

미세전류치료와 초음파치료가 슬관절전치환술 후 통증경감과 기능회복에 미치는 영향

조운수¹, 김용남¹, 김용성¹, 황태연², 진희경³

¹남부대학교 물리치료학과, ²전남과학대학 물리치료학과, ³서남대학교 대학원 물리치료학과

The Effects of Microcurrent Treatment and Ultrasound Treatment on the Pain Relief and Functional Recovery after Total Knee Replacement

Woon-Su Cho, PT, PhD¹, Yong-Nam Kim, PT, PhD¹, Yong-Seong Kim, PT, PhD¹, Tae-Yeon Hwang, PT, PhD², Hee-Kyung Jin, PT, MS³

¹Department of Physical Therapy, Nambu University, ²Department of Physical Therapy, Chunnam Techno College, ³Department of Physical Therapy, Graduate School, Seonam University

Purpose: The purpose of this study was to investigate pain relief and functional recovery after total knee replacement.

Methods: The treatment was performed by dividing individuals into a control group ($n_1=5$), ultrasound treatment group ($n_2=5$), and micro-current treatment group ($n_3=5$). The control group applied the hot pack for 15 minutes, Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) for 15 minutes, and Continuous Passive Movement (CPM) for 40 minutes. The ultrasound therapy group applied the frequency of 1 MHz, intensity of 1.0 W/cm² for five minutes following the same treatment as the control group. The micro-current therapy group applied the intensity of 25 μ A, and pulsation frequency 5 pps for 15 minutes following the same treatment as the control group. After treatment, Visual Analogue Scale (VAS), Korean Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (K-WOMAC), Berg Balance Scale (BBS), Range of Movement (ROM) and wound length was measured.

Results: VAS showed significant effect in the control group and micro-current therapy group during the treatment period. According to the treatment of K-WOMACK, BBS, ROM, and Healing wounds showed main effects between groups.

Conclusion: According to the results of this study, data showed improvement of pain relief, wound healing effects, and range of motion recovery. Thus, these selected treatments were effective after total knee replacement. In other words, electrical treatment continues to influence pain relief and functional recovery after total knee replacement.

Keywords: Micro-current, Total knee replacement, Ultrasound

Received March 12, 2012 Revised April 8, 2012

Accepted April 12, 2012

Corresponding author Hee-Kyung Jin, vksclfl@nate.com

Copyright © 2012 by The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

I. 서론

퇴행성관절염은 유병률이 높은 질환이다. 특히 체중을 지지하는 슬관절에서 쉽게 발생하며, 지속적인 통증은 신경손상과 반사신경을 소실한다. 결국 신경뿌리에 문제가 발생하고, 신경이 지배하는 연부조직의 단축이 초래되는 광범위한 현상은 운동기능 제한과, 보행장애 등, 일상생활의 움직임에서도 여러 기능적인 문제점들이 제시되고 있다.¹

퇴행성관절염의 진행상태에 따라 물리치료, 약물치료, 근육 내 자극 치료법들이 일반적인 중재 방법으로 최근까지도 적용되고 있다. 그러나 다양한 치료를 통해 통증경감 및 기능적 신체활동의 회복이 어려운 관절상태의 경우 통증을 감소시키고 구축을 바로잡으며 정상적인 관절움직임을 위한 슬관절 전치환술이 만성관절염 환자의 치료목적으로 최근까지도 시행되고 있다.² 그러나 슬관절전치환술의 적응범위와 임상 결과 등에 대해서는 아직도 여러 부분에서 논란이 되고있다. 슬관절전치환술 후 이차적 통증은 환자의 자율적인 움직임을 불가능하게 하며 관절구축을 일으키고, 또한 재활치료를 위한 관절운동범위 향상과 체중부하 운동치료를 통증을 유발하기도 한다. 결국 통증으로 인해 환자들은 진통제를 지속적으로 요구하거나, 물리치료를 못하게 되는 경우를 야기시키며,³ 잘 조절되지 않는 지속적인 통증은 수술부위의 위축, 관절구축과 더불어 심리적으로 우울과 불안을 초래한다. 관절주위의 근육 위축은 지구력감소와 근력감소를 보이고, 관절구축은 운동범위 감소와 신체의 균형능력에 많은 영향을 미쳐왔다. 그러나 이러한 요인들은 슬관절전치환술 후 관절의 굽음의 원인으로 관절움직임에 중요한 의미를 보여 주었으나, 결국 수술 후 회복과정에는 부정적인 영향을 미쳐왔다.⁴

따라서 슬관절전치환술 후 환자의 통증완화와 상처부위의 회복, 관절움직임의 기능향상을 위해 물리치료에서는 전기치료 장비들이 일반적인 중재방법으로 활용되고있다. 전기치료는 치료 시 위험성과 부작용이 거의 없고, 조직손상을 최소화하는 효과로 인하여 통증과 창상 치유, 관절 기능회복에 적용되고 있다.⁵ 필라델피아 위원회의 메타 분석결과 대퇴슬개골 질환의 물리치료에 초음파치료를, 수술 후 물리치료는 저주파 치료기(Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation, TENS)와 운동치료를 제시하였다.⁶ 그러나 다른 연구⁴에서는 저강도 미세전류가 손상된 힘줄염 치유에 더욱 효과적인 물리치료임을 확인하였고, 생체 내 통증억제 기전에 관한 새로운 이론적 근거에 의하여 미세전류치료와⁷ 저강도 초음파치료를 상처치유 촉진과 손상된 근육회복의 통증 감소에도 효과가 있음을 보여 주었다.⁸

이와 같이 여러 손상들의 증상을 보완하며 치료효과를 높일 수 있는 치료 방법들로 다양한 전기치료 방법들이 근 골격계 질환과 신경학적 문제의 다양한 범위에 걸쳐 중재의 역할을 담당하고 있다.⁵

전기치료 방법 중 미세전류자극치료의 전기생리학적 효과는 이온채널을 통한 이온수송의 중재적 역할로 치료에 긍정적 효과를 제공하고, 잘려진 축삭의 말단에 형성된 재생에 방

해가 되는 전기장의 극성을 없애거나, 전환시켜 재생을 촉진한다.⁹ Maenpää 등¹⁰은 미세전류 강도가 피하 조직수준의 감각문턱 값에 영향을 주어 피부감각신경 축삭을 꾸준히 자극시킴으로써 인체에 영향을 미친다고 보고하였다. 또한 교원질의 생성을 증가시키고, 힘줄이나 뿌리의 연부 조직회복에 미치는 효과를 보여주었으며, 낮은 강도의 자극은 뿌리수축을 일으키지 않으므로 자극에 의한 감각적 불쾌감 없이 상처치유나 동통치유에서의 효과를 확인할 수 있었다.¹¹

치료용 초음파는 0.5~2.0 W/cm² 범위의 강도에서 사용된다.¹² 다양한 전기치료 기기들의 기계적인 자극과는 달리 초음파의 경우 파의 진동으로 에너지를 세포 내로 전달하는 방식의 치료기계다. 여러 연구결과를 보면 DNA 합성과 단백질 증가, 세포막의 투과도의 변화 등에 의한 골절, 근육 조직의 회복과 손상된 조직치유에 저강도 초음파 자극의 효과를 보고하였다. 특히 세포의 증식과 기질분비를 증가시킨다고 하였다.⁸ Huang 등¹³은 쥐의 골관절염 치료실험에서 초기 골관절염에 초음파가 조직치유에 효과적임을 확인하였고, 임상적으로는 연부 조직손상 후 물리치료에 널리 사용되어왔다.

이와 같이 슬관절전치환술의 치료에 관련된 선행 연구들로 알 수 있듯이 수술 후 환자의 치료를 위해 기능 회복치료와 병행된 통증조절을 위한 여러 중재 방법들은 필수적이다. 최근까지도 슬관절전치환술 환자의 수술 후, 기능 회복을 위한 치료활동과 운동중재에 대한 치료 효과를 규명하려는 연구는 계속되어 왔다. 따라서 본 연구는 슬관절전치환술 환자의 수술 후 다양한 전기치료 중재방법들 중, 지속되는 통증을 감소시키고, 관절의 움직임과, 치료 후 상처의 회복을 통한 통증감의 변화에 더 효과적이고 체계적인 방법을 알아보하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자 및 실험기간

2011년 1월 16일부터 3월 12일까지 광주소재 정형외과에서 슬관절전치환술을 받고 입원한 환자 15명을 대상으로 하였다. 치료방법은 대조군(실험군 I), 초음파적용군(실험군 II), 미세 전류적용군(실험군 III)을 각각 세 집단(n_1 , n_2 , $n_3=5$)으로 나누어 적용하였다. 참가 대상자들에게 연구의 목적을 설명한 후에 동의를 얻어 연구를 실시하였다. 대상자는 수술 후 4일째부터 치료를 시작하였고, 실험기간은 1일 1회씩, 총 3주 치료하였다.

연구 대상자들은 다음의 조건을 충족하는 자들로 하였다.

첫째, 약물치료는 근육이완제와 소염제만 복용한 환자.
 둘째, 퇴행성슬관절염으로 진단받고 슬관절전치환술을 받은 환자.
 셋째, 수술 후 물리치료에 문제가 없고, 낙상의 위험이 없는 환자.
 넷째, 수술 후 보행이 가능하고 중추신경, 말초신경의 마비가 없는 환자.
 다섯째, 수술 후 염증이나 부작용이 나타나지 않은 환자.
 여섯째, 본 연구의 목적과 연구자의 지시하는 내용을 이해하고 자발적으로 참여에 동의한 환자.
 연구 대상자들의 일반적 특성은 남자 2명, 여자 13명이 실험에 참여하였다. 대상자들의 연령은 평균 66.4 ± 5.8 (year), 신장은 155.2 ± 7.6 (cm), 몸무게는 65.6 ± 4.7 (kg)이고, 수술한 위치는 왼쪽슬관절 5명, 오른쪽슬관절 10명이다.

2. 실험방법

1) 측정도구

시각적 사상척도(Visual Analogue Scale, VAS)를 통하여 통증의 회복정도를 알아보고, 슬관절 상태의 기능회복 평가를 위해 한국형-WOMAC (Korean Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index, K-WOMAC), 버그균형척도(Berg Balance Scale, BBS), 관절가동범위(range of motion, ROM)를 측정하여 분석하였다. 또한 수술 후 상처치유의 효과를 알아보고자 창상 길이를 측정하였다.

(1) 시각적 사상척도(Visual Analogue Scale, VAS)

통증감소의 효과를 알아보기 위하여 환자가 잘 이해하고 기록하기에 간단한 VAS를 이용하였다. 즉 주관적인 통증을 객관화하고 계량화하고자 Million 등¹⁴은 VAS를 이용한 통증평가 지표를 만들어 운동치료 후 환자의 지속적인 관찰과 최종판정에 이용하였다. 최근까지도 임상과 통증치료실에서 많이 사용되고 있다. 즉 VAS는 환자가 느끼는 주관적인 통증의 강도를 시각적으로 표시함으로써 통증변화를 간단하게 반영할 수 있는 평가 도구이다. 0에서 10까지 10단계의 구간 측 정표를 피보험자에게 나누어 주고 환자 스스로가 표시하도록 하여 측정하였다. 점수가 높을수록 참을 수 없는 심한 통증을 의미한다.¹⁵ 대조군과 실험군 모두 치료가 끝난 후 30분 정도의 휴식 후 피로를 최소화하여 통증의 평가를 실험 전 1회 측정 후, 매주 1회씩 3회 측정하였다.

(2) Korean Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index (K-WOMAC)

K-WOMAC는 하지 관절염을 가진 환자들의 관절의 상태를 평가하기 위한 도구이다. 즉 환자들의 임상적인 실험들을 통해 이루어지는 평가가 아닌 자기평가 설문지법으로 통증의 정도, 관절 근육증과 퇴행성관절염에 대한 관련된 신체기능의 세 가지 하부척도를 포함하고 있다.¹⁶ 또한 통증과 일상생활능력 및 피로도는 서로 관계가 있다는 여러 연구 결과를¹⁷ 근거로 본 실험에서도 평가하였다. K-WOMAC는 5점 척도(0~4점)로 통증 5문항(0~20점), 관절의 뻣뻣함 2문항(0~8점), 일상생활 수행의 어려움 17문항(0~68점) 총 24문항으로 구성되었으며, 점수가 높을수록 슬관절 상태가 나쁨을 의미한다. 또한 설문지에는 좌식 생활의 특성을 반영한 3문항 (1) 재래식 화장실을 사용할 때, (2) 방바닥에 앉을 때, (3) 양반다리를 했을 때의 설문을 하였으며, 5점 척도(0~4점)로 측정하여 점수(0~12점)가 높을수록 슬관절 기능상태가 나쁨을 의미한다.¹⁷ 실험 전 1회 측정 후 매주 1회씩 3회 측정하였다.

(3) Berg Balance Scale (BBS)

캐나다의 물리치료사 Berg 등¹⁸이 개발한 균형척도이며, 임상에서 균형능력 정도의 변화를 측정하기 위해 만들어졌다. 총 14개의 항목으로 되어있으며 항목은 각각 앉은 자세에서 일어서기, 지지가 없는 선 자세, 양 발을 바닥에 붙이고 지지가 없이 하는 선 자세 유지, 양 발을 가지런히 한 선 자세의 유지, 상지를 뻗은 상태에서의 전방으로 팔 뻗기, 바닥에서 물건을 주워 올리기, 한쪽의 족부를 전방에 두고 지지가 없이 기립하기 등 각 항목마다 측정점수는 0점에서 4점까지이며 총 점수는 56점이다. 점수가 높을수록 균형능력이 좋은 것이다.¹⁹ 실험 전 1회 측정 후 매주 1회씩 3회 측정하였다.

(4) 창상길이측정

창상 치유과정에 사용되는 치료방법 중 미세전류자극은 창상 회복시간을 감소시키는데 효과적인 전기치료방법이라고 보고하였다.²⁰ 따라서 여러 선행연구결과와 같이 창상의 길이변화를 캘리 퍼스(Digital caliper, UPM, 중국)를 사용하여 실험 전 창상 길이와 실험 후 측정하였다. 실험기간은 실험 전 1회 측정 후 매주 1회씩 3회 측정하였다.

(5) Range of motion (ROM)

슬관절의 경직과 변형, 통증과 관련되며, 슬관절을 최대 신전하여 최대 굴곡 시에 대퇴와 종골의 중심이 이루는 각도를 측

정하였다. 측정은 최대 신전상태에서 슬관절의 외측과를 축으로 하여 대퇴 대진자에 기준점을 두고 외측과가 정 기점이 되게 한 가상의 선을 기준으로 최대 굴곡된 각도를 측정한다. 대상자의 슬관절 가동범위는 각도기(Digital anglerule, 코베토, 중국)를 이용하여 치료시작 전 관절범위를 측정하였고, 치료 후 매주 1회씩 3회 측정하였다.

2) 실험 방법

(1) 대조군(실험군 I)

대조군은 온습포(ALKAMO[®] HOT PACK, (주)삼우양행, 한국) 15분과 주파수 50 pps, 맥동기간 250 μs의 TENS (CWM602D, (주)청우 메디칼, 한국) 15분, CPM (ESMT900, ESTM 주식회사, 한국) 40분을 적용하여 치료하였다.

(2) 초음파적용치료군(실험군 II)

실험군 II은 대조집단이 수행한 기본적인 치료방법의 온습포와 TENS, CPM을 같은 조건으로 시행한 후 초음파치료기(GM-011, 지니메디 주식회사, 한국) 치료에 적용하였다. 1 MHz, 저강도 1.0 W/cm²의 맥동초음파를 사용하여 무릎 위 창상 시작 지점과 무릎아래 창상 끝 지점에 초음파 패드를 감싸 창상 부

위를 중심으로 종 배치(longitudinal application)하였다. 치료 시간은 5분간 초음파를 적용하였다.

(3) 미세전류적용치료집단(실험군 III)

실험군 III은 실험군 I이 수행한 치료방법과 같은 조건으로 치료한 후 미세전류치료기(EMI-580, Cosmic Co., 한국)를 사용하였다. 강도 25 μA, 맥동빈도 5 pps, 주파수는 30 pps, 교번극성

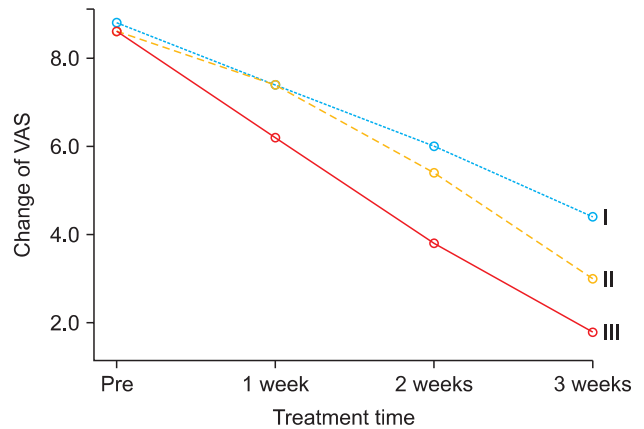


Figure 1. Treatment time change VAS.

I: control group, II: ultrasound group, III: microcurrent group.

Table 1. The results of repeated two-way ANOVA according to treatment time and group

		Squares	df	Mean squares	F	p
VAS	Time	263.65	2.26	116.17	253.10	0.00
	Group	24.70	2.00	12.35	6.76	0.01
	Time×group	10.10	4.53	2.22	4.84	0.00
K-WOMAC	Time	21,406.53	1.96	10,919.54	209.88	0.00
	Group	515.43	2.00	257.71	1.10	0.36
	Time×group	692.56	3.92	176.64	3.39	0.02
BBS	Time	12,284.58	2.39	5,138.66	328.76	0.00
	Group	367.60	2.00	183.80	3.54	0.06
	Time×group	218.26	4.78	45.65	2.92	0.03
Wound length	Time	594.53	1.49	398.38	83.79	0.00
	Group	1,201.30	2.00	600.65	1.92	0.18
	Time×group	60.51	2.98	20.27	4.26	0.02
ROM	Time	11,435.34	1.77	6,451.31	125.19	0.00
	Group	1,006.97	2.00	503.48	2.49	0.12
	Time×group	565.55	3.54	158.96	3.08	0.04

VAS: visual analogue scale, K-WOMAC: Korean Western Ontario and McMaster Universities Arthritis Index, BBS: Berg balance scale, ROM: range of motion.

으로 무릎 위 창상 시작 지점과 무릎아래 창상 부위 끝 지점에 종 배치하였다. 전극을 부착하여 밴드로 고정 후 15분간 미세 전류를 적용하였다.

3) 분석방법

본 연구에서 대상자의 일반적 특성은 집단 간 평균을 비교하여 확인하였다. 연구대상자의 슬관절전치환술 전과 수술 후 통증상태, 일상생활 움직임에서 통증상태, 수술 창상 부분의 회복상태, ROM 등으로 각 집단 간 치료기간에 따른 각 측정 항목의 정규분포 유무를 알기 위하여 단일 표본 Spapiro-Wilk test를 실시하였다. 그 결과 정규분포가 인정되어, 각 측정 항목들의 측정 시기별 집단 간의 차이는 SPSS ver. 12.0 통계프로그램을 이용하여 반복측정 이요인 분산분석을 하였다. 반복 측정된 변수에 대한 사후검정은 본페로니 검정을 하였다. 모든 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 결과

본 연구는 슬관절전치환술을 받은 관절염 환자들로 환자의 성별을 가리지 않고 실험군 I ($n_1=5$), 실험군 II ($n_2=5$), 실험군 III ($n_3=5$)으로 집단을 각각 나누어 수술 후 4일째부터 3주간 회복을 위해 매일 치료를 실시하였다.

1. 치료 기간에 따른 시각적 유사척도의 변화

각 군과 기간에 따른 반복측정 이요인 분산분석을 한 VAS의 결과는 다음과 같다. 수술 후 치료기간에 따라 각 군의 VAS의

변화는 통계학적으로 유의하였다($p<0.05$). 그러나 군 간 차이는 실험군 I과 실험군 III에서만 치료기간에 따라 VAS의 변화를 보여주었다($p<0.05$). 실험군 III은 치료 후 매주 치료에 따른 효과를 분명하게 확인할 수 있었다. 그러나 실험군 II의 치료에는 수술 후 치료 일주일 동안은 통증에 대한 치료 효과를 확인할 수 없었으나 치료 2주째부터는 치료의 효과를 확인할 수 있었다. 따라서 군과 치료기간에 따른 상호작용은 유의한 통계적 차이를 보여주었다($p<0.05$) (Table 1, Figure 1).

2. 치료기간에 따른 K-WOMAC의 변화

각 군과 기간에 따른 반복측정 이요인 분산분석을 한 K-WOMAC의 변화는 다음과 같다. 기간에 따른 K-WOMAC의 변화는 매주 회복 속도에 차이는 있지만 군 간 치료에 효과를 보여주었다($p<0.05$) (Table 1, Figure 2).

3. 치료기간에 따른 BBS의 측정 변화

각 군과 기간에 따른 반복측정 이요인 분산분석을 한 BBS의 측정값의 변화는 치료기간에 따른 BBS의 변화는 실험군 III에서 매주 치료에서 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다. 그러나 실험군 II의 치료에서는 대조군과 비교시 BBS의 치료 효과를 의미있게 확인할 수 없었다($p<0.05$) (Table 1, Figure 3).

4. 치료기간에 따른 ROM의 변화

각 군과 기간에 따른 ROM의 반복측정 이요인 분산분석을 한 결과는 치료기간에 따른 ROM의 변화는 각 군 간 효과의 차이는 있었으나 매주 치료에 유의한 치료 효과를 보여주었다($p<0.05$) (Table 1, Figure 4).

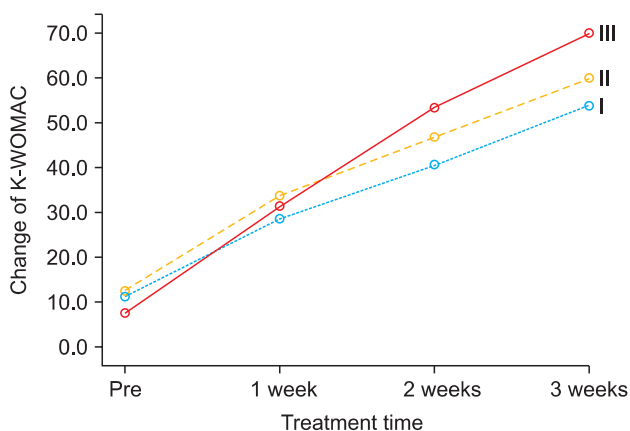


Figure 2. Treatment time change K-WOMAC.

I: control group, II: ultrasound group, III: microcurrent group.

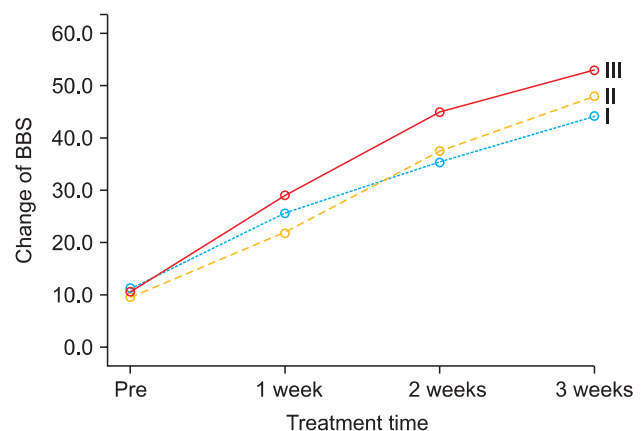


Figure 3. Treatment time change BBS.

I: control group, II: ultrasound group, III: microcurrent group.

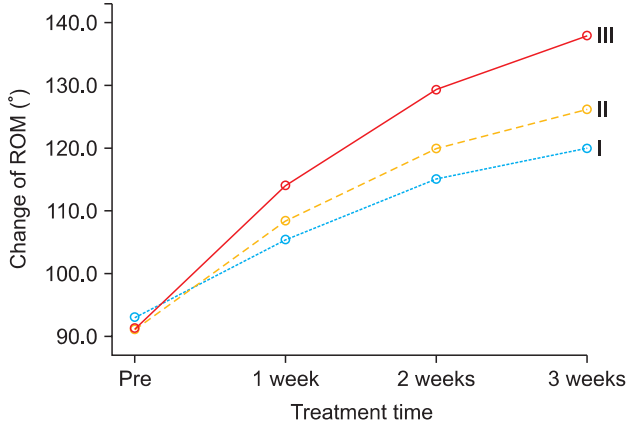


Figure 4. Treatment time change ROM.
I: control group, II: ultrasound group, III: microcurrent group

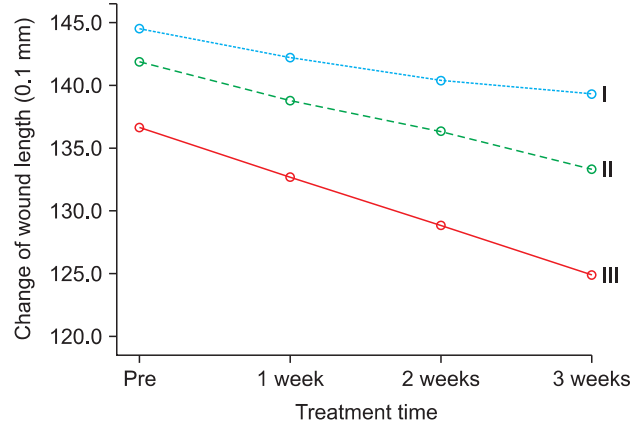


Figure 5. Treatment time change WOUND length.
I: control group, II: ultrasound group, III: microcurrent group.

5. 치료기간에 따른 창상길이의 변화

각 군과 기간에 따른 창상길이의 반복측정 이요인 분산분석을 한 결과 창상 길이의 변화는 매주 실험군 II과, 실험군 III 치료에 유의한 차이를 보여주었다($p < 0.05$) (Table 1, Figure 5).

IV. 고찰

슬관절전치환술은 수술 후 환자의 통증감소와 근력회복 뿐만 아니라 슬관절의 안정성과 정상적인 기능수행을 위한 관절운동범위의 확보가 가장 중요한 과제다. 그러나 치료방법 중 수술적 접근은 통증조절 이외 운동범위나 관절기능평가에서는 정상적인 회복상태와 비교하여 낮은 효과를 보이고, 더불어 관절기능의 체계적인 발달을 시키지 못하고 있다.²¹ 슬관절전치환술 후 통증은 대부분 시간이 지나면서 줄어든다. 그러나 통증이 1년 이상 지속되는 경우도 보고되고 있다. 고령의 연령으로 인한 회복속도의 차이와 관절가동범위의 감소는 균형능력 감소와, 자세동요를 증가시켜 결국 슬관절의 근력과 기능의 불균형과 같은 추가적인 문제점 등이 제시되고 있다.²² 따라서 슬관절전치환술 후 장시간의 회복기간 동안에 환자에 대한 구체적이고 적절한 치료가 매우 중요한 실정이다. 더불어 치료기간 신체의 기능과 통증의 분석은 질병의 진행과 근골격계 질환을 가진 환자들의 치료효과를 평가함에 있어서 필수적이다.¹⁷ 설문지법에 의한 가장 이상적인 결과측정은 사용하는 모든 사람에게 친화적이며 관찰자 편향을 최소화하고 환자의 시각을 표준화할 수 있어야 한다.²³ 따라서 슬관절전치환술 환자의 통증 정도는 VAS로, 기능적 활동의 평가를 위해 K-WOMAC, ROM을, 균형 상태를 확인하기 위해 BBS 평가방법을 사용하여 측정하였다.

저강도 미세전류를 슬관절전치환술 후 적용 한 본 실험에서와 같이 미세전류는 건강한 조직의 신체전체에 생체전류를 흘려 보내는데, 손상과 염증이 존재할 때는 손상부위의 전류가 변한다. 손상부위는 세포능력이 감소되고 치유에 지장을 주며, 통증, 열, 부종, 발적과 같은 염증조직의 특성이 강하게 나타나게 된다.²⁴ Wi²⁵의 연구에서도 슬관절전치환술 후 1달 동안에는 통증의 감소는 있었으나, 관절근육증, 기능, 피로도는 수술 전보다 오히려 호전되지 않았다고 보고되었다. 더불어 수술 후 펌근의 근력은 수술 전에 정상인의 59%에서 수술 3개월 후 30% 정도를 나타내고, 굴근의 경우 정상인의 74%에서 수술 후 3개월에서는 43% 나타낸다는 연구도 보고되었다.²⁶ 그러나 초기 골관절염 유발 쥐들의 보행에서 미세전류 적용 후 기능적인 회복을 보여준 연구 결과와,²⁷ Rockstroh 등²⁰의 연구는 슬관절전치환술 후 대조군에 비해 훨씬 기능회복에 좋은 결과를 보고하였다. Oh²⁸의 연구에서도 관절 가동범위의 제한으로 기능적인 활동이 제한된 만성요통 환자에 대한 미세전류치료 적용이 기능회복에도 의미있는 효과를 보여 주었다. 본 연구의 K-WOMAC, BBS, ROM 등 측정평가 결과도 수술 후 실험군 III은 근력회복, 관절기능 향상 등, 수술 후 치료기간에 유의한 효과를 보여 주었다. 또한 창상 치유과정 중 8일에서 길게는 1년까지 지속되는 재형성단계가 미세전류치료를 받은 집단에서 더욱 효과적임을 보여준 연구와 유합, 지연 골에 5~20 μ A의 미세전류를 적용하였을 때 유합 속도를 촉진시킨다는 연구결과는 본 실험군 III의 세포수준에서 접근한 미세전류치료군의 수술부위 창상 치유력도 매우 빠른 속도로 회복되는 것을 확인할 수 있었다.²⁹ 따라서 본 연구의 결과와 같이 미세전류 전기치료는 조기관절 운동 시에 근육을 수축시키지 않고 통증을 감소시키고, 조직 치유율을 증가시킬 수 있는 유용

한 중재 방법으로 사료된다. 이에 중재 후 측정평가 결과들의 근거를 바탕으로 환자들의 특성에 맞는 치료적용과 상황에 따른 물리치료의 중재방안으로 활용된다면 수술 후 치료기간 내 빠른 치료효과를 극대화시킬 수 있을 것이다.³⁰ 그러나 미세전류가 생체에 미치는 효과에 비해 피부에 느껴지는 자극감각의 강도가 극히 미약하여 전기자극의 효과에 대해 의문을 제기하는 연구자가 많다.³¹ 따라서 더 많은 선행연구 자료들의 결과를 근거로 미세전류 치료 후 많은 임상적인 효과를 입증하고, 과학적 근거를 바탕으로 환자들의 특성에 맞는 치료적용과 주의사항 등이 확립되어야 할 것이다.³²

미세전류는 손상된 조직과 정상조직 사이에서 발생된 이온전류가 원형질막을 자극하는 원리에 의한 중재 방법이고, 초음파는 음파와 그 특성이 전파되기 위해 매질이 필요하며 짧은 주파수인 0.8~3 MHz를 적용하여 치료한다. 골절치유를 촉진시키는 영역은 0.3~1 W/cm²의 맥동파로 골 재생 효과에 있어서 탁월한 기능을 발휘한다.³³ 신경의 전기활성화에도 영향을 주어 힘줄의 펌 성질을 증진시키며 통증을 완화시킨다.¹² 이러한 상처치유와 조직재생 과정에 반드시 필수적으로 요구되는 과정이 균일한 혈관신생 과정이다. 초음파는 혈관신생과정을 유발시킬 수 있는 물리적 인자로서 치료에 고려되고 있다.³⁴ 일반적으로 급성기 상태에서는 0.51~1.5 W/cm² 범위의 강도로 염증반응 감소, 통증 감소를 위해 맥동 초음파를 적용한다. 따라서 지금까지 연구되어온 저강도 초음파의 효과에는 조직의 재생촉진, 다양한 궤양의 치유촉진, 관절연골세포의 분화와 증식향상, 통증감소, 말초신경의 회복촉진 등이 있고, 골격근 재생을 촉진시킨다는 연구들 또한 많이 발표되고 있다.⁵ Lehmann 등³⁵은 초음파는 선택적 온도상승을 일으켜 섬유질 조직, 단축된 조직의 신장성을 증가시키기 때문에 만성동결 건 환자에게 가장 좋은 치료방법이라고 보고하였다. Munting³⁶은 관절가동운동을 단독으로 하는 것보다 초음파를 병행했을 때 통증감소에 더 효과적이라고 보고하였다. 본 연구의 결과에서도 K-WOMAC, BBS, ROM의 평가결과 매주 균형능력 향상과 일상생활의 활동에서 통증과 관절의 운동능력이 치료기간에 따라 향상됨을 확인하였다. 그러나 초음파에서 발생하는 생리학적 영향, 즉 조직을 파괴시키거나, 조직치유를 촉진시킬 수 있는 모두의 가능성을 지니고 있는 초음파효과에 대해서는 본 연구 결과에서도 다시 한 번 확인할 수 있었다.³⁷ Kim 등³⁸의 연구에서도 초기 3일 동안 대조군에 비해 실험군에서 혈관내피성장인자의 발현이 더 높게 나타나며, 7일째까지 통계학적인 유의한 변화를 일으키지 않았지만 7일 이후부터 기능회복이 시작되는 것으로써 초음파 조사는 단순한

온도상승에 의한 효과뿐만 아니라 초음파의 비열효과 또한 배제할 수 없는 원인으로 초기 기능회복의 촉진과 관련지어 보고하였다. 본 연구결과에서도 실험군 II에서는 VAS 평가 측정결과 초기 통증조절의 유의한 변화를 확인하지 못하였으나 3주 치료 후 좋은 효과를 보여주었다. Young과 Dyson³⁹연구의 흰쥐 피부에 1 cm²의 넓이로 손상을 일으킨 후 초음파를 적용한 결과 5일째까지 차이가 없었으나, 대조군과 비교하였을 때 더 많은 혈관형성이 이루어져 있음을 보고하였다. 또한 손상이 유발된 장지 신근에 치료용 초음파를 적용한 후 최대 등척성 근력을 측정한 결과 3일과 5일에서는 유의한 차이가 없었지만 7일째 유의한 차이를 보고하였다.⁴⁰ 이 결과는 초음파의 기계적 에너지 작용으로 증가된 비열효과에 의한 조직의 재형성 과정의 특이성 때문이라 생각한다. 그러므로 초음파에 의한 조직 내 온도변화뿐만 아니라 치료과정에 적절한 시간과 치료기간에 따른 생리학적, 형태학적인 변화에 대해서는 추후에도 지속적인 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

본 연구는 슬관절전치환술 후 시간이 경과함에 따라 환자가 실제로 느끼는 전기치료에 의한 통증이나 기능, 피로도의 회복기간동안의 변화를 알아보았다. 단 각군 개체수의 부족으로 실험군 간의 치료 효과의 변화를 모든 치료부분으로 확대해석하기는 어렵다는 문제점이 있으며, 임상 실험의 제한적인 문제로 추후 퇴원 후 일상생활의 활동에서의 효과 지속 상태 변화에 대한 추적 관찰 연구결과도 필요하다고 생각한다. 그러나 선행연구 자료들과 본 연구 결과를 토대로 제한점들을 보완하여 환자들의 지속적인 상태변화와 치료기간에 따른 전기치료의 다양한 중재방법으로도 빠른 통증경감과 조기 회복의 시기적인 중재 방안을 모색하는 데 기초 자료를 제공하고자 한다.

Author Contributions

Research design: Cho WS, Jin HK

Acquisition of data: Cho WS, Jin HK

Analysis and interpretation of data: Jin HK, Hwang TY

Drafting of the manuscript: Kim YS, Jin HK

Administrative, technical, and material support: Cho WS

Research supervision: Kim YN, Jin HK

참고문헌

1. Kim JH, Song YW, Lee JC et al. The study of risk factors for

- symptomatic knee osteoarthritis in Korea. *J Rheumatol.* 2008;15(2):123-30.
2. Goodfellow J, O'Connor J, Murray DW. The oxford meniscal unicompartamental knee. *J Knee Surg.* 2002;15(4):240-6.
 3. Latarjet J, Choinère M. Pain in burn patients. *Burns.* 1995; 21(5):344-8.
 4. Johnson S, Jones P, Newman JH. The survivorship and results of total knee replacements converted from unicompartamental knee replacements. *Knee.* 2007;14(2):154-7.
 5. Kim SH. Electrical modalities and pain control. *J Collection of Kaya.* 2007;16:119-31.
 6. Philadelphia Panel. Philadelphia panel evidence-based clinical practice guidelines on selected rehabilitation interventions for knee pain. *Phys Ther.* 2001;81(10):1675-700.
 7. Curtis D, Fallows S, Morris M et al. The efficacy of frequency specific microcurrent therapy on delayed onset muscle soreness. *J Bodyw Mov Ther.* 2010;14(3):272-9.
 8. Doan N, Reher P, Meghji S et al. In vitro effects of therapeutic ultrasound on cell proliferation, protein synthesis, and cytokine production by human fibroblasts, osteoblasts, and monocytes. *J Oral Maxillofac Surg.* 1999;57(4):409-19.
 9. Antov Y, Barbul A, Mantsur H et al. Electroendocytosis: Exposure of cells to pulsed low electric fields enhances adsorption and uptake of macromolecules. *Biophys J.* 2005;88(3):2206-23.
 10. Maenpää H, Jaakkola R, Sandström M et al. Does microcurrent stimulation increase the range of movement of ankle dorsiflexion in children with cerebral palsy. *Disabil Rehabil.* 2004;26(11):669-77.
 11. Park RJ. The effects of transcutaneous electrical nerve stimulation, and microampere electrical nerve stimulation on sympathetic tone in healthy subjects. *J Kor Soc Phys Ther.* 1997;9(1):51-7.
 12. Warden SJ, McMeeken JM. Ultrasound usage and dosage in sports physiotherapy. *Ultrasound Med Biol.* 2002;28(8):1075-80.
 13. Huang MH, Ding HJ, Chai CY et al. Effects of sonication on articular cartilage in experimental osteoarthritis. *J Rheumatol.* 1997;24(10):1978-84.
 14. Million R, Hall W, Nilsen KH et al. Assessment of the progress of the back-pain patient 1981 volvo award in clinical science. *Spine (Phila Pa 1976).* 1982;7(3):204-12.
 15. Videbeck M, Carlsson PS, Jensen NC et al. Measuring of preoperative anxiety by three self-reporting scales: state trait anxiety inventory, symptoms checkList 92 and visual analogue scale. *Ugeskr Laeger.* 2003;165(6):569-74.
 16. Roos EM, Roos HP, Lohmander LS. Womac osteoarthritis index-additional dimensions for use in subjects with post-traumatic osteoarthritis of the knee. western ontario and macMaster universities. *Osteoarthritis Cartilage.* 1999;7(2):216-21.
 17. Ko JK. Comparison of the results of t-womac and k-womac application on korean knee disease. Inje University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
 18. Berg KO, Maki BE, Williams JI et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(11):1073-80.
 19. Stevenson TJ. Detecting change in patients with stroke using the berg balance scale. *Aust J Physiother.* 2001;47(1):29-38.
 20. Rockstroh G, Schleicher W, Krummenauer F. Effectiveness of microcurrent therapy as a constituent of post-hospital rehabilitative treatment in patients after total knee alloarthroplasty - a randomized clinical trial. *Rehabilitation (Stuttg).* 2010;49(3):173-9.
 21. Son JH, LEE YG, Lee DO. Analysis of patients' satisfactory level after total knee replacement arthroplasty. *J Kor Knee Soc.* 2004;16(2):105-10.
 22. Cho WS, Ahn HS, Kim MY et al. Pain after total knee arthroplasty. *J Kor Orth Ass.* 2006;41(1):129-33.
 23. Flandry F, Hunt JP, Terry GC et al. Analysis of subjective knee complaints using visual analog scales. *Am J Sports Med.* 1991;19(2):112-18.
 24. Song B, Zhao M, Forrester JV et al. Electrical cues regulate the orientation and frequency of cell division and the rate of wound healing in vivo. *Proc Natl Acad Sci USA.* 2002;99(21):13577-82.
 25. Wi HN. Change of the functional status of knee joint and fatigue after total knee arthroplasty. Chonnam National University. Dissertation of Master's Degree. 2011.
 26. Han JH. Effectiveness of 8 weeks of application of aqua complexed exercise on lower limbs muscular strength, pain relief and balance after total knee arthroplasty. Korea University. Dissertation of master's Degree. 2010.
 27. Jin HK, Park JS, Kim JM. The effect of microcurrent stimulation intensity on osteoarthritis in rat. *J Kor Acad Univ Tr Phys Ther.* 2011;18(1):83-92.
 28. Oh HJ. The effects of microcurrent stimulation on recovery of function and pain in chronic low back pain. Daegu University. Dissertation of Master's Degree. 2007.
 29. Broughton G 2nd, Janis JE, Attinger CE. Wound healing: An overview. *Plast Reconstr Surg.* 2006;117(7 Suppl):1e-S-32e-S.
 30. Petrofsky J, Schwab E, Lo T et al. Effects of electrical stimulation on skin blood flow in controls and in and around stage III and IV wounds in hairy and non hairy skin. *Med Sci Monit.* 2005;11(7):CR309-16.
 31. Nunez PL, Wingeier BM, Silberstein RB. Spatial-temporal structures of human alpha rhythms: theory, microcurrent sources, multiscale measurements, and global binding of local networks. *Hum Brain Mapp.* 2001;13(3):125-64.
 32. Watson T. The role of electrotherapy in contemporary physiotherapy practice. *Man Ther.* 2000;5(3):132-41.
 33. Sena K, Leven RM, Mazhar K et al. Early gene response to low-intensity pulsed ultrasound in rat osteoblastic cells. *Ultrasound Med Biol.* 2005;31(5):703-8.
 34. Reher P, Doan N, Bradnock B et al. Effect of ultrasound on the production of IL-8, basic FGF and VEGF. *Cytokine.* 1999;11(6):416-23.
 35. Lehmann JF, Warren CG, Scham SM. Therapeutic heat and cold. *Clin Orthop Relat Res.* 1974;(99):207-45.
 36. Munting E. Ultrasonic therapy for painful shoulders. *Physiotherapy.* 1978;64(6):180-1.
 37. Harle J, Salih V, Mayia F et al. Effects of ultrasound on the growth and function of bone and periodontal ligament cells in vitro. *Ultrasound Med Biol.* 2001;27(4):579-86.

38. Kim YS, Oh TY, Kim SB. An immunohistochemical study of effects of therapeutic ultrasound on the expression of vegf and substance-p in muscle contusion injury. *J Kor Soc Phys Ther.* 2003;15(1):9-25.
39. Young SR, Dyson M. Effect of therapeutic ultrasound on the healing of full-thickness excised skin lesions. *Ultrasonics.* 1990;28(3):175-80.
40. Karnes JL, Burton HW. Continuous therapeutic ultrasound accelerates repair of contraction-induced skeletal muscle damage in rats. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(1):1-4.