

# 대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science  
2021. 09. Vol. 28, No.2, pp. 19-29

## 운동 전 적용된 지속초음파와 맥동초음파가 운동 유발성 근육 손상의 최대등척성근력과 관절가동범위에 미치는 효과

김하늘<sup>1</sup> · 전재근<sup>2</sup> · 신성필<sup>2</sup>

<sup>1</sup>서울 응암 리드힐병원 물리치료실 · <sup>2</sup>한려대학교 물리치료학과

### The effects of pulsed ultrasound and continued ultrasound intervention before an exercise on maximal voluntary isometric contraction and range of motion of exercise-induced muscle damage

Ha Neul Kim<sup>1</sup>, M.Sc., P.T. · Jae Geun Jeon<sup>2</sup>, Ph.D., P.T. · Sung Phil Shin<sup>2</sup>, M.Sc., P.T.

<sup>1</sup>*Dept. of Physical Therapy, Leadheals Hospital*

<sup>2</sup>*Dept. of Physical Therapy, Hanlyo University*

#### Abstract

**Background:** The purpose of this study was to investigate the effects of pulsed-ultrasound intervention and continued-ultrasound on the MVIC (maximal voluntary isometric contraction) and active ROM (range of motion) recovery of before EIMD (exercise-induced muscle damage).

**Design:** Randomized controlled trial.

**Methods:** Thirty subjects who are student in their 20s at a university participated in this study, these subjects were assigned into three groups, a control group ( $n=10$ ), experiment group I ( $n=10$ ) and experiment group II ( $n=10$ ). The subjects in experimental group were intervened by pulsed-ultrasound and continued-ultrasound, while ones on control group weren't by any intervention after induced EIMD.

**Results:** First, In comparison of the MVIC, in the among group comparison, the MVIC of continued-ultrasound group was significantly larger than those of other groups ( $p<.005$ ). Second, In the among group comparison, the active extension angle of continued-ultrasound group was significantly smaller than those of other groups ( $p<.005$ ). Third, In the among group comparison, the active flexion angle of continued-ultrasound group was significantly larger than those of other groups ( $p<.05$ ).

**Conclusion:** The above results revealed that the continued-ultrasound intervention before an exercise had a significantly improve of muscle function after EIMD. Therefore we can consider the continued ultrasound as a considerable intervention method to prevent or reduce an exercise injury.

**Key words:** Exercise-induced muscle damage, Maximal voluntary isometric contraction, Pulsed-ultrasound, Range of motion

## I. 서론

사람은 외부적 자극을 일정강도 이상 받아들이면 신체 고유 항상성(homeostasis)을 유지시키기 위한 노력을 하기 위해 여러 형태의 신체활동 또는 운동에 참여하고 있다. 신체에 주는 지속적 자극은 근 능력을 점차적으로 향상시켜 기초적 건강관리에서부터 각종 성인병, 노화 등의 예방 및 회복에 긍정적인 영향을 가져온다(김현진과 김명훈, 2018). 그러나 과한 운동으로 인한 일정 강도 이상을 벗어난 신체적 자극은 근육의 능력을 정체 또는 퇴화시킬 뿐만 아니라 오히려 근 통증, 스트레스와 피로 등을 초래하며(Clarkson과 Tremblay, 1988), 신체 활동에 주기적으로 참여함에 있어 큰 장애요인은 운동 후 겪게 되는 근육 손상이라 할 수 있다(Close 등, 2005).

근육 손상은 외상성 근육 손상(traumatic induced muscle damage; TIMD)과 운동 유발성 근육 손상(exercise induced muscle damage; EIMD)으로 분류할 수 있고, 특히 EIMD는 근육의 길이 변화가 심한 신장성 운동이나 또는 자신의 신체적 능력 이상의 운동 강도 등에 의해 발생하는 것으로 보고되고 있다(Hubal 등, 2007; Warren 등, 2007; Proske와 Allen, 2005). EIMD에 의해 발생하는 통증은 일반적으로 근-건 접합부에서 가장 심하고, 운동 후 24~48시간에 최대 발생되며(Symons 등, 2004), 이로 인해 관절가동범위와 근력의 손실 등을 야기한다(Cleary 등, 2005; Cheung 등, 2003).

EIMD는 근육 내의 형태 또는 구조적 변화를 일으키는 1차성 근육 손상(primary muscle damage), 그리고 염증성 반응, 칼슘 항상성의 손실 등을 일으키는 2차성 근육 손상(secondary muscle damage)으로 분류 할 수 있다(Armstrong 등, 1991). 1차성 근육 손상은 근절(sarcomere)과 세포골격요소(cytoskeletal elements)의 구조적인 파괴 등이 나타나고, 근육 손상 후 곧바로 근력의 발생을 약화시킨다(McNeil과 Khakee, 1992). 2차성 근육 손상은 1차성 손상을 회복하는 과정에서 나타나고, 염증성 반응에 의해 지연성 근육통(delayed onset muscle soreness; DOMS)을 일으키며 혈장 내로 근 단백질을 유출시킬 뿐만 아니라 지속적 근력 감소 등을 나타내어 일시적인 근육 기능의 손실을 일으키게 된다(Close 등, 2005; Zainuddin 등, 2005; Clarkson과 Tremblay, 1988).

이와 같은 EIMD 증상의 완화를 위한 물리치료적 중재 방법으로는 산소요법(Cheung 등, 2003), 마사지(Zainuddin 등, 2005), 냉치료(Rowsell 등, 2009), 경피신경자극치료(김근조 등, 2009), 미세전류(최효정과 김성수, 2013) 그리고 초음파(윤정권과 이주형, 2006) 등이 있다.

치료용 초음파는 지속초음파(continuous wave)와 맥동초음파(pulsed wave)로 분류할 수 있고, 지속초음파는 열적효과, 5cm 깊이에 존재하는 조직에 대해 효과적으로 가열 할 수 있으며, 맥동초음파는 기계적, 화학적, 전기적인 비열적 효과가 있음을 보고하였으며(Hennessey 등, 1994), 조직 온도의 상승(정재훈과 김경수, 1993), 혈류 속도의 증가(한중만, 2002), 조직재생의 촉진(Jia 등, 2005), 급성비감염성염증의 분해(박래준, 2001)에 효과적이라고 하였다. Huang 등(2005)은 30명의 무릎 관절염이 있는 대상자에게 1 MHz 2.5 w/cm<sup>2</sup>의 강도와 25%의 맥동주기로 5분간 맥동초음파를 적용하였을 때 근육의 최대 토크와 통증, 관절가동범위(range of motion; ROM)을 유의하게 증가시킨다고 하였다.

지속초음파는 5cm 깊이에 존재하는 조직을 효과적으로 가열할 수 있으며, 신경근 자극 치료 시 근력 증강(장현정과 남형천, 2005), 혈류량 및 피부온도의 상승(오민영, 2004), 크레아틴 키나아제(creatine kinase; CK) 수치 감소(조남정과 손승혁, 2014), 신경 근위부의 억제(백수정 등, 2000), 동통경감 및 유착감소(박래준, 2001)에 효과적

교신저자: 신성필

주소: 전남 여수시 울촌면 구암길 319 여수에양병원 물리치료실, 전화: 061-640-8951, E-mail: dathnight14@naver.com

이라고 보고되고 있다. 정한석 등(2011)은 경추부위에 지속초음파 치료를 적용했을 때 능동적 경추 회전가동범위가 증가됨을 보고하였다.

이와 같이 선행연구들을 살펴본 결과 EIMD 유발 후 초음파를 적용한 연구는 다양하게 이뤄지고 있지만 EIMD 유발 전 맥동 초음파와 지속 초음파의 효과적인 중재방법에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 EIMD 유발 전에 맥동초음파와 지속초음파를 각각 적용한 후 MVIC, ROM의 변화를 비교 분석하여 EIMD 유발을 예방하기 위한 효과적인 중재 방법을 알아내고자 실시하였다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 기간 및 대상

본 연구는 G시 H대학에 재학 중인 남자 대학생들로 본 연구의 취지를 이해하고 참여하겠다는 동의서를 작성하였다. 실험 참여자는 30명을 대상으로 대조군(10명), 맥동초음파 적용군(10명), EIMD 유발 전 지속초음파 적용군(10명)으로 세 그룹으로 나누어 성별에 관계없이 무작위 배정 후 진행하였다. 실험 기간 동안 본 연구 결과에 영향을 줄 수 있는 음주, 약물 등을 복용하지 않고 비 우세성 팔에 간접적인 치료를 하지 않도록 문서와 구두를 통해 지속적으로 권고하였으며 실험기간은 2019년 5월 7일부터 동년 동월 9일 까지 총 3일에 걸쳐 실시하였다.

본 연구의 대상자는 다음과 같은 기준에 따라 제외시켰다.

#### 1) 제외기준

- (1) 이전에 팔다리뼈대에 수술을 경험이 있는 자
- (2) 팔다리에 결손이 있는 자
- (3) 임산부
- (4) 기타 연구자가 부적합하다고 판단한 환자(출혈성 질환, 임신, 심장박동기, 발작장애 등 치료에 안전하지 않을 수 있는 요인을 지니고 있는 경우)
- (5) 부신 피질 스테로이드(corticosteroids), 마취제(narcotics), 근육이완제, 항응고제, 한약 등을 복용 중이거나, 기타 연구자가 부적합하다고 생각하는 약품을 복용 중인 자
- (6) 주 2회 이상 규칙적으로 체육 활동을 하는 자

### 2. 연구 설계

위팔두갈래근에 EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용하여 최대등척성근력과 능동관절가동범위에 미치는 영향을 알아보고 적용방법에 따른 군 간의 차이를 비교하고자 하였다. 각 군에 해당하는 방법을 적용하기 전 최대등척성근력과 능동관절가동범위를 측정하였고, 맥동초음파와 지속초음파를 적용한 후 24, 48시간에 같은 방법으로 측정하였으며, 측정실의 실내습도는 50~60%, 실내온도는 24~27 °C로 유지하였다. 본 연구의 목적을 달성하기 위한 연구 설계는 다음 Figure 1과 같다.

### 3. 연구 방법

#### 1) 운동 유발성 근육 손상(EIMD) 유발

EIMD를 유발시키기 위해 아령을 사용하여 비우세측 팔꿈관절 굽힘근의 1RM을 측정하였으며, 대상자가 팔꿈

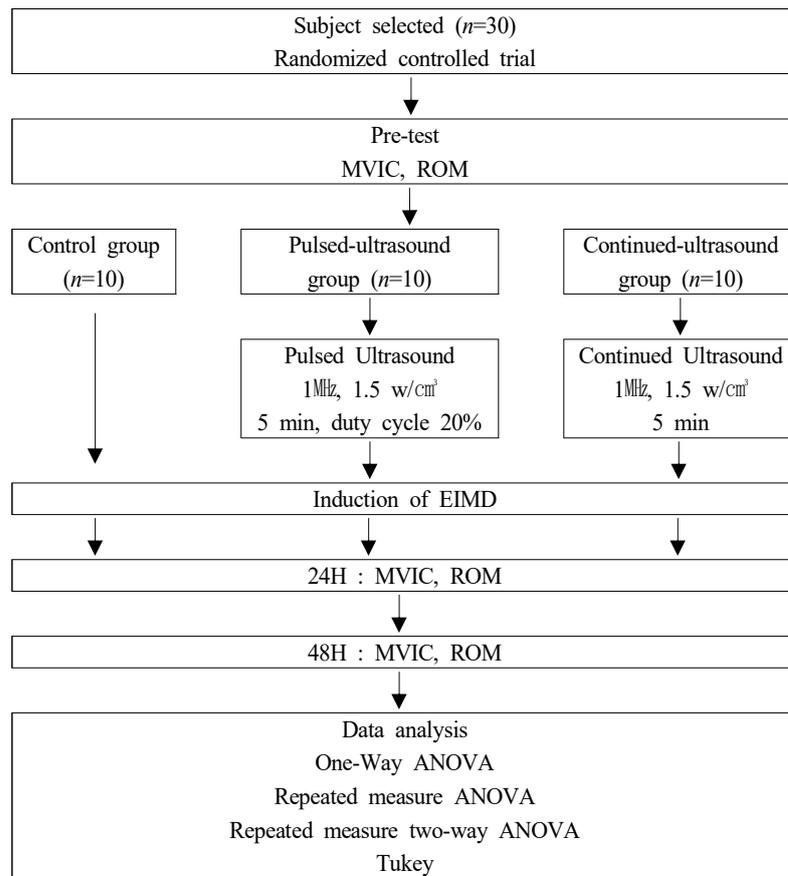


Figure 1. Study design

관절 0~135°의 범위에서 단 한번 최대로 들어 올릴 수 있는 무게의 양으로 설정하였다. EIMD는 1RM의 60%에 해당하는 무게를 이용하여 대상자의 몸통과 어깨가 고정된 상태에서 8초 메트로놈에 맞춰 팔꿈관절 0~135°의 범위에서 무게를 천천히 내리게 했으며, 들어 올릴 때는 보조자가 도와주도록 하였다. 15회 반복한 것을 1set로 하여 전체 5set를 실시하였고, 각 set사이의 휴식시간은 60초로 하였다(이수영, 2006).

## 2) 초음파 적용

초음파 기기의 적용면적은 5cm이고(조승봉 등, 2019) 초음파(us-700, ITO, Japan)를 사용하여 1MHz, 1.5 w/cm<sup>2</sup> 강도로 5분씩 맥동 초음파와 지속 초음파를 적용하였으며, 맥동초음파의 순환주기(duty cycle)는 20%로 하였다.

지속초음파기기는 심부열 투여로 인한 화상을 예방하기 위해 최대한 느린 속도(2cm/s)를 적용하여 심부열의 평균치를 유지하였고, Power Sonic Gell을 압통점에 적용해 초음파의 전도율을 높였다(문현주 등, 2007).

## 4. 측정 방법

### 1) 최대 등척성 근력

팔꿈관절 굽힘근의 등척성 수축력 측정을 위하여 자체 제작한 의자와 디지털 근력 측정계(TM Commander, J-TECH Medical, USA)을 사용하였다. 팔꿈관절 굽힘근인 위팔두갈래근의 최대 등척성 근력을 측정하기 위해 실

험자의 비우세 팔꿈관절의 굽힘근을 대상으로 실시하였다. 디지털 근력측정기를 대상자의 팔꿈관절을 직각으로 굽힌 상태에서 손바닥 면이 천장을 향하게 하여 받침대와 평행하게 하였다. 장치를 고정하여 비 우세손의 위팔두갈래근의 최대 등척성 근력(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 측정하고, 3회 실시한 후 평균값을 채택하였다. 피험자마다 같은 자세 유지를 위해 측정 팔이 아닌 다른 팔은 무릎에 위치하도록 하였으며, 다른 근육의 사용을 제한하였다. 최대 등척성 근력은 최대 값이 3초 유지될 때의 값을 채택하였고 운동 후, 24, 48시간에 걸쳐 총 3회 측정하였다(송현호 등, 2011)

## 2) 능동관절가동범위

팔꿈관절 굽힘근인 위팔두갈래근은 능동적으로 굽힘과 폼 시 각각 3 회 측정 후 평균값을 사용하였다. 측정자 세는 똑바로 서서 어깨까지 노출시킨 후 바닥과 평행하게 어깨관절을 90°로 구부리고 팔꿈관절의 굽힘과 폼은 완전한 뒤침 상태에서 측정하였으며, 폼은 위팔두갈래근의 원심성 수축 각도를 측정하였다. 능동관절가동범위는 운동 전, 24시간, 48시간에 걸쳐 총 3회 측정하였다(Blonna 등, 2012)

## 5. 자료분석

본 연구의 통계학적 분석은 Windows용 SPSS 18.0을 사용하였으며 집단 간 동질성 검정을 위해 one way ANOVA를 시행하였으며, 집단 간 기간별 변화비교를 위해 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 시행하였다. 사후검정은 Tukey 방법을 이용하였고, 유의수준은  $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

## Ⅲ. 연구결과

### 1. 연구 대상자들의 일반적 특성

본 연구는 2019년 5월 7일부터 2019년 5월 9일까지 전남 G시 소재의 H대학교의 남자 재학생들 중 공개지원을 한 연구대상자 30명을 피험자로 선정하였으며 평균나이에 있어 대조군은 24.55±1.04세, 맥동초음파군은 24.50±1.07세, 지속초음파군은 24.60±0.17세였다. 대조군의 평균키는 177.10±2.84 cm였고, 맥동초음파군의 평균키는 178.20±3.69 cm였으며, 지속초음파군은 175.40±5.06 cm이었다. 또한 대조군의 평균 몸무게는 69.15±6.58 kg였고, 맥동초음파군의 평균 몸무게는 67.25±6.88 kg였으며, 지속초음파군은 69.75±8.31 kg이었다. 모든 군의 일반적 특성에 따른 동질성 검정 결과 통계학적 유의한 차이는 없었다<Table 1>.

Table 1. General characteristics of subjects

	Control group (n=10)	PU group (n=10)	CU group (n=10)	F	p
Age (yrs)	24.55±1.04 <sup>a</sup>	24.50±1.07	24.60±0.17	1.058	.532
Height (cm)	177.10±2.84	178.20±3.69	175.40±5.06	1.203	.490
Weight (kg)	69.15±6.58	67.25±6.88	69.75±8.31	0.433	.332

<sup>a</sup>M±SD, PU group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; CU group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

## 2. MVIC

집단 간에 MVIC 차이를 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)한 결과, 집단 내 효과검정에서 시간에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었고( $p<.005$ ), 시간과 집단간에서도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.005$ ), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있었다( $p<.005$ ). Tukey의 사후검정 결과, 지속초음파군이 다른 군에 비해 MVIC가 높게 나타나 더욱 효율적인 것을 알 수 있었다<Table 2>.

Table 2. Comparison of the change in the MVIC among groups

Items	Control group (n=10)	PU group (n=10)	CU group (n=10)	post-hoc''
pre	15.75±1.77 <sup>a</sup>	15.87±1.26	15.52±1.57	
post-24h	8.09±.99	9.92±2.58	12.86±1.57	
post-48h	9.77±2.34	10.99±2.85	15.05±1.24	
<i>F'</i>	61.377	7.955	39.887	
<i>P</i>	time: .000*	time×group: .000*	group: .000*	CU>PU>C

<sup>a</sup>M±SD (kg), \* $p<.001$ , 'Repeated measure two-way ANOVA, ''Tukey, PU group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; CU group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

## 3. EROM

집단 간에 폼각도 차이를 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)한 결과, 집단 내 효과검정에서 시간에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었고( $p<.005$ ), 시간과 집단간에서도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.005$ ), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있었다( $p<.005$ ). Tukey의 사후검정 결과, 지속초음파군이 다른 군에 비해 폼각도가 낮게 나타나 더욱 효율적인 것을 알 수 있었다<Table 3>.

Table 2. Comparison of the change in the Extension among groups

Items	Control group (n=10)	PU group (n=10)	CU group (n=10)	post-hoc''
pre	1.48±0.42 <sup>a</sup>	1.36±0.38	1.41±0.28	
post-24h	2.60±.45	1.86±0.41	1.93±0.38	
post-48h	7.10±.87	4.33±0.51	3.40±0.73	
<i>F'</i>	768.899	49.293	137.182	
<i>P</i>	time: .000*	time×group: .000*	group: .000*	C>PU>CU

<sup>a</sup>M±SD (°), \* $p<.001$ , 'Repeated measure two-way ANOVA, ''Tukey, PU group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; CU group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

## 4. FROM

집단 간에 굽힘각도 차이를 반복측정 분산분석(Repeated measure ANOVA)한 결과, 집단 내 효과검정에서 시간에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었고( $p<.05$ ), 시간과 집단간에서도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.05$ ), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). Tukey의 사후검정 결과, 지속초음파군이 다른 군에 비해 굽힘각도가 높게 나타나 더욱 효율적인 것을 알 수 있었다<Table 4>.

Table 2. Comparison of the change in the Flexion among groups

Items	Control group (n=10)	PU group (n=10)	CU group (n=10)	post-hoc <sup>''</sup>
pre	141.00±4.64 <sup>a</sup>	138.20±5.15	146.59±12.38	
post-24h	111.30±6.53	112.47±3.69	112.42±4.15	
post-48h	127.30±7.72	128.04±2.30	126.9±5.45	
<i>F'</i>	168.210	2.692	3.973	
<i>P</i>	time: .000*	time×group: .000*	group: .034*	CU>PU>C

<sup>a</sup>M±SD (°), \**p*<.001, 'Repeated measure two-way ANOVA, ''Tukey, PU group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; CU group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

#### IV. 고 찰

신장성 운동은 모든 사람들에게 있어서 정상적인 일상생활을 하고 계단 오르내리기 및 신체의 이동, 균형유지와 같은 신체활동을 수행하는데 필수적이다(송현호 등, 2011). 그러나 많은 사람들은 본인의 신체적 수준을 정확하게 인지를 하지 못하고 과도한 운동을 실행하거나 잘못된 기술의 습득, 숙련도 미숙 등으로 인하여 운동 이후 근육 손상을 경험하고 있다(김승환, 2012). EIMD는 근섬유와 주변 결합조직의 손상에 의해 염증반응이 유발되어 관절가동범위, 압통, 그리고 최대등척성근력과 같은 근 기능의 손상이 동반된다(Connolly 등, 2003; Clarkson과 Hubal 등, 2002). 이 중 압통은 운동 후 24~72시간정도에서 최대 강도에 도달하고 점차 통증이 소실된다(Cheung 등, 2003; Smith, 1991). 이와 같은 결과로 인해 EIMD는 운동을 지속적으로 하는 것을 어렵게 하며, 운동참여자의 일반적인 생활에까지 영향을 끼치게 된다(김지윤 등, 2018).

따라서 근육손상을 줄이거나 예방을 위한 다양한 연구가 진행되고 있고 있으며 이와 같은 EIMD의 증상을 개선하기 위한 중재방법으로는 마사지(Zainuddin 등, 2005), 산소요법(Cheung 등, 2003), 냉치료(Rowsell 등, 2009), 경피신경자극치료(김근조 등, 2009), 미세전류(최효정과 김성수, 2013) 그리고 초음파(윤정권과 이주형, 2006) 등이 있다. 이 중 치료용 초음파는 지속초음파(continuous wave)와 맥동초음파(pulsed wave)로 분류할 수 있고, 지속초음파는 5cm 깊이에 존재하는 조직을 효과적으로 가열할 수 있으며, CK 수치의 감소(조남정과 손승혁, 2014), 신경 근위부의 억제(백수정 등, 2000), 동통경감 및 유착감소(박래준, 2001)에 효과적이다. 또한 맥동초음파는 기계적, 화학적, 전기적인 비열적 효과에 의해, 조직 온도 상승(정재훈과 김경수, 1993), 혈류 속도 증가(한종만, 2002), 조직재생의 촉진(Jia 등, 2005)에 효과적이라고 하였다.

이와 같이 선행연구들을 살펴본 결과 EIMD 유발 후 각각의 초음파를 적용한 연구는 다양하게 이뤄지고 있지만 EIMD 유발 전 맥동 초음파와 지속 초음파의 효과적인 중재방법에 대한 연구는 매우 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 EIMD 유발 전에 맥동초음파와 지속초음파를 각각 적용한 후 최대등척성 근력, 관절가동범위의 변화를 비교 분석하여 EIMD 유발을 예방하기 위한 효과적인 중재 방법을 알아내고자 실시하였다.

최대등척성근력은 마이오필라멘트의 분열된 상태 및 근섬유의 수와 매우 밀접한 관계가 있으며, 근육손상의 전형적이고 수량화할 수 있는 지표로서 근육 기능의 감소된 정도를 나타낸다(Warren 등, 2007).

본 연구에서 EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용한 결과 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간 후에서 MVIC의 유의한 증가가 보였고(*p*<.005), 집단 간 MVIC 차이를 분석한 결과, 시기와 집단 간에 유의한 교호작용이 있었고(*p*<.005), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있어(*p*<.005) 사후검정을 실시한 결과, EIMD 유

발 전 지속초음파 적용군이 다른 군에 비해 높게 나타났다. 고흥우 등(2011)은 20대 대학생들 30명을 대상으로 손목관절 펴근에 지연성 근육통을 유발한 후 초음파군과 진동 자극군으로 나누어 치료 전·후의 최대등척성근력을 비교한 결과, 지속 초음파가 효과가 있음을 보고하였고( $p<.05$ ), 김지윤 등(2018)은 위팔두갈래근에 지연성근육통 유발 전·후 초음파를 적용하여 증재를 한 결과 초음파군에서 최대등척성근력에 유의한 효과가 있다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 도출하였다( $p<.05$ ). 하지만 고흥우 등(2011)의 연구와 김지윤 등(2018)은 본 연구와 실험 방법과 증재 방법 및 증재 부위에 차이가 있어 직접적인 비교는 어려웠다. 이와 같은 결과에 있어 Griffin 등(1991)은 초음파 에너지가 조직에 도달하면 마찰에 의해 열 에너지로 전환되고 이 열 발생은 조직온도를 상승시키고 이에 따라 교원조직의 신장력 증가, 근경축 완화, 골격근의 수축력 변화 등 생리학적 반응을 일으켜 손상된 근섬유의 재생이나 생성을 유도한다고 하여 본 연구결과를 지지하여 주고 있다.

EIMD에 의해 유발되는 관절가동범위의 감소는 결합조직의 교원섬유 탄성 범위 이상으로 신장을 하기 때문에 모세혈관과 결합조직의 손상을 유발하여 조직의 유연성이 감소된다(Nosaka 등, 2011; 윤정권과 이주형, 2006; Gibson 등, 2006).

본 연구에서 EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용 후 집단 내 펴각도 차이를 분석한 결과, 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간에서 유의한 차이가 있었고( $p<.005$ ), 집단 간에 펴각도 차이를 분석한 결과, 시기와 집단에서도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.005$ ), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있어( $p<.005$ ), 사후검정을 실시한 결과, EIMD 유발 전 지속초음파 적용군이 다른 군에 비해 펴각도가 낮게 나타났다.

또한 집단 내 굽힘각도 차이는 모든 군에서 실험전, 24시간, 48시간에서 유의한 차이가 있었고( $p<.05$ ), 집단 간에 굽힘각도의 차이를 분석한 결과, 시기와 집단간에도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.05$ ), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있어( $p<.05$ ), 사후검정을 실시한 결과, EIMD 유발 전 지속초음파 적용군이 다른 군에 비해 굽힘 각도가 높은 것으로 나타났다.

윤정권 등(2006)은 주기적인 운동 경험이 없는 대학생 20명을 대상으로 인위적으로 지연성 근육통을 유발시킨 후 지속 초음파가 관절가동범위를 비교한 결과, 지속 초음파가 통증의 완화 및 관절가동범위 증가에 효과가 있음을 보고하였고( $p<.05$ ), 고흥우 등(2011)은 20대 대학생들 30명을 대상으로 손목관절 펴근에 지연성 근육통을 유발한 후 초음파군과 진동 자극군으로 나누어 치료 전·후의 관절가동범위를 비교한 결과, 지속 초음파가 효과가 있음을 보고하였고( $p<.05$ ). 하지만 윤정권 등(2006)의 연구와 고흥우 등(2011)은 본 연구와 실험 방법과 증재 방법에 차이가 있어 직접적인 비교는 어려웠다. 이와 같은 결과에 있어 Halle 등(1981)은 초음파가 생체조직에 미치는 영향으로 근육 경축의 감축, 관절 주위의 구축감소 또는 근섬유에 대한 이완효과와 마이크로 마사지 효과 등을 보고하여 본 연구 결과를 지지하여 주고 있다.

이상의 결과를 통해 위팔두갈래근의 EIMD 유발 전에 적용된 맥동초음파와 지속초음파가 MVIC, ROM에 영향을 미치는 것을 알 수 있었고, 특히 EIMD 유발 전 지속초음파가 EIMD 유발 전 맥동초음파보다 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

## V. 결 론

본 연구는 20대 정상 성인 남성의 위팔두갈래근에 EIMD의 유발 전 맥동초음파를 1 Mhz, 1.5 w/cm<sup>2</sup>의 강도, 맥동주기 20%로 국소 진동자극을 60 Hz로 적용하여 5분간 실시한 후 MVIC, ROM의 변화를 집단 그리고 시기 및 집단별로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용한 결과 모든 군에서 실험전, 24시간, 48시간 후에서 MVIC의

유의한 감소가 보였다( $p<.005$ ). 또한 시기별과 시기와 집단 간에도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.005$ ), 사후 검정 결과 EIMD 유발 전 지속초음파 군이 다른 군에 비해 높게 나타났다( $p<.005$ ). 다음 ROM의 변화의 결과로 EIMD 유발 전 맥동자극과 진동자극을 적용한 결과 집단 내 편각도의 변화는 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었고( $p<.005$ ), 또한 시기별과 시기와 집단 간에도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.005$ ), 사후 검정 결과 EIMD 유발 전 지속초음파 군이 다른 군에 비해 편각도가 가장 낮게 나타났다( $p<.005$ ). (EIMD 유발 전 맥동자극과 진동자극을 적용한 결과 집단 내 굽힘각도의 변화는 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었고( $p<.05$ ), 또한 시기별과 시기와 집단 간에도 유의한 교호작용이 있었으며( $p<.05$ ), 사후 검정 결과 EIMD 유발 전 지속초음파 군이 다른 군에 비해 굽힘각도가 가장 높게 나타났다( $p<.05$ ).

이상의 결과를 통해 위팔두갈래근에 유발된 EIMD에 적용된 맥동초음파와 지속초음파가 MVIC, ROM에 영향을 미치는 것을 알 수 있었고, 특히 EIMD 유발 전 지속초음파가 EIMD 유발 전 맥동초음파보다 더 효과적이라는 것을 알 수 있었다. 따라서 EIMD 유발을 예방하고 감소시키기 위해 지속초음파를 적용하는 것은 매우 의미 있는 중재방법이라고 판단되며, 향후 연구에서는 지속초음파의 강도, 주기, 시간 그리고 적용부위 등의 다양한 변수에 따른 연구가 진행되어야 한다고 사료된다.

## 참고문헌

- 고형우. 진동자극이 지연성 근육통의 근 기능 회복에 미치는 영향[석사학위논문]. 동신대학교; 2011.
- 김근조, 이규리, 정병욱, 등. 자연치유와 경피신경전기자극치료, 그리고 냉치료가 지연성근육통이 유발된 위팔두갈래근의 통증과 근력 및 근활성도에 미치는 영향. 한국산학기술학회논문지 2009;10(12):3902-9.
- 김승환. 신장성 운동 후 키네시오 테이핑 적용이 근육 손상 지표의 변화에 미치는 영향[석사학위논문]. 국민대학교 교육대학원; 2012.
- 김지윤, 전재근, 오세민. 테라테인먼트적 진동 자극이 위팔두갈래근의 최대등척성근력과 관절가동범위에 미치는 영향. 한국엔터테인먼트산업학회논문지 2018;12(4):295-304.
- 김현진, 김명훈. 케틀벨 운동과 초음파 치료가 20대 성인의 체지방률, 체지방률에 미치는 영향. 대한물리치료학회지 2018;25(2):1-6.
- 문현주, 서현규, 공원태. 측두하악관절장애 환자에서 연속초음파와 맥동초음파 적용이 통증과 관절가동범위에 미치는 효과. 대한정형도수물리치료학회지 2007;13(2):1-11.
- 박래준. 기구를 이용한 물리치료학. 서울: 영문출판사; 2001.
- 백수정, 이미애, 김진상, 등. 경피신경전기자극과 초음파가 전기생리학적 반응에 미치는 영향. 대한물리치료학회지(JKPT) 2000;12(1):49-56.
- 송현호, 김주영, 이철현, 등. 운동유발성 근육 손상 후 진동운동 적용이 근육 손상 지표에 미치는 영향. 코칭능력 개발지 2011;13(1):179-88.
- 오민영. 초음파가 혈류량 및 피부온도에 미치는 영향[석사학위논문]. 대구대학교; 2004.
- 윤정권, 이주형. 신장성 운동 후 초음파 치료가 지연성 근육통증에 미치는 영향. 체육과학연구 2006;17(3):58-66.
- 이수영. 유지-이완 주동근 수축기법과 경피신경전기자극의 지연성 근육통 치료 효과[박사학위논문]. 연세대학교; 2006.
- 장현정, 남형천. 주관절 외상과염 주부에서 미세전류에 의한 신경근 자극 치료가 손목 신전근력에 미치는 영향.

- 대한스포츠물리치료학회지 2005;1(1):101-5.
- 정재훈, 김경수. 초음파 적용방법에 따른 조직온도변화 연구. 대한재활의학회지 1993;17(1):76-80.
- 정한석, 함주현, 최성범, 등. 카이로프랙틱, 초음파, 테이핑치료가 SCM 근육의 회전가동범위에 미치는 영향. 한국 웰니스학회지 2011;6(3):253-64.
- 조남정, 송승혁. 지연성 근육통에 대한 미세전류자극치료가 통증과 CK에 미치는 영향. 대한통합의학회지 2014;2(3):31-7.
- 조승봉, 박미영, 원지선, 등. 초음파 치료와 정적 스트레칭이 뒤넙다리근의 유연성과 정적균형에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지 2019;26(1):45-53.
- 최효정, 김경수. 미세전류치료가 전극 종류에 따른 효능 비교. 한방재활의학과학회지 2013;23(3):107-16.
- 한중만. 초음파와 근막 이완술이 긴장형 두통환자의 뇌혈류 속도에 미치는 영향[석사학위논문]. 대구대학교; 2002.
- Armstrong RB, Warren GL, Warren JA. Mechanisms of exercise-induced muscle fibre injury. Sports Med 1991;12(3): 184-207.
- Blonna D, Zarkadas PC, Fitzsimmons JS, et al. Accuracy and inter-observer reliability of visual estimation compared to clinical goniometry of the elbow. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2012;20(7):1378-85.
- Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors. Sports Med 2003;33(2):145-64.
- Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. Am J Phys Med Rehabil. 2002;81(11 Suppl):S52-69.
- Clarkson PM, Tremblay I. Exercise-induced muscle damage, repair, and adaptation in humans. J Appl Physiol 1988;65(1):1-6.
- Close GL, Ashton T, McArdle A, et al. The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol 2005;142(3):257-66.
- Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. J Strength Cond Res 2003;17(1):197-208.
- Gibson W, Arendt-Nielsen L, Graven-Nielsen T. Delayed onset muscle soreness at tendon-bone junction and muscle tissue is associated with facilitated referred pain. Exp Brain Res 2006;174(2):351-60.
- Griffin JW, Tooms RE, Mendius RA, et al. Efficacy of high voltage pulsed current for healing of pressure ulcers in patients with spinal cord injury. Phys Ther 1991;71(6):433-42.
- Halle JS, Scoville CR, Greathouse DG. Ultrasound's effect on the conduction latency of the superficial radial nerve in man. Phys Ther. 1981;61(3):345-50.
- Hennessey WJ, Falco FJ, Braddom RL. Median and ulnar nerve conduction studies: normative data for young adults. Arch Phys Med Rehabil 1994;75(3):259-64.
- Huang MH, Lin YS, Lee CL, et al. Use of ultrasound to increase effectiveness of isokinetic exercise for knee osteoarthritis. Arch Phys Med Rehabil 2005;86(8):1545-51.
- Hubal MJ, Rubinstein SR, Clarkson PM. Mechanisms of variability in strength loss after muscle-lengthening actions. Med Sci Sports Exerc 2007;39(3):461-8.
- Jia XL, Chen WZ, Zhou K, et al. Effects of low-intensity pulsed ultrasound in repairing injured articular cartilage. Chin
-

- J Traumatol 2005;8(3):175-8.
- Nosaka K, Aldayel A, Jubeau M, et al. Muscle damage induced by electrical stimulation. Eur J Appl Physiol 2011;111(10):2427-37.
- McNeil PL, Khakee R. Disruptions of muscle fiber plasma membranes. Role in exercise-induced damage. Am J Pathol. 1992;140(5):1097-109.
- Cleary MA, Sweeney LA, Kendrick ZV, et al. Dehydration and symptoms of delayed-onset muscle soreness in hyperthermic males. J Athl Train 2005;40(4):288-97.
- Proske U, Allen TJ. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. Exerc Sport Sci Rev 2005;33(2):98-104.
- Rowell GJ, Coutts AJ, Reaburn P, et al. Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. J Sports Sci 2009;27(6):565-73.
- Smith LL. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? Med Sci Sports Exerc 1991;23(5):542-51.
- Symons TB, Clasey JL, Gater DR, et al. Effects of deep heat as a preventative mechanism on delayed onset muscle soreness. J Strength Cond Res 2004;18(1):155-61.
- Warren GL, Summan M, Gao X, et al. Mechanisms of skeletal muscle injury and repair revealed by gene expression studies in mouse models. J Physiol 2007;582(Pt 2):825-41.
- Zainuddin Z, Hope P, Newton M, et al. Effects of partial immobilization after eccentric exercise on recovery from muscle damage. J Athl Train 2005;40(3):197-202.

[논문접수일(Date Received): 2021.05.10. / 논문수정일(Date Revised): 2021.06.15. / 논문게재승인일(Date Accepted): 2021.06.28.]

---