rt. Sural nerve.							
Rt. side	3.6 ms	23.65 uV	1.5 ms	24 mVms	Calf-Rt. side	140 mm	28 m/s
Saphenous nerve.							
Rt. Side	3.3 ms	8.177 uV	1.5 ms	5 mVms	Tibia,medial border. Rt. side		
Lt. Side	3.4 ms	10.78 uV	1.6 ms	4 mVms	Tibia,medial border. Lt. side		

**Table 4.** Results of cybex test of both knee (muscle strengthening test)

(Peak Torque % BW)

Muscles	Speed of Angle		30	60	120
	Left	Right			
2004.	Knee Flexor	Left	26	42	37
		Right	91	57	36
4.1	Knee Extensor	Left	108	121	124
		Right	208	193	154
2004.	Knee Flexor	Left	46	17	10
		Right	115	97	93
9.11	Knee Extensor	Left	124	154	84
		Right	259	223	171

**Table 5.** Results of urodynamic study

	Maximum flow (ml/s)	Average flow (ml/s)	Voiding time (sec)	Flow time (sec)	Time to peak flow (sec)	Voided volume (ml)	Flow at 2 sec (ml/s)	Acceclerat ion (ml/s/s)	Residual Volume (ml)
04. 6. 8	22.7 (62%)	11.9 (25%)	17.1 (19%)	17.1	10.0 (2%)	203.9	2.7	2.0	10
04. 6. 26	16.5 (18%)	9.0 (39%)	47.0 (63%)	46.4	22.1	419.6	3.3	0.6	50

본 증례의 환자는 평소 허리와 다리가 늘 아팠고 그 때마다 한방치료(침)이나 파스로 통증을 치료해 왔으며 브라운관 검사 중 감전으로 인한 인체에 고압전류가 흘러 팔꿈치에 살이 터졌고 이후에도 고압전류로 인한 손끝이 타는 사고와 배에도 살점이 터지는 사고가 빈번히 일어났다고 한다. 처음 일년간은 일주일에 10여회가 발생하였고 그 뒤 작업이 익숙해지면서 일주일에 6~7회 발생하였으나 날씨가 흐리든지 해서 브라운관 생산에 이상이 많은 날에는 작업량이 느는 것만큼 감전도 빈번히 발생하였다. 한 번 감전되면 멍하고 온 몸에 힘이 없어 휴게실에 가서 20~30분 휴식 후 다시 작업하였다. 이런 일들이 워낙 빈번하기 때문에 특별한 조치를 해 달라는 말을 하지 못하였고 근로자들도 그런 것은 당연한 걸로 인식하고 있었다. 심한 사람들은 의식을 잃어 병원으로 실려 가는 경우도 발생하였으나 상기인은 그런 경우는 없었다.

본 증례의 경우 환자는 주로 운동신경의 침범으로 인한 근위축을 주 소로 하였으며, 근전도검사상에서 축삭손상(axonal loss)과 감각신경의 침범은 경미한 상태인 걸로 보아 신경절이전세포의 병변(preganglionic disease)으로 생각이 된다. 급성 전각회백수염(acute paralytic poliomyelitis)이나 회백수염 후 진행성 근위축(postpoliomyelitis progressive muscular atrophy) 등 운동신경을 침범할 수 있는 여러 질환에 대한 감별진단을 위해 과거력조사, 이학적 검사, 의학적 검사 등을 시행하였으나 특이한 소견을 발견할 수는 없었다. 그러나 환자의 직업력을 검토한 결과 고압전류에 폭로된 적이 여러 차례 있었다는 점은 고압전류에 의한 운동신경손상의 가능성이 높을 것으로 추정되었다. 노출중지 후 상당기간 경과 후 증상이 발견된 것은 노출중지 후 증상이 나타났다가 보다는 노출 후 일정시간동안 신경손상이 진행이 되다가 일정기간이 경과된 후부터 증상이 나타났다고 생각된다. 근

위축이 양다리에 오지 않고 좌측다리에만 나타난 것은 다른 사례보고에서도 알려진 바가 없으며 다만 근육이 발달한 쪽으로 더 많은 전기적인 손상이 온다는 보고는 있으나 이 사례에서는 원인을 알 수가 없었다. 동료근로자에 비슷한 형태의 반복된 감전에 노출된 근로자에서 말초신경병증환자를 추가로 확인하였다. (Korea occupational safety and health research institute, 2004) 이는 전각회백수염후 오랜기간의 안정된 기간후 오는 회백수염후 진행성 근위축(postpoliomyelitis progressive muscular atrophy) 등과 같은 운동신경을 침범하는 질환이기 보다는 전기감전 후 발생한 신경병증이라고 추측할 수 있다. (Choi et al, 1998)

신경 조직은 인체 내의 다른 조직에 비하여 전류에 대한 저항성이 적고, 열상에도 반응을 잘 하기 때문에 전기화상에 의한 신경손상은 모든 부분의 신경에서 나타날 수 있으며 이들은 뇌(cranial), 척수(spinal), 말초신경(peripheral nerve), 그리고 정신장애(hysterical disorder)로 분류된다. (Levine et al, 1975) 전기화상의 경우 전류량과 저항의 정도에 따라 전기에 의해 손상을 받는 조직의 정도는 가벼운 저림 증상에서부터 상하지의 절단, 심장근육의 파열, 순환정지 혹은 호흡정지로 인한 사망 등에 이르기까지 다양할 수 있다.

전류에 의한 신경손상은 중추신경계손상과 말초신경계손상으로 나눌 수 있다. 중추신경계손상은 의식소실, 경련, 기억저하, 정서적 불안, 학습장애 혹은 두통 등으로 발현될 수 있고, 말초신경손상의 증상은 감각운동신경의 소실, 감각이상, 마비, 피부 작열통(causalgia), 반응성 교감신경 장애 등이 있을 수 있다.

본 증례의 환자의 경우는 경미한 감각이상과 간헐적인 통증을 있었으나 좌하지 근육의 위축과 위약감이 가장 심한 형태의 증상이었다. 이것은 주요한 병소가 운동신경임



Fig. 3. Isokinetic strength test by cybex-6000 (knee flexion)



Fig. 4. Isokinetic strength test by cybex-6000 (knee extension)

을 나타내는 증상이다.

전류에 의한 신경손상의 기전에 대해서는 아직까지 정확하게 밝혀진 것은 없다.

Grube 등(1990)은 전기손상을 입은 환자를 대상으로 한 사후 부검소견에서 혈관주위 확장, 말초신경의 분절화(fragmentation), 수초(myelin sheaths)의 팽대 등이 관찰되었다. 이러한 부검소견은 열에 의한 괴사, 패혈증 혹은 기계적인 손상과의 구별이 되는 것이 아니다. 전류는 응고성 괴사를 일으킨다고 하였다. 이것은 국소적인 조직 손상을 주고 섬유화와 반흔을 형성하여 신경주위를 압박하여 신경전달을 방해하고 이러한 혈관성 염증반응, 혈전, 신경주위조직의 섬유화 등은 지연성 신경소실을 일으킬 수 있다고 하였다. 지연성 신경손상을 설명할 수 있는 또 다른 가설은 신경세포막의 파열과 전기화(electroporation)라고 하는 모델이다. (Lee et al, 1987; Lee et al, 1988)

본 증례의 환자에 대한 근전도 검사에서는 L2, L3의 신경으로 구성된 좌측 대퇴신경(femoral nerve)의 만성적인 병변의 소견으로 나타났고 신경전도속도는 정상이나 활동전위의 진폭이 낮은 척수 전각세포병변 혹은 축삭병변(axonal neuropathy)의 소견을 보였다(Table 3). 요추간판탈출증에 의한 신경근병증(radiculopathy)을 감별하기 위하여 요추MRI를 촬영하였으나 정상소견이었다. 이러한 소견은 운동신경 자체의 손상 혹은 신경이 주행하는 경로에서의 압박 등에 의한 신경손상을 시사하는 것이다. 또 요역동학검사(uro-dynamic study)에서 방광수축력이 감소되어 있어 신경인성방광, 이완성으로 진단받았는데 이는 뇌간상부의 병변이나 척수병변이나 배뇨중추하부(S2-S4)의 병변시 나타날 수 있다(Table 5).

고압전류에 의한 지연성 신경병증의 예후에 대한 보고를 살펴보면 영구적인 근위축이 남는 경우부터 서서히 호전되어 부분적 혹은 완전한 회복을 보이는 경우까지 다양하게 나타났다.

Smith 등(2002)은 낮은 전압(1000 Volts 이하)의 전기에 감전되어 피부 손상이 없으나 말초신경손상이 발생한 3가지 증례를 보고하였는데, 이 사례는 전기감전에 의해서 발생한 열에너지가 신경주위 섬유화를 초래하여 말초신경압박이 발생한 것으로 이 섬유화를 수술로서 압박 부위를 제거함으로써 치유한 사례였다. 본 증례가 이러한 경우와 유사할 수 있으므로 환자의 좌측 대퇴신경의 주행 경로에 대한 정밀검사가 필요할 것으로 판단된다. 그러나 본 증례가 척수의 전각세포의 손상을 가져와 하부 운동신경손상을 가져왔다면 서서히 회복될 것으로 예측된다. Grube 등(1990)은 90명의 전기화상 환자를 조사 분석하여 이 중 고압전류에 의한 손상 환자 64명 중 21명(33%)이 무증상자이었고, 43명은 중추신경 및 말초신경

의 증상을 보였다고 한다. 이들 중 11명은 지연성 말초신경증을 보였으나, 이들 중 절반만이 회복되었다고 보고하였다. Jafari 등(2001)은 6명의 고압전류 환자(2명은 벼락, 4명은 산재)를 관찰한 보고를 하였는데, 이 중 4명은 서서히 질환이 진행하여 경한 장애를 남겼고, 한 사람은 서서히 호전되었으며, 중추신경 손상(bulbar motor neuron disease)을 입은 환자는 26개월 후 사망하였다고 하였다. Ratnayake(1991)는 사지에 심각한 전기손상(full thickness burn)을 입어 (MRI에서는 이상소견이 없으나) 척수손상이 추정되는 환자의 경과에 대하여 보고하였다. 이 경우 병소를 확인할 수 없어서 치료에 어려움이 있었지만 서서히 감각신경 및 운동신경이 회복되는 것을 확인하였다. Breugem 등(1999)은 20세 남자의 고압전류에 의한 지연성 운동신경손상을 보고하였는데, 이 사례의 경우 사지의 상향식 마비(ascending paralysis)가 진행되었으며, 약 3개월 후부터는 호전되기 시작하였는데 팔이 먼저 시작되었고, 다리는 나중에 호전이 시작되었으며, 이것은 부분적인 호전이었다고 보고하였다. Christensen 등(1980)은 22세의 여성이 고압전류(7,200Volts)에 감전되어 지연성 척수손상을 입어 감각신경은 정상이었으나 운동신경손상이 발생하였고, 이 신경손상은 서서히 회복되었다고 보고하였다. Koller 등(1989)은 고압전류에 의한 지연성 신경손상의 5사례를 보고하였는데 심한 피부손상(36%, full thickness burn)을 입은 24세 남자의 경우는 하지의 영구적인 위축이 발생하였고, 나머지는 모두 회복되었다고 보고하였다.

## 결 론

본 증례는 약 10여 년간 TV브라운관 제조업체에서 검사 공정에서 일하면서 순간적이고 반복적인 고압전류에 노출된 근로자가 운동신경손상으로 하지 근육위축과 가늘어진 오줌(weak urinary stream)과 hesitancy가 발생하여 이에 대한 업무관련성 평가를 시행하였다. 그 결과 척수의 전각세포병변이나 좌측 대퇴신경 주행경로의 압박으로 인한 신경손상과 신경인성 방광이 발생하였고, 이러한 손상은 여러 문헌고찰에 의하면 고압전류에 의한 것으로 발생하였을 가능성이 높은 것으로 판단된다. (probable relationship) 또 이후 이루어진 동료근로자에 대한 역학조사에서 비슷한 형태의 반복된 감전에 노출된 근로자에서 말초신경병증환자를 추가로 확인하였고 이는 이러한 신경손상이 고압전류에 의한 것임을 추정하게 한다. (Korea Occupational Safety and Health Research Institute, 2004) 본 증례의 환자의 경우 척수의 전각세포병변에 의한 것인지 좌측 대퇴신경 주행경로의 압박에 의한 것인지에 대한 판단은 명확하지 않으나

전각세포병변에 의한 것이라면 예후는 대부분 호전될 것으로 판단되며, (Jafari et al, 2001) 대퇴신경 주행경로의 압박에 의한 것이라면 주행경로에 대한 정밀진단과 수술에 의한 감압술이 필요할 것으로 판단되며, (Blum & Ugland, 1967) 신경인성 방광은 꾸준한 약물치료를 하면서 경과관찰을 하여야 한다. 2006년 10월 현재 환자는 대증치료를 하고 있으나 근위축이 정체 또는 진행되는 소견이 계속되고 있어 경과를 관찰하는 중이다.

### 참고문헌

- American Association of Electrodiagnostic Medicine. AAEM practice topics in electrodiagnostic medicine. *Muscle Nerve* 1999;22:523-31.
- Breugem CC, Hertum VW, Groenevelt F. High voltage electrical injury leading to a delayed onset tetraplegia, with recovery. *Ann NY Acad Sci* 1999;30:131-6.
- Burke JF, Quinby WC, Bondoc C, McLauqhli. Patterns of high tension electrical injury in children and adolescents and their management. *Am J Surg* 1977;133:492-7.
- Choi SH, Lee H, Lim JG, Yi SD, Park YC. A case of postpoliomyelitis muscular atrophy. *Keimyung Med J* 1998;17(3):413-20. (Korean)
- Christensen JA, Sherman RT, Balis GA, Wuamett JD. Delayed neurologic injury secondary to high voltage current, with recovery. *J Trauma* 1980;20:166-8.
- Cooper MA. Emergent care of lightning and electrical injuries. *Semin Neurol* 1995;15:268.
- Geddes LA, Baker LE. Response to passage of electric current through the body. *J Assoc Adv Med Instrum* 1971;5(1):13-8.
- Grube BJ, Heimbach DM, Engrav LH, Compass MK. Neurological consequences of electrical burns. *J Trauma* 1990;30(3):254-8.
- Hwang JH, Kim JW, Kim SH, Im H, Lee SJ, Jang KE. The peripheral Neuropathy by Electrical Burn Injury. *J Korean Acad Rehab* 1996;20(3):644-50. (Korean)
- Jafari H, Couratier P, Camu W. Motor neuron disease after electric injury. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2001;71(2):265-7.
- Koller J, Orsagh J. Delayed neurological sequelae of high-tension electrical burns. *Burns* 1989;15(3):175-8.
- Kim MW, Kim JH, Lee JM, Palk NJ, Kang MJ, Kim BS. The neuropathy of the Electrical Burn. *J Korean Acad Rehab* 1999;23(4):786-91. (Korean)
- Kinnunen E, Ojala M, Taskinen H, Matikainen E. Peripheral nerve injury and Raynaud's syndrome following electric shock. *Scand J Work Environ Health* 1988;14(5):332-3.
- Korea Occupational Safety and Health Research Institute. Epidemiological report of polyneuropathy in Orion electric company. (*Epidemiology* 03-01-20)2004;1-30. (Korean)(translated by Son)
- Lee RC, Gaylor DC, Bhatt D, Israel DA. Role of cell membrane rupture in the pathogenesis of electrical trauma. *J Surg Res* 1988;44(6):709-19.
- Lee RC, Kolodney MS. Electrical injury mechanisms: Electrical breakdown of cell membranes. *Plast Reconstr Surg* 1987;80(5):672-81.
- Levine NS, Atkins A, Mckeel DW Jr, Peck SD, Pruitt BA Jr. Spinal cord injury following electrical accidents: case report. *J Trauma* 1975;15(2):210-6.
- Prithvi Raj, Herbert NC, Martin A, James H, Murrery EB, Ben Johnson, Phillip F. Painless electrodiagnostic current perception threshold and pain tolerance threshold values in CRPS subjects and healthy controls: A multicenter study. *Pain Pract* 2001;1:53-60.
- Ratnayke B, Emmanuel ER, Walker CC. Neurological sequelae following a high voltage electrical burn. *Burns* 1996;22(7):574-9.
- Rawland LP. Ten central themes in a decade of ALS. *Adv Neurol* 1991;56:3-23.
- Rha JD, Kim YH, Yoon SI, Kang JS, Beak GH, Park YH, Han TR, Kim HS. Electromyographic evaluation of delayed spinal cord injury secondary to high voltage electrical burns. *Korean Orthop Assoc* 1992;27(4):1187-93. (Korean)
- Robinson DW, Masters FW, Forrest WJ. Electrical burns: A review and analysis of 33cases. *Surgery* 1965;57:385-90.
- Sirdofsky MD, Hawley RJ, Manz H. Progressive motor neuron disease associated with electrical injury. *Muscle Nerve* 1991;14(10):977-80.
- Smith MA, Muehberger T, Dellon AL. Peripheral nerve compression associated with low-voltage electrical injury without associated significant cutaneous burn. *Plast Reconstr Surg* 2002;109(1):137-44.
- Ugland OM. Periphral nerve injuries in electrical burns. *Scand J Plast Reconstr Surg* 1967;2:1-74.
- Varghese G, Mani MM, Redford JB. Spinal cord injuries following electrical accident. *Paraplegia* 1986;24(3):159-62.
- Wilbourn AJ. Peripheral nerve disorders in electrical and lightning injuries. *Semin Neurol* 1995;15:241.