

전기화상 후 발생한 발기부전 환자에서의 신경계와 혈관계 평가

Evaluation of the Nervous and Vascular Systems in Erectile Dysfunction Patients after Electric Injuries

Jong Myung Kim, Hyung Joo Kim, Nak Gyeu Choi, Cheong Hoon Seo¹

From the Departments of Urology and the ¹Rehabilitation Medicine, Hallym University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: There is a high prevalence of erectile dysfunction (ED) after electric injuries, but our medical understanding of ED after electric injuries is scanty at best. Thus, the authors attempted to investigate nocturnal penile tumescence (NPT), bulbocavernosus reflex latency (BCRL) and penile duplex Doppler ultrasonography (PDDU) for the patients who suffer from ED after electric injuries.

Materials and Methods: Of the patients who visited our Burn Care Center between January 2005 and February 2006, ten male patients (aged 20 or older) who complaining of ED after electric injuries underwent NPT, BCRL and PDDU.

Results: The patients' mean age was 38.1 years (age range: 25-54), and the numbers of patients exposed to whole body, upper-lower extremity and upper-upper extremity pathways of the electrical current were 1, 2 and 7, respectively. For the patient exposed to the whole body pathway, abnormal findings were observed on all the tests. For one patient who experienced two upper-lower extremity pathways, normal findings were seen on all the tests, while the other patient showed an abnormal NPT, an normal BCRL and an arteriogenic ED. Three of the patients who experienced the upper-upper extremity pathway showed normal findings on all the tests. The other two in the group showed an abnormal NPT, a normal BCRL and arteriogenic ED; the other one showed a normal vascular function, a abnormal NPT and no reaction to BCRL; the other one showed an abnormal NPT, a delayed BCRL and an arteriogenic ED.

Conclusions: More abnormal findings were seen in NPT, BCRL and PDDU for the cases associated with upper-lower body or whole body electrical current pathways, as compared to patients whose electrical pathways were limited to the upper body. (Korean J Urol 2006;47:769-772)

Key Words: Nocturnal penile tumescence, Bulbocavernosus reflex, Duplex Doppler ultrasonography, Erectile dysfunction, Electric injuries

대한비뇨기과학회지
제 47 권 제 7 호 2006

한림대학교 의과대학
비뇨기과학교실, ¹재활의학교실

김종명 · 김형주 · 최낙규 · 서정훈¹

접수일자 : 2006년 4월 3일
채택일자 : 2006년 6월 2일

교신저자: 김형주
한림대학교 의과대학
비뇨기과학교실
서울특별시 영등포구 영등포동
94-200
☎ 150-020
TEL: 02-2639-5470
FAX: 02-2632-5383
E-mail: urokhj@hanmail.net

서 론

전기화상은 전기에 의한 신체 손상으로 전류의 진행 방향, 전류의 크기 그리고 전류에 노출된 시간에 따라 다양한 합병증을 일으킨다. Kim 등¹은 전기화상 환자에서 52.7%의 발기부전 유병률과 전류의 방향과 전압에 따른 유병률의 차이를 보고하였다. 그러나 전기화상과 관련된 발기부전의 발생 기전에 대해서는 아직 알려진 바 없다.

이에 저자들은 발기부전을 호소하는 전기화상 환자에 대한 혈관계와 신경계 검사를 통해 발기부전에 중요한 역할을 하는 혈관계와 신경계의 전기화상에 의한 영향을 알아보고자 하였다.

대상 및 방법

2005년 1월부터 2006년 2월까지 전기화상으로 본원 화상 센터에 내원하여 급성기 치료 완료 후 재활 치료를 위해

본원 재활의학과에 입원한 환자 중 전기화상 후 발기부전을 호소하는 20세 이상의 남자 지원자들을 대상으로 하였으며, 척수손상이나 다른 신경이상 등 직접적으로 발기부전에 영향을 미치는 요인이 없는 환자 중 당뇨병, 고혈압 등과 같이 발기부전의 기저 원인 질환이 없는 10명을 대상으로 하였다. 발기기능 평가를 위하여 International Index of Erectile Function (IIEF) 검사가 가장 기본이나 대상 환자들이 수상 후 장기간의 입원으로 실질적인 성생활의 부재로 인한 객관적인 결과를 얻기 어려워 대상자들의 발기기능에 대한 객관적 고찰을 위하여 야간수면발기검사를 시행하였고, 전기화상에 의한 신경계와 혈관계의 양향을 알아보기 위해 구해면체 반사시간검사와 음경복합도플러초음파검사를 시행하였다. 수상 후 검사까지의 평균 기간은 11.5개월 (1-21)이었고, 평균 나이는 38.1세 (25-54)였으며, 모두 1,000v 이상의 고압전류 전기화상 환자였다 (Table 1).

야간수면발기검사는 수면 전에 Rigiscan® (Dacomed, USA)을 허벅지 안쪽에 부착시키고 고리를 음경 관상구와 기저부에 장착 후 측정을 시작하였고, 8시간 이상의 측정 후 Rigiscan의 기억소자에 수록된 정보를 컴퓨터에 연결하여 Rigidity Assesment System V 5.0을 이용하여 분석하였으며 3일간 3회 실시하였다. 음경 근위부의 팽창도가 3cm 이상이고, 원위부는 2cm 이상이면서 강직도가 70% 이상인 발기

가 8시간 동안 3-6회, 평균 10-15분 유지될 때를 정상으로 하였다.²

구해면체 반사시간검사는 Sapphire Premiere 근전도 기계 (Medelec®, Denmark)를 이용하였다. 환자는 양와위 자세에서 다리를 적당히 벌려 구해면체근이 이완되게 한 후 음경 주위로 두개의 고리전극을 이용하여 활성전극은 음경 근위부에, 참고전극은 원위부에 4cm 간격으로 부착하였고, 역치에 이를 정도의 최대 강도의 자극을 준 후 침전극을 이용하여 구해면체근에서 기록하였다. 잠시는 전기자극 후 나타난 운동 유발전위의 초기 반굴시점까지로 하였으며, 42msec 이내이면 정상 범위에 있다고 판독하였고 45msec 이상이면 반사 시간이 연장되었다고 판독하였다.²

음경복합도플러초음파검사는 SonoAce® 6000C (메디슨, 한국)의 7.5MHz 평편형 탐침자를 이용하여 음경 해면체의 실시간 영상을 얻고, 음경 해면체 동맥의 혈류를 시각화해 도플러 계산을 하였다. 음경 해면체 내 주사제로는 prostaglandin E1 (카버젝트®, 화이자, 한국)를 사용하였으며, 도플러의 각도는 30°에서 60° 사이를 유지하였고, 최고 수축기 유속 (peak systolic velocity; PSV)과 확장 말기 유속 (end diastolic velocity; EDV) 및 해면체 동맥의 직경 (diameter of cavernousal artery)를 측정하였으며, 음경 해면체 동맥 유입 속도는 최고 수축기 혈류 속도가 25cm/sec 이상일 때를 정상으로 하였고, 음경 정맥 폐쇄기능은 저항 계수 (resistant index; RI)가 0.75 이상이고 확장 말기 혈류 속도를 5cm/sec 이하일 때를 정상으로 판정하여 동맥인성 발기부전, 정맥 폐쇄 기능 부전으로 분류하였다.²

Table 1. Patient's characteristics and the pathway of electrical current

Patients	Age	Voltage	Pathway of electrical current	
			Input	Output
1	39	22,590	Both arms	Both foots
2	25	154,000	Rt. arm, Rt. foot	Lt. hand
3	33	7,000	Back	Rt. hand, back, Lt. foot
4	54	22,590	Head	Both arms, back
5	38	22,900	Rt. hand	Lt. hand (Amputation)
6	33	22,900	Rt. hand	Lt. hand
7	33	101,000	Rt. hand	Lt. hands, back, abdomen
8	43	22,900	Lt. hand	Rt. hand
9	38	22,900	Back	Rt. hand (Amputation)
10	45	22,950	Head	Both arms

결 과

대상자 10명을 전류 방향에 따라 분류하면 전체적 감전 1명, 상체-하체 2명, 상체-상체 7명이었다. 야간수면발기검사는 전체 10명 중 4명에서 정상, 6명에서 이상 소견이 관찰되었고, 전류의 방향에 따라서는 전체적 감전과 상체-하체 감전에서는 3명 중 1명에서 정상, 상체-상체 감전에서는 7명 중 3명에서 정상이었다.

구해면체 반사시간검사는 7명에서 정상, 2명에서 지연 그리고 1명에서 무반응 소견이 관찰되었고, 전체적 감전과 상체-하체 감전에서는 3명 중 2명에서 정상, 상체-상체 감전에서는 7명 중 5명에서 정상이었다.

음경복합도플러초음파검사는 4명에서 정상혈관기능, 3명에서 동맥성 발기부전 그리고 1명에서 정맥 폐쇄 기능 부전에 의한 발기부전의 소견이 관찰되었고, 전체적 감전과 상체-하체 감전에서는 3명 중 1명에서 정상, 상체-상체 감전에서는 7명 중 3명에서 정상이었다.

Table 2. Whole body and upper-lower extremity pathways of electrical current

Patients	NPT	BCRL		PDDU
		Rt.	Lt.	
1*	Abnormal	Delay	Delay	Venogenic ED
2†	Abnormal	Normal	Normal	Arteriogenic ED
3†	Normal	Normal	Normal	Normal vascular function

*: whole body pathway of electrical current, †: upper-lower extremity of electrical current, NPT: nocturnal penile tumescence, BCRL: bulbocavernosus reflex latency, PDDU: penile duplex Doppler ultrasonography, ED: erectile dysfunction

결과를 전류의 방향에 따라 분류하면 전체적 감전 환자에서는 이상 야간수면발기검사 소견, 지연된 구해면체 반사시간검사 소견과 정맥성 발기부전 양상을 보였으며, 상체-하체 감전 환자 2명에서는 모두 정상 구해면체 반사시간검사 소견을 보였으나, 이 중 1명은 이상 야간수면발기검사 소견과 동맥성 발기부전 양상을 보였고, 다른 1명에서는 나머지 두 검사에 정상 소견을 보였다 (Table 2).

가장 많은 상체-상체 감전 군에서 3명은 모든 검사에서 정상 소견을 보였다. 다른 2명에서는 이상 야간수면발기검사 소견을 보였으며 정상 구해면체 반사시간검사 소견과 동맥성 발기부전의 양상을 보였다. 또 다른 1명에서는 이상 야간수면발기검사 소견을 보였으며 구해면체 반사시간검사에서 반응을 보이지 않았고 정상 혈관기능 소견을 보였다. 나머지 1명에서는 이상 야간수면발기검사 소견, 지연된 구해면체 반사시간 소견과 동맥성 발기부전 양상을 보였다 (Table 3).

야간수면발기검사에서 정상 소견을 보인 4명에서는 구해면체 반사시간검사와 음경복합도플러초음파검사도 정상 소견을 보여 심인성 발기부전으로 추정하였고, 나머지 6명은 기질성 발기부전으로 추정하였다.

기질성 발기부전으로 추정된 6명 중 3명에서 구해면체 반사시간검사에 정상 소견을 보였으며, 다른 3명에서는 지연 혹은 무반응을 보였다. 정상 구해면체 반사시간검사 소견을 보인 3명 모두는 음경복합도플러초음파검사에서 동맥인성 발기부전으로 추정하였으며, 구해면체 반사시간검사에서 지연 소견을 보인 2명은 음경복합도플러초음파검사에서 각각 동맥성과 정맥폐쇄 기능 부전의 소견을 보여 복합성 발기부전으로 추정하였고, 구해면체 반사시간검사에서 무반응을 보인 환자는 음경복합도플러초음파검사에

Table 3. Upper-upper extremity pathway of electrical current

Patients	NPT	BCRL		PDDU
		Rt.	Lt.	
4	Normal	Normal	Normal	Normal vascular function
5	Normal	Normal	Normal	Normal vascular function
6	Normal	Normal	Normal	Normal vascular function
7	Abnormal	Normal	Normal	Arteriogenic ED
8	Abnormal	Normal	Normal	Arteriogenic ED
9	Abnormal	Delay	Delay	Arteriogenic ED
10	Abnormal	No response	No response	Normal vascular function

NPT: nocturnal penile tumescence, BCRL: bulbocavernosus reflex latency, PDDU: penile duplex Doppler ultrasonography, ED: erectile dysfunction

정상 혈관기능 소견을 보여 신경인성 발기부전으로 추정하였다.

결과적으로 대상자 10명 중 4명이 심인성 발기부전, 3명이 혈관인성 발기부전, 1명이 신경인성 발기부전, 2명이 복합성 발기부전으로 추정하였다.

고 찰

전기화상은 전기에 의한 신체 손상으로 전류의 진행 방향과 전류의 크기, 전류에 노출된 시간, 전류의 종류에 따라 다양한 합병증을 유발하며 치명적인 결과를 자초하기도 하는데, Kim 등¹의 보고에 의하면 전류의 진행 방향과 전압의 크기에 따라 발기부전의 유병률 차이를 보여, 전기화상에서 전류의 진행방향과 전압의 크기와 발기부전과의 연관성을 시사하였다. 이번 연구 결과에서도 전류의 진행방향과 전압의 크기에 따라 구해면체 반사시간검사, 야간수면발기검사 그리고 음경복합도플러초음파검사 결과의 차이를 보였다.

전기화상 시 신체 손상은 전류가 인체 부위를 흐르면서 영향을 미치거나 전류 통과 시 인체 내 저항에 의해 고열이 발생하여 생기는 직접적인 손상과 손상된 근육의 위축이나 압박에 의해 발생하는 간접적 손상으로 나눌 수 있다.³

전기 화상의 정도는 전류의 강도에 의해 좌우되며, 전류는 전압이 높을수록 크고 저항이 클수록 낮아진다. 일반적으로 전압은 1,000v를 기준으로 저전압과 고전압으로 분류하는데,⁴ 같은 전기화상 환자에서도 더 높은 전압에 의해 손상 받은 경우 전류의 강도가 높아 전기로 인한 신체 손상이 더 크다. 또한 같은 전압에 의한 전기화상이라 하더라도 인체 내에서는 인체 부위에 따라 다양한 저항도를 나타내어 손상의 정도가 다를 수 있으며, 저항이 낮고 수분과 접촉되어 있는 경우에는 낮은 전압에서도 높은 전류를 생성하여 치명적인 손상을 발생시킬 수 있다.⁵

전기화상 시 전류의 진행경로에 따라 관련된 장기가 달라지며 손상에 따른 결과의 차이를 보이는데,⁴ 인체의 상체-하체의 종축으로 진행될 경우 인체 중요기관에 전반적으로 손상을 주어 가장 치명적인 손상을 일으키는 경우가 많고, 상체-상체의 횡축으로 진행될 경우 종축보다는 덜 치명적일 수 있으나 이 또한 중추신경계나 폐, 심장의 손상으로 심각한 손상을 일으키는 경우도 있다. 하지-하지의 진행은 일반적으로는 다른 경로에 비하여 치명적인 손상을 일으키는 경우는 적으나 때에 따라서는 치명적인 손상을 일으키기도 한다.

Kim 등¹의 연구 결과에서도 전류의 진행경로에 따라 발기부전 유병률 차이를 보이는데, 전체적 감전, 상체-하체 감전이 경우가 상체-상체 혹은 하체-하체 감전의 경우보다 더 높은 유병률을 보였는데, 이번 연구 결과에서도 전체적 감전과 상체-하체 감전의 경우 전체 3명 중 1명에서만 모든 검사에 정상 소견을 보여, 7명 중 3명에서 정상 소견을 보인 상체-상체 감전과 차이를 보이고 있어 전류의 진행경로가 발기부전의 발생에 영향을 미침을 시사한다 할 수 있겠다.

전류에 따라 손상의 정도 또한 차이가 날 수 있다. 교류는 강직성 근육경련을 일으켜 신체와의 접촉시간이 늘어나 전류에 노출 시간이 많아져 같은 전압의 직류에 비해 3배 정도 손상의 정도가 더 심할 수 있는데,⁵ 이번 연구에서는 모든 환자들이 교류에 의한 전기화상으로 직류와의 직접적인 비교는 할 수 없었다.

일반적으로 전류는 피부를 통하여 인체에 들어오게 되는데 피부는 전류에 대한 저항성이 높아 전기에너지가 열에너지로 변환되면서 다량의 고열을 발생시키고 이로 인하여 화상이 발생하게 되며, 신경계는 조직 자체가 전기신호를 전달하므로 낮은 저항도로 전류가 쉽게 통과하게 되어 중추신경계와 말초신경계 그리고 자율신경계 까지 영향이 미치게 된다.⁶ 또한 혈관계의 경우는 수분이 상대적으로 많은 곳으로 전류에 대한 저항성이 낮으나 전류가 통과하기 쉬

워 전류에 의한 손상을 받기 쉽다.⁷ 이와 같은 이유로 전기화상에서 혈관계와 신경계는 손상받기 쉬운데, 이미 밝혀진 발기부전의 기전에는 혈관계와 신경계가 중요한 역할을 하고 있어 전기화상에 의한 혈관계와 신경계의 손상이 전기화상 후 발기부전의 발생에 관여함을 시사한다고 할 수 있다.

결 론

전기화상 환자에서의 발기부전에 대한 연구는 국내외에서 아직 미비한 상황이다. 이번 연구 결과에서도 전체 10명의 환자 중 6명에서 신경계나 혈관계의 이상을 고려할 수 있는 소견을 보여 본 연구가 전기화상이 혈관계와 신경계에 영향을 주어 발기부전이 발생하게 되었을 것이라는 종전의 가설을 뒷받침하는 하나의 증거가 될 수 있다고 하겠다. 또한 상체와 하체 모두 관련된 경우와 전신적인 경우가 상체 또는 하체에 국한된 경우보다 구해면체 반사시간검사, 야간수면발기검사와 음경복합도플러초음파검사에서도 많은 이상 소견을 보여주었으며, 이는 전류방향과 발기부전의 연관성을 시사한다 할 수 있다.

이 연구 결과는 전기화상으로 인한 혈관계와 신경계의 손상과 발기부전 발생의 연관성과 전류의 진행 방향과 발기부전의 연관성을 시사하나, 제한된 환자 수로 인한 제한점과 전류의 크기, 전류에 노출된 시간, 전류의 종류에 따른 발기부전과의 연관성을 알아보기 위한 대단위의 연구가 향후 필요하리라 생각한다.

REFERENCES

1. Kim HJ, Kim JM, Kang IM, Choi NG. Erectile dysfunction in patients with electrical injury. Korean J Urol 2005;46:737-40
2. Korean Andrology Society. Textbook of andrology. 1st ed. Seoul: Koonja Publishing Inc; 2003;277-300
3. Koumbourlis AC. Electrical injuries. Crit Care Med 2002; 30(11 Suppl):S424-30
4. Jain S, Bandi V. Electrical and lightning injuries. Crit Care Clin 1999;15:319-31
5. Cooper MA. Emergent care of lightning and electrical injuries. Semin Neurol 1995;15:268-78
6. Varghese G, Mani MM, Redford JB. Spinal cord injuries following electrical accidents. Paraplegia 1986;24:159-66
7. Hunt JL, McManus WF, Haney WP, Pruitt BA Jr. Vascular lesions in acute electric injuries. J Trauma 1974;14:461-73