

염증성 근육뼈대계 질환에 대한 미세전류의 효과: 메타분석

이정우^{1*} · 고운² · 두영택¹

¹광주여자대학교 물리치료학과 교수, ²수완요양병원 물리치료사

Effects of Microcurrent on Inflammatory Musculoskeletal Diseases: A Meta-Analysis

Lee Jeongwoo, PT, Ph.D^{1*} · Ko Un, PT² · Doo Yeongtaek, Ph.D¹

¹Dept. of Physical Therapy, Kwangju Women's University, Professor

²Dept. of Physical Therapy, Suwan Medical Center, Physical Therapist

Abstract

Purpose : The purpose of this meta-analysis was to examine the effects of microcurrent on inflammatory musculoskeletal diseases.

Methods : Domestic databases (RISS, NDSL, KISS, DBpia, and Kmbase) were searched for studies that conducted clinical trials associated with microcurrent and its impact on inflammatory musculoskeletal diseases. A total of 606 studies published between 2002 and 2019 were identified, with 8 studies satisfying the inclusion data. The studies were classified according to patient, intervention, comparison, and outcome (PICO). The search outcomes were items associated with blood component, pain, and function. The 8 studies that were included in the study were evaluated using R meta-analysis (version 4.0). The quality of 7 randomized control trials was evaluated using Cochrane risk of bias (ROB). The quality of 1 non-randomized control trial was evaluated using risk of bias assessment tool for non-randomized studies (RoBANS). Effect sizes were computed as the corrected standard mean difference (SMD). A random-effect model was used to analyze the effect size because of the high heterogeneity among the studies. Egger's regression test was carried out to analyze the publishing bias.

Results : The following factors had a large effect size involving microcurrent on inflammatory musculoskeletal diseases: blood component (Hedges's $g=-2.46$, 95 % CI=-4.20~-0.73), pain (Hedges's $g=3.51$, 95 % CI=2.44~4.77), and function (Hedges's $g=3.06$, 95 % CI: 1.53~4.58). Except for function ($t=1.572$, $p=.191$), Egger's regression test showed that the publishing bias had statistically significant differences.

Conclusion : This study provides evidence for the effectiveness of microcurrent on inflammatory musculoskeletal diseases in terms of blood component, pain, and function. However, due to the small sample sizes used in the included studies, the results of our study should be interpreted cautiously, especially considering the publishing bias.

Key Words : inflammatory musculoskeletal disease, microcurrent, pain, meta-analysis

*교신저자: 이정우, jwlee@kwu.ac.kr

논문접수일 : 2020년 9월 4일 | 수정일 : 2020년 9월 24일 | 게재승인일 : 2020년 10월 8일

※ 본 논문은 2020학년도 광주여자대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구되었음(KWUI20-005).

I. 서론

1. 연구의 배경 및 필요성

근육뼈대계 통증(musculoskeletal pain)은 주요한 임상 문제인데, 이중에서 염증성 관절질환들(inflammatory joint disease)은 젊은 나이에서 관절 통증을 일으키는 주요한 원인이며, 뼈관절염(osteoarthritis)은 노인에게서 우세하게 발생하는 관절 통증의 원인이다(Arendt-Nielsen 등, 2011). 지속된 염증은 골다공증(osteoporosis), 뼈관절염, 근육감소증(sarcopenia)과 같은 나이와 관련된 병리(pathology)를 포함하는 많은 근골격계 질환의 발생기전에 크게 기여를 하고 있다(Gallo 등, 2017). 따라서 많은 근육뼈대계 질환에서 염증에 대한 치료가 요구되고 있으며, 물리치료 분야에서는 염증을 감소시키기 위한 방법으로 광선, 전기, 기계적 자극 등 다양한 물리치료 인자를 활용하고 있다. 이중에서 전류를 활용한 미세전류 전기자극(microcurrent electrical stimulation; MET)은 일반적으로 1 μ A와 1,000 μ A 사이에서 단상(monophasic) 또는 양상(biphasic) 맥동 미세전류(pulsed microamperage current)로 전달되는 낮은 강도의 전류(low-intensity current)이다(Ahmed 등, 2012).

동물을 대상으로 한 실험에서 미세전류 자극은 ATP 농축(ATP concentrations)을 현저하게 증가시켰는데, 미세전류 강도가 약 500 μ A까지 최대 수준이 있었으나 이후 감소되기 시작하여 1,000 μ A에서는 50~100 μ A 수준까지 감소되었고 5,000 μ A에서는 대조군과 비슷한 수준으로 감소되어 500 μ A의 전류량에서 최대 수준의 ATP 농축이 되는 것으로 나타났으며(Cheng 등, 1982), 사람을 대상으로 한 연구에서는 미세전류가 염증성 사이토카인 IL-1, IL-6, TNF- α , 신경펩타이드 P물질(neuropeptide substance P)의 혈청 수준을 감소시켜 섬유성 근육통(fibromyalgia)의 통증 감소에 도움이 되는 것으로 보고되었다(McMakin 등, 2004).

미세전류와 관련된 최근 연구 분야로는 대표적으로 통증과 관련된 연구들 중에서는 지연성 근육통(Cho와 Song, 2014), 목통증(Armstrong 등, 2017), 외측상과염(Kwon, 2019), 무릎관절염(Chung과 Cho, 2015), 근육회복

(Hiroshige 등, 2018) 연구들과 기능 개선과 관련된 연구(Kwon 등, 2017) 및 상처 치유관련 연구들(Ahmed 등, 2012; Nair, 2018)이 있다. 이러한 많은 연구들이 보고되고 있음에도 미세전류에 대한 좀 더 높은 수준의 근거에 대한 연구 분야는 조직치유와 관련된 연구에서만 체계적 고찰 및 메타분석의 결과가 일부 보고되었는데, 전기자극이 일반 치료에 비해 궤양의 치유에 우세한 근거가 있는 것으로 보고되었다(Barnes 등, 2014). Barnes 등(2014)의 메타분석 연구에서는 전기자극을 직류(direct current), 맥동전류(pulsed current), 교대 전류(alternating current)로 분류하고 맥동전류는 전압에 따라 고전압과 저전압으로 나누었으며, 교대전류는 양상 대칭파(biphasic symmetrical)와 양상 비대칭파(biphasic asymmetrical)로 나누어 분석을 실시한 결과 맥동전류와 교대 전류가 일반치료에 비해 상처 크기에서 효과적인 것으로 나타났으나 분석된 논문 수가 매우 적었으며, 연구들 사이의 높은 이질성과 측정도구의 질적 및 신뢰도 등이 제한점인 것으로 보고하였다.

따라서 많은 근육뼈대계 질환의 발생기전에 기여하는 염증과 관련한 미세전류치료 분야들은 연구는 되고 있으나 아직까지 좀 더 높은 수준의 근거에 대한 체계적 고찰 및 메타분석 연구가 거의 없는 실정이다.

2. 연구의 목적

이 연구의 목적은 염증성 근육뼈대계 질환의 미세전류 효과에 대한 메타분석을 통해 염증성 근육뼈대계 질환에 대한 미세전류의 치료적 근거를 제시하기 위한 것이다.

II. 연구방법

1. 연구설계

본 연구는 염증성 근육뼈대계 질환에 대한 미세전류의 효과를 파악하기 위한 메타분석 연구이다.

2. 연구의 선정 기준

본 연구는 메타분석을 위하여 PICO-SD(participants, intervention, outcome, study design)에 기초하여 연구를 선정하였다. 연구의 선정 기준은 연구주제가 염증성 근육 뼈대계 질환이며, 미세전류를 적용한 임상연구로 한정하였다. 연구 배제 기준은 연구주제가 염증성 근육뼈대계 질환이 아닌 연구, 단일집단 연구, 사례연구, 평균 및 표준편차 등의 통계적 수치가 제시되지 않은 연구 등 본 연구의 설계와 맞지 않는 연구는 배제하였다.

3. 자료 검색 및 선정 과정

자료의 검색데이터 베이스는 한국교육학술정보원(RISS)국가과학기술정보 통합서비스(NDSL), 한국학술정보원(KISS), 학술데이터베이스서비스(DBpia), 한국의학논문데이터베이스(Kmbase)를 사용하여 논문을 검색하였다. 검색어는 ‘염증(inflammation)’, ‘관절염(arthritis)’, ‘상과염(epicondylitis)’, ‘힘줄염(tendinitis)’, ‘사이토카인(cytokine)’, ‘인터루킨(intereukin)’, ‘미세전류(microcurrent)’, ‘극저전류(ultra low current)’를 선정하였다. 자료 선정과정은 물리치료학과 교수 2인과 임상 물리치료사 2인이 최종합의하에 결정하였다.

4. 논문의 질 평가

선정된 논문의 질 평가를 위해 무작위 논문들은 Cochrane ROB(risk of bias)의 항목을 사용하여 분석하였으며(Higgins와 Green, 2011), 비무작위 논문들은 RoBANS(risk of bias assessment tool for non-randomized studies)의 항목을 사용하여 분석하였다(Kim 등, 2013). Cochrane ROB는 선택비폴림(selection bias), 실행비폴림(performance bias), 탈락비폴림(attrition bias), 결과확인비폴림(detection bias), 보고비폴림(reporting bias), 그 외 비폴림(other bias)으로 구성되어 있다(Kim 등, 2016). RoBANS는 대상군 선정(selection of participants), 교란변수(confounding variables), 중재측정(measurement of exposure), 결과 평가에 대한 눈가림(blinding of the outcome assessments), 불완전한 자료(incomplete outcome

data), 선택적 결과보고(selective outcome reporting)로 구성되어 있다.

5. 자료 분석

최종 연구대상으로 선정된 8편을 분석하여 연구들의 특성에 대한 정보를 분석하여 자료를 코딩하였다. 효과크기는 R 메타분석 프로그램(version 4.0)을 이용하여 각 연구들을 비교할 수 있도록 교정된 표준화된 평균효과크기(corrected standardized mean difference; SMD)로 Hedges's g와 95 % 신뢰수준(confidence interval; CI)을 계산하였고 Cohen(1988)에 따르면 효과크기 0.2는 작은 효과크기, 0.5는 중간 효과크기, 0.8이상은 큰 효과크기를 나타낸다(Sullivan & Feinn, 2012). 미세전류의 효과크기를 검증하기 위해 각 연구물에서 종속변수에 따라 3개의 범주로 나누어 메타분석을 실시하였다. 첫 번째는 혈액 성분 분석과 관련이 있는 변수들로 크레아틴인산화효소(creatine phosphokinase; CPK), C 반응단백질(c-reactive protein; CRP), 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase; LDH), 인터루킨 반응세포비율(interleukin reactive cell ratio; IL-6), 백혈구(white blood cell; WBC)로 5개였다. 두 번째는 통증과 관련된 변수들로 맥길통증질문지(McGill pain questionnaire; MPQ), 기계적 통증 문턱값(mechanical pain threshold; MPT), 통각급힘반사(nociceptive flexion reflex; NFR), 열적 통증 문턱값(thermal pain threshold; TPT), 시각통증등급(visual analogue scale; VAS)으로 5개였다. 세 번째는 기능과 관련된 변수들로서 악력검사(grip strength test; GST), 근력검사(muscle strengthening test; MST), 족문폭(paw width; PW), 족문보장(stride length; SL), 걸음스피드검사(step speed test; SST), 일어나 걸어가기 검사(timed up and go test; TUG), 걸기스피드검사(walking speed test; WST), 능동관절운동범위(active range of motion; AROM)로 8개였다. 또한 하나의 연구에서 여러 미세전류 치료 집단이 있는 경우 개별 논문으로 취급하여 분석을 실시하였다. 연구에 대한 이질성 검증은 Higgins의 I^2 통계량을 분석하여 판단하였다. Higgins의 I^2 통계량에서 25 %는 낮은 이질성(heterogeneity), 50 %는 중간 정도의 이질성, 75 %는 높은 이질성을 의미한다(Huedo-Medina 등, 2006). 따라서 본 연구에서는 $I^2=50$

%이상이 경우 변량효과모형(random effect model)으로 분석하였다. 출판편의(publication bias)를 파악하기 위해서 Egger의 회귀분석(Egger's regression test)을 실시하였다.

III. 결과

1. 연구의 선정 과정

연구의 선정 과정은 4단계를 통해 선정되었는데, 1단

계에서 한국교육학술정보원(RISS)을 통해 576편, 국가과학기술정보 통합서비스(NDSL) 135편, 한국학술정보원(KISS) 69편, 학술데이터베이스서비스(DBpia) 33편, 한국 의학논문데이터베이스(Kmbase)를 통해 14편이 검색되었다. 2단계에서 중복된 문헌을 제외한 후 남은 연구는 606편이었다. 3단계에서 초록과 제목을 통해 대상자가 염증성 근육뼈대계 질환 및 미세전류가 아닌 연구들을 제외하여 16편이 선정되었고 4단계에서 조직학 사진만 제시되었거나 표만 제시하여 평균과 표준편차 등의 데이터가 없거나 대조군이 없는 연구를 제외하여 최종 8편이 선정되었다(Fig 1).

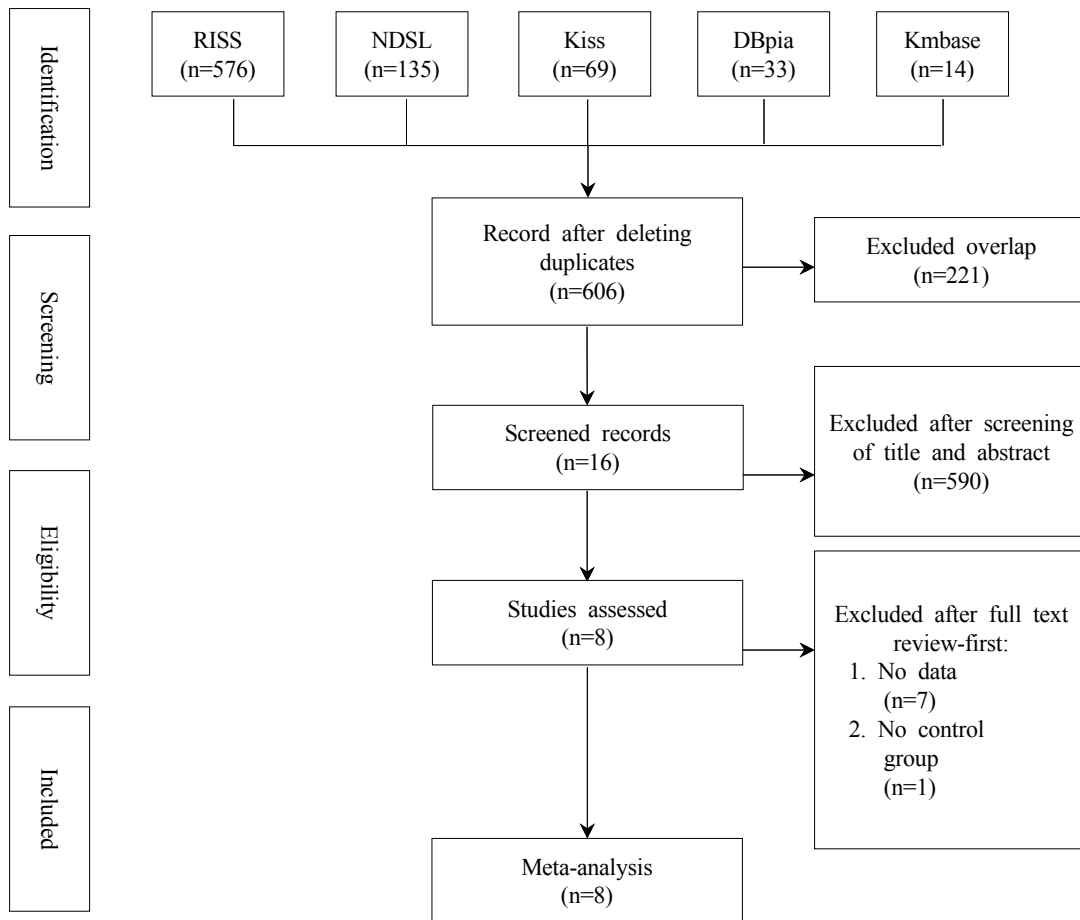


Fig 1. Flow chart of the study selection process

2. 선정된 연구의 특성

선정된 연구는 표본크기, 연구 설계, 대상자, 중재 기

간 및 방법, 측정도구로 구성하였다(Table 1). 분석대상 8편의 논문은 2002년부터 2019년까지 분포되어 있으며, 무작위 논문 7편, 비 무작위 논문 1편이었다. 대상자는

사람이 3편, 동물이 5편이었으며, 중재기간은 1주가 3편, 2주가 2편, 3주가 1편, 4주가 1편, 6주가 1편이었다. 주당 미세전류 적용 횟수는 3회가 2편, 5회가 1편, 6회가 1편, 7회가 3편, 8회가 1편이었으며, 회당 미세전류 적용시간은 10분이 2편, 20분이 5편, 240분(4시간)이 1편이었다.

3. 선정된 연구에 대한 질 검증

선정된 연구들 중 무작위 연구들에 대한 질 검증은 Cochrane ROB(risk of bias)를 사용하여 평가한 결과, 무작위 배정순서에서는 무작위 배정을 실행하였으나 난수표 또는 컴퓨터 등과 같은 구체적인 방법에 대한 기술이 없어 불명확한 연구가 7편이었으며, 배정순서의 은폐에서도 은폐방법에 대한 기술이 없는 논문이 7편으로 비뚤림 위험이 불명확한 것으로 판단하였다(Table 2).

연구 참여자와 연구자에 대한 눈가림 및 결과평가에 대한 눈가림에서는 7편 모두 눈가림이 시행에 대해 기술이 없으나 이 중 4편(Cho, 2012; Jin, 2010; Kim, 2007; Lee 등, 2010)은 동물을 대상으로 한 실험으로 연구 대상이 배정된 중재를 알 수 없어 눈가림이 결과에 영향을 미치지 않을 것으로 평가하여 비뚤림 위험이 낮은 것으로 평가하였다. 불충분한 결과자료에 대한 비뚤림에서는 7편 모두 연구 설계에 따라 결과를 보고하여 비뚤림 위험이 낮은 것으로 평가하였다. 선택적 보고에서는 사전에 정해진 방법대로 이루어졌으며, 탈락자가 발생한 연구(Yang 등, 2011)의 경우 탈락의 이유를 기술하여 7편 모두 비뚤림 위험이 낮은 것으로 평가하였다. 그 외 비뚤림 위험문제는 큰 문제점들은 없지만 미세전류의 주파수나 파형 또는 전류강도에 대한 설명이 명확하지 않아 2편(Lee 등, 2010; Yang 등, 2011)은 비뚤림 위험이 불

Table 1. General characteristics of studies

Author	Sample size		Study design	Subject	Intervention			Outcomes
	EG	CG			Duration (min/ session/ week)	EG	CG	
Kwon, 2019	5	5	RCT	Human	20/ 8/ 1	MC	-	AROM, GST, MST, VAS
Chung & Cho, 2015	15	15	RCT	Human	20/ 3/ 6	MC+ CPT	CPT	VAS, MPQ TUG
Cho, 2012	15	15	RCT	Animal	20/ 6/ 1	AMC, CMC, ATMC	-	CPK, LDH, MPT
Yang et al., 2011	19	12	RCT	Human	240/ 7/ 3	MC	-	VAS, SST, TUG, WST
Lee et al., 2010	18	18	RCT	Animal	20/ 7/ 2	MC	-	IL-6, TPT
Jin, 2010	14	7	RCT	Animal	15/ 5/ 4	MC	-	SL, PW
Kim, 2007	6	6	RCT	Animal	20/ 3/ 1	MC	-	MPT, NFR, TPT
Lee et al., 2002	16	8	NRCT	Animal	15/ 7/ 2	MC	-	CRP, WBC

EG; experimental group, CG; control group

AMC; anode microcurrent, AROM; active range of motion, ATMC; alternation microcurrent, CMC; cathode microcurrent, CPK; creatine phosphokinase, CPT; conventional physical therapy, CRP; c-reactive protein, GST; grip strength test, LDH; lactate dehydrogenase, MC; microcurrent, IL-6; interleukin reactive cell ratio, MST; muscle strengthening test, MPQ; McGill pain questionnaire, MPT; mechanical pain threshold, NFR; nociceptive flexion reflex, NRCT; non-randomized control trial, PW; paw width, RCT; randomized control trial, SL; stride length, SST; step speed test, TPT; thermal pain threshold, TUG; timed up and go test, VAS; visual analogue scale, WBC; white blood cell, WST; walking speed test

명확한 것으로 평가하였으며, 1편(Kwon, 2019)은 전류강도를 대상자가 느낄 수 있는 감각역치로 설정한 것은 미세전류의 전류강도 적용에 있어서 비플립 위험이 높다고 판단되었다.

비무작위 연구 1편에 대한 질 검증은 RoBANS를 사용하여 평가한 결과 대상군 선정, 교란변수는 동일한 대상군 집단에서 선정되고 교란변수가 없을 것으로 판단되어 비플립 위험이 낮은 것으로 판단하였다. 중재(노출)측

정에서는 신뢰할 수 있는 평가지표를 사용하여 비플립 위험이 낮은 것으로 판단하였으며, 불완전한 자료, 선택적 결과 보고는 결측치가 없고 연구설계에 따라 보고하여 모두 비플립 위험이 낮은 것으로 평가하였다. 결과 평가에 대한 눈가림은 눈가림 여부에 대한 기술이 없어서 판단할 수 없었기 때문에 불명확한 것으로 판단하였다(Table 3).

Table 2. Risk of bias for randomized controlled trial studies

Domain	Risk of bias		
	Unclear	Low	High
Random sequence generation (selection bias)	7	-	-
Allocation concealment (selection bias)	7	-	-
Blinding of participants and personnel (performance bias)	3	4	-
Blinding of outcome assessment (detection bias)	3	4	-
Incomplete outcome data (attrition bias)	-	7	-
Selective reporting (reporting bias)	-	7	-
Other bias	2	4	1

Table 3. Risk of bias assessment tool for non-randomized studies

Domain	Risk of bias		
	Unclear	Low	High
Selection of participants	-	1	-
Confounding variables	-	1	-
Measurement of exposure	-	1	-
Blinding of the outcome assessments	1	-	-
Incomplete outcome data	-	1	-
Selective outcome reporting (reporting bias)	-	1	-

4. 미세전류의 효과크기

1) 혈액성분에 대한 미세전류의 전체 평균 효과크기

혈액성분에 대한 미세전류의 전체 평균 효과크기를 분석한 결과 효과크기의 동질성(homogeneity)은 $I^2=94$

%($Q=77.70, p<.01$)로 높은 이질성을 보이는 것으로 나타났다(Fig 2). 따라서 랜덤효과모형을 이용하여 분석한 결과 전체 연구의 평균효과크기 Hedges's $g=2.46(95\% \text{ CI}: 0.73\sim 4.20)$ 으로 나타나 큰 효과크기가 있는 것으로 나타났다.

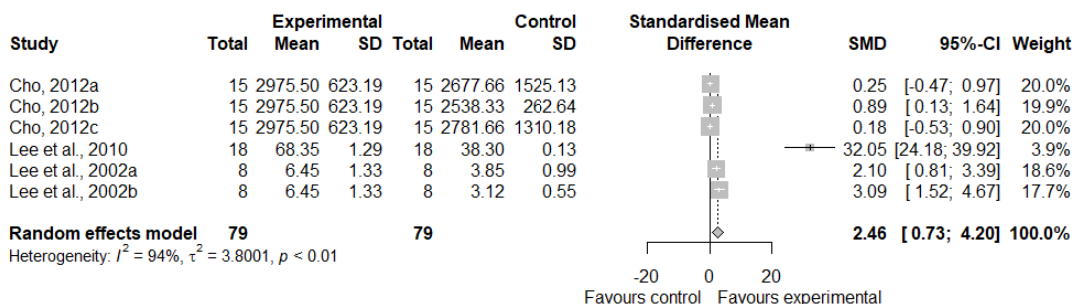


Fig 2. Effect size of microcurrent on blood component

2) 통증에 대한 미세전류의 전체 평균 효과크기
 통증에 대한 미세전류의 전체 평균 효과크기를 분석한 결과 효과크기의 동질성(homogeneity)은 $I^2=87.0\%$ ($Q=61.47$, $p<.01$)로 높은 이질성을 보이는 것으로 나타

났다(Fig 3). 따라서 랜덤효과모형을 이용하여 분석한 결과 전체 연구의 평균효과크기 Hedges's $g=3.51$ (95 % CI: 2.44~4.77)로 나타나 큰 효과크기가 있는 것으로 나타났다.

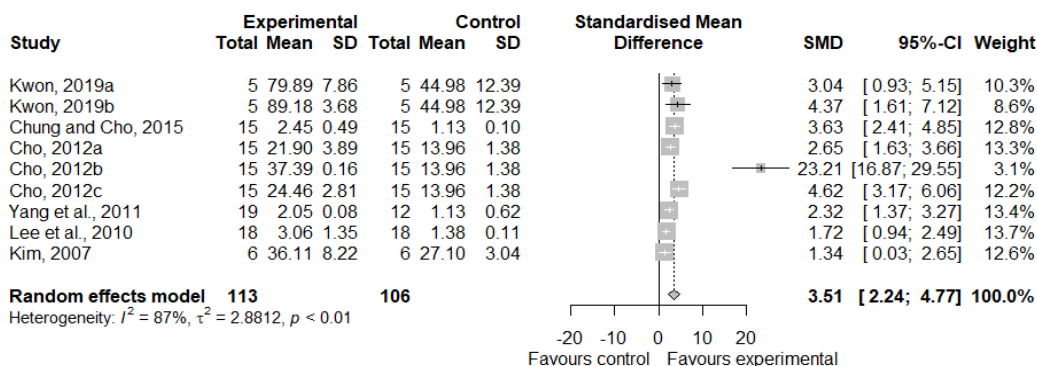


Fig 3. Effect size of microcurrent on pain

3) 기능에 대한 미세전류의 전체 평균 효과크기
 기능에 대한 미세전류의 전체 평균 효과크기를 분석한 결과 효과크기의 동질성(homogeneity)은 $I^2=83.7\%$ ($Q=30.74$, $p<.01$)로 높은 이질성을 보이는 것으로 나타

났다(Fig 4). 따라서 랜덤효과모형을 이용하여 분석한 결과 전체 연구의 평균효과크기 Hedges's $g=3.06$ (95 % CI: 1.53~4.58)로 나타나 큰 효과크기가 있는 것으로 나타났다.

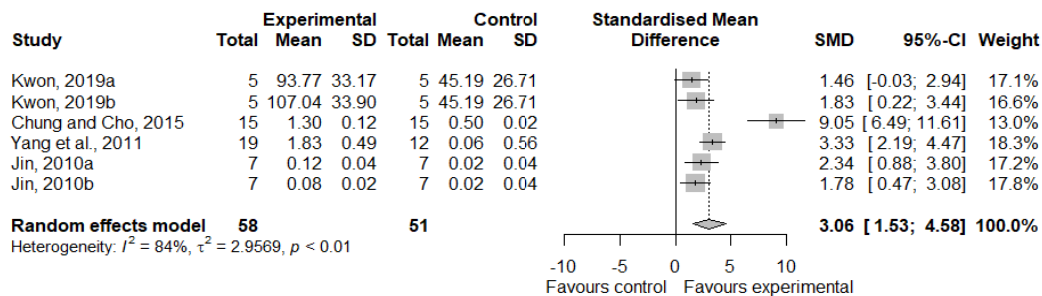


Fig 4. Effect size of microcurrent on function

5. 출판편의 분석

출판편의를 확인하기 위해 Egger의 회귀분석을 이용하여 분석한 결과 혈액성분($t=9.637, p=.001$), 통증($t=3.398, p=0.012$), 기능($t=1.572, p=.191$)으로 각각 분석되어 기능을 제외한 혈액성분과 통증은 출판편의가 있는 것으로 나타났다. Higgins와 Green (2011)은 메타분석 연구에서 소규모연구영향과 출판 비틀림을 적절하게 탐색하기 위해서는 최소한 10개의 연구가 필요한 것으로 권고하고 있다. 본 연구에서 분석한 문헌의 수가 10개 미만이었으므로 출판편의의 결과판정을 그대로 해석하기는 어렵기 때문에 출판편의를 안정적으로 분석하기 위해서는 앞으로 추가적인 연구 결과들이 더 필요한 것으로 판단된다.

IV. 고 찰

본 연구는 2002년도에서 2019년도까지 국내에서 수행된 염증성 근육뼈대계 질환을 대상으로 미세전류를 적용한 연구들 중 최종 선정된 8편의 논문은 학위논문 4편, 학술논문이 4편이었으며, 무작위 논문 7편, 비무작위 논문 1편인 것으로 파악되었다. 최종 선정된 8편의 논문 중 사람을 대상으로 한 논문이 3편, 동물을 대상으로 한 논문이 5편으로 염증성 근육뼈대계 질환과 관련된 미세전류 연구들은 동물을 대상으로 한 연구들이 좀 더 많은 것으로 나타났다.

본 연구에서는 종속변수인 혈액성분, 통증, 기능 모두에서 효과크기의 이질성이 큰 것으로 나타나 조절변수(moderator)들을 통한 이질성에 대한 설명이 필요하였으나 논문 편수가 10개 미만이었으므로, 조절변수 당 최소 10개 이상의 논문이 필요하기 때문에(Hwang, 2016) 조절변수들을 통한 메타분석을 실시하지 못했다. 효과크기가 연구 간 어느 정도 차이가 있다면 효과크기의 분포에 주의하면서 평균 효과크기를 보고해야 하며, 효과크기가 서로 많이 다르다면 평균효과크기의 중요성보다 효과크기의 실제 분산에 중점을 두고 해석해야 한다(Hwang, 2016). 따라서 본 연구는 이질성이 높았기 때문

에 평균효과크기의 중요성보다 실제 분산에 중점을 두고 분석을 실시하였다.

혈액성분과 관련된 효과크기에서 6편의 교정된 표준화된 평균차이(Hedges's g)는 -2.46 으로 효과크기가 큰 것으로 나타났다. 실제 효과크기의 분포를 나타내는 분산을 살펴본 결과 6편 중에 4편의 연구만이 숲 그림(forest plot)의 수직선(0)에 95% 신뢰구간이 포함되지 않아 신뢰구간이 포함된 2편을 제외한 4편만이 미세전류에 의한 혈액성분 감소에 효과적인 것으로 판단되었다. 이 중에서 미세전류가 효과적인 연구들을 살펴보면 Lee 등(2010)은 동물을 대상으로 0.3 Hz의 주파수와 20 μA 의 전류강도로 20분 동안 2주일 간 미세전류를 적용한 연구였는데(Hedges's $g=32.05, 95\% CI=24.18\sim 32.92$), 적용된 전류의 파형(wave) 등은 설명되어 있지 않았으며, 특히 효과크기가 다른 연구들과는 너무 크게 차이가 나타났기 때문에 향후에 조절변수 등 효과크기 설명에 대한 추가적인 분석이 필요한 것으로 판단된다. Lee 등(2002)의 연구는 동물을 대상으로 각각 15 μA 의 전류강도(Hedges's $g=2.10, 95\% CI=0.81\sim 3.39$)와 25 μA 의 전류강도(Hedges's $g=3.09, 95\% CI=1.51\sim 4.67$)로 15분간 총 4주 동안 적용하였으며, 주파수 및 적용된 전류의 파형 등은 설명되어 있지 않았다. 또한 Cho(2012)의 동물을 대상으로 한 연구에서는 50%의 순환 주기로 50 μA 의 전류강도와 5 pps의 주파수를 20분 동안 6일 간 치료부위에 음극(-)의 단상성 직사각형파(Hedges's $g=0.89, 95\% CI=0.13\sim 1.64$)를 적용한 미세전류에서는 효과적인 것으로 나타났으나 각각 양극(+의 단상성 직사각형파(Hedges's $g=0.25, 95\% CI=-0.47\sim 0.97$)와 교대(alternating)극성모드(Hedges's $g=0.18, 95\% CI=-0.53\sim 0.90$)를 적용한 미세전류에서는 수직선에 95% 신뢰구간이 포함되어 다른 중재방법들에 비해 미세전류의 효과를 긍정적으로 해석하기에는 부족한 것으로 나타났다. 따라서 혈액성분과 관련된 미세전류의 효과는 단기간 적용에서는 음극(-) 전극을 치료부위에 적용한 미세전류가 염증관련 혈액성분의 감소에 효과적인 것으로 나타났으며, 2주 이상의 적용에서는 적용된 주파수나 전류의 파형 등과 관계없이 대부분 효과적인 것으로 나타났다.

McMakin(2011)은 척추 외상이 있는 대상자의 섬유성 근육통의 경우 오직 40 Hz와 10 Hz의 특정 주파수로 구

성된 미세전류에서만 염증성 사이토카인(inflammatory cytokine)들을 감소시킨 것으로 보고하였으나 국내의 미세전류 연구들은 동물을 대상으로 50 μ A의 낮은 전류강도와 50 Hz 이하의 주파수에서는 모두 효과적인 것으로 나타나 차이를 보였는데, 이러한 차이가 대상자의 차이로 인한 것인지에 대한 것은 향후에 좀 더 연구가 필요할 것으로 생각된다.

통증과 관련된 효과크기에서 9편의 교정된 표준화된 평균차이는 3.51로 효과크기가 큰 것으로 났으며, 실제 효과크기의 분포를 나타내는 분산을 살펴본 결과에서도 9편 모두 숲 그림(forest plot)의 수직선(0)에 95 % 신뢰구간이 포함되지 않아 9편 모두 효과적인 것으로 나타나 염증성 근육뼈대계 질환의 미세전류에 대한 통증 감소 효과는 큰 것으로 나타났다. 특히, 전체 평균 효과크기(Hedges's $g=3.51$)보다 더 큰 효과가 나타난 연구들로는 Kwon(2019)의 정상 성인을 대상으로 한 연구에서 20 Hz의 주파수와 200 μ s의 맥동기간, 감각역치(sensory threshold) 수준의 전압($\pm 5-20$ V) 강도로 외측 팔꿈관절 힘줄에 지연성 근육통을 유발 후 미세전류를 4일 간 적용한 연구(Hedges's $g=4.37$, 95 % CI=1.61~7.12)였다. 또한 Cho(2012)의 연구는 동물을 대상으로 50 %의 순환 주기로 50 μ A의 전류 강도와 5 pps의 주파수를 20분 동안 6일 간 치료부위에 각각 음극(-) 전극 미세전류(Hedges's $g=23.21$, 95 % CI=16.87~29.55)와 교대모드 미세전류(Hedges's $g=4.62$, 95 % CI=3.17~6.06)를 적용한 연구들이었다. 따라서 염증성 근육뼈대계 질환의 미세전류는 주파수, 전류강도, 전극 극성 등 적용방법과 관계없이 통증 감소에 모두 효과적인 것으로 나타났다.

기능과 관련된 효과크기에서 6편 전체의 교정된 표준화된 평균차이는 3.06으로 효과크기가 큰 것으로 나타났으며, 실제 효과크기의 분포를 나타내는 분산을 살펴본 결과 6편 중에 5편만이 모두 숲 그림(forest plot)의 수직선(0)에 95 % 포함되지 않아 신뢰구간이 포함된 1편을 제외한 5편에서 효과적인 것으로 나타났다. 특히, 전체 평균 효과크기(Hedges's $g=3.06$)보다 더욱 큰 효과가 나타난 연구로는 Chung과 Cho(2015)의 연구로 60대의 퇴행성관절염 환자를 대상으로 5 pps의 주파수와 200 μ A의 전류강도로 20분 동안 6주간 미세전류를 적용한 연구(Hedges's $g=9.05$, 95 % CI=6.49~11.61)였다. 또한

Kwon(2019)의 정상 성인을 대상으로 가쪽 팔꿈관절 힘줄에 지연성 근육통을 유발 후 4일 간 200 μ s의 맥동기간, 감각역치(sensory threshold) 수준의 전압($\pm 5-20$ V) 강도로 20 Hz를 적용한 미세전류(Hedges's $g=1.83$, 95 % CI=0.22~3.44)는 기능에 효과적인 것으로 나타났으나 100 Hz를 적용한 미세전류 그룹은 수직선에 95 % 신뢰구간이 포함되어(Hedges's $g=1.46$, 95 % CI=-0.03~2.94) 다른 증재방법들에 비해 미세전류의 효과를 긍정적으로 해석하기에는 부족한 것으로 나타났다. 따라서 사람을 대상으로 한 연구들에서는 200 μ A 이상의 미세전류가 기능에 더욱 효과적인 것으로 나타났다.

본 연구의 제한점으로는 Egger의 회귀분석을 통해 출판편의를 분석한 결과 기능을 제외한 혈액성분과 통증에서 출판편의가 있는 것으로 나타났으나 연구 편수가 적어 안정된 결과를 얻기 어렵기 때문에 이에 대한 안정적인 출판편의에 대한 해석을 하기는 어려운 제한점이 있다.

V. 결론

본 연구는 2002년부터 2019년까지 국내에서 수행된 염증성 근육뼈대계 질환을 대상으로 미세전류를 적용한 연구들 중 최종 선정된 8편을 대상으로 메타분석을 실시하였다. 본 연구의 결과, 염증성 근육뼈대계 질환에 대한 미세전류의 효과는 염증관련 혈액성분, 통증, 기능에서 모두 대조군들보다 효과크기가 큰 것으로 나타났다. 염증관련 혈액성분의 경우 50 Hz미만의 미세전류들에서 효과적이었으며, 통증 감소의 경우는 미세전류의 적용방법과 관련 없이 모두 효과적인 것으로 나타났고 기능의 경우는 특히, 20 Hz 미만의 저빈도와 200 μ A 이상의 전류강도에서 효과적인 것으로 나타났다.

따라서 이러한 연구결과는 임상에서 염증성 근육뼈대계 질환에 대한 미세전류의 치료적 근거로 활용될 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 비플립 위험도 평가의 일부항목들에서 구체적인 설명이 없어 불명확한 것으로 평가된 연구들이 다수 포함되었으며, 연구들 사이에 이질성이 매우 큰 것으로 나타났고 안정적인 출판

편의에 대한 분석이 어려웠기 때문에 이러한 부분들에 대해 주의해서 해석해야 하며, 향후에 질적으로 높은 수준의 연구들이 더욱 필요할 것으로 생각된다.

참고문헌

- Ahmed AF, Elgayed SA, Ibrahim IM(2012). Polarity effect of microcurrent electrical stimulation on tendon healing: Biomechanical and histopathological studies. *J Adv Res*, 3(2), 109-117. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2011.05.004>.
- Arendt-Nielsen L, Fernández-de-las-Penas C, Graven-Nielsen T(2011). Basic aspects of musculoskeletal pain: from acute to chronic pain. *J Man Manip Ther*, 19(4), 186-193. <https://doi.org/10.1179/106698111X13129729551903>.
- Armstrong K, Gokal R, Chevalier A, et al(2017). Microcurrent point stimulation applied to lower back acupuncture points for the treatment of nonspecific neck pain. *J Altern Complement Med*, 23(4), 295-299. <https://doi.org/10.1089/acm.2016.0313>.
- Barnes R, Shahin Y, Gohil R, et al(2014). Electrical stimulation vs. standard care for chronic ulcer healing: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Eur J Clin Invest*, 44(4), 429-440. <https://doi.org/10.1111/eci.12244>.
- Cheng N, Van Hoof H, Bockx E, et al(1982). The effects of electric currents on ATP generation, protein synthesis, and membrane transport in rat skin. *Clin Orthop*, 171, 264-272. <https://doi.org/10.1097/00003086-198211000-00045>.
- Cho HY(2012). The effects of polarity of microcurrent on anti-inflammatory in rat model of acute and chronic inflammation induced. Graduate school of Seonam University, Republic of Korea, Doctoral dissertation.
- Cho NJ, Song SH(2014). Effects of microcurrent delayed onset muscle soreness on creatine kinase. *J Korean Soc Integrative Med*, 2(3), 31-37. <https://doi.org/10.15268/ksim.2014.2.3.031>.
- Chung JS, Cho NJ(2015). Micro-current treatment effects on pain, balance of the degenerative knee arthritis. *J Korean Soc Integrative Med*, 3(2), 9-16. <https://doi.org/10.15268/ksim.2015.3.2.009>.
- Cohen J(1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. 2nd ed, Hillsdale, Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, pp.25-26.
- Gallo J, Raska M, Kriegova E, et al(2017). Inflammation and its resolution and the musculoskeletal system. *J Orthop Translat*, 10, 52-67. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2017.05.007>.
- Hwang SD(2016). *Meta-analysis using R*. 1st ed, Seoul, Hakjisa, pp.134-201.
- Hiroshige Y, Watanabe D, Aibara C, et al(2018). The efficacy of microcurrent therapy on eccentric contraction-induced muscle damage in rat fast-twitch skeletal muscle. *Open J App Sci*, 8(3), 89-102. <https://doi.org/10.4236/ojapps.2018.83008>.
- Huedo-Medina T, Sanchez-Meca J, Marin-Martinez F, et al(2006). Assessing heterogeneity in meta-analysis: Q statistic or I² index?. *Psychol Methods*, 11(2), 193-206. <https://doi.org/10.1037/1082-989X.11.2.193>.
- Jin HK(2010). The effect of microcurrent stimulation intensity on osteoarthritis in rat. Graduate school of Seonam University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim YP(2007). Anti-hyperalgesic effects of electroacupuncture combination of MENS or meloxicam gel in rat with inflammation. Graduate school of Dongshin University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Kim KJ, Hong HS, Park WJ, et al(2016). Effects of an abdominal obesity management program on physiological bio-markers of middle-aged women in Korea: a meta-analysis. *Korean J Obes*, 25(3), 138-149. <https://doi.org/10.7570/kjo.2016.25.3.138>.
- Kim SY, Park JE, Lee YJ, et al(2013). Testing a tool for assessing the risk of bias for nonrandomized studies showed moderated reliability and promising validity. *J Clin Epidemiol*, 66(4), 408-414. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2012.09.016>.

- Kwon DR, Kim JH, Kim YM, et al(2017). Short-term microcurrent electrical neuromuscular stimulation to improve muscle function in the elderly: a randomized, double-blinded, sham-controlled clinical trial. *Medicine*, 96(26), Printed Online. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000007407>.
- Kwon HC(2019). Development and evaluation of micro-current stimulator for lateral epicondylitis treatment. Graduate school of Konyang University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee BO, Hwan SY, Lee KM, et al(2002). The effect of microcurrent therapy on adjuvant induced rheumatoid arthritis in rats. *Korean J Clin Lab Sci*, 34(2), 193-200.
- Lee HM, Lee SY, Chang JS, et al(2010). Effect of microcurrent therapy on interleukin-6 expression in adjuvant induced rheumatoid arthritis rat model. *J Korean Soc Phys Med*, 5(4), 551-558.
- McMakin CR, Gregory WM, Phillips TM(2004). Cytokine changes with microcurrent treatment of fibromyalgia associated with cervical spine trauma. *J Bodyw Mov Ther*, 9(3), 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2004.12.003>.
- McMakin CR(2011). Frequency-specific microcurrent in pain management. Edinburgh, Churchill Livingstone, Elsevier, pp.26, 136.
- Nair HKR(2018). Microcurrent as an adjunct therapy to accelerate chronic wound healing and reduce patient pain. *J Wound Care*, 27(5), 296-306. <https://doi.org/10.12968/jowc.2018.27.5.296>.
- Sullivan GM, Feinn R(2012). Using effect size-or why the p value is not enough. *J Grad Med Educ*, 4(3), 279-282. <https://doi.org/10.4300/JGME-D-12-00156.1>.
- Yang SN, Byun CW, Yoon JS, et al(2011). Effect of microcurrent on pain and walking ability in patient with knee osteoarthritis. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 46(2), 1213-1221.
- Higgins JPT, Green S. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1.0 [updated March 2011]. The Cochrane Collaboration, 2011. Available at <https://handbook-5-1.cochrane.org/>. Accessed Sep 14, 2020.