

미세전류 자극이 척주세움근의 피로지수에 미치는 영향

강다행

세한대학교 대학원, 세한대학교 홀케어사업단

The Effects of Microcurrent Stimulation on Erector Spinae Fatigue Index

Da-Haeng Kang

Sehan University Graduate School, Sehan University Research Institute for Industry Cooperation

요약 본 연구는 단시간 들기·내리기 작업을 실시한 누적피로 대상자에게 미세전류자극 및 휴식을 적용하여 피로 지수에 미치는 영향을 비교하였다. 2012년 12월부터 2013년 2월까지 S대학에서 연구가 진행되었으며, 말초질환 및 근골격계 질환이 없고 오른손을 사용하는 20대의 신체 건강한 남자 22명을 대상으로 선정하였다. 모든 대상자는 10 kg 상자를 15분 동안 들기·내리기를 100회 실시한 직후, 표면근전도기를 이용한 근피로지수(Median Frequency : MF)와 혈액피로지수(Creatine Kinase Lactate : CK, Lactate Dehydrogenase : LDH)를 측정하였다. 두 그룹으로 나누어 실험군에는 미세전류자극을 대조군에는 휴식을 각각 20분간 중재하였다. 중재 후, 근피로지수와 혈액피로지수를 측정하여 누적 피로지수의 변화를 비교하였다. 그 결과 휴식그룹의 왼쪽 척주세움근 피로지수를 제외한 두 그룹 모두에서 중재방법 적용 전보다 적용 후 유의한 누적피로의 감소($p < .05$)가 있었고, 미세전류의 자극은 휴식과 비교했을 때, 근피로지수의 유의한 감소($p < .05$)를 보였지만, 혈액피로지수는 차이가 없었다. 본 연구의 결과를 토대로 미세전류자극은 반복적인 들기와 내리기 작업 종사자들의 근피로회복에 도움이 될 것이라 사료되며, 장시간 피로지수 추적조사 및 중재 적용시간에 따른 피로회복의 상관관계 대한 추가적인 연구가 필요하다.

주제어 : 미세전류, 휴식, 근피로지수, 혈액피로지수, 표면근전도

Abstract This study aimed to compare the effects of microcurrent stimulation and rest on the fatigue index by applying both to subjects who had accumulated fatigue after performing short-duration physical activity. The experiment was performed at S University from December 2012 to February 2013, on 22 healthy men in their 20s, who were right-handed, and without peripheral or musculoskeletal diseases. All subjects lifted a 10-kg box lift and lower 100 times in 15 minutes. Immediately after that, muscle fatigue index (Median Frequency: MF) and blood fatigue index (Creatine Kinase Lactate: CK, Lactate Dehydrogenase: LDH) were measured by using surface electromyography. The subjects were divided into two groups, and microcurrent stimulation and rest were mediated to the experimental and control groups, respectively, for 20 minutes. After intervention, muscle fatigue index and blood fatigue index were measured and the changes in the accumulated fatigue index were compared. Both groups manifested significantly decreased cumulative fatigue after applying the mediation compared to the pre-intervention level ($p < .05$), the only exception being the fatigue index of the left erector spinae in the rest group. Compared to the rest group, the microcurrent stimulation group showed a significant decrease in muscle fatigue index ($p < .05$) but no significant differences were found in the blood fatigue index. Given the results of this study, microcurrent stimulation is considered to be helpful in muscle fatigue recovery for workers who have to perform repetitive movements lifting weights, and additional studies on the correlations of the fatigue recovery with respect to the long-term follow-up of fatigue index and mediation time are necessary.

Key Words : Microcurrent, Rest, Muscle Fatigue Index, Blood Fatigue Index, Surface Electromyography

Received 6 September 2013, Revised 23 October 2013
Accepted 20 November 2013
Corresponding Author: Da-Haeng Kang(Sehan University)
Email: mission012@hanmail.net

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. 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.

1. 서론

피로는 일반적으로는 고강도 근활동 능력의 감소[1] 및 작업활동의 장시간 수행능력 감소를 말한다[2]. 반복적인 일상생활 동작에서부터 스포츠 활동 이후 까지 다양한 활동 중에 피로가 발생하며, 특히 작업 중 피로누적은 몸의 균형 손상과 체성신경계 조절장애 등의 주요 손상을 야기한다[3]. 또한 과도한 피로누적은 생리학적 적응보다는 스트레스를 유발시켜 전반적인 근기능 감소를 발생하여 운동수행 능력을 저하시키는 원인으로 작용한다[4,5].

피로를 유발하는 다양한 반복적 동작들 중에 몸통의 굽힘과 펴는 허리통증 발생의 주요 원인이며[6], 허리를 사용한 물건 들기와 내리기는 허리통증 및 기타 근골격계 상해에 높은 관련성을 가지고 있다[7]. 역학적으로 물건 들기 및 내리기는 작업을 수행하는 동안 척주세움근(erector spinae)은 척추의 굴곡 중에 복부 내부의 높은 압력을 유지하여 척추를 보호하는 역할을 담당한다. 하지만, 반복적인 들기와 내리기는 근피로를 누적하게 되며, 반복되는 구부림 동안 척추의 받는 하중이 계속 증가되지만, 척추를 보호하는 내부 압력은 줄어들면서 허리통증이 호발하게 된다[8,9] 이러한 요소들 때문에 인력물자취급(manual materials handling) 작업 등에 종사하는 작업자들의 안전과 예방을 위한 피로와 관련한 허리통증 연구가 활발히 진행되고 있다[7].

피로지수를 분석하기위해 선행 연구들에서는 심박수(heart rate), 산소소모량(oxygen consumption), 근전도(electromyography) 등의 생리적 반응측정[10,11,12] 및 혈중 피로물질인 CK(creatine kinase lactate) LDH(lactate dehydrogenase), Mb(myoglobin), sTnI(skeletal troponin I) 등을 지표로 활용하여[13] 작업 부하에 상관관계를 연구하였다. 특히 들기와 내리기 등의 반복적인 작업환경을 구현하여, 피로도 와 허리통증의 연관성을 연구하는 한편, 허리통증을 예방하기 위해 회복시간과 관련한 연구[7,14] 및 회복시간의 단축을 위한 마사지, 테이핑[15], 미세전류치료[16] 등을 통한 중재방법들을 제시하고 있다.

미세전류치료는 인체에 1mA 미만의 전류를 사용하여 손상전류를 정상적인 생체전류로 바꾸어 손상회복을 촉진한다[16]. 이러한 효과를 이용하여 일반적 손상회복 및

골절치유 촉진 조직재생 효과 등의 연구들이 현재까지 지속되고 있으며, 최근 국내적으로는 류마티스, 골절, 피로 등의 회복에 관한 인과적 연구가 주목을 이루고 있으며[16,17,18] 국외 연구에서는 회복에 어려움을 겪는 암 및 당뇨병 손상 등의 세부적이며, 다양한 연구가 지속되고 있다[19,20]. 다양한 연구들 중 미세전류 자극이 피로성 손상회복 및 피로회복과 관련한 연구를 보면, Cho와 동료들은 발바닥 근막염을 가진 중년의 환자의 신발에 미세전류 자극기가 부착된 인솔을 착용했을 때, 앞전강근의 통증과 근피로가 유의하게 줄었다고 보고되었으나[16], Cheung과 동료들은 피로 누적으로 인한 지연성 근육통을 가진 팔에 미세전류자극 적용했을 때, 회복하는데 특별한 영향을 주지 못한 것으로 보고하였다[21]. 따라서 국내외적으로 미세전류 자극에 따른 피로지수에 미치는 영향의 결과들이 분분하며, 인과적 관계를 고려한 추가연구가 필요한 실정이다.

그러므로 본 연구에서는 단시간동안의 반복적 들기와 내리기 동작이 척주세움근의 근피로지수 및 혈중 피로지수에 미치는 영향과 회복추이를 비교하고자 한다. 또한 선행 연구에서 규명되지 못한 미세전류 중재가 누적피로지수에 미치는 유의성을 확인하여 단시간동안 반복적인 들기와 내리기 작업에 종사하는 다양한 작업자들에게 피로누적으로 인한 손상을 예방하고, 회복을 위한 적절한 중재방법을 선택함에 도움이 되고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 2012년 12월부터 2013년 2월까지 S대학교의 재학생들 중 공개 지원을 받아 22명을 피험자로 선정하였다.

피험자는 무작위로 미세전류자극그룹(MC) 12명, 휴식그룹(RS) 10명으로 구성하였다. 반복적 들기와 내리기 동작을 함에 있어 문제가 되는 근골격계 질환 및 관련된 과거의 병력이 없는 대상으로 오른손을 우세손으로 사용하는 남자로 제한하였으며, 연구대상자의 일반적 특성 및 두 그룹 사이의 사전 동질성 검사결과는 다음과 같다(Table 1, Table 2).

(Table 1) General characteristics of the subjects unit : year, cm, kg

	Group Mean(SD)		t'
	MC(n=12)	RS(n=10)	
Age	21.75(1.82)	21.50(1.84)	.32
Height	173.58(4.89)	174.80(5.31)	-.56
Weight	70.08(9.80)	65.40(6.43)	1.30

*Independent t-test
MC: Microcurrent Group
RS: Rest Group

(Table 2) Comparison of Homogeneity Tests Between Groups unit : Hz, U/ℓ

	Pre intervention		t'
	MC(n=12)	RS(n=10)	
RES	72.60(10.62)	70.65(10.69)	.43
LES	75.44(7.51)	70.82(11.41)	1.14
CK	119.00(40.58)	126.50(61.10)	-.32
LDH	417.08(40.55)	421.20(41.24)	-.24

*Independent t-test
Values are means±SD, *p< .05
MC : Microcurrent Group
RS: Rest Group
RES : Right Erector Spinae
LES : Left Erector Spinae
CK : Creatine Kinase Lactate
LDH : Lactate Dehydrogenasep

2.2 실험방법

대상자들에게 실험 전, 편안복장을 착용하도록 하고 연구의 목적과 주의 사항을 숙지시킨 후, 대상자들을 무작위로 두 그룹으로 나누었다. 각 그룹의 대상자들은 안정 상태에서 알뜰로 부착부위를 닦고 표면전극을 부착 후 혈액샘플을 채취하였다. 들기와 내리기 작업 조건은 시상면에서 대칭적인 자세로 실시되었으며, 상자의 무게는 10 kg으로 설정하였고 15분 동안 75 cm 높이의 탁자에 100회 들기와 내리기를 반복하였다[22]. 작업 후, 실험군에는 미세전류자극을 20분간 적용하였고 대조군은 20분간 휴식을 취하였다. 연구실의 내부 환경은 온도는 23℃, 습도는 60 %로 유지하였다.

2.2.1 근피로지수 측정 및 분석

근전도 수집을 위해 표면 근전도기(MP100, Biopac, USA)를 이용하였고 신호는 sampling rate 1000 Hz에서 수집하였으며, 20-500 Hz에서 band pass filtering하였다. 여기에 전환된 디지털 신호는 개인용 컴퓨터에서

Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 이용하여 FFT(fast fourier transformation)처리 후 얻어진 중앙주파수 (median frequency; MF)를 이용하였다. MVC를 측정하기 위해 dynamometer(T. K. K. S102, Takei, Japan) 사용하여 측정마다 loadcell과 연결된 Digital Indicator의 최대치를 기록하였고, 이중 가장 근접한 두 개의 값을 평균하여 각 연구 대상자의 MVC(maximum voluntary contraction)로 사용하였다. MVC 측정 후, 각각의 실험으로부터 수집된 측정값의 정량화를 위하여 60 % MVC를 산정하고, MVC와 동일한 방법으로 중재 전과 중재 후를 측정하였다. 전극부착 부위는 들기와 내리기 작업을 수행동안 동원되는 척추세움근인 좌우 등뼈와 허리뼈의 가장긴근(longissimus) 및 엉덩갈비근(iliocostalis)을 선정하였으며, 한 쌍의 표면전극을 등뼈 10번과 허리뼈 3번의 추체로부터 5 cm 떨어진 근복에 위치하여, 좌우 평행하게 부착하였다[22].

2.2.2 실험장비

본 연구를 수행하기 위하여 너비 30 cm, 깊이 30 cm, 높이 25 cm인 나무 상자와 높이 75 cm인 나무 탁자를 이용하였고 상자 안에는 덩벨을 채워 상자의 무게를 10 kg로 하였다[14]. 실험군의 대상자는 미세전류 자극기(ES-420, Ito, Japan)를 사용하여 척추세움근에 적용하였다.

2.2.2 채혈 및 혈액피로지수 측정과 분석

모든 대상자들은 실험당일 8시간 이상의 공복상태를 유지한 후 오전 8시에 실험실에 집결하여 연구를 실시하였다. 채혈은 들기와 내리기 작업 30분(안정시) 전, 작업 직후와 중재 직후에 상완 정맥에서 10 cc를 수집하였다. 혈중 LDH, CK는 1회용 주사기를 이용하여 상완 정맥에서 3 ml를 채혈한 후 3000 rpm에서 15분간 원심 분리하여[23] Hitachi 7080(Hitachi, Tokyo, Japan)으로 분석하였다.

2.3 통계분석

모든 통계처리는 SPSS/win 18.0을 이용하였다. 모든 측정치의 평균과 표준편차를 구하였으며, 각 측정 변수에 대한 동질성 검정을 위해 독립표본 t검정(independent t-test)을 실시하였고, 중재 전과 후의 피로지수의 차이를

비교하기 위하여 대응표본 t검정(matched pair t-test)을 실시하였으며, 두 그룹의 차이를 분석하기 위해 공분산 분석(analysis of covariance; ANCOVA)로 통계 처리하였다. 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 하였다.

3. 연구결과

3.1 중재 전과 후의 피로지수 변화

중재 전과 후의 척주세움근 피로지수 및 혈액의 피로지수에 변화는 다음과 같다.

실험군의 좌우 척주세움근 피로지수는 중재 전과 후로 비교하였을 때, 유의하게 감소하였다($p<.001$). 대조군은 중재 전과 후를 비교하였을 때, 왼쪽 척주세움근의 피로지수만 유의하게 감소하였다($p<.001$)(Table 3).

혈액피로지수는 실험군과 대조군의 CK와 LDH의 농도가 중재 이후 모두 유의하게 감소하였다($p<.05$)(Table 4).

3.2 중재방법에 따른 피로지수 비교

대상자들에게 들기와 내리기를 반복적으로 실시하여 중재방법을 적용한 후, 실험군과 대조군을 비교한 결과는 다음과 같다.

오른쪽과 왼쪽 척주세움근에서 그룹 간 유의한 차이가 있었으므로($p<.05$), 중재방법에 따른 차이가 있었다(Table 5).

<Table 3> Change in muscle fatigue index during pre-and post intervention

unit : Hz

Group	Factor	Pre. Mean (SD)	Post. Mean (SD)	t''
MC (n=12)	RES	72.60 (10.62)	63.80 (8.50)	5.01***
	LES	75.44 (7.59)	59.13 (10.35)	5.86***
RS (n=10)	RES	70.65 (10.62)	67.38 (7.85)	1.98
	LES	70.82 (11.41)	63.71 (9.69)	4.52***

' Pair t-test, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$
 Pre. : Pre intervention
 Post. : Post intervention
 MC : Microcurrent Group
 RS: Rest Group
 RES : Right Erector Spinae
 LES : Left Erector Spinae

<Table 4> Change in blood fatigue index during pre-and post intervention

unit : U/ℓ

Group	Factor	Pre. M (SD)	Post. M (SD)	t''
MC (n=12)	CK	119.00 (40.58)	91.58 (36.35)	6.96*
	LDH	417.08 (40.55)	355.00 (31.13)	2.98***
RS (n=10)	CK	126.50 (61.10)	85.70 (29.80)	2.48*
	LDH	421.20 (41.24)	374.70 (41.12)	5.02**

' Pair t-test, * $p<.05$, ** $p<.01$, *** $p<.001$
 Pre. : Pre intervention
 Post. : Post intervention
 MC : Microcurrent Group
 RS: Rest Group
 CK : Creatine Kinase Lactate
 LDH : Lactate Dehydrogenase

혈액피로지수에서는 중재방법 간 차이가 없었다 (Table 6).

<Table 5> Comparison of the muscle fatigue index by intervention

	Classification	df	MS	F'
RES	Pre	1	971.18	48.72
	Group	1	128.01	5.39*
	Error	19	19.94	
LES	Pre	1	925.29	8.99
	Group	1	294.09	5.52*
	Error	19	57.86	

' ANCOVA, * $p<.05$
 df: Degree of Freedom
 MS: Mean Square
 RES : Right Erector Spinae
 LES : Left Erector Spinae

<Table 6> Comparison of the blood fatigue index by intervention

	Classification	df	MS	F'
CK	Pre	1	7256.36	9.01
	Group	1	409.56	.51
	Error	19	804.25	
LDH	Pre	1	12612.36	18.06
	Group	1	1603.67	2.30
	Error	19	698.20	

' ANCOVA
 df: Degree of Freedom
 MS: Mean Square
 CK : Creatine Kinase Lactate
 LDH : Lactate Dehydrogenase

4. 고찰

본 연구에서는 단시간 반복적 들기·내리기가 근육과 혈중의 피로지수에 어떠한 영향을 미치지 알아보고자 하였으며, 이후 누적된 피로가 휴식을 취한 것 보다 미세전류 자극 중재에서 효과적으로 회복되는지 알아보았다.

Dolan과 Adam은 10 kg의 무게로 단시간동안 100회 들기와 내리기를 한 결과 좌우 척추세움근의 근피로지수인 중앙주파수 값의 유의한 감소가 발생하여 피로지수가 증가하였다고 하였으며[22], Shin과 Kim은 25 % MVC 무게로 3분간 12회 들기와 내리기 작업 후 생긴 척추세움근의 근피로는 5분 휴식 이후에나 정상에 가깝게 회복되었음을 알아내었다[14]. 또한 Lee, Kim 그리고 Shin은 들기와 내리기 빈도가 증가함에 따라 피로가 더욱 과중되며, 15 % 의 sub-maximal 작업무게로 분당 6회 이상의 작업 후 5분이 지나도 피로지수는 초기상태로 회복되지 않음을 누적피로도 때문이라고 말하였다[7].

격렬한 운동은 근육을 손상시켜 혈중 근육 손상 효소인 CK, LDH, Mb 수치가 증가의 결과로 혈액피로지수가 높아진다[15]. Clarkson과 동료들의 연구에서도 18세 이상 40세 이하의 대상자들에게 들기와 내리기를 최대 원심성수축으로 50회 반복하여 위팔두갈래근의 근손상이 유발하였을 때, 혈중의 CK와 LDH의 수치가 모두 월등히 증가하였고[24] Lim은 중년 여성들에게 1시간 동안 수영을 12주간 실시해 피로 물질을 비교한 연구에서 운동 직후 CK와 LDH 수치가 유의한 증가를 보였다. 또한 유산소 운동을 한 그룹에서는 30분 휴식이후에 CK 535.4±69.8 U/l에서 415.60±71.40 U/l로 LDH 농도는 784.80±81.40 U/l에서 715.60±78.20 U/l로 완만하게 감소된 결과를 얻었는데[23], 본 연구에서도 작업 전 실험군과 대조군의 CK 119.00±40.58 U/l와 126.50±61.10 U/l가 작업 후 91.58±36.35 U/l, 85.70±29.80 U/l로 변하였으며, LDH 농도도 실험군과 대조군은 417.08±40.55 U/l, 421.20±41.24 U/l에서 355.00±31.13 U/l, 374.70±41.12 U/l로 중재 후 완만한 감소를 보였다. 아마도 본 연구의 대상자들이 20대의 젊은 남자 대학생들로 중년 여성들과 비교해 유산소 능력이 더 좋은 상태였기 때문으로 사료된다.

Cheung과 동료들의 연구[21]에서 젖산 및 효소유출, 근손상 등에 의해 발생된 지연성 근육통 대상자에게 미

세전류 치료가 효과가 없다고 보고한 결과 및 Weber와 동료들은 지연성 근육통 대상자에게 휴식을 취하거나 운동 및 물리적인 중재를 적용한 그룹과 미세전류 자극 중재 그룹을 비교 했을 때, 통계적인 차이점이 없다고 하였다[25]. 본 연구결과에서 미세전류 자극을 적용한 대상자와 휴식만 취한 대상자들을 비교 했을 때 혈액피로지수에 따른 중재방법 사이에는 유의한 차이가 없었지만, 근피로 회복에 유의한 차이점이 있었다($p < .05$). 미세전류 자극은 생체전기를 통한 손상된 조직 및 세포반응 유도하여 조직을 회복시켜준다. 또한 내인성 생체 전류를 촉진하여, 손상부위에 저항을 낮추고, 생체전류 통전을 원활하게 해주어, 인체의 항상성을 다시 회복시키는 역할을 한다. 즉 미세전류는 치유과정에 반응하는 전기적 반응 및 화학적 반응을 형성하는 촉매제 역할을 담당하여, 손상된 근조직 등을 정상적으로 복구하는데 도움을 준다[25]. Cho와 동료들의 연구결과에서 발바닥 근막염 환자에게 미세전류 발생 신발을 만들어 6주 간 신게 하여, 근피로지수인 중앙 주파수 값을 비교하였다. 그 결과 착용 전 앞정강근의 피로지수가 28.90±1.20 Hz에서 26.80±2.1 Hz로 중앙주파수 값의 유의한 감소를 나타내어 본 연구결과인 오른쪽 척추세움근이 72.60±10.62 Hz에서 63.80±8.50 Hz로 왼쪽 척추세움근이 75.44±7.59 Hz에서 59.13±10.35Hz로 줄어든 것과 비슷한 결과를 보고하였다[16]. 즉, 중앙주파수의 감소는 피로도의 감소를 의미하며[5] 미세전류 자극은 근피로 회복에 있어 휴식만 하는 것보다 효과적인 방법임을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 대상자의 수가 작고 제한된 연령, 각 대상자의 생활습관과 심리적인 요인 통제 등으로 인한 제한점이 있기 때문에 일반화된 결과로 확대하기 어려움이 있다. 따라서 이후의 연구에서는 많은 대상자를 통한 다양한 변수를 추가하여, 일반화된 결론을 위한 연구가 지속되어야 할 것이며, 장시간 피로지수 추적조사 및 중재 적용시간에 따른 피로회복의 상관관계에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

5. 결론

결론적으로 건강한 20대 대상자의 단시간 반복적 작업 이후, 적어도 20분 이상의 미세전류 자극 및 휴식은 누

적피로를 회복하는데 효과적이며, 미세전류자극은 휴식만 취하는 것보다 누적된 근피로 회복에 더 효과적인 중재방법이다. 본 연구의 결과를 토대로 미세전류자극은 반복적인 들기와 내리기 작업에 종사하는 사람들의 근피로 회복에 도움을 주어 손상예방 및 회복에 도움을 줄 것이다.

REFERENCES

- [1] D. G. Allen, H. Westerblad, Role of phosphate and calcium stores in muscle fatigue. *The Journal of Physiology*, Vol. 1, No. 536, pp. 657 - 665, 2001.
- [2] M. M. Lorist, D. Kernell, T. F. Meijman, I. Zijdwind, Motor fatigue and cognitive task performance in humans. *The Journal of Physiology*, Vol. 15, No. 545, pp. 313 - 319, 2002.
- [3] T. Ledin, P. A. Fransson, M. Magnusson, Effects of postural disturbances with fatigued triceps surae muscles or with 20% additional body weight. *Gait & Posture*, Vol. 19, pp. 184 - 193, 2004.
- [4] N. Rahnama, T. Reilly, A. Lees, Electromyography of selected lower-limb muscles fatigued by exercise at the intensity of soccer match-play. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, Vol. 16, pp. 257-263, 2006.
- [5] Joon-Hee Lee, Seung-Kyu Park, Jeong-Il Kang, Dae-Jung Yang, Je-Ho Kim, Yong-Sik Jeong, The Effect of Progressive Lumbar Stability Exercise on the Transversus Abdominis Muscle Thickness and Lower extremity muscle Fatigue Index in Soccer Players. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 22, No. 3, pp. 349-356, 2012.
- [6] D. B. Chaffin, G. J. Anderson, *Occupational Biomechanics*, (second ed.), NY: John Wiley & Sons, 1991.
- [7] Lee Tae Yong, Kim Jung Yong, Shin Hyun Joo Analysis of Trunk Muscle Fatigue as the Frequency of Lifting/Lowering and Recovery Time Change *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, Vol. 25, No. 2, pp. 197-204, 2006.
- [8] T. R. Waters, V. P. Andersen, A. Grag, *Applications Manual For the Revised NIOSH Lifting Equation*. Cincinnati: Department of Health and Human Services. 1994.
- [9] K. G. Davis, W. S. Marras, The effects of motion on trunk biomechanics, *Clinical Biomechanics*. Vol. 15, pp. 703-717, 2000.
- [10] J. S. Park, H. G. Kim, J. Y. Choi, Comparison Analysis of Physiological Work Capacity for Different Tasks, *Journal of the ergonomics society of Korea*, Vol. 15, No. 2, pp. 89-98, 1996.
- [11] J. H. Van Dieen , H. M. Toussaint , C. Thissen , A. Van de Ven, Spectral analysis of erector spinae EMG during intermittent isometric fatiguing exercise. *Ergonomics*, Vol. 36, pp. 407 - 414, 1993.
- [12] G. L. Soderberg, (Eds.) *Selected Topics in Surface Electromyography for Use in the Occupational Setting: Expert Perspectives*. Rockville: US Department of Health and Human Services. 1992.
- [13] P. Brancaccio, N. Maffulli, R. Buonnauro, F. M. Limongelli, Serum enzyme monitoring in sports medicine. *Clinical in Sports Medicine*, Vol. 27, No. 1, pp. 1-18, 2008.
- [14] Shin H. J., Kim J. Y. Measurement of trunk muscle fatigue during dynamic lifting and lowering as recovery time changes. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Vol. 37, pp. 545 - 551, 2007.
- [15] Y. Y. Kim, S. H. Park, H. S. Kang ,Y. S. Oh, The effect of massage and tapping therapy on improvement of iliocostalis lumborum and gastrocnemius conditions. *Korea Society of Exercise Physiology*, Vol. 20, No. 2, pp. 131-138, 2011
- [16] Cho Mi-Suk, Park Rae-Joon, Park So-Hyun, Cho Yong-Ho, Goh Ah Cheng, The Effect of Microcurrent-Inducing Shoes on Fatigue and Pain in Middle-Aged People with Plantar Fasciitis. *Journal of Physical Therapy Science*, Vol. 19, No. 2, pp. 165-170, 2007.
- [17] Hyun-min Lee, Sang-yeol Lee, Jong-sung Chang, Myoung-hee Lee, Jong-ho Kang, Effect of

- Microcurrent Therapy on Interleukin-6 Expression in Adjuvant Induced Rheumatoid Arthritis Rat Model. *Journal of the Korean Society of Physical Medicine*, Vol. 5, No. 4 pp. 551-558, 2010.
- [18] Mi-Suk Cho, The Effect of Microcurrent Stimulation on Expression of BMP-4 After Tibia Fracture in Rabbits. *Journal of Korean Contents*. Vol. 10, No. 3, pp. 196-203, 2010.
- [19] J. Q. Tong, R. T. Liu, L. Y. Zhao, W. C. Kong, J. T. Tang, Inhibiting Human Breast Cancer Cells (MCF-7) with Alternating Micro-current at Intermediate Frequency (ACIF) in Vitro and in Vivo. *World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering*, Vol. 39, pp. 1596-1599, 2013.
- [20] A. Ramadhinara, K. Poulas. Use of wireless microcurrent stimulation for the treatment of diabetes-related wounds: 2 case reports. *Advances in Skin & Wound Care*, Vol. 26, No.1, pp 1-4, 2013.
- [21] K. Cheung, P. A. Hume, L. Maxwell Delayed Onset Muscle Soreness. *Sports Medicine*, Vol. 33, No. 2 pp. 145-164, 2003.
- [22] P. Dolan, M. A. Adams Repetitive lifting tasks fatigue the back muscles and increase the bending moment acting on the lumbar spine. *Journal of Biomechanics*, Vol. 31, pp. 713-721, 1998.
- [23] Lim In-Soo, Effects of Aerobic Training During 12 Week on the Changes of Blood Lactate, CK, LDH, and Neurotransmitter Concentration Following Maximal Exercise. *The Korean Journal of Physical Education*, Vol. 50, No. 6, pp. 439-445, 2011.
- [24] P. M. Clarkson, A. K. Kearns, P. Rouzier, R. Rubin, P. D. Thompson, Serum Creatine Kinase Levels and Renal Function Measures in Exertional Muscle Damage. *Medicine & Science in Sports & Exercised*, Vol. 38, No.4, pp. 623 - 627, 2006.
- [25] M. D. Weber, F.J. Servedio, W.R. Woodall, The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, Vol. 20, No. 5, pp. 236-242, 1994.
- [26] R. J. Park, *Electrotherapy*. Seoul: Hyunmoon, 2003.
- [27] R. K. Aaron, B. D. Boyan, D. M. Ciombor, Z. Schwartz , B. J. Simon, Stimulation of growth factor synthesis by electric and electromagnetic fields. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, Vol. 419, pp. 30-37, 2004.

강 다 행(Kang, Da-Haeng)



- 2007년 2월 : 목포과학대학 물리치료과 심화과정 수료(보건학사)
- 2010년 9월 : 세한대학교 보건대학원 물리치료학과(보건학석사)
- 2012년 2월 ~ 현재 : 세한대학교 대학원 물리치료학과(박사과정 중)
- 2009년 6월 ~ 현재 : 세한대학교 산학협력단

- 관심분야 : 해부생리학, 전기치료학, 운동역학
- E-Mail: mission012@hanmail.net