

급성 외측 상과염 치료를 위한 휴대용 미세전류자극기 개발 및 효과 검증

권혁찬¹ · 이현주² · 태기식^{1,3}

¹건양대학교 대학원 의료공학과 의공학전공, ²건양대학교 물리치료학과, ³건양대학교 의공학부

Development and Evaluation of a Portable Micro-Current Stimulator for Acute Lateral Epicondylitis

Hyeok Chan Kwon¹, Hyun Ju Lee² and Ki Sik Tae^{1,3}

¹Department of Biomedical Engineering, Graduate School, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

²Department of Physical Therapy, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

³Department of Biomedical Engineering, Konyang University, Daejeon, Republic of Korea

(Manuscript received 4 April 2019 ; revised 4 April 2019 ; accepted 11 April 2019)

Abstract: Lateral epicondylitis is caused by repeated use of the wrist, which causes inflammation and pain in the wrist extensor and tendon of the humerus. Delayed onset muscle soreness (DOMS) caused by repetitive resistance exercise affects the tendons connected in series with the muscle, leading to lateral epicondylitis. Although micro-current stimulation has been suggested as a possible treatment for tendinitis, there are insufficient studies on specific variables such as frequency. In this study, 15 healthy adult males and females developed DOMS in the wrist extensor and tendon in the humerus. The experimental group consisted of a low frequency group applying 20 Hz and a high frequency group applying 100 Hz according to the micro-current frequency. Each subject underwent an experiment for 5 days after DOMS, and the recovery rates were compared by measuring AROM, GPT, MST, PPT, and VAS. As a result, the 20 Hz group showed significant changes in AROM, MST, and VAS compared to the control group on the 4th day, and the recovery rate was also higher than that of the 100 Hz group. On the 5th day, recovery rate of 100 Hz group was higher than 20 Hz in AROM and PPT, and MST showed higher recovery rate than 20 Hz group, but there was no significant difference. These results indicate that microcurrent stimulation is effective for the treatment of delayed myalgia and tendon inflammation and that the 100 Hz group has faster recovery than the 20 Hz group.

Key words: Delayed onset muscle soreness (DOMS), Inflammation, Lateral epicondylitis, Micro-current stimulation

1. 서 론

최근 스포츠 인구의 증가와 손목을 사용하는 관련 업무가 증가함에 따라 팔꿈관절에 통증이 나타나는 내외측 상과염 (medial and lateral epicondylitis) 환자가 증가하고 있다 [1]. 상과염은 팔꿈치 관절 중 근육이 시작되는 지점인 위팔 뼈 상과에 염증이 발생하는 질환으로써 병변의 위치에 따라 외측과 내측으로 구분하는데, 외측 상과염을 테니스 엘보우 (tennis elbow), 내측 상과염을 골퍼 엘보우 (golfer's elbow) 라고도 부른다. 손목관절 펌근 또는 굽힘근에 과도한 부하

Corresponding Author : Hyun-Ju Lee
Dept. of Physical Therapy, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seogu, Daejeon, 35365, Republic of Korea
TEL: +82-10-9947-5761, +82-42-600-8453
E-mail: leehj@konyang.ac.kr
Corresponding Author : Ki-Sik Tae
Dept. of Biomedical Engineering, Konyang University, 158 Gwanjeodong-ro, Seogu, Daejeon, 35365, Republic of Korea
TEL: +82-10-7204-7727, +82-42-600-8518
E-mail: tae@konyang.ac.kr

가 걸리거나, 약한 부하일지라도 반복적으로 오래 작용하는 경우 특히, 근육의 편심성 수축에 의해 힘줄에 발생하는 불안정한 치유를 그 원인으로 보고 있다[2].

근육의 반복된 사용으로 인하여 발생할 수 있는 대표적인 염증반응으로 지연성 근육통(delayed onset muscle soreness: DOMS)이 있는데, 강도 높은 운동을 한 후 24-48시간 동안 최대 근육통을 유발하는 것으로 알려져 있다[3]. 이러한 근육통은 근섬유의 미세한 손상이 누적되어 조직에 염증 반응을 일으키고 근경직과 압통 등의 통증을 느끼게 되면서 자유롭게 움직일 수 있는 관절각도가 감소한다[4]. 근육의 과도한 사용으로 인하여 근막과 근육으로 직렬 연결되어 있는 힘줄에 영향을 줄 수 있으며, 지연성 근육통이 힘줄에 발생한 경우 불쾌감이 가장 크다고 알려져 있다[5].

일반적으로 상과염 환자 중 90%는 팔의 과사용을 막고, 보존적 치료를 적용한다. 물리치료로서 온열, 마사지, 초음파, 체외 충격파 치료(extracorporeal shock wave therapy)를 하거나, 자가혈액주사, 보툴리눔 독소 주사 등을 적용하기도 한다[6]. 주로 적용하는 전기자극치료 방법으로는 경피신경자극치료기(transcutaneous electrical nerve stimulation: TENS), 고전압 전류를 이용한 고전압맥동전류(high voltage pulsed current stimulation: HVPCS), 미세전류자극(micro-current stimulation)을 이용한 통증 치료가 있다[7].

이처럼 상과염에 대하여 많은 연구와 치료법이 사용되어지고 있으나, 운동선수들이나 직업적인 움직임을 요하는 사람의 경우 장시간 휴식을 취하기 어렵고, 주기적으로 병원을 방문하여 꾸준한 물리치료를 받기 어렵다는 문제점이 있다. 또한 상과염의 경우 단기적으로 치료접근 시 재발률이 높기 때문에[8] 지속적인 치료를 병행하여야 하며, 만성화가 진행되었을 때에는 효과가 미비하기 때문에 조기 치료가 매우 중요하다.

본 연구에서는 상과염 환자와 유사한 임상증상을 유도하기 위하여 손목 편근에 지연성 근육통을 유발하였고, 임상적 치료효과 높일 수 있는 휴대용 미세전류자극기를 개발하여 치료 효과를 검증하고자 하였다.

II. 연구방법

1. 미세전류자극기 개발

(1) 회로 구성

미세전류 자극기를 개발하기 위하여 ATmega32를 기반으로 한 전기자극 회로를 개발하였다. 필요 전력은 +9V 건전지로 구동할 수 있도록 설계하였으며, 사용자의 강도 및 모드 설정을 위하여 3개의 스위치를 구성하였다. 또한 사용자에게 기기의 상태를 부저와 LED를 통하여 알려줄 수 있

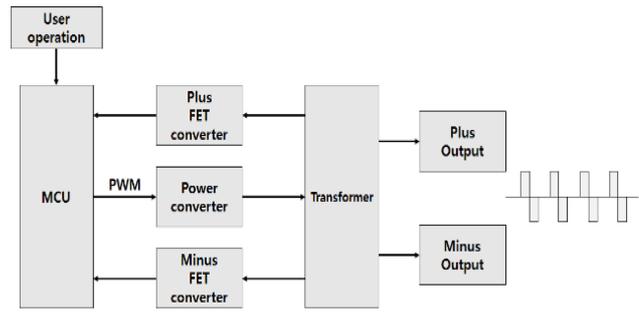


그림 1. 회로 구성도.
Fig. 1. Circuit Configuration Diagram.

도록 구성하였으며, +9V의 전압을 스위칭 레귤레이터를 이용하여 +5V로 변경하였다. 전기 자극을 출력하기 위하여 ATmega32에서 출력되는 PWM신호에 따라 흐르는 전압값을 조절할 수 있는 변환 부를 구성하였으며, 변환된 전압을 변압기를 통하여 증폭하여 출력하도록 하였다. 극성은 FET를 이용하여 변압기의 흐르는 전류 방향을 조절하였고, 맥동기간 또한 구성된 FET의 통전시간을 조정하여 구성하였다(그림 1).

(2) 맥동 빈도(frequency) 선정

일반적으로 통증완화에 적용되는 저빈도 전기자극은 10~20 Hz로써, 근육의 가시적 수축을 보이는 운동수준의 높은 강도로 치료하는 것이 일반적이다. 이러한 전기자극은 심부통증 및 만성통증을 치료하는데 사용되며, 내재성 아편물질(β -endorphin)의 분비를 촉진시켜 진통을 유발한다[9]. 고빈도의 전기자극은 75~125 Hz로써, 근육의 가시적 수축이 나타나기 전의 감각수준으로 편안하고 낮은 강도에서 치료한다. 이러한 고빈도 전기자극은 A- β 섬유를 통하여 빠르게 이동하여 C 섬유를 통해 척수로 전달되는 통증감각을 척수의 관문에서 차단하는 관문조절설 이론을 뒷받침한다[10].



(a) 20Hz (b) 100Hz

그림 2. 미세전류 자극 모드.
Fig. 2. Microcurrent stimulation mode.

표 1. 대상자의 일반적인 특성

Table 1. General characteristics of subjects (N=15)

	Male (N=7)	Female (N=8)
Age (yrs)	24.71 ± 0.69	24.00 ± 0.50
Height (cm)	175.28 ± 3.14	158.00 ± 1.73
Weight (kg)	71.28 ± 15.12	54.25 ± 3.38

따라서 선행 연구들에서 주로 사용되고 있는 주파수 대역으로 저빈도는 20 Hz, 고빈도는 100 Hz로 구성하였고(그림 2) 본 연구에서는 20 Hz군과, 100 Hz군으로 무작위로 배정하되 감각수준의 저항도 미세전류 치료를 적용하여 통증의 근원인 상처치유 및 염증완화를 목적으로 하였다.

2. 연구 대상 및 연구 설계

본 연구에서는 건강한 20대 성인 남녀 15명을 대상으로 실험동의서 작성 후 실험을 진행하였다. 피험자 선정 기준은 우세손이 오른손인 자, 평소 팔꿈관절 관련 질환 및 내과적 염증 질환이 없는 자, 근골격계 및 신경근 관련 질환이 없는 자를 대상으로 하였으며, 실험기간 전 근육통을 앓고 있는 자, 손목부위에 질환을 가진 자, 지속적으로 소염제를 복용하는 자는 피험자에서 제외하였다. 실험에 참가한 피험자의 정보는 표 1과 같다. 연구대상 조건을 만족하는 피험자들의 양쪽 손목 펴근에 DOMS를 유발하였으며, DOMS를 유발한 후 자연치유 되도록 방치한 5명의 대조군과 미세전류 자극을 가한 10명의 실험군으로 나눠 진행하였다. 실험군은 고빈도의 미세전류자극을 가하는 100 Hz군과 저빈도의 미세전류자극을 가하는 20 Hz군으로 나누어 무작위 배정하였다.

실험은 각 피험자마다 5일간 진행하였으며, 피험자들은 첫째 날 DOMS 유발 후 4일간 능동적 관절 가동범위(active range of motion: AROM), 악력(grasping power test:

GPT), 최대 등척성 근력평가(muscle strengthening test: MST), 압통 역치(pressure pain threshold: PPT), 시각적 상사 척도(visual analog scale: VAS)를 측정하였고 DOMS를 유발한 후 시간별로 얼마만큼 회복하였는지 비교하기 위하여 각각 회복률을 구하였다. 연구설계 과정은 그림 3과 같으며 회복률(recovery rate)은 식 1을 통하여 구하였다. 식 1에서 V_M (measurement value)은 증재 후 측정값, V_I (initial value)는 DOMS 유발 전 초기값, 그리고 V_{DOMS} (value after DOMS)는 DOMS 유발 후 측정값을 나타낸다.

$$Recovery\ rate\ (\%) = \frac{V_M - V_{DOMS}}{V_I - V_{DOMS}} \times 100 \quad \text{식 (1)}$$

(1) 지연성 근육통(DOMS) 유발

본 실험에서는 각 피험자의 양 손의 손목 펴근에 DOMS를 유발시켰다. DOMS란 근육의 과도한 사용이나 익숙하지 않은 운동을 진행할 경우에 발생하는 통증을 말하며, 24시간~48시간 후에 통증이 최고조에 다다른다[11]. 또한 DOMS가 생성된 후 5~7일 이내에 통증이 감소하기 때문에 총 실험기간을 5일로 설정하였다[12]. 각 피험자들은 팔걸이가 장착되어 있는 의자에 허리를 세우고 앉아 어깨와 팔꿈치가 직각이 되도록 팔걸이에 팔을 위치시켰다. 손목은 팔걸이 끝에 걸친 상태에서 진행하였다. 각 피험자들의 확실한 지연성 근육통 및 힘줄의 염증 유발을 위하여 1RM을 기준으로 70%에 해당하는 무게의 아령을 들고 구심성 수축과 원심성 수축을 천천히 진행하도록 하였다. 피험자들은 12회씩 평균 4set를 진행하였으며, 연속적으로 3회 이상 원심성 수축을 하지 못하는 시점에서 운동을 중지하였다. 염증을 유발한 후 각 피험자들의 손목에 실험이 끝날 때까지 손목 고정 보호대를 착용 시켜 손목의 과도한 움직임으로 인한 데이터 변화를 제한하였다.

70

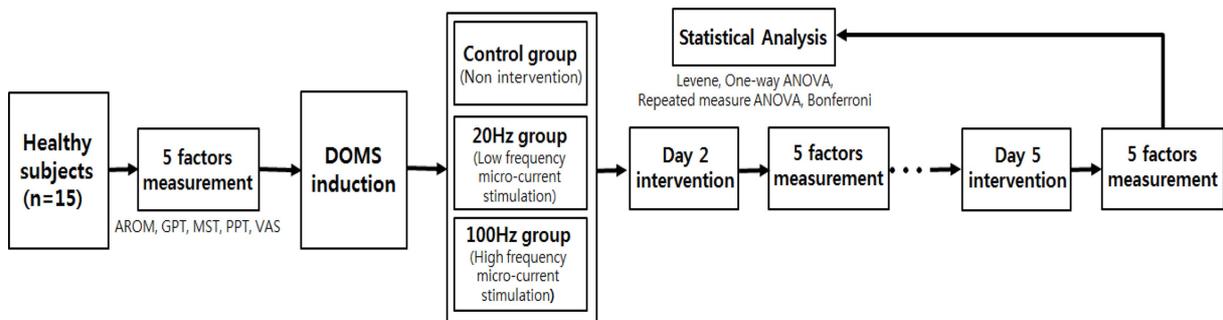


그림 3. 연구의 진행절차.
Fig. 3. Process of this study.

(2) 미세전류자극 중재

미세전류 자극 치료는 주파수 빈도에 따라 20 Hz, 100 Hz 두 가지 군으로 나누어 실험을 진행하였으며, 피험자들을 각 군에 무작위로 배정하였다. 주파수를 제외한 모든 특성은 동일하게 하였으며, 맥동기간은 200 μ s로, 전압은 ± 5 V~20 V 내에서 구성하였다. 전압 강도는 피험자가 최초로 전류의 감각을 느끼는 최초 감각점을 기준으로 적용하였다. 전극은 50 \times 50 mm 크기의 은-염화은 전극(Ag-AgCl electrode)을 총 2개 사용하였고, 전극 부착 부위는 팔꿈관절에 외측 상과에 위치한 힘줄과 긴노쪽손목폼근(extensor carpi radialis longus) 부위에 부착하였으며, 전극 간 거리는 2.5 cm 간격으로 하였다. 치료 중 전극이 부착부위와 떨어지는 것을 방지하기 위해 붕대로 고정시켰다(그림 4). 치료는 1일 2회 오전, 오후 4일간 진행하였고 1회 시 20분간 시행하였다.

(3) 효과 검증

본 연구에서는 관절 각도계(Goniometer, Iaanmedi Co., Korea)를 사용하여 피험자의 능동적인 근수축에 의해 형성되는 최대 관절의 각도인 AROM을 측정하였다. 피험자는 허리를 세우고 앉은 자세에서 위팔뼈와 자뼈(ulna)의 각도를 90°로 유지하였으며, 고정자는 자뼈의 장축과 평행하게 유지하였다. 가동자는 5번째 손허리뼈(5th metacarpal bone)의 장축에 평행하도록 하였으며, 축은 자뼈의 붓돌기(styloid process)에 배치하였다[13].

GPT 측정(KS-301, LAVISEN Co., Korea)은 피험자는 허리를 세우고 앉은 자세에서 위팔뼈와 자뼈의 각도가 90도가 되도록 하였으며, 의자에 앉은 후 팔을 의자의 팔걸이 위에 놓고 손목을 바깥쪽으로 약 15도 올린 상태에서 측정하였다.

MST의 측정(Muscle testing, J-TECH Inc., USA)은 손목의 움직임에 저항을 주지 않도록 모서리 끝에 손목을 위치하였으며, 앉은 자세에서 허리를 세우고, 위팔뼈와 자뼈의 각도가 90도가 되도록 하였으며, 측정 장치는 피험자의 2~3번째 중수골에 위치하였다. 측정 시 피험자는 손목을 최

대로 들어 올린 후 실험 진행자가 손등에 힘을 가하면 피험자는 힘을 주어 손목이 내려가지 않게 버티도록 하였다. 측정은 5초 동안 진행하였으며, 손목이 도중에 내려가는 경우 측정을 중단하였다.

PPT 측정(Algometer, J-TECH Inc., USA)은 0.1N의 간격으로 측정되었고, 압통점은 직경 1 cm의 tip으로 측정하였다. 피험자의 양쪽 손목 폼근과 연결되어 있는 힘줄의 위치에 점으로 표시를 한 뒤 실험자가 측정기를 검사부위에 수직 방향으로 1N/sec의 일정한 속도와 힘으로 압력을 가하였다. 최초로 통증이 시작되면 “아” 하는 소리를 내게 하여 그 순간의 수치를 압통 역치로 판단하여 측정하였다.

VAS 측정은 당일 피험자가 느끼는 통증의 정도를 측정하였다. 피험자는 통증의 정도를 최고치 10, 최소치 1로 하여 10개의 구간으로 나눈 수평선에 자각적 통증에 해당하는 위치에 표시하도록 하였다. 각 측정은 모든 피험자가 1일 1회 실시하였다.

III. 통계 분석

본 연구에서는 자료 분석을 위해 통계프로그램 SPSS 18.0(IBM., USA)을 사용하였다. 각 표본이 동일한 집단에서 이루어졌는지 확인하기 위해 Levene의 등분산 검정을 진행하였다. 또한 실험군 간에 유의한 차이가 있는지 확인하기 위하여 Paired T-Test를 시행하였다. 각 통계학적인 유의수준 p는 0.05로 설정하였다.

IV. 결 과

1. 능동 관절 가동범위(AROM) 변화

각 군의 AROM 회복률을 비교해본 결과, 전기자극을 하지 않은 대조군에서는 모든 시점에서 통계적으로 유의한 변화를 보이지 않았으며, 미세전류 자극군에서는 4일차 이후로 유의한 차이를 보였다(p < 0.05). 치료가 끝난 5일차를 기준으로 대조군에서는 약 40%의 회복률을 보인 것에 반해 미세전류 자극군에서는 20 Hz군에서 약 76%, 100 Hz군에서 약 91%로 100 Hz의 미세전류가 15% 높은 회복률을 보였다(표 2).

표 2. 각 군의 AROM 회복률 변화
Table 2. AROM recovery rate of each group

	단위 (%)		
	Non	20 Hz	100 Hz
Day 2	6.90 \pm 36.97	0.00 \pm 21.69	1.61 \pm 25.10
Day 3	0.69 \pm 34.76	18.75 \pm 31.84	7.26 \pm 40.55
Day 4	3.45 \pm 34.76	47.50 \pm 21.49**	36.29 \pm 35.22*
Day 5	40.23 \pm 21.044	76.25 \pm 35.76**	91.13 \pm 46.71**

*p < 0.05, **p < 0.01

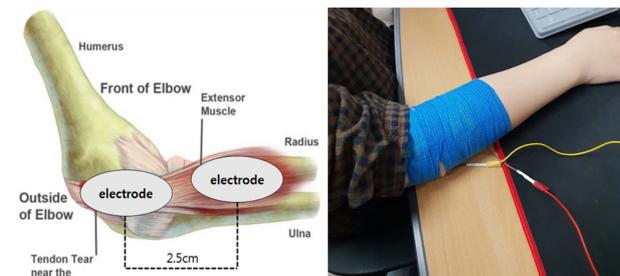


그림 4. 전극 부착 위치 및 치료 장면.
Fig. 4. Electrode attachment and application.

2. 약력(GPT) 변화

각 군의 시간별 GPT의 회복률을 비교한 결과, 치료가 끝난 5일차를 기준으로 대조군은 약 57%의 회복률을 보였다. 미세전류 자극군에서의 20 Hz군은 약 102%, 100 Hz군 약 98%의 회복률을 보였으며 두 군 간에 유의한 차이는 없었다(표 3).

3. 최대 등척성 근력(MST) 변화

각 군의 시간별 MST의 회복률을 비교한 결과, 대조군은 모든 시점에서 유의한 차이를 보이지 않았지만 미세전류 자극군은 5일차에 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 치료가 끝난 5일차를 기준으로 대조군은 약 29%의 회복률을 보였다. 미세전류 자극군에서의 20 Hz군은 약 123%, 100 Hz군은 124%의 회복률을 보였으며 두 군 간에 유의한 차이는 없었다(표 4).

4. 압통 역치((Pressure pain threshold : PPT) 변화

각 군의 PPT 회복률을 비교해본 결과, 대조군에서는 회복률이 증가하지 않았으나, 미세전류자극을 적용한 100Hz, 20Hz 군에서는 4일차 이후부터 유의한 회복률을 보였다($p < 0.05$). 치료가 끝난 5일차에는 100Hz 군에서 약 80%, 20Hz군에서 약 56%의 회복률을 나타내었으나($p < 0.01$), 실험군 간의 유의한 차이는 없었다(표 5).

표 3. 각 군의 GPT 회복률 변화
Table 3. GPT recovery rate of each group

	단위 (%)		
	Non	20 Hz	100 Hz
Day 2	38.11 ± 1.46	7.42 ± 26.94	17.40 ± 26.34
Day 3	50.61 ± 21.73	25.66 ± 25.47	29.77 ± 35.45
Day 4	50.00 ± 32.81	60.00 ± 41.57	54.40 ± 33.74
Day 5	57.11 ± 30.82	102.47 ± 27.80	98.470 ± 43.11

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

표 4. 각 군의 MST 회복률 변화
Table 4. MST recovery rate for each group

	단위 (%)		
	Non	20 Hz	100 Hz
Day 2	58.73 ± 34.42	34.53 ± 33.29	31.90 ± 35.67
Day 3	30.89 ± 30.19	47.80 ± 61.90	36.61 ± 33.42
Day 4	32.10 ± 18.89	65.02 ± 45.95	52.08 ± 78.46
Day 5	28.91 ± 27.79	123.55 ± 51.29**	124.87 ± 54.16**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

5. 시각적 사상 척도(VAS) 변화

각 군의 VAS 회복률을 비교해본 결과, 대조군에서는 모든 시점에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않은 반면, 미세전류 자극군에서는 4일차 이후로 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 치료가 끝난 5일차를 기준으로 대조군에서는 약 56%의 회복률을 보인 것에 반해 미세전류 자극군에서는 약 97%로 뛰어난 회복률을 보였으나 실험군 간의 유의한 차이는 없었다(표 6).

V. 고 찰

미세전류는 세포의 이온통로인 Na^+ , Ca^{2+} 통로를 열어 수 용체단백질을 자극함으로써, 섬유모세포, 혈관 내피세포, 각 질형성세포, 연골모세포, 뼈모세포 등의 증식 및 분화를 자극한다. 이러한 세포의 활성화로 DNA합성이 증가함으로써 아교질 및 단백질 합성을 증가시켜 치유를 촉진한다[14]. 상과염이란 팔꿈관절에 위치한 힘줄에 염증이 생기는 건증 질환이다. DOMS 또한 근육과 직렬연결 된 힘줄에 통증 및 염증이 발생할 수 있어 급성 외측 상과염으로 유도하였다. 이러한 DOMS의 통증 감소에 미세전류자극이 효과적이라는 선행연구들이 있다[15]. 미세전류자극을 이용한 피부, 힘줄, 인대 등의 조직의 치유에 관한 연구 또한 진행되었는데, Nessler 등은 토끼의 적출하여 배양시킨 건에 7 μA 의 미세전류를 적용한 결과 하이드록시프롤린이 255%, 프롤린이 91%증가하여 미세전류자극이 건에 치유 촉진에 있어 효과

표 5. 각 군의 압통 역치 회복률 변화
Table 5. PPT recovery rate of each group

	단위 (%)		
	Non	20 Hz	100 Hz
Day 2	7.92±6.53	-37.48±2.54	-34.14±1.71
Day 3	-11.09±6.71	-16.39±1.64	-18.17±1.89
Day 4	-21.36±1.93	3.40±2.51**	3.67±2.83**
Day 5	-11.69±5.25	59.03±2.41**	80.59±2.92**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

표 6. 각 군의 VAS 회복률 변화
Table 6. VAS recovery rate of each group

	단위 (%)		
	Non	20 Hz	100 Hz
Day 2	53.33 ± 16.32	57.78 ± 19.11	61.11 ± 18.75
Day 3	43.33 ± 3.33	53.33 ± 14.74	52.22 ± 17.95
Day 4	42.22 ± 13.87	82.22 ± 5.44**	80.00 ± 8.31**
Day 5	56.67 ± 19.53	97.78 ± 6.66**	97.78 ± 4.44**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

가 있다고 보고하였다[16]. Leon 등은 만성 외측 상과염 환자 73명을 대상으로 15주 동안 미세전류 강도에 따른 치료 효과를 비교한 결과, 50 μ A의 미세전류가 500 μ A 보다 치료 효과가 뛰어나다고 보고하였다. 50 μ A를 적용한 군에서는 15주 후 치료 성공률이 93%를 나타내었지만 3주차 때에는 40%에 불과하여 만성 외측 상과염 환자를 대상으로 한 미세전류자극의 치료효과를 보기 위해선 오랜 기간 동안의 치료가 필요하다고 사료된다[17]. 이러한 선행연구는 만성화가 진행된 외측 상과염의 경우 미세전류의 효과가 미비하거나 긴 치료기간이 필요함을 의미한다. 따라서 외측 상과염은 조기에 꾸준히 치료하는 것이 중요하며 이를 위해서는 병원치료와 함께 가정에서도 적용할 수 있는 휴대형 전기자극기가 필요하다고 생각된다. 또한 미세전류의 강도를 조정하여 치료효과를 비교한 선행연구들이 보고되고는 있으나, 주파수에 따른 실효 전하량과 임상 기전이 달라지기 때문에 빈도수에 따른 효과를 비교한 연구가 필요하다고 사료된다.

본 연구에서는 급성 상과염과 유사한 손목 펌근과 견관절염증과 통증을 유발한 후, 개발한 휴대형 미세전류자극기를 통해 빈도수에 따른 치료효과를 검증하고자 하였다.

AROM의 회복률을 비교한 결과, 대조군에서는 시간에 따른 유의한 변화를 보이지 않았지만, 미세전류 자극군에서는 4일 차와 5일차에서 유의한 증가가 있었고 20 Hz에서 보다 빠른 회복율을 나타내었다($p < 0.05$). 치료가 끝난 5일차를 기준으로 대조군에서는 약 40%의 회복률을 보인 것에 반해 20 Hz군은 약 76%, 100 Hz군은 약 91%의 높은 회복률을 나타내었다.

약력의 회복률을 비교한 결과, 각 군은 시간에 따른 유의한 변화를 보이지 않았다. 치료가 끝난 5일차를 기준으로 대조군에서는 약 57%의 회복률을 보였으며, 20 Hz군은 약 102%로 정상상태보다 다소 증가하였고, 100 Hz군은 약 98%로 정상상태에 가까운 회복률을 나타내었다.

최대 등척성 근력 값의 회복률을 비교한 결과, 대조군은 시간에 따른 유의한 변화를 보이지 않았으며, 미세전류 자극군에선 5일차에 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 치료가 끝난 5일차를 기준으로 대조군에서는 약 28%의 회복률을 보였으며, 20 Hz군은 약 123%, 100 Hz군은 약 124%로 정상상태보다 증가하였다.

미세전류 자극군에서 약력(20 Hz군)과 최대 등척성 근력(20 Hz과 100 Hz군)이 DOMS 유발 전보다 증가된 값을 나타내었는데, 이는 미세전류가 통증 뿐만 아니라 근력 향상에 효과가 있다는 선행연구와 일치한다[18].

VAS의 회복률을 비교한 결과, 대조군은 시간에 따른 유의한 차이를 보이지 않았으며 미세전류 자극군에선 4일차 이후부터 유의한 차이를 보였다($p < 0.01$). 치료가 끝난 5일

차를 기준으로 대조군에서는 약 56%의 회복률을, 20Hz군과 100 Hz군은 약 97%로 높은 회복률을 나타내었다.

VI. 결 론

본 연구에서는 급성 외측 상과염에 20Hz와 100Hz의 미세전류자극치료를 한 후, 효과를 검증하기 위해 임상시험을 진행하였다. 건강한 20대 남녀 15명을 대상으로 진행하였으며 시간에 따른 AROM, GPT, MST, VAS의 측정값을 비교하였다.

DOMS유발 4일차를 기준으로 모든 인자들의 시간에 따른 회복률을 구하고 각 군 간의 유의한 차이가 있는지 비교한 결과, 20 Hz 군이 대조군 대비 AROM, MST, VAS에서 유의한 변화를 보였으며 100 Hz군 보다 회복률 또한 높은 것을 확인 할 수 있었다. GPT에서 또한 유의한 변화를 보이진 않았지만 100 Hz군 보다 20 Hz 군의 회복률 또한 높게 나타났다.

DOMS유발 5일 차를 기준으로 모든 인자들의 시간에 따른 회복률을 구하고 각 군 간 유의한 차이가 있는지 비교한 결과, 100 Hz군의 AROM, PPT에서 20 Hz보다 큰 회복률을 보였으며, MST에서도 20 Hz 군 보다 높은 회복률을 보였지만 큰 차이는 없었다. 또한 GPT를 제외한 모든 인자에서 대조군과 비교하였을 때 20 Hz군과 100 Hz군 모두 유의한 변화를 보였다.

이러한 결과를 통해 미세전류 자극이 근육통증 및 힘줄염증 치료에 효과적임을 확인할 수 있었고 회복속도에서는 20 Hz 군이, 회복율에서는 100 Hz군이 유리함을 알 수 있었다.

하지만 피험자의 수가 적어서 연구 결과를 일반화하여 해석하기엔 무리가 있는 점, 5일의 단기실험을 했다는 점과 정상인에게 유사한 지연성 근육통 유발을 통해 임상증상을 유도하기는 하였지만 실제 급성 외측 상과염 환자를 대상으로 하지 못한 점은 본 연구의 제한점으로 볼 수 있다. 향후 더 많은 수의 피험자로 실험한 연구와 follow up 연구를 통해 보다 정확한 비교 연구가 필요할 것으로 사료되며, 이러한 연구를 통하여 미세전류자극의 빈도에 따른 염증 완화 효과에 대한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] A. Descatha, A. Leclerc, JF. Chastang, Y. Roquelaure, "Medial epicondylitis in occupational settings: prevalence, incidence and associated risk factors," *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, vol. 45, no. 9, pp. 993-1001, 2003.

- [2] R. Coonard and W. R. Hooper, "Tennis Elbow. It's Course, Natural History, Conservative and Surgical Management," *J Bone Joint Surge*, vol. 55, pp. 1177-1182, 1973.
- [3] R. B. Armstrong, "Initial Events in Exercise Induced Muscular Injury," *Medicine and Science in Sports and Exercise*, vol. 22, no. 4, pp. 429-435, 1990.
- [4] M. Murayama, K. Nosaka, T. Yoneda, and K. Minamitani, "Changes in Hardness of the Human Elbow Flexor Muscles After Eccentric Exercise," *Eur J of Appl Physiol*, vol. 82, pp. 361-367, 2000.
- [5] M. Egermann, D. Brocai, C. A. Lill, and H. Schmitt, "Analysis of Injuries in Long-Distance Triathletes," *Int J, Sports Med*, vol. 24, no. 4, pp. 271-276, 2003.
- [6] K. D. Heller and F. U. Neithard, "Using Extracorporeal Shockwave Therapy in Orthopedics-A Meta-analysis," *German. Z Orthop Ihre Grenzgeh*, vol. 136, pp. 390-401, 1988.
- [7] T. L. Sevier and J. K. Wilson, "Treating Lateral Epicondylitis," *Sports Medicine*, vol. 25, no. 5, pp. 375-380, 1999.
- [8] H. Labelle, R. Guibert, J. Joncas, N. Newman, M. Fallaha and C. H. Rivard, "Lack of Scientific Evidence for the Treatment of Lateral Epicondylitis of the Elbow. An Attempted Meta-analysis," *J Bone Joint Surg Br*, vol. 74, pp. 646-651, 1992.
- [9] G. Salar, I. Job, S. Migrino, A. Boisa and M. Trabucchi, "Effect of Transcutaneous Electrotherapy on CSF-Endolphin Content in Patient with Pain Problem," *Pain*, vol. 10, pp. 169-172, 1981.
- [10] R. Melzack and P. D. Wall, "Pain Mechanisms: A New Theory, A Gate Control System Modulate Sensory Input from the Skin before It Evokes Pain Perception and Response," *Science*, vol. 150, pp. 971-979, 1965.
- [11] C. Kisner, L. A. Coldy and J. Borstad, "Therapeutic Exercise(4th ed)," Philadelphia, USA, FA Davis, 2002.
- [12] D. T. Gulick and I. F. Kimura, "Delayed Onset Muscle Soreness: What is it and How Do We Treat It?," *J Sport Rehabil*, vol. 5, no. 3, pp. 234-243, 1996.
- [13] H. M. Clarkson, "Musculoskeletal Assessment: Joint Range of Motion and Manual Muscle Strength," Philadelphia, USA, Lippincott Williams & Wilkins, 2000.
- [14] J. H. Lee, Electrotherapy, Seoul, Korea: Daihak Publishing Company, 2008.
- [15] A. J. Lennox, J. P. Shafer, M. Hatcher, J. Beil and S. J. Funder, "Pilot Study of Impedance-controlled Micro-current Therapy for Managing Radiation-induced Fibrosis in Head-and-neck Cancer Patient," *Int J Radiat Oncol Biol Phys*, vol. 54, no. 1, pp. 23-34, 2002.
- [16] J. P. Nessler and D. P. Mass, "Direct-current Electrical Stimulation of Tendon Healing in Vitro," *Clinical Orthopaedics and Related Research*, vol. 217, pp. 303-312, 1987.
- [17] L. Poltawski, M. I. Johnson and T. Watson, "Micro-current Therapy in the Management of Chronic Tennis Elbow: Pilot Studies to Optimize Parameters," *Physiotherapy Research International*, vol. 17, no. 3, pp. 157-166, 2012.
- [18] H. C. Chang, H. C. Nam, "The effect of Microcurrent Treatment on Wrist Extensor Strength of the Elbow Lateral Epicondylitis in the Housewives," *Archives of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, vol. 1, no. 1, pp. 101-105, 2005.