

미세전류 자극이 보행 개선에 미치는 효과

유재영* · 정진규**

The effects of microcurrent stimulation for gait improvement

Jae-Young Yu* · Jin-Gyu Jeong**

요 약

본 연구는 ATP 생성에 효과적인 $500\mu\text{A}$ 의 미세전류를 지연성 근육통이 유발된 다리근육에 적용하여 보행 개선에 효과가 있는지 알아보기 위해 실시하였다. 40명의 대상자를 실험군 20명, 위약군 20명으로 무작위 할당하였다. 지연성 근육통 유발 직후, 24시간 후, 48시간 후에 미세전류를 적용하여 체중심, 분속수 및 환측 입각기의 변화를 측정하였다. 그 결과 지연성 근육통 유발 전에 비해 48시간 후의 체중심, 분속수 및 환측 입각기의 변화가 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 48시간 후 실험군은 위약군에 비해 체중심의 변화가 통계적으로 낮아졌고, 환측 입각기의 비율은 높아졌다. 따라서 $500\mu\text{A}$ 의 미세전류는 손상된 근육의 복원과 치유를 촉진시켜 보행개선에 효과를 보였다.

ABSTRACT

This study was conducted to apply microcurrents of $500\mu\text{A}$ effective for ATP generation to leg muscles to which delayed onset muscle soreness (DOMS) had been induced in order to examine whether the microcurrent stimulation was effective for gait improvement. Forty subjects were randomly assigned to an experimental group of 20 subjects and a placebo group of 20 subjects. Microcurrents were applied immediately after inducing DOMS and 24 hours and 48 hours thereafter and changes in the center of pressure (COP), cadence, and affected stance phases were measured. According to the results of the measurement, changes in the COP, cadence, and affected stance phases at 48 hours after the induction of DOMS were statistically significant compared to the values before the induction. The COP of the experimental group became statistically significantly lower and the ratio of affected stance phases of the experimental group became statistically significantly higher compared to the placebo group at 48 hours after the induction of DOMS. Therefore, $500\mu\text{A}$ microcurrents showed effects for gait improvement by promoting the recovery and healing of damaged muscles.

키워드

Microcurrent, Delayed Onset Muscle Soreness(DOMS), Center of Pressure(COP), Affected Stance Phases
미세전류, 지연성 근육통, 체중심, 환측 입각기

* 동신대학교 대학원(jy0412@hanmail.net)

** 교신저자(corresponding author) : 전남과대학 물리치료과(ptj8763@hanmail.net)

접수일자 : 2014. 09. 11

심사(수정)일자 : 2014. 10. 20

게재 확정일자 : 2014. 11. 10

I. 서 론

최근 들어 삶의 질이 향상되고 건강에 대한 사회적 관심이 증가함에 따라 일반인도 운동에 대한 관심이 증가하고[1-2], 자기만족감을 위해 불규칙적이고 격렬한 운동을 하는 경우가 많다[3]. 이러한 운동을 하게 되면 근육통을 경험하게 되는데 운동과 관련된 통증의 유형은 운동 중이나 운동 직후에 경험하는 근육통(muscle pain), 운동 후 일정 시간이 지나서 나타나는 지연성 근육통(delayed onset muscle soreness ; DOMS), 근경련(muscle cramp)이 있다[4]. 지연성 근육통은 통증, 근 긴장도 증가, 국소적 부종, 열감, 관절운동범위 감소, 근력 감소, 근피로 등의 증상이 나타나는데[5], 이러한 증상들은 운동 직후에는 문제가 없다가 8시간에서 24시간 사이에 나타나기 시작하여 24시간에서 48시간 사이에 최고조에 달한다[6].

지연성 근육통 감소를 위해 다양한 물리치료 방법 중 미세전류 치료는 1mA보다 낮은 마이크로암페어(μ A)를 사용하여 인체에 흐르는 내인성 전류와 비슷한 강도로 전기적 자극을 주는 것으로, 근수축을 일으키지 않고, 전기자극에 의한 불쾌감이 없이 손상부위를 자극할 수 있다[7]. 최근 전기 생리학의 발달에 힘입어 통전법의 개발과 생체내의 통증억제 기전에 관한 새로운 이론적 근거에 의한 미세전류 자극이 통증에 유효한 것으로 알려져 왔다[8-9].

Cheng 등[10]은 치료과정에 다양한 전류의 강도에 따른 생리적인 효과를 연구 하였는데, 500 μ A에서 ATP 생성이 500% 정도 증가해 미세전류가 세포의 생리와 성장을 자극하여 세포의 복원과 치료를 촉진시킨다고 보고하였다. 그 외 미세전류에 대한 연구로 만성 아킬레스건 통증의 치료[11], 요통치료[12]등이 보고되었는데 이들 모두 통증 완화 효과가 있다고 하였다. 하지만 Kulig 등[13]은 미세전류 치료와 빠른 속도 운동법의 효과 비교에서 두 치료가 지연성 근육통에 모두 효과가 없다고 보고하였다.

이처럼 지연성 근육통 완화를 위한 미세전류 효과에 대하여 서로 다른 의견과 논란의 여지가 있고, 보행분석을 측정 변수로 선택한 연구 또한 부족한 실정이다. 이에 본 연구는 Cheng 등[10]의 연구에서 ATP 생성에 효과적인 500 μ A를 지연성 근육통이 유발된 다리근육에 적용하여 보행 개선에 효과가 있는지 무작

위, 이중-맹검, 위약-대조군 실험(a randomized, double-blind, placebo-controlled trial)으로 검증하여 지연성 근육통의 적절한 중재에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 연구 방법

2.1. 연구대상

본 연구는 J 대학에 재학 중인 남자 대학생을 공개 모집하여 실험의 목적과 절차를 설명하고 자발적으로 실험참여 동의를 작성한 자로 하였다. 대상자의 선정기준은 다리부위에 과거 병력이 없으며 운동을 제한하는 질환이 없고, 최근 2주간 스포츠 활동을 하지 않은 건강한 남학생 40명을 선발하였고, 실험군 20명과 위약군 20명으로 무작위 할당하였다.

2.2. 실험절차

본 연구는 비우세성 장딴지근육에 지연성 근육통을 유발시킨 후 500 μ A를 적용한 실험군과 0 μ A를 적용한 위약군으로 분류하여, 지연성 근육통 유발 직후, 24시간 후, 48시간 후, 총 3회 미세전류 치료를 실시하였고, 미세전류가 지연성 근육통 회복에 미치는 효과를 살펴보기 위해 실험 전과 48시간 후에 체중심(center of pressure ; COP)과 분속수(cadence) 및 환측 입각기(affected stance phase) 변화를 측정하였다.

실험 기간 동안 대상자에게 언제든지 그만 둘 수 있도록 하였으며, 지연성 근육통을 유발하기 위해 운동을 시키는 실험자, 치료를 실시하는 실험자, 치료의 효과를 측정하는 실험자로 세분화하여, 무작위, 이중 맹검, 위약-대조군 실험을 하여 실험자의 의도된 결과를 배제하였다.

2.2.1. 지연성 근육통 유발 방법

비우세성 다리를 자체 제작한 35°경사판 위에 올라선 후 발뒤꿈치를 천천히 들어 올려 종아리를 최대한 수축한 후 천천히 저항을 느끼면서 발바닥이 경사판면에 닿을 때까지 내린다. 이를 총 50회 2세트를 반복하고 세트 간 휴식시간은 30초로 하였다[14]. 지연성 근육통을 더욱 효과적으로 유발하기 위하여 기존 연구보다 휴식시간을 짧게 적용하였다. 모든 대상자의

비우세성 다리는 좌측이었다.

2.2.2 미세전류 치료방법

치료는 미세전류 치료기(EMI-580K, Cosmic Co., Korea)를 사용하였다. 측정 자세는 엎드려 누운 상태에서 무릎관절을 완전히 펴 상태를 유지하게 하여 무릎관절 중심에서 발꿈치뼈까지 길이의 근위 1/3 지점에서 근육의 위치를 확인한 후 장딴지근육 힘살에 가로로 배치하였다. 전극은 2.5×2.5cm 크기의 금속전극을 사용하였으며, 피부 위에 전도용 젤을 바른 후 전극을 부착하고 끈(strap)으로 묶은 후에 적용하였다. 치료군의 주파수는 30Hz, 자극 강도는 500µA, 양극과 음극을 각각 5 sec 간격으로 극성을 바꿔주는 교번극성(alternation polarity)을 적용하였고, 미세전류가 근수축을 일으키지 않고 전기자극에 대한 느낌을 느낄 수 없기 때문에 위약 치료군에게도 전극을 부착하고 전기자극이 되고 있음을 인식 시켰다. 모든 실험대상자에게 지연성 근육통 유발 직후, 24시간 후, 48시간 후 총 3회 20분씩 실시하였다.



그림 1. 미세전류 치료기 및 트레드밀
Fig. 1 Microcurrent and treadmill

2.3 측정도구

지면 반발력과 족압 분포 측정이 가능한 보행분석 트레드밀(FDM-T System, Zebris Medical GmbH, Germany)을 사용하여 체중심과 분속수, 환측 입각기를 측정하였다. 보행분석 트레드밀은 보행분석이 가능한 발판 센서가 112cm×49cm에 정확성 및 내구성이 높은 콘덴서 방식의 센서가 3,432개 내장되어 있으며, 100Hz의 빠른 표본 주파수를 사용하였고, 측정된 자료는 WinFDM-T program을 통해 수집하였다.

체중심의 측정은 보행분석 트레드밀 위에서 10초간서 있는 자세에서 체중심의 변화를 측정하였다. 분속수와 환측 입각기 측정은 실험 전 트레드밀 보행에 적용할 수 있도록 보행 위밍업을 5분간 실시하였고, 위밍업을 하는 동안 대상자가 가장 자연스러운 보행

속도라고 느낄 때를 표준걸음 속도로 정하였으며, 그 표준걸음 속도를 지연성 근육통 유발 전과 48시간 후에 똑같이 적용하여 40초간 분속수와 환측 입각기 변화를 측정하였다.

2.4 자료처리

통계처리는 SPSS/win 18.0을 사용하여 모든 측정치의 평균과 표준편차를 산출했으며, 실험전과 실험 48시간후의 체중심, 분속수, 환측 입각기의 변화는 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였고, 수식은 1)과 같다. 그룹 간 미세전류의 치료 효과는 독립표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였고, 수식은 2)와 같다. 모든 통계적 유의수준은 α=.05로 하였다.

$$t = \frac{\bar{d} - u_d}{S_d / \sqrt{n}} \tag{1}$$

$$t = \frac{X - \mu}{\sigma / \sqrt{n}} \tag{2}$$

III. 연구 결과

3.1 연구대상자의 일반적 특성

실험 전 동질성 검정 결과 연령, 신장, 체중에서 유의한 차이가 없어 동일한 집단임이 확인되었다(표 1).

표 1. 연구대상자의 일반적 특성
Table 1. General characteristics of subjects

	EG ^a (n=20)	PG ^b (n=20)	p ¹⁾
Age(yr)	20.05±1.93 ^c	19.09±1.85	.841
Height(cm)	170.39±5.15	173.69±4.57	.098
Weight(kg)	63.8±7.40	68±11.58	.236

^aExperimental group; ^bPlacebo group; ^cMean±SD ; ¹⁾Tested by independent t-test.

3.1 체중심의 변화

지연성 근육통 유발 전과 유발 48시간 후 체중심의 변화는 실험군과 위약군 모두 통계적으로 유의하게 증가하였으며(p<.001), 지연성 근육통 유발 48시간 후,

미세전류 치료가 체중심에 효과가 있는지 분석한 결과 실험군(M=95.01)이 위약군(M=110.48)보다 통계적으로 유의하게 낮았다(p=.049)(표 2).

표 2. 체중심의 변화
Table 2. Change of COP(mm)

	before	after 48 h	p ¹⁾
EG ^a	58.44±8.51 ^c	95.01±20.27	.000
PG ^b	58.09±4.76	110.48±17.57	.000
p ²⁾	.905	.049	

^aExperimental group ; ^bPlacebo group; ^cMean±SD ; ¹⁾Tested by paired t-test ; ²⁾Tested by independent t-test.

3.2 분속수의 변화

지연성 근육통 유발 전과 유발 48시간 후 분속수의 변화는 실험군과 위약군 모두 통계적으로 유의하게 증가하였으며(p<.001), 지연성 근육통 유발 48시간 후 미세전류 치료가 분속수에 효과가 있는지 분석한 결과 실험군(M=103.65)이 위약군(M=105.00)보다 약간 낮아지긴 했으나 통계적으로 유의하지는 않았다(p=.672)(표 3).

표 3. 분속수의 변화
Table 3. Change of cadence(step/min)

	before	after 48 h	p ¹⁾
EG ^a	95.60±8.15 ^c	103.65±8.98	.000
PG ^b	95.80±4.34	105.00±6.06	.000
p ²⁾	.943	.672	

^aExperimental group ; ^bPlacebo group ; ^cMean±SD; ¹⁾Tested by paired t-test ; ²⁾Tested by independent t-test.

3.3 환측 입각기의 변화

지연성 근육통 유발 전과 유발 48시간 후 환측 입각기의 변화는 실험군과 위약군 모두 통계적으로 유의하게 감소하였으며(p<.001), 지연성 근육통 유발 48시간 후 미세전류 치료가 환측 입각기에 효과가 있는지 분석한 결과 실험군(M=60.03)이 위약군(M=58.01)보다 통계적으로 유의하게 높았다(p<.05)(표 4).

표 4. 환측 입각기의 변화
Table 4. Change of affected stance phase(%)

	before	after 48 h	p ¹⁾
EG ^a	63.88±1.65 ^c	60.53±2.74	.000
PG ^b	63.99±2.18	58.01±3.11	.000
p ²⁾	.878	.031	

^aExperimental group ; ^bPlacebo group; ^cMean±SD ; ¹⁾Tested by paired t-test ; ²⁾Tested by independent t-test.

IV. 고 찰

인간은 일상생활을 하면서 무리한 신체활동의 결과로 근육통을 경험하게 되는데 운동 중이나 운동 후 즉시 또는 지연되어 나타나게 된다. 운동 후 즉시 또는 운동 중에 나타나는 급성 근육통은 대사과정의 노폐물인 젖산에 의한 자유신경종말의 자극[15]이나 근허혈에 의한 일시적 저산소증[16]에 의해 발생하게 되며 대개 운동을 중지한 후 몇 분에서 몇 시간이면 사라지게 된다. 하지만 운동 후 24시간 또는 48시간이 지나서 나타나는 지연성 근육통[4]은 근섬유들에 대한 미세 손상으로, 순차적으로 히스타민, 브래디키닌, 프로스타글란딘과 같은 화합 물질들이 유리됨과 동시에 근육 내 투과도가 증가하여 발생되며, 미세 손상으로 유발된 염증반응으로 인하여 통증과 부종 및 대식세포의 증식이 나타난다고 보고하고 있다[17].

보행은 인간의 가장 기본적인 동작으로 인체가 두 발 보행을 통해 하나의 지점으로부터 다른 지점으로 이동하는 것이다[18]. 보행 분석은 환자들의 병적 보행 기전을 이해하는데 과학적인 기초를 제공하고, 객관적이고 정량적인 평가를 통한 체계적인 치료와 그에 따른 효과를 정확하게 판단하고자 사용된다[19]. 체중심은 지면 반발력(ground reaction force)이 합성된 지점의 변화를 나타내는 것으로 지면과 접촉하고 있는 모든 압력 점의 무게평균을 의미하고 자세조절의 척도로 사용되며[20], 균형 장애와 관련된 예후를 진단하고 치료의 평가를 위한 도구로 널리 활용된다[21].

여러 보행요소 중 어느 한 곳의 손상으로 발생한 운동기능 장애는 운동을 수행하기 위한 불충분한 에너지, 감소한 역학적 잠재력, 그리고 운동효율의 감소에 따른 기능적인 손실을 발생시킬 수 있으며, 근 활

동의 협동운동 장애, 불충분한 근력, 제한된 관절운동 범위, 빈약한 균형, 부정확한 감각의 통합, 또는 통증이 존재하는 경우 보행의 결핍은 필연적이다[22].

이에 본 연구는 많은 지연성 근육통 발생 기전 중, 위에서 언급한 Clarkson 과 Hubal[17]의 가설과 미세전류가 세포의 생리와 성장을 자극하여 세포의 복원과 치료를 촉진시킨다는 Cheng 등[10]의 연구 결과를 토대로 지연성 근육통으로 인한 보행의 불편함을 최소화하기 위한 방법으로 미세전류를 적용, 지연성 근육통 유발 48시간 후의 체중심, 분속수, 환측 입각기에 미치는 효과를 알아보고자 실시되었다.

그 결과 양 발 사이의 체중부하 압력 중심점인 체중심은 실험군과 위약군 모두 지연성 근육통 유발 48시간 후에 매우 유의하게 높아져($p < .001$), 지연성 근육통으로 인해 체중심이 많이 흔들림을 알 수 있었고, 그룹 간 치료효과 비교에서는 실험군이 위약군에 비해 통계적으로 유의하게 낮아져($p < .05$) 미세전류 치료가 체중심에 효과적임을 알 수 있었다. 1분 동안 보행한 걸음수를 의미하는 분속수는 실험군과 위약군 모두 지연성 근육통 유발 48시간 후에 매우 유의하게 높아져($p < .001$), 1분당 걸음수가 늘어났음을 알 수 있었고, 그룹 간 치료효과 비교에서는 실험군과 위약군이 통계적으로 유의하지 않음($p > .05$) 미세전류 치료가 분속수에는 효과적이지 않음을 알 수 있었다. 마지막으로 정상보행 보행주기의 60%를 구성하는 입각기 비율은 실험군과 위약군 모두 지연성 근육통 유발 48시간 후에 매우 유의하게 낮아져($p < .001$), 지연성 근육통이 유발되면서 한쪽 다리의 체중지지가 힘들어졌음을 알 수 있었고, 그룹 간 치료효과 비교에서는 실험군이 위약군에 비해 통계적으로 유의하게 높아져($p < .05$) 미세전류 치료가 입각기 비율을 정상화 시키는데 효과적임을 알 수 있었다.

본 연구를 종합해 볼 때 지연성 근육통이 체중심, 분속수, 환측 입각기에 영향을 미치는 것으로 나타나, 통증이 존재하는 경우 보행의 결핍은 필연적이라고 보고한 Yoon[22]의 연구는 본 연구의 설득력을 더해 주고 있다. 그러나 Yoon[22]은 노화에 따라 입각기는 증가하고, 분속수는 유의하게 감소한다고 하여 본 연구 결과와는 상이한 결과를 보였다. 그 이유는 보행속도를 정하지 않고 연령에 따라 자연스러운 보행 패턴을 연구한 Yoon[22]의 연구와는 달리, 표준걸음 속도를

통증 유발 48시간 후에도 일정하게 적용해 통증으로 인한 한쪽 하지의 근 수축력 감소에 따른 운동기능 저하가 입각기 시 체중부하 시간을 줄이게 되고, 정해진 표준걸음 속도를 맞추기 위해 보폭은 짧아지게 되며, 짧아진 보폭은 분속수가 증가하는 보행 패턴을 보이게 되는 것이다. 하지만 두 연구에서 나타난 보행 패턴이 균형능력 감소 및 다리 근력의 감소로 인해 보행의 안정성을 확보하기 위한 보상작용의 결과라는 측면에서 본다면 두 연구는 일맥상통한 결과라 생각한다.

미세전류 치료가 창상이나 통증치유에 긍정적인 효과를 나타낸다는 연구를 살펴보면, Carley 와 Wainapel[7]은 고전적인 창상치유 요법인 드레싱과 월풀 치료를 받는 대조군보다 미세전류 치료군에서 1.5에서 2.5배 정도 빠른 상처 치유 효과가 나타난다고 하였고, El-Husseini 등[23]의 연구에서 수술 직후 통증과 창상치유에 대한 효과를 시각적 상사 척도와 기능적 측면, 통증약을 먹는 횟수로 비교해 보았을 때 미세전류 치료를 받는 쪽에서 통증감소와 창상치유가 더욱 효과적으로 나타남을 밝혔다. 본 연구 또한 미세전류 치료 후 체중심과 환측 입각기가 위약군에 비해 통계적으로 유의한 값을 나타내 원심성 수축 운동으로 유발된 지연성 근육통과 내부적으로 손상된 근섬유를 치유하는데 효과적인 치료 방법임을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 연구는 실험적으로 유발된 지연성 근육통에 미세전류 치료를 적용하여 보행 개선에 효과가 있는지를 알아보기 위해 실험군(500 μ A)과 위약군(0 μ A)으로 무작위로 나누어 이중 맹검 위약-대조군 실험을 실시하였다. 연구 결과는 다음과 같다.

1. 실험군과 위약군 모두 지연성 근육통 유발 48시간 후의 체중심, 분속수, 환측 입각기 변화는 지연성 근육통 유발 전에 비해 통계적으로 매우 유의한 차이를 나타내 지연성 근육통이 체중심, 분속수, 환측 입각기에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

2. 미세전류 치료효과를 알아보기 위해 지연성 근육통 유발 48시간 후에 실험군과 위약군간 체중심, 분속수, 환측 입각기 변화를 비교 분석한 결과, 실험군

이 위약군에 비해 체중심은 통계적으로 유의하게 낮아졌고, 환측 입각기는 통계적으로 유의하게 높아졌으며, 분속수는 통계적으로 유의한 값을 얻지 못하였다.

따라서 미세전류는 손상된 근육의 복원과 치유를 촉진시켜 체중심과 환측 입각기에 긍정적인 영향을 미쳐 보행 개선에 효과가 있는 것을 알 수 있었다.

References

- [1] M.-G. Ji, "Relationship between Adults' Smoking Realities and Periodontal Disease," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 4, 2012, pp. 917-924.
- [2] J.-J. Kim and J. Kim, "A Study of Health Care system Housing and Environment of the Elderly," *J. of Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 7, no. 4, 2012, pp. 925-930.
- [3] T.-H. Park, M.-H. Jung, S.-M. Jeong, H.-S. Park, C.-Y. Han, S.-A. Hong, S.-Y. You, and K.-R. Moon, "Association between Obesity and Physical Activity about Middle and High School Students in Korea," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 8, no. 3, 2013, pp. 505-515.
- [4] M. P. Miles and P. M. Clarkson, "Exercise induced muscle pain, soreness, and cramps," *The J. of sports medicine and physical fitness*, vol. 34, no. 3, Sept. 1994, pp. 203-216.
- [5] M. J. Cleak and R. G. Eston, "Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise," *British J. of sports medicine*, vol. 26, no. 4, Dec. 1992, pp. 267-272.
- [6] R. B. Armstrong, "Mechanisms of exercise induced delayed onset muscular soreness : a brief review," *Medicine and science in sports and exercise*, vol. 16, no. 6, Dec. 1984, pp. 529-538.
- [7] P. J. Carley and S. F. Wainapel, "Electrotherapy for acceleration of wound healing : low intensity direct current," *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 66, no. 7, July 1985, pp. 443-446.
- [8] M. R. Gersh, *Electrotherapy in rehabilitation*. Philadelphia : FA Davis Company, 1992, pp. 167-168.
- [9] J. Kahn, *Principles and practice of electrotherapy*, 2nd ed. New York : Churchill Livingstone, 1991, pp. 81-84.
- [10] N. Cheng, H. Van Hoof, E. Bockx, M. J. Hoogmartens, J. C. Mulier, F. J. De Dijcker, W. M. Sansen, and W. De Loecker, "The effects of electric currents on ATP generation, protein synthesis, and membrane transport of rat skin," *Clinical orthopaedics and related research*, no. 171, Nov.-Dec. 1982, pp. 264-272.
- [11] D. Chapman Jones and D. Hill, "Novel microcurrent treatment is more effective than conventional therapy for chronic Achilles tendinopathy: randomised comparative trial," *Physiotherapy*, vol. 88, no. 8, 2002, pp. 471-480.
- [12] C. R. McMakin, "Microcurrent therapy: a novel treatment method for chronic low back myofascial pain," *J. of Bodywork and Movement Therapies*, vol. 8, no. 2, 2004, pp. 143-153.
- [13] K. Kulig, L. DeYoung, C. Maurer, and S. Stone, "Comparison of the effects of high velocity exercises and microcurrent neuromuscular stimulation on delayed onset muscle soreness," *Physical therapy*, vol. 71, no. 6, 1991.
- [14] I. Tegeder, J. Zimmermann, S. Meller, and G. Geisslinger, "Release of algescic substances in human experimental muscle pain," *Inflammation Research*, vol. 51, no. 8, 2002, pp. 393-402.
- [15] E. Asmussen, "Observations on experimental muscular soreness," *Acta rheumatologica Scandinavica*, vol. 2, no. 2, 1956, pp. 109-116.
- [16] K. T. Francis, "Delayed muscle soreness: a review," *J. of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, vol. 5, no. 1, 1983, pp. 10-13.
- [17] P. M. Clarkson and M. J. Hubal, "Exercise induced muscle damage in humans," *American*

J. of Physical Medicine & Rehabilitation, vol. 81, no. 11, Nov. 2002, pp. S52-69.

- [18] J. Napier, "The antiquity of human walking," *Scientific American*, vol. 216, no. 4, Apr. 1967, pp. 56-66.
- [19] L. M. Schutte, U. Narayanan, J. L. Stout, P. Selber, J. R. Gage, and M. H. Schwartz, "An index for quantifying deviations from normal gait," *Gait Posture*, vol. 11, no. 1, Feb. 2000, pp. 25-31.
- [20] M. L. Latash, S. S. Ferreira, S. A. Wieczorek, and M. Duarte, "Movement sway : changes in postural sway during voluntary shifts of the center of pressure," *Experimental Brain Research*, vol. 150, no. 3, 2003, pp. 314-324.
- [21] K. Kim, Y.-H. Park, and S.-S. Bae, "Inter-machine Validity and Reliability of The F-mat and F-scan," *The J. of Korean Society of Physical Therapy*, vol. 12, no. 2, 2000, pp. 29-37.
- [22] N.-M. Yoon, "The Comparative Study on Age associated Gait Analysis in Normal Korean," Doctor's Thesis, *Seonam University*, 2010.
- [23] T. El Husseini, S. El Kawy, H. Shalaby, and M. El Sebai, "Microcurrent skin patches for postoperative pain control in total knee arthroplasty: a pilot study," *Int. orthopaedics*, vol. 31, no. 2, Apr. 2007, pp. 229-233.

저자 소개



정진규(Jin-Gyu Jeong)

2001년 원광대학교 보건환경대학원 보건학과 졸업(보건학석사)
2005년 동신대학교 대학원 물리치료학과 졸업(이학박사)

2006년~현재 전남과학대학교 물리치료과 교수

※ 관심분야 : 생체역학, 근골격계 운동치료학 및 진단학



유재영(Jae-Young Yu)

2013년 남부대학교 대학원 물리치료학과 졸업(물리치료학석사)
현재 동신대학교 대학원 물리치료학과 재학

2011년~현재 전남과학대학교 물리치료과 외래교수

※ 관심분야 : 운동치료학, 수치료학

