

우세측 전완에 적용한 전기자극이 양쪽 손 자율신경계 반응에 미치는 효과

■이동걸_충남대학교병원 물리치료실 ■서삼기_전남과학대학 물리치료과 ■이정우_광주여자대학교 물리치료학과

The Effect of Electrical Stimulation Applied in Dominant Forearm on Autonomic Nervous System Response of Both Hands

Dong-Geol Lee, PT. M.S.; ¹Sam-Ki Seo, PT. Ph.D.; ²Jeong-Woo Lee, PT. Ph.D.

Department of Physical Therapy, Chungnam University Hospital; ¹Department of Physical Therapy, Chunnam Techno College; ²Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

Purpose The purpose of this study was to investigate the effect of electrical stimulation applied in dominant forearm on autonomic nervous system response of both hands.

Methods Fourteen healthy subjects (women) received low frequency-high intensity electrical stimulation to one forearm. The subjects assigned to two groups; a ipsilateral stimulation group (n=7) and a contralateral stimulation group (n=7). The electrode attachment was arranged on the forearm of the dominant arm and the electricity stimulus time was set as 15 minutes. Measuring items were the skin conduction velocity, the blood flow, and the pulse rate, which were measured total 3 times (pre, post, and post 10 min.).

Results The skin conduction velocity showed a significant difference according to the change of the time in both hands, but there was no significant difference according to time in the blood flow, and the change of the pulse frequency regardless of stimulus side.

Conclusion These results demonstrate that the low frequency-high intensity electrical stimulation applied dominant forearm can increase selectively only with the skin conduction velocity, which may be helpful for the activation of the sudomotor function of both hands by the activation of sympathetic nerve.

Keywords Electrical stimulation, Autonomic nervous system response, Skin conduction velocity.

논문 접수일 2009년 10월 28일

수정 접수일 2009년 11월 11일

게재 승인일 2009년 11월 23일

교신 저자 이정우, jwlee@kwu.ac.kr, 011-9803-3135

I. 서론

자율신경계는 교감신경계와 부교감신경계로 나누어지며, 여러 내장 기관 및 한선 등의 감각 및 운동을 지배하며, 자율신경계에 장애가 발생되면 신체에 여러 증상들이 나타나게 된다. 자율신경에 장애가 발생하여 나타나는 대표적 신체질환으로는 복합 부위 통증증후군 (complex regional pain syndrome, CRPS)¹과 같은 질환이 있다. 이러한 질환은 이전에 반사성 교감신경 위축 증후군(reflex sympathetic dystrophy, RSD)이라고 알려져 있으며, 복합부위통증 증후군 유형 I에 속하고 유형 II는 이전에 작열통(causalgia)라고 알려져 있다.² 서정규³는 이러한 증상들의 통증부위에 부종, 피부혈류 및 발한의 이상 소견 등 자율신경 장애를 비롯한 운동장애, 감각장애 등이 진단된다고 보고하였다. 현재 이러한 자율신경 장애와 관련한 증상들을 치료하기 위해 심리치료, 약물치료 등이 있다. 또한 최근 들어 자율신경계의 기능 조절을 통한 통증 및 질환을 치료하는 방법으로 화학적 신경차단술이 통증치료실 의사들에 의해 흔히 이용되고 있는데, 국소마취제나 신경과피제를 이용한 화학적 차단요법은 폭넓은 질환에 적용하는 치료법임에도 불구하고 적지 않은 문제점을 가지고 있다.⁴ 이러한 치료 후 대표적인 심각한 합병증으로 경련발작, 무의식, 전척추마취 등이 발생할 수 있어 시술자에게

세심한 주위와 이에 대한 신속한 처치가 요구된다고 보고되고 있다.⁵ 따라서 자율신경계 장애와 관련한 치료법들 중에서 물리치료는 부작용이 거의 없는 방법으로서 이용될 수 있는 치료법으로, 그 효과에 대한 연구들이 시도되고 있는데, 자율신경계와 관련한 연구들은 다른 분야에 비교해서 볼 때 대단히 미비한 실정이다.

물리치료 분야에서 자율신경성 반응과 관련하여 이전의 연구들을 보면, 경피신경전기자극(transcutaneous electrical nerve stimulation, TENS)을 이용한 혈류량의 변화 연구에서 고빈도 경피신경전기자극보다 저빈도 경피신경전기자극에서 피부의 혈류량이 상당히 증가하며, 특히 고강도(운동역치 위의 강도)에서 가장 큰 혈류량의 증가를 나타냈다고 한 연구결과⁶도 있으나 경피신경전기자극 후에 오히려 교감신경 활동을 향진시켜 피부온도가 동측뿐만 아니라 반대쪽에서도 감소한다는 결과⁷도 보고되는 등 서로 상반되는 결과와 더불어 아직 그 연구도 미흡한 실정이다.

따라서 이 연구의 목적은 우세팔 전완에 적용한 저빈도-고강도 전기자극이 양쪽 손 자율신경성 반응에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 건강한 성인 여성 지원자 14명을 선발하였다. 선정 기준은 자율신경계에 장애가 없는 사람 중에서 최근 1개월 이내에 극심한 스트레스가 없는 사람으로 한정하였다. 대상자 모두에게서 연구 동의서를 받은 후 연구를 진행하였다. 전체 14명의 대상자를 2개의 군으로, 무작위배정을 통해 각각 7명씩 동측 부위 자극군과 반대측 부위 자극군으로 나누었다. 두 군의 일반적 특성에 대한 차이는 없는 것으로 나타났다(표 1).

표 1. 대상자들의 일반적 특성

특성	동측 부위 자극 군	반대측 부위 자극 군	Z
연령(세)	21.6±0.8	21.7±0.5	-0.64
신장(cm)	160.7±4.4	164.7±3.1	1.67
체중(kg)	51.71±4.0	56.6±7.2	-1.41

평균±표준편차

2. 실험방법

1) 전기자극 방법

전기자극기(Endomed482, Enraf, Netherland)의 파형은 비대칭 양상파(biphasic wave), 주파수 4 pps, 맥동기간 250 μs로 지속적 자극방법으로 설정하였다. 자극 강도는 최대내인성 강도로 하였으며 자극 시간은 15분으로 설정하였다. 자극 위치는 전완의 중간을 중심으로 위아래에 5cm 부위에 5cm 5cm 크기의 1회용 접착식 전극을 부착하였다. 전기자극시 자세는 편안히 누운 상태에서 실시하였다.

2) 측정방법

실험실의 온도와 습도는 23~25°C, 50~70%로 유지하였다. 실험 전 20분 동안 대상자들을 눈을 감고 편안하게 누운 상태에서 안정을 취하게 한 후에 실시하였다.

전극을 부착하기 전에 알코올로 전극부착 부위를 닦은 후 마른 후에 부착시키고 측정에 필요한 채널을 손가락에 부착하였고, 실험 기간 동안 실험실 내외부의 소음 등을 최대한 통제하였다.

측정항목은 피부전도속도, 혈류량, 맥박수로 측정하였다. 피부전도속도는 3번째와 4번째 손가락 끝에서, 맥박과 혈류량은 2번째 손가락 끝에서 측정하였다. 측정장비는 MP150(Biopac, USA)으로 하였고, 피부전도속도와 혈류량은 각 측정 시기마다 각각 10초의 신호를 통해 분석하였고 맥박은 1분간의 횡수를 측정하였다. 혈류량은 변화량을 계산하여 %값으로 하였으며, 계산식은 다음과 같다.

$$\text{혈류량} = (\text{post-baseline}) \times 100 / \text{baseline}$$

모든 측정은 전기자극 직전, 직후, 자극 후 10분에 총 3번 측정하였다.

3) 자료분석

모든 자료는 SPSS12.0 프로그램으로 분석하였다. 대상자들의 일반적 특성에 대한 차이 비교는 맨휘트니(Mann-Whitney) 검정을 실시하였고, 각 측정항목들의 집단 간 변화양상 차이에 대한 비교는 반복측정분산분석을 실시하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위해 유의수준 α는 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 피부전도 속도의 변화

전기자극에 의한 피부전도속도의 변화를 반복측정분산분석 한 결과는 다음과 같다. 시간에 따른 변화는 유의한 차이가 있었다($F_{2,24}=4.98, p<0.05$). 그러나 교호작용 및 그룹 간 차이는 통계적으로 유의한 차이는 없었다(표 2).

표 2. 피부전도 속도의 변화

(단위: micromho)

그룹	시간			F		
	적용 전	적용 직후	적용 후 10분	시간	그룹	시간×그룹
동측 부위 자극군	0.32±0.07	0.36±0.06	0.33±0.10	4.98*	1.59	1.42
반대측 부위 자극군	0.33±0.07	0.39±0.01	0.39±0.01			

평균±표준편차

*P < 0.05

2. 맥박수의 변화

전기자극에 의한 맥박수의 변화를 반복측정분산분석 한 결과, 주효과 및 교호작용 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다(표 3).

표 2. 맥박수의 변화

(단위: Beat per min., BPM)

그룹	시간			F		
	적용 전	적용 직후	적용 후 10분	시간	그룹	시간×그룹
동측 부위 자극군	64.71±9.01	72.86±13.21	70.29±14.90	0.73	0.14	0.11
반대측 부위 자극군	68.71±7.48	81.29±17.65	82.29±19.65			

평균±표준편차

3. 혈류량의 변화

전기자극에 의한 혈류량의 변화를 반복측정분산분석 한 결과, 주효

과 및 교호작용 모두에서 통계적으로 유의한 차이는 없었다(표 4).

표 3. 혈류량의 변화 (단위: %)

그룹	시간			F		
	적용 전	적용 직후	적용 후 10분	시간	그룹	시간×그룹
동측 부위 자극군	0	0.17±0.14	0.04±0.34	0.33	1.49	2.28
반대측 부위 자극군	0	-0.07±0.19	0.01±0.19			
평균±표준편차						

IV. 고찰

경피신경전기자극은 100 pps 전후와 안락한 자극강도의 고빈도-저강도 전기자극을 관습적 경피신경전기자극(conventional TENS)이라 하며, 1~15 pps 전후의 근수축 유발강도의 저빈도-고강도 전기자극을 침 유사형 경피신경전기자극(acupuncture liked TENS)이라 한다.⁸ 관습적 경피신경전기자극은 관문조절설⁹에 의한 통증조절이론을 그 기반으로 하고 있다. 침 유사형 경피신경전기자극은 내인성 아편제(endogenous opioid)의 분비를 증가시키고 척수에 있는 뮤(μ)수용기에 작용하여 진통효과를 나타내고 아편제(opioid) 길항제인 날릭손(naloxone)에 의해 억제되는 것으로 알려져 있다.¹⁰

본 연구에서는 저빈도-고강도 경피신경자극이 자극부위 측 및 반대측 부위의 자율신경성 반응에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해서 피부전도속도, 맥박수, 혈류량의 시간에 따른 변화를 측정하였다.

피부전도속도는 전기자극시 자극 부위 측과 반대 부위 측에 상관없이 모두 일시적으로 증가시키는 것으로 나타났다. 자극 부위 측은 전기자극 직후 증가하였다가 10분 후에는 자극 직전 수준 가까이 감소하였으며, 반대 부위 측은 전기자극 직후 증가하다가 10분 후에는 약간 감소하나 유지하는 경향을 보였으나 자극 부위 측과 반대 부위 측의 변화양상은 통계적 차이가 없었다. 이것은 전기자극 후 일시적으로 피부전도속도가 증가하고 그 지속성은 10분 미만인 것으로 나타났다. 김인현¹¹은 경피신경전기자극이나 진동은 복잡한 자율신경계통의 효과 즉 국소 혈관확장의 증가(부교감신경반응)와 결부한 더욱 일반적인 교감신경활동의 증가를 포함한 증거가 있다고 주장하였다. 또한 윤대환과 나창수¹²의 연구에서는 족삼리에 침술을 시행한 후 피부전도속도는 침술 전에 비하여 침술 후에 통계학적으로 유의한 차이는 없었지만 증가하는 반응을 보였다고 보고하였고, 교감신경성 반응이 피부의 외분비선에서 일어나는 동안 피부저항은 감소하여 땀을 생산하고 전도성은 증가한다¹³는 점을 볼 때, 침 유사형 경피신경전기자극은 교감신경성 반응도 활성

화시켜 발한 기능을 일시적으로 촉진시키는 데 도움을 주며, Wong과 Jette⁷에서도 자극 부위 측과 반대 측 모두에서 피부의 온도가 감소했다고 보고 한 점으로 미루어 볼 때, 피부전도속도에서도 역시 자극 부위뿐만 아니라 반대 측에서도 이러한 효과가 있는 것으로 생각된다.

맥박수, 혈류량의 시간에 따른 변화는 두 군 모두 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과와 비슷한 결과를 보인 연구로 Cramp 등⁶도 정중신경에 4 pps로 15분 동안 전기자극을 적용한 결과 손가락의 혈류량은 차이가 없다고 보고하였다. Reeves 등¹⁴은 고빈도(100 pps)와 저빈도(4 pps) 전기자극을 여러 강도로 손등에 20분 동안 적용하고, 왼손과 오른손의 가운데 손가락에서 맥박을 측정하였으나 변화가 없다고 보고하였다. 본 연구와 다른 결과를 보인 연구로는 Lin 등¹⁵도 2 pps의 전기침술자극을 경혈점 합곡에 감각역치 5배의 강도 인 근 수축강도로 적용한 후 손가락 혈류량이 감소되었다고 보고하였다. 이렇듯 피부온도 및 맥박수, 혈류량의 변화는 전기자극 방식과 부위에 따라 각각 다른 것으로 나타났는데 이중에서도 특히 경혈점과 같은 자극부위가 영향을 좀 더 미치는 것으로 생각된다. 본 연구의 제한점으로는 대상자가 여성으로 한정되었기에 성별에 대한 차이는 알 수가 없었으므로, 향후에는 성별 및 더 나아가 다양한 연령에 따른 연구가 추가적으로 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 국소적으로 적용한 저빈도-고강도 전기자극이 자극 부위 측과 반대 측 자율신경성 반응에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 연구를 실시한 결과 피부전도속도는 전기자극 후 시간에 따른 변화는 유의한 차이가 있었으며, 따라서 양쪽 손 모두에서 변화가 발생하는 것으로 나타났다. 따라서 국소적으로 적용한 저빈도-고강도 전기자극은 자극 부위 측과 반대 측에 모두 피부전도속도만 선택적으로 증가시켜 일시적으로는 양쪽 손 모두의 발한 기능을 활성화 시킬 수 있을 것으로 생각되며, 전원에 적용한 저빈도-고강도 전기자극은 양쪽 손의 맥박수와 혈류량에는 영향을 미치지 못하는 것으로 생각된다. 이러한 자료들은 향후 전기자극을 통한 교감신경성 변화와 관련한 기초자료로서 활용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 문지연, 김용철, 박미정 등. 복합부위통증증후군 환자의 인지 기능 평가. 대한통증학회지. 2009;22(1):28-32.
2. Raja SN, Grabow TS. Complex regional pain syndrome I (reflex sympathetic dystrophy). Anesthesiology. 2002;96(5):1254-60.
3. 서정규. 신경병증성 통증. 대한신경과학회 춘계보수교육. 2000;

- 1:15-22.
4. 황태연, 박래준, 김태일 등. 경흉교감신경절부의 전기자극의 체표면 체열변화에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 2000;12(2):121-132.
 5. 천임순, 김종일, 반중석 등. 정상신경절차단요법에 대한 임상경험. 대한통증학회지. 1993;6(2):204-207.
 6. Cramp FL, McCullough GR, Lowe AS, et al. Transcutaneous electric nerve stimulation: the effect of intensity on local and distal cutaneous blood flow and skin temperature in healthy subjects. Arch Phys Med Rehabil. 2002;83(1):5-9.
 7. Wong RA, Jette DU. Changes in sympathetic tone associated with different forms of transcutaneous electrical nerve stimulation in healthy subjects. Phys Ther. 1984;64(4):478-82.
 8. 김태열, 박장성, 이정우 등. 임상전기생리학. 이퍼블릭, 2009: 185.
 9. Melzack R, Wall PD. Pain mechanisms: a new theory. Science. 1965;150(699):971-9.
 10. Sluka KA, Deacon M, Stibal A et al. Spinal blockade of opioid receptors prevents the analgesia produced by TENS in arthritic rats. J Pharmacol Exp Ther. 1999;289(2):840-6.
 11. 김인현. 비 전기적 피하 자극에 대한 자율신경계통과 골격근의 반응. 대한통증학회지. 1994;7(2):307-313.
 12. 윤대환, 나창수. 足三里鍼刺가 人體의 Skin temperature, Galvanic skin response 및 Heart rate에 미치는 影響. 대한경락경혈학회지. 2003;20(3):29-34.
 13. Westeyn T, Presti P, Starner T. Action GSR: A combination galvanic skin response-accelerometer for physiological measurements in active environments. Tenth IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2006), 11-14 October 2006, Montreux, Switzerland IEEE 2006:129-30.
 14. Reeves JL 2nd, Graff-Radford SB, Shipman D. The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation on experimental pain and sympathetic nervous system response. Pain Med. 2004;5(2):150-61.
 15. Lin CF, Liao JM, Tsai SJ et al. Depressor effect on blood pressure and flow elicited by electroacupuncture in normal subjects. Auton Neurosci. 2003;107(1):60-4.