

## 원심성 운동 전 진동 훈련이 하퇴근육의 지연성 근통증에 미치는 영향

김은숙<sup>1</sup>, 김미화<sup>1</sup>, 조유미<sup>1</sup>, 이완희<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>삼육대학교 물리치료학과

### The Effect of Vibration Training Pre-eccentric Exercise on Delayed Onset Muscle Soreness of Triceps Surae

Eun-Suk Kim<sup>1</sup>, Mi-Hwa Kim<sup>1</sup>, Yu-Mi Cho<sup>1</sup> and Wan-Hee Lee<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, Sahmyook University

**요 약** 본 연구는 왼쪽 하퇴삼두근의 원심성 운동으로 인한 지연성 근통증에서 진동훈련의 효과를 알아보려고 하였다. 이전에 규칙적인 하지 운동에 참여하지 않은 21명의 신체 건강한 남녀를 대상으로 진동훈련군과 대조군으로 나누었다. 통증척도, 발목 족저굴근의 근력, 하퇴삼두근의 둘레, 혈중 CK 수치를 원심성 운동전, 24시간, 48시간, 72시간 후에 측정하였다. 통증척도는 지연성 근통증 유발 후 48시 시점에 집단 간 유의한 차이를 보였고, 측정시기에 따라 집단 내 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 족저굴근의 근력은 진동훈련 집단 간의 유의한 차이는 보이지 않았으나, 측정시기에 따라 집단 내 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 하퇴삼두근 둘레는 진동훈련 집단 간 유의한 차이는 보이지 않았으나, 측정시기에 따라 집단 내 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 혈중 CK 수치는 진동훈련 집단 간에 유의한 차이는 보이지 않았으나, 측정시기에 따라 집단 내 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 본 연구결과로 원심성 운동 전 진동훈련은 통증을 억제하는 효과가 있으므로 익숙하지 않은 활동을 하거나, 스포츠 활동에서의 지연성 근통증을 예방하기 위한 한 방법으로 제시될 수 있을 것으로 사료된다.

**Abstract** This study examined the effect of VT(Vibration Training) on the symptoms of DOMS (Delayed-Onset Muscle Soreness) before induced by eccentric exercise of the left leg triceps surae. Twenty one healthy adult men and women who had not participated in a regular exercise program for the lower extremities were assigned to one of two experimental groups: vibration training group, Control group. We measured the VAS(Visual Analogue Scale), ankle plantar flexor strength, triceps surae circumference, CK(Creatine Kinase) before and after exercise and 24, 48 and 72 hours after eccentric exercise. After inducing DOMS, VAS showed significant differences between groups at a point of time 48 hours, and showed significant differences within groups in accordance with the time of measurement( $p < .05$ ). Plantar flexor strength of groups with VT did not show significant difference between groups but, showed significant differences within groups in accordance with the time of measurement( $p < .05$ ). Triceps surae circumference of groups with VT did not show significant difference between groups but, showed significant differences within groups in accordance with the time of measurement( $p < .05$ ). CK of groups with VT did not show significant difference between groups but, showed significant differences within groups in accordance with the time of measurement( $p < .05$ ). As a result of the study, VT prior to eccentric exercise is effective to inhibit pain. So, this method can be suggested to prevent DOMS in doing an unfamiliar activities.

**Key Words** : Eccentric exercise, Vibration training, Delayed onset muscle soreness, Triceps surae

\*교신저자 : 이완희(whlee@syu.ac.kr)

접수일 11년 10월 11일

수정일 (1차 11년 11월 11일, 2차 11년 12월 05일)

게재확정일 11년 12월 13일

## 1. 서론

스포츠 산업의 발달과 일반인의 운동참여 기회가 점차 증가함에 따라 운동으로 인한 긍정적인 효과가 수많은 연구 결과를 통하여 밝혀지고 있다. 하지만 과도하거나 부적절한 운동으로 인해 근육의 통증과 상해가 유발되는 사례도 증가하여 지연성 근통증이나 골격근의 통증과 불편함 등을 경험하게 된다[1]. 지연성 근통증의 임상증상으로는 근통증(soreness), 팽윤(swelling), 근력의 감소, 고유수용감각의 손상 등을 들 수 있으며 통증과 불편함 때문에 일상생활동작, 운동프로그램의 목표수행, 작업제한, 재활을 위한 치료과정의 지장을 초래할 수 있다[2]. 또한 운동 선수의 지연성 근통증은 운동을 미루거나, 컨디션 조절에 있어 큰 걸림돌이 되기 때문에[3] 지연성 근통증의 치료와 예방은 코치와 트레이너 그리고 치료사들에게 큰 관심으로 대두되고 있다[4]. 지연성 근통증의 증상 완화를 위해 그 동안 경피신경전기자극(TENS), 냉치료, 도수치료 등 많은 치료방법들이 적용되었으며[5], 최근 기능적 향상을 위해 진동훈련이 사용되고 있다[6]. 진동훈련은 고유수용감각[7], 신경근 활동의 증가[8], 신체 균형능력[9], 근력 및 점프력[3,10]등에 유의한 영향을 미친다고 보고되고 있다.

Bakhtary 등[3]은 원심성 운동을 통한 지연성 근통증 유발 전 1분간 50Hz의 진동으로 대퇴사두근, 슬괵근, 종아리 근육에 진동훈련을 한 결과 진동훈련군에 비해 대조군은 근력감소, 압통역치 감소, 혈중 CK(creatin kinase) 수치 증가를 보고하였고, Torvinen 등[9]은 단기간의 전신진동훈련을 통하여 하지 전신근의 근력과 신체 균형능력의 증진을 보고하였다. Torvinen 등[10]은 4개월간의 전신진동훈련을 통하여 점프력과 하지의 굴근력의 유의한 향상을 보고하였고, Broadbent[11]는 달리기를 통해 지연성 근통증을 유발한 후에 1분간 전신진동훈련을 적용하여 5일간 관찰한 결과 진동훈련군이 엉덩이 근육, 종아리 근육의 통증감소와 혈액변인의 결과로 염증을 감소시키는데 효과적이라고 보고하였다. 또 Delecluse[12]은 12주 동안 전신진동훈련을 적용한 결과 하지의 신전근과 대항행동점점에서 유의한 결과를 가져온다고 보고하여 이러한 연구들을 통해 진동훈련이 치료적으로 효과가 있음을 입증하고 있다.

이와 같이 진동훈련이 신체에 미치는 긍정적인 영향들이 보고되고 있으나, 선행 연구가 국소적 진동훈련이 아닌 전신진동훈련을 이용한 것이 대부분이고 또한 연구의 효과도 근력 약화의 개선이나 만성적인 통증에 관한 연구에 치우쳐져 급성이나 단기간의 상해에 관한 연구는 국외는 물론 국내에서도 미흡한 실정이다. 또 선행 연구들은 기간의 차이는 있지만 대부분의 진동훈련의 적용시간이

1분 정도로 매우 짧아 훈련의 효과를 크게 입증할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 국소적 진동훈련이 단기간의 상해에 미치는 영향을 알아보고자 인위적으로 지연성 근통증을 유발한 후 진동훈련을 적용하여 그에 따른 효과를 통증수준, 발목 저축굴곡근의 근력, 하퇴의 둘레, 혈중 CK(creatin kinase)수치를 통하여 알아보고 지연성 근통증 예방과 조절에 새로운 방안을 모색하고자 한다.

## 2. 연구방법

### 2.1 연구대상

본 연구는 20대의 건강한 성인남녀 21명을 대상으로 경기도 고양시 덕양구 K병원에서 실험을 진행하였다. 본 연구에는 최근 6개월 간 발목 저축굴곡근에 지연성 근통증을 경험한 자, 하지의 근골격계 및 신경계에 문제가 있는 자, 실험 전 근육 내 주사 또는 심한 운동을 한 자를 제외하였으며 모든 대상자는 실험의 목적과 모든 과정에 대한 설명을 듣고 실험에 대한 참여 동의서를 작성하였다.

### 2.2 실험절차

실험은 2009년 4월 1일부터 20일까지 총 20일 동안 진행되었다. 선정기준에 의해 21명의 대상자를 선정하여 무작위로 진동훈련군과 대조군으로 나누었다. 각 대상자는 실험에 참여하기 24시간 전 발목 저축굴곡의 근력, 하퇴 둘레, 혈중 CK 수치를 측정하였으며, 진동훈련군은 하퇴삼두근의 중앙 부위에 5분간 진동을 주었다. 사전 측정 후 두 군 모두 15%의 경사로 기울인 트레드밀에서 60분 동안 35~36 step/min으로 뒤로 걷는 원심성 운동을 통해 지연성 근통증을 유발시켰으며[13], 운동이 끝나고 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후 통증수준, 발목 저축굴곡근의 근력, 하퇴둘레, 혈중 CK 수치의 값을 반복 측정하였다.

### 2.3 측정도구 및 자료수집

#### 2.3.1 진동훈련

본 연구에 진동 자극을 적용하기 위해 60 Hz의 진동기(Model 4196 120VAC, WAHL CLIPPER CORP, USA)를 사용하였으며, 한명의 동일한 치료사에 의해 비복근과 가자미근의 1/2 지점인 하퇴삼두근의 중앙부위에 5분간 적용하였다.

#### 2.3.2 하퇴삼두근의 통증수준

원심성 운동 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후 통증수준의 조사는 통증사정척도(visual analog scale, VAS;  $r=.84$ ,

$p<.01$ )를 이용하여 측정하였다. 치료사 1명이 물리치료실에서 환자에게 100 mm의 눈금이 표시되어 있지 않은 수평 자를 이용하였으며, 자의 한쪽 끝은 통증이 없는 아주 편안한 상태를 나타내며, 반대편 끝은 피검자가 생각하기에 가장 극심한 통증으로 정의하여 그 선상에 피검자의 현재 통증 정도를 표시하도록 하였다[14].

**2.4.3 발목 저축굴곡근의 근력**

왼쪽 발목 저축굴곡근의 근력을 측정하기 위해 도수근력계(Model 01163, Lafayette, USA)를 사용하였다. 근력측정은 엎드린 자세에서 발목을 90도 유지한 상태에서 최대 수축력을 3초간 발휘하여 총 3번에 걸쳐 실시하며, 평균 값을 기록하였다[15].

**2.4.4 하퇴삼두근의 둘레길이**

팽윤(swelling)은 국소적인 손상 정보를 얻을 수 있는 손쉬운 측정방법으로, 중상(medium-high) 정도의 신뢰도를 가지고 있다[16]. 왼쪽 하지의 팽윤 정도를 측정하기 위해 하퇴삼두근의 둘레를 줄자를 사용하여 측정하였다. 모든 둘레는 1명의 치료사가 같은 줄자를 가지고 슬와황문 아래 6inch 지점에서 정중선을 따라 피부가 눌리지 않을 정도의 강도로 측정하였다[5].

**2.4.5 혈중 CK 수치**

혈중 CK 수치는 무산소 신진대사의 가장 주요한 요소이며, 건강한 성인의 지연성 근통증의 간접적 지표로 사용되고 있다. 측정이 공인되지는 않았지만, 지연성 근통증의 임상적 증상과 혈중 CK 수치는 높은 상관관계(0.67~0.96)가 있다[17]. 혈액 성분들의 검사를 위해 상완 정맥에서 운동 24시간 전, 운동 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후 총 4회 채혈했으며, 혈액 채취 후 원심 분리하여 곧 바로 혈액분석기(SPOTCHEM EZ SP-4430, ARKRAY Inc, Japan)를 이용하여 검사하였다.

**2.4 자료분석**

본 연구는 SPSS version 12.0을 이용하여 통계 분석을 하였다. 전체 대상자는 Kolmogorov-Smirnov를 이용한 정규성 검정 후 정규분포 가정을 만족하여 측정시점에서 집단 내의 차이를 보기위해 일원분산분석(one-way ANOVA)를 이용하였고, 사후검정은 Turkey test를 하였다. 증재방법에 따른 집단 간의 차이 검정을 비교하기 위하여 독립 t-검증을 실시하였으며, 그리고 반복 측정시기 간에 집단 간의 차이와 집단 내의 차이를 보기 위해 반복측정 이원분산분석(repeated measured two-way ANOVA)를 실시하였

으며, 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 하였다.

**3. 실험결과**

**3.1 연구대상자의 일반적 특성 및 종속변수에 대한 동질성 검정**

실험 대상자들을 진동훈련군과 대조군으로 배정하고 동질성 검정을 하였다. 그 결과 일반적, 신체적 특성에 대하여 모두 동질한 것으로 나타났다[표 1].

[표 1] 대상자의 동질성 검정

[Table 1] Homogeneity test of subjects

	진동훈련군 (n=11)	대조군 (n=10)	$\chi^2/t$
성별 (남/여)	7/4	6/4	
연령 (세)	26.13±0.51	26.30±2.45	0.941
체중 (kg)	63.18±8.29	61.70±6.45	-0.457
키 (cm)	168.86±6.45	169.40±7.93	0.171

**3.2 연구대상자의 종속변수 동질성 비교**

대상자는 진동훈련군 11명과 대조군 10명 총 21명으로, 실험에 들어가기 전에 집단 간 차이가 있는지 동질성 검정을 하였으며, 모든 변인에서 진동훈련군과 대조군은 유의한 차이를 보이지 않았다[표 2].

[표 2] 대상자의 종속변수 동질성 비교

[Table 2] Comparison of Homogeneity of Dependent Variables of Participants

	진동훈련군 (n=11)	대조군 (n=10)	t
통증(점)	0.00±0.00	0.00±0.00	n.a
근력(kg)	64.19±17.02	33.16±2.47	-0.269
하퇴둘레(cm)	33.64±2.84	33.16±2.47	-0.415
CK(U/L)	131.64±52.51	133.50±56.31	-0.078

CK: Creatine Kinase

n.a: not application

**3.3 진동훈련에 따른 종속변수의 변화**

진동훈련에 따른 집단 간 통증수준과 각 집단 내 측정시기별 통증수준 값의 변화에서, 통증수준의 변화는 48시간 후 측정시점에서 집단 간 유의한 차이를 보였고( $p<.05$ ), 각 집단 내 측정시기별에서 진동훈련군과 대조군 모두 측정시기 간에 유의한 차이를 보였었다( $p<.05$ ). 통증에서 각 집단 내 측정시기에서 유의한 차이가 있어 사후검정을 실시한 결과 진동훈련군은 유의한 차이를 보이지 않았으나, 대조군에서는 24시 후에 비해, 48시 후에 시각사

상적도의 유의한 증가를 보였으며( $p<0.05$ ), 48시간 후에 비해 72시간 후에는 시각사상적도의 유의한 감소를 보였다( $p<0.05$ ). 48시간 내에 유의한 차이가 있었다. 발목 저축굴곡근의 근력 값의 변화는 모든 시기에서 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았으며, 각 집단 내 측정시기에 따른 발목 저축굴곡근의 근력 값의 변화도 유의한 차이를 보이지 않았다. 하퇴돌레 값의 변화에서는 모든 시기에서 집단 간 하퇴돌레 변화는 유의한 차이를 보이지 않았고, 각 집단 내에 측정시기별 하퇴 돌레 값의 변화도 유의한 차이를 보이지 않았다. 혈중 CK 수치 변화는 모든 시기에서 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다. 하지만 각 집단 내 측정시기에 따른 혈중 CK 수치의 변화에서 진동훈련군과 대조군은 측정시기 간에 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 사후검정 결과 진동훈련군은 운동 전에 비해 24시, 72시에서 유의한 증가를 보였다( $p<0.05$ ). 대조군도 운동 전에 비해 24시, 48시, 72시에 유의한 증가를 보였다( $p<0.05$ ).[표 3].

[표 3] 진동훈련에 따른 집단 간 종속변수의 변화  
[Table 3] Change of Dependent Variables between Groups during Vibration Training

	시기	진동훈련군 (n=11)	대조군 (n=10)	t
통증 (점)	유발전	0.00±0.00	0.00±0.00	
	24시	14.36±7.60	16.60±8.75	0.626
	48시	15.00±9.25	30.70±11.69 <sup>1,3</sup>	3.429*
	72시	7.09±5.61	11.80±6.64	1.760
	F	3.642*	11.241*	
근력 (kg)	유발전	64.19±17.02	62.29±15.23	-0.269
	24시	62.48±17.78	51.87±14.08	-1.505
	48시	62.62±17.97	54.29±15.74	-1.125
	72시	63.99±16.74	59.67±15.34	-0.614
	F	0.029	1.003	
하퇴 돌레 (cm)	유발전	33.64±2.84	33.16±2.47	-0.415
	24시	34.11±2.84	34.45±2.26	0.294
	48시	34.37±2.02	34.48±2.38	0.112
	72시	34.15±1.93	34.12±2.34	-0.037
	F	1.032	25.060	
CK (U/L)	유발전	131.64±52.51	133.50±56.31	0.078
	24시	208.18±56.61 <sup>1</sup>	282.00±108.46 <sup>1</sup>	1.938
	48시	206.36±91.98	245.50±51.13 <sup>1</sup>	1.187
	72시	213.27±54.23 <sup>1</sup>	252.20±61.21 <sup>1</sup>	1.546
	F	3.840*	7.975*	

\*  $p<0.05$

CK: Creatine Kinase

통증<sup>1</sup>: 24시에 비해 의미있는 차이

통증<sup>3</sup>: 72시에 비해 의미있는 차이

CK<sup>1</sup>: 운동 전에 비해 의미있는 차이

### 3.4 전체 집단 간 측정시기에 따른 종속변수 값의 변화

집단 간 효과검정에서 통증수준은 집단 간의 유의한 차이를 보였으며( $p<0.05$ ), 집단 내 효과검정에서 측정시기에 따라 유의한 차이를 보였다( $p<0.01$ ). 그리고 측정시기와 집단의 상호작용도 유의한 차이를 보였다( $p<0.01$ ). 집단 간 효과검정에서 발목 저축굴곡근의 근력은 유의한 차이를 보이지 않았으나 집단 내 효과검정에서는 측정시기에 따라 유의한 차이를 보였고( $p<0.05$ ), 측정시기와 집단의 상호작용도 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 하퇴돌레의 값은 집단 간 효과검정에서 유의한 차이를 보이지 않았지만, 집단 내 효과검정에서는 측정시기에 따라 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 그러나 측정시기와 집단 간 상호작용은 유의한 차이를 보이지 않았다. 혈중 CK 수치 값은 집단 간 효과검정에서 유의한 차이를 보이지 않았고, 집단 내 효과검정에서는 측정시기에 따라 유의한 차이를 보였으며( $p<0.05$ ), 측정시기와 집단의 상호작용도 통계적으로 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ )[표 4].

[표 4] 집단 간 측정시기에 따른 종속변수 값의 변화  
[Table 4] Change of Dependent Variables at each measuring point between groups

	변인	제공합	자유도	평균제공	F
통증 (점)	집단 간 효과검정				
	집단	895.394	1	895.394	5.728*
	오차	2969.876	19	156.309	
	집단 내 효과검정				
	시기	1888.575	2	944.288	32.690*
근력 (kg)	시기X집단	538.099	2	269.049	9.314*
	오차	1097.679	38	28.886	
	집단 간 효과검정				
	집단	829.681	1	829.681	0.786
	오차	20052.456	1	1055340	
하퇴 돌레 (cm)	집단 내 효과검정				
	시기	504.491	3	168.164	35.554*
	시기X집단	241.009	3	80.336	16.985*
	오차	269.600	57	4.730	
	집단 간 효과검정				
CK (U/L)	집단	8.573E-03	1	8.573E-03	0.000
	오차	415.920	19	21.891	
	집단 내 효과검정				
	시기	13.041	3	4.347	9.459*
	시기X집단	1.869	3	0.623	1.356
CK (U/L)	오차	26.194	57	0.460	
	집단 간 효과검정				
	집단	30954.085	1	30954.085	1.912
	오차	307573.582	19	16188.083	
	집단 내 효과검정				
CK (U/L)	시기	167502.787	3	55834.262	55.096*
	시기X집단	13567.549	3	4522.516	4.463*
	오차	57763.927	57	1013.491	

\*  $p<0.05$

CK: Creatine Kinase

#### 4. 논의

본 연구는 지연성 근통증의 예방을 위한 방법으로 진동훈련의 방법을 제시하며, 선행 연구를 토대로 원심성 운동 전 진동훈련이 하퇴삼두근의 지연성 근통증에 미치는 영향을 통증수준, 발목 저측굴곡근의 근력, 하퇴의 들레, 혈중 CK 수치를 통해 알아보았다.

진동훈련은 20세기에 시작하여 최근 새로운 기술로 대두되며 널리 사용되고 있다. 진동훈련은 근방추로부터 흥분성을 유입하여 진동자극의 조절로 인해 골지긴기관의 억제요소인 운동신경(motor neuron)까지 향상시킨다. 진동이 운동신경에 유입해서 짧은 방추-운동신경 연결고리(short spindle-motor neurons connection)를 통해 흥분성 자극의 흐름을 야기한다는 가능성은 Lebedev와 Peliakov[6]에 의해 밝혀진 바 있다. 또한 진동 자극이 1a loop을 통해 a-운동신경에 강력하게 작용하며, 자의적인 근 수축을 수행할 때와 동일한 대뇌 수질에서 나온 원심성 경로를 이용하지는 않는다고 하였다. Kasai 등[18]에 의하면 진동으로 인해 야기된 근방추 수용기의 활성화는 직접적으로 진동자극을 받은 부위의 근육뿐만 아니라 주변의 근육에도 긍정적인 영향을 미친다고 한다. 또한, 진동은 근력을 향상시키며, 몇몇 연구자들은 진동훈련이 기능적 수행능력을 향상시킨다고 보고하였다. 예를 들어, 진동훈련은 동적 근력과 초기 등척성 근력을 3.2~48.8%, 점프높이 2.5~7.6%로 유의하게 강화시켰음을 뒷받침하고 있다[12].

Broadbent 등[11]은 하지에 지연성 근통증을 유발한 다음 전신 진동훈련을 시행하여 운동 전, 24시간 후, 48시간 후, 72시간 후, 96시간 후, 120시간 후에 통증 수준을 평가한 결과 운동 전에는 통증이 전혀 없었으나, 48시간 후 두 그룹 모두 운동 전과 비해 3.5~4점정도 높은 통증 정도를 보였으며 72시간 후부터 대조군에 비해 현저히 감소되어, 96시간 시점에서는 집단 간 유의한 차이가 있는 것을 볼 수 있었다( $p < .05$ ). 이는 본 연구의 통증 정도의 변화와 집단 간의 차이에서 유사한 결과를 가져오고 있으나 통증이 감소되는 시점에서는 약간의 차이가 있다. 이것은 본 연구에서는 원심성 운동 전 진동훈련을 적용하였고, 선행연구에서는 원심성 운동 후 진동훈련을 적용하여 적용시점 간의 차이와 본 연구에서는 60 Hz의 진동기를 사용하였으나, 선행연구에서는 전신 진동기를 사용하여 진동훈련 방법의 차이 때문인 것으로 사료된다. Bakhtiyar 등[3]의 연구에서는 30분간의 원심성 운동을 하기 전 양쪽 하지의 대퇴사두근과 슬괏근, 하퇴삼두근에 각 1분씩 진동훈련을 적용하였다. 그 결과 운동 전과 비교하여 24시 후에 진동훈련군이 대조군에 비해 통증의 증가가 유의하게 낮은 것으로 보고하고 있으며( $p < .0001$ ), 본 연구의 결과와 유사한

결과를 보였다. 이는 진동 훈련된 근육의 운동단위 활성화와 주위 근육들의 긴장 증가로 근절손상 또는 흥분 수축 시 발생할 손상이 방지됨으로 인해[19], 결과적으로 진동 훈련된 근육의 적절한 수행이 근손상을 감소시켜 지연성 근통증 발생을 감소시키고, 그것으로 인해 통증의 증가를 감소시킨 것으로 사료된다. 측정시기에 따른 통증의 수준을 살펴보면, Broadbent 등[11]은 대조군의 근통증 수준이 운동48시간 후에 가장 증가 하여 120 시간 후에는 통증이 거의 사라진다고 보고하였고 Nottle 등[13]의 연구에서도 48시간 시점에서 가장 높은 통증 정도를 나타내었다. 본 연구에서도 선행연구와 같이 대조군과 진동자극군 모두 48시간 후가 통증이 가장 최고점임을 확인할 수 있었다. 이는 생화학적으로 손상된 부위의 대식세포가 지연되어 침투하기 때문이라는 설명과 원심성 운동으로 인한 반응으로 조직 손상 후 24~48시간 사이에 대식세포의 수가 증가함을 볼 수 있다고 하는 이론을 뒷받침할 수 있을 것으로 사료된다.

원심성 운동 후 근력 감소는 힘을 생산하기 위한 근육의 고유 용적 수축단위의 손상 때문이며[20], 통증인식으로 인한 이차적 요인으로도 근력감소를 가져오는 것으로도 볼 수 있다[21]. 본 연구에서 발목 저측굴곡근의 근력 측정결과 통계학적으로는 집단 간에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 집단 내 효과검정에서는 측정시기에 따라 유의한 차이를 보였고, 전체 측정시기와 집단의 상호작용도 통계적으로 유의한 차이를 보여 측정시기에 따른 효과가 다르게 존재함을 알 수 있었다. 통계학적으로 유의하지 않지만, 본 연구에서 운동전에 비교하여 진동훈련군과 대조군 모두 24시간 후와 48시간 후, 72시간 후에 근력감소를 보였으나 평균적으로 대조군에 비해 진동훈련군의 근력 감소가 적었다. 이러한 결과는 지연성 근통증 유발 전 진동훈련을 적용한 군에서 근력의 감소가 보이지 않았다는 진동훈련의 시기가 같은 다른 연구결과와 유사하였으며[3], 이는 원심성 운동 전 하퇴삼두근의 진동자극은 원심성 운동을 하는 동안 수동 긴장을 증가시켜 적절한 신경근 활동 증가와 배경긴장의 상승으로 근육을 도와주어 하퇴삼두근의 적절한 신경근 기능이 조성되었기 때문으로 사료된다. 측정시기에 따른 근력의 변화에서, Nottle 등[13]은 운동 후 24시간 후 급격한 근력 감소를 보이다가 48시간 후에는 차츰 회복되기 시작하며, Proske 등[22]은 지연성 근통증 유발 직후에서 48시간까지 약 40%의 근력 감소율이 나타났다고 하였다. 여러 연구에서 보듯 원심성 운동이 최소 30% 이상의 근력감소를 보였으며 근력회복에 있어서 5일 이상이 걸리는 것으로 나타났다. 본 연구 결과에서도 선행연구와 유사하게 원심성 운동 후 24시간 후에 가장 큰 근력의 감소가 나타났으며,

근력은 점차적으로 회복되었으나, 72시간 후에 측정된 결과 완전한 회복은 보이지 않았다. 본 연구에서 두 집단 사이에 유의한 차이가 나지 않은 것은 대상자의 수가 너무 적은 것 때문으로 사료된다.

하퇴둘레에서 본 연구의 결과 진동훈련에 따라 집단 간 유의한 차이는 보이지 않았고, 집단 내 효과검정에서는 측정시기에 따라 유의한 차이를 보였다( $p < .05$ ). 그러나 측정시기와 집단의 상호작용은 통계적으로 유의한 차이가 없었기 때문에 각 집단별로 측정시기에 따라 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 진동훈련군의 하퇴둘레는 대조군보다는 유의한 차가 나타나지 않았으나, 평균적으로 대조군에 비해 하퇴 둘레의 증가가 적었다. 이는 원심성 운동을 하는 동안 진동 자극된 근육의 운동단위 활성화와 주위 근육들의 긴장의 증가로 근절손상이 방지 되었으며, 이런 결과로 근손상의 감소와 지연성근통증을 감소시켜 혈액과 림프 흐름의 장애를 감소시켰기 때문으로 사료된다. Aminian-Fa[23]등은 정상 성인을 대상으로 하지에 지연성 근통증 유발 전 1분간 전신진동훈련을 실시한 결과 CK, 근력소실의 감소, 근육의 염증에는 효과가 있었으나 하퇴 둘레에는 유의한 변화가 없다고 보고하여 본 연구의 결과와 일치 하였다. 이것은 전신진동훈련을 사용하여 본 연구와 방법은 다르지만 훈련을 실시한 시기는 일치하고, 그에 따른 다른 변수의 효과도 유의하기 때문에 전신진동 훈련과 국소적 진동훈련이 하퇴둘레의 감소에 있어서 효과가 적합하지 않고, 방법의 차이에 따른 추가적인 연구가 필요한 것으로 사료된다. Vaile 등[24]은 지연성 근통증 유발 후 증가하였던 하퇴둘레가 48시간 후 감소하였으나 본 연구는 72시간 후 시점에서 둘레의 감소를 보여 약간의 차이가 있음을 볼 수 있었다. 이는 Vaile 등[24]의 연구에서는 대퇴사두근에 원심성 운동을 적용하였고, 본 연구는 하퇴삼두근에 원심성 운동을 적용하여 서로 다른 근육에 지연성 근통증을 유발했기 때문에 근육의 쓰이는 정도에 따라 둘레변화에 영향을 미친 것으로 사료된다.

혈중 CK 수치는 운동 후 상승하므로 근육 손상의 간접적인 지표로 사용할 수 있다[25]. 본 연구에서는 각 집단 내 측정시기에 따른 혈중 CK 수치의 변화에서 진동훈련군과 대조군 모두 측정시기 간에 유의한 차이를 보였으나 ( $p < .05$ ) 각 집단 간에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. Broadbent 등[11]의 연구에서는 원심성 운동 후 혈중 CK 수치는 24시 시점에서 증가를 보였으나, 대조군과 비교하여 진동훈련군의 혈중 CK 수치 변화가 집단 간 차이가 없어 본 연구와 일치 하였다. Bakhtary 등[3]의 연구 결과 대조군에 비해 진동훈련군에서의 혈중 CK 수치가 훨씬 낮게 나타났으며( $p = .001$ ), 이것은 운동 전과 24시간 후를 비교한 결과로 측정시기별로 비교하는 것은 불가능하다. 그

러나 본 연구의 결과는 통계학적으로 유의하지 않으나, 평균적인 수치상으로 진동훈련군에 비해 대조군의 수치가 높으므로 유사한 결과를 가져왔다고 할 수 있다. 혈중 CK 수치가 낮은 진동훈련군은 근육 손상이 적음을 의미 하며, 대조군의 높은 혈중 CK수치는 더 큰 근 손상을 의미한다. 이는 진동에 의한 근방추의 자극은 진동 되어진 근육의 표면에 긴장도를 증가시켜 구심성 활동을 증진시킴으로 인해, 근기능이 더욱 좋아져 원심성 운동 후 근육의 손상 정도를 감소시켰기 때문으로 사료된다. Broadbent 등[11]의 연구는 원심성 운동 전 1분간 전신진동훈련을 한 것으로 전신 진동과 국소적 진동의 차이가 있어 본 연구와 진동 적용방법에는 차이가 있으나 본 연구와 진동훈련 시기가 일치하고, CK수치 상 유의한 변화가 없다는 결과 또한 일치한다. Bakhtary 등[3]은 트레드밀 걷기 후 진동훈련을 실시한 것으로 본 연구와 시기적으로 차이가 나고, 진동훈련 방법도 전신진동과 국소적 진동으로 차이가 나며 CK수치상 유의한 변화가 있어 본 연구와 결과적으로 차이가 난다. 하지만 본 연구의 수치가 통계학적으로 유의하지는 않으나 진동훈련군에서 CK 수치의 감소를 확인할 수 있으므로 추후에 동일한 조건 하에서 진동훈련의 시기의 구별을 두어 운동 전, 후에 따른 효과를 확인해야 할 것으로 사료되며, 다른 연구와 비교하여 운동 전보다 운동 후에 CK 감소가 더 클 것으로 사료된다. 혈중 CK 수치의 측정시기에 따른 양상을 살펴보면, Nottle 등[13]의 연구 결과 원심성 운동 후 혈중 CK 수치는 24시간 후 증가하여 48시간 후에 약간의 감소를 보이다가 다시 96시간 까지 상승되는 경향을 보였다. 이것은 본 연구 결과와 유사한 결과를 가져 왔으며, 본 연구에서도 운동 후 24시간 후에 혈중 CK 수치가 증가 되었으며, 48시 후 약간의 감소 양상을 보이다가 점차 증가 되는 현상을 보였다. 이는 언덕을 뒷걸음질로 내려오는 선행연구와 경사를 세운 트레드밀을 뒤로 걷게 하는 본 연구와 운동방법이 일치하기 때문에 비슷한 결과를 가져온 것으로 보이나 운동방법이나 근 종류, 개개인의 특성에 따라 차이를 보일 것이라고 사료된다.

본 연구를 통해 원심성 운동 전 진동훈련이 원심성 운동을 하는 동안 수동 긴장을 증가시켜 적절한 근긴장 활동 증가와 주위근육들의 긴장증가로 근손상 예방에 도움이 됨을 알 수 있었다. 덧붙여, 원심성 운동 전 진동훈련은 통증을 조절하고 예방하는데 사용될 수 있으며, 운동 선수의 스포츠 활동에서 지연성 근통증을 예방하기 위한 방법으로 도움이 될 것이라 사료된다.

## 5. 결론

본 연구는 건강한 성인남녀를 대상으로 원심성 운동 전 진동훈련이 통증수준, 발목 족저근의 근력, 하퇴둘레, 혈중 CK 수치에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 원심성 운동으로 하퇴의 지연성 근통증 유발 후 진동훈련군 11명, 대조군 10명으로 나누어 24, 48, 72시간 마다 진동훈련에 따른 집단 간의 비교와 측정시기에 따른 효과를 알아보았다. 본 연구의 결과 집단 간 통증수준에서 지연성 근통증 유발 후 48시간 시점에서 유의한 차이를 보였고, 하퇴둘레를 제외한 측정시기와 집단의 상호작용도 통계적으로 유의한 차이를 보여, 각 변수의 집단 간 측정시기에 따라 큰 차이가 있음을 알 수 있었다. 연구 결과를 통하여 진동훈련은 지연성 근통증 예방과 조절에 도움이 된다고 할 수 있으며, 더 많은 연구를 통하여 운동선수 등 다양한 사람들에게 적극적으로 활용될 수 있을 것이라 생각한다.

## Reference

- [1] J. E. Hilbert, G. A. Sforzo, T. Swense. "The effects of massage on delayed onset muscle soreness", *Br J Sports Med*, Vol. 37, pp. 72-75, 2003.
- [2] L. L. Smith, "Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness?", *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 23(5), pp. 542-541, 1991.
- [3] A. H. Bakhtiary, Z. Safavi-Farokhi, A. Aminian-Far. "Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise", *Br J Sports Med*, Vol. 41(3), pp. 145-148, 2007.
- [4] D. J. Szymanski. Recommendations for the avoidance of delayed-onset muscle soreness. *J Strength Cond Res*, Vol. 23, pp. 7-13, 2001.
- [5] K. A. Sluka, A. Wright. "Knee joint mobilization reduces secondary mechanical hyperalgesia induced by capsaicin injection into the ankle joint", *Eur J Pain*, Vol. 5(1), pp. 81-87, 2001.
- [6] M. A. Lebedev, A. V. Poliakov. "Analysis of the interference electromyogram of human soleus muscle after exposure to vibration", *Neirofiziologiya*, Vol. 23(1), pp. 57-65, 1991.
- [8] C. Bosco, M. Iacovelli, O. Tsarpela, et al. "Hormonal responses to whole-body vibration in men", *Eur J Appl Physiol*, Vol. 81(6), pp. 449-454, 2000.
- [9] S. Torvinen, P. Kannu, H. Sievanen et al. "Effect of a vibration exposure on muscular performance and body balance. Randomized cross-over study". *Clin Physiol Funct Imaging* ; Vol. 22, pp. 145-52. 2002.
- [10] S. Torvinen, P. Kannu, H. Sievanen et al. "Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance". *Med Sci Sports Exerc*. Vol. 34, pp. 1523-8. 2002.
- [11] S. Broadbent, J. J. Rousseau, R. M. Thorp, et al. "Vibration therapy reduces plasma IL6 and muscle soreness after downhill running", *Br J Sports Med*, Vol. 44(12), pp. 888-894, 2010.
- [12] C. Delecluse, M. Roelants, S. Verschuere. "Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training", *Med Sci Sports Exerc*, Vol. 35(6), pp. 1033-1041, 2003.
- [13] C. Nottle, K. Nosaka. "The magnitude of muscle damage induced by downhill backward walking", *J Sci Med Sport*, Vol. 8(3), pp. 264-273, 2005.
- [14] R. Melzack. "The short-form McGill Pain Questionnaire", *Pain*, Vol. 30(2), pp. 191-197, 1987.
- [15] A. Fosang, R. Baker. "A method for comparing manual muscle strength measurements with joint moments during walking", *Gait Posture*, Vol. 24(4), pp. 406-411, 2006.
- [16] D. A. Connolly, S. P. Sayers, M. P. McHugh. "Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness", *J Strength Cond Res*, Vol. 17(1), pp. 197-208, 2003.
- [17] J. B. Rodenburg, P. R. Bar, R. W. De Boer. "Relations between muscle soreness and biochemical and functional outcomes of eccentric exercise", *J Appl Physiol*, Vol. 74(6), pp. 2976-2983, 1993.
- [18] T. Kasai, M. Kawanishi, S. Yahagi. "The effects of wrist muscle vibration on human voluntary elbow flexion-extension movements", *Exp Brain Res*, Vol. 90(1), pp. 217-220, 1992.
- [19] M. McHugh. "Can exercise induced muscle damage be avoided?", *Br J Sports Med*, Vol. 33(6), pp. 377, 1999.
- [20] M. J. Cleak, R. G. Eston. "Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise", *Br J Sports Med*, Vol. 26(4), pp. 267-272, 1992.
- [21] D. J. Newham. "The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain", *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, Vol. 57(3), pp. 353-359, 1988.
- [22] U. Proske, N. S. Weerakkody, P. Percival, et al. "Force-matching errors after eccentric exercise attributed to muscle soreness", *Clin Exp Pharmacol Physiol*, Vol. 30(8), pp. 576-579, 2003.
- [23] A. Aminian-Far, MR. Hadian, G. Olyaei et al.

“Whole-body vibration and the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness”. J Athl Train Vol. 46, pp. 46:43-9, 2011

- [24] J. Vaile, S. Halson, N. Gill, B. Dawson. "Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness", Eur J Appl Physiol, Vol. 102(4), pp. 447-455, 2008.
- [25] M. P. Miles, P. M. Clarkson. "Exercise-induced muscle pain, soreness, and cramps", J Sports Med Phys Fitness, Vol. 34(3), pp. 203-216,

---

**김 은 숙(Eun-Suk Kim)**

[정회원]



- 2009년 8월 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 7월 ~ 현재 : 김학수 정형외과 근무

<관심분야>  
근골격계 물리치료

---

**김 미 화(Mi-Hwa Kim)**

[정회원]



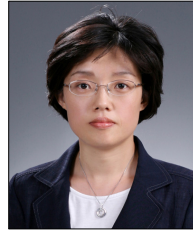
- 2011년 2월 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 박사과정 중
- 2008년 3월 ~ 2008년 12월 : 중앙구 보건소 방문보건팀 근무
- 2009년 7월 ~ 현재 : 원진녹색병원 재활치료센터 근무

<관심분야>  
뇌졸중 재활, 신경계 물리치료

---

**조 유 미(Yu-Mi Cho)**

[정회원]



- 2003년 2월 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2007년 8월 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 (박사수료)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 신성대학교 물리치료학과 전임강사

<관심분야>  
근골격계 물리치료

---

**이 완 희(Wan-Hee Lee)**

[정회원]



- 1997년 2월 : 연세대학교 보건대학원 (재활보건학석사)
- 2005년 2월 : 한양대학교 의학대학원 (의학박사)
- 1990년 3월 ~ 1999년 8월 : 서울대학교병원 재활의학과
- 1999년 9월 ~ 현재 : 삼육대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>  
근골격계노인재활