

대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science
2020. 12. Vol. 27, No.3, pp. 56-66

운동 전 적용된 지속초음파와 맥동초음파가 운동 유발성 근육 손상의 통증과 근피로대사산물에 미치는 효과

김하늘¹ · 전재근² · 신성필³

¹서울 응암 리드힐병원 · ²한려대학교 물리치료학과 · ³한려대학교 보건대학원 물리치료학과

The effects of pulsed ultrasound and continued ultrasound intervention before an exercise on PPT, CK and LDH of EIMD

Ha Neul Kim¹, M.Sc., P.T. · Jae Geun Jeon², Ph.D., P.T. · Sung Phil Shin³, B.Sc., P.T.

¹Dept. of physical therapy, Leadheals Hospital

²Dept. of physical therapy, Hanlyo University

³Dept. of physical therapy, Graduate School, Hanlyo University

Abstract

Background: The purpose of this study was to investigate the effects of pulsed-ultrasound intervention and continued-ultrasound on the PPT (pressure pain threshold), CK (creatin kinase) and LDH (lactate dehydrogenase) 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 the comparison of the PPT, there were significant variations with the lapse the time in three groups ($p<.001$) and there was a significant interaction of time and group ($p<.001$). In the among group comparison, the PPT of experimental group II was significantly larger than those of other groups ($p<.01$). Second, In the comparison of the CK, there were significant variations with the lapse the time in three groups ($p<.001$) and there was a significant interaction of time and group ($p<.001$). In the among group comparison, the CK of experimental group II was significantly smaller than those of other groups ($p<.001$). Third, In the comparison of the LDH, there were significant variations with the lapse the time in three groups ($p<.001$) and there was a significant interaction of time and group ($p<.001$). In the among group comparison, the LDH of experimental group II was significantly smaller than those of other groups ($p<.001$).

Conclusion: The above results revealed that the continued-ultrasound intervention before an exercise had a positive effect 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: Creatine kinase, Exercise-induced muscle damage, Lactate dehydrogenase, Pressure pain threshold,

Ultrasound

© 2020 by the Korean Physical Therapy Science

I. 서론

급속한 산업 발전과 생활환경의 변화에 따라 인간의 신체 활동이 부족해지면서 성인, 노인뿐만 아니라 아동에 게까지 각종 질환이 발생되고 있으며, 특히 신체활동의 부족은 고혈압, 당뇨, 고지혈증, 비만과 같은 생활습관병 과 근골격계 질환의 발생률을 높이고 있다(송현호 등, 2011).

이와 같은 질병을 예방하고 체력의 증진 및 유지를 위하여 웨이트 트레이닝과 같은 여러 종류의 신체 활동에 참여 하고 있으나 여가 활동을 하는 상당수의 사람들은 운동을 하는 도중 잘못된 운동방법으로 인해 근육통이 발생하여 운동을 중단하는 경우가 많다. 따라서 운동 후에 유발되는 근육통은 지속적인 운동을 저해하는 요소로 서 효과적인 운동 결과를 기대할 수 없다(Close 등, 2005; 윤정권과 이주형, 2006). 급속한 산업 발전과 과학의 발달은 현대인들의 신체 활동 감소를 야기하고 이로 인해 고혈압, 당뇨, 비만과 같은 각종 질병들이 증가하고 있으며, 이러한 문제를 극복하기 위해 운동과 취미로 스포츠 레저 생활을 즐기는 사람들이 늘어나고 있는 추세이 다(고형우, 2011). 그러나 신체 활동에 주기적으로 참여함에 있어 큰 장애요인은 운동 후 겪게 되는 근육 손상이 라고 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 있으며, 특히 EIMD는 근육의 길이 변화가 심한 신장성 운동이나 또는 자신의 신체적 능력을 초과하는 운동 강도 등에 의해 발생하는 것으로 보고되고 있다(Proske와 Allen, 2005; Hubal 등, 2007; Warren 등, 2007). 특히 EIMD에 의해 발생하는 통증은 일반적으로 근-건 접합부에서 가장 심하고, 운동 후 24~48시간에 최대로 발생되며(Brock Symons 등, 2004), 이로 인해 관절가동범위와 근력의 손실 등을 야기한다(Cheung 등, 2003; Cleary 등, 2005).

생화학적 측면에는 신장성 운동에 의해 프로스타글란딘, 히스타민, 브래디키닌과 크레아틴인산화효소(creatine kinase; CK), 젖산탈수소효소(lactate dehydrogenase; LDH), Myoglobin 등의 혈액 내 유출을 증가시키고, 수축하는 근육 내부의 젖산과 칼륨과 같은 대사산물을 일시적으로 생산하여 근육내에 산소와 혈액공급의 부족을 야기하여 통증발생과 지속적 근수축력과 운동 조절능력 감소 등을 유발한다(Pizza 등, 1999; Clarkson와 Hubal, 2002; Cheung 등, 2003).

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

특히 초음파는 각 조직에서의 흡수 계수에 따른 선택적 조직온도 상승과 금속에 좋은 열전도체라는 점을 이용 하여 심부열 치료용으로 많이 이용되고 있으며, 다른 심부열 치료기에 비해 사용 방법이 간편한 장점을 가지고 있다(고현윤과 김경수, 1993). 치료용 초음파는 지속초음파(continuous wave)와 맥동초음파(pulsed wave)로 분류할 수 있고, Hennessey(1995)는 맥동초음파가 기계적, 화학적, 전기적인 비열적 효과가 있음을 보고하였으며, 조직

교신저자: 신성필

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

온도의 상승(고현윤과 김경수, 1993), 혈류 속도의 증가(한중만, 2002), 조직재생의 촉진(Jia 등, 2005), 급성비감염 성염증의 분해(박래준, 2001)에 효과적이라고 하였다.

Tiidus 등(2002)은 22명의 대상자에게 위팔두갈래근에 근 손상을 유발한 후 맥동초음파를 1 MHz 1.5 w/cm²의 강도와 25%의 주기로 8분간 적용한 결과 통증역치의 유의한 변화를 보인다고 하였으며, Freitas 등(2007)은 맥동초음파를 1 MHz 1.0 w/cm² 강도의 치료적 맥동 초음파를 손상된 근육에 적용하여 혈청 CK의 농도를 확인해 본 결과 혈청 CK의 수준의 감소가 확인되어 지질과 단백질의 산화작용에 대한 보호 효과가 있다는 것을 확인하였다.

지속초음파는 5cm 깊이에 존재하는 조직을 효과적으로 가열할 수 있으며, 신경근 자극 치료 시 근력 증강(장현정과 남형천, 2005), 혈류량 및 피부온도의 상승(오민영, 2004), CK 수치의 감소(조남정과 손승혁, 2014), 신경 근 위부의 억제(백수정 등, 2000), 동통경감 및 유착감소(박래준, 2001)에 효과적이라고 보고되고 있다. 문현주 등(2007)은 측두하악관절장애 환자를 대상으로 지속초음파를 적용한 결과 통증 인지도(visual analog scale; VAS)의 유의한 변화가 있음을 보고하였고($p<.05$), 김승균(2011)은 실험 대상자 20명을 대상으로 위팔두갈래근에 EIMD를 유발 후, 지속초음파를 적용하여 CK의 변화를 비교한 결과 모든 군에서 시간에 따른 혈중 CK 농도의 유의한 변화가 있었다고 보고하였다($p<.05$).

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 압통역치, CK와 LDH의 농도 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

본 연구는 운동 전 지속초음파와 맥동초음파가 위팔두갈래근의 EIMD에 미치는 영향을 알아보기 위해 20대 대학생들을 대상으로 대조군, EIMD 유발 전 맥동초음파군, EIMD 유발 전 지속초음파군으로 분류하였으며, 위팔두갈래근에 EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용하여 압통역치와 혈중 근피로대사산물에 미치는 영향을 알아보고 적용방법에 따른 군 간의 차이를 비교하고자 하였다. 각 군에 해당하는 방법을 적용하기 전 압통역치와 혈중 근피로대사산물의 농도를 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.

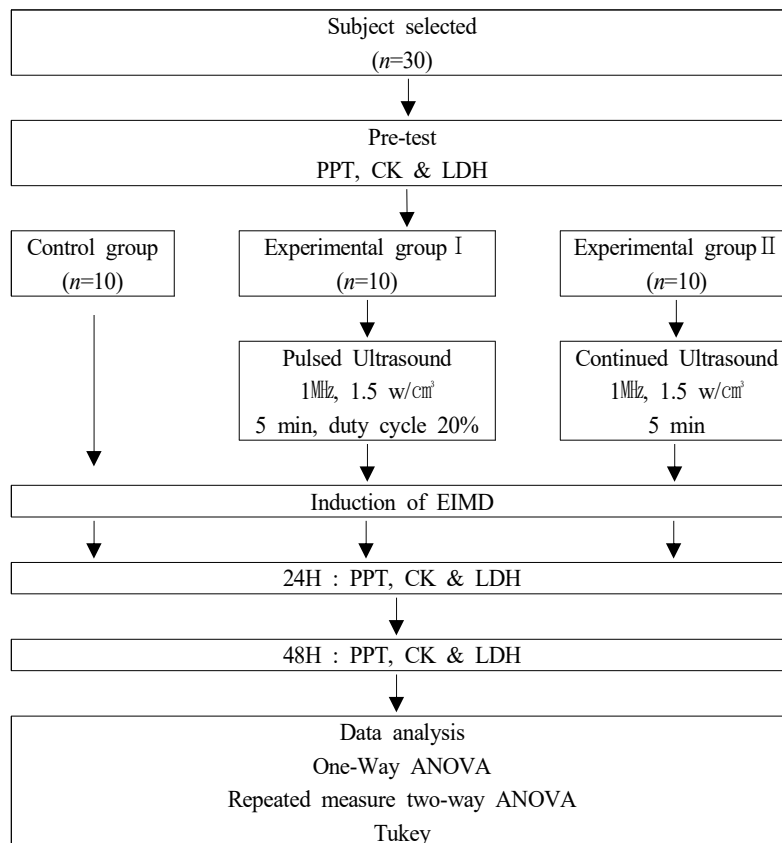


Figure 1. Study design

3. 연구 방법

1) 운동 유발성 근육 손상(EIMD) 유발

EIMD를 유발시키기 위해 아령을 사용하여 비우세측 팔꿈관절 굽힘근의 1RM을 측정하였으며, 대상자가 팔꿈관절 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 초음파(us-700, ITO, Japan)를 사용하여 1MHz, 1.5 w/cm² 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) PPT (pressure pain threshold)

EIMD유발 전 압통 역치를 비교하기 위해 디지털 압통역치측정기(Algometer TM Commander, J-TECH Medical, USA)를 사용하였다. 압통계의 측정 도자를 위팔두갈래근 근 복의 5, 9, 13 cm 위치에 수직으로 하여 힘을 가한다. 일정한 속도로 압력을 가하여 통증이 시작되는 시점에서 대상자가 ‘아’ 하는 소리를 내도록하여 그 순간의 유도된 통증의 값을 기록하여 3회 실시한 후 평균값을 채택하였다. 유성 도료로 표시하여 실험 기간 동안 재측정 시 위치가 바뀌지 않도록 하였고, 운동 전, 24시간, 48시간에 걸쳐 총 3회 측정하였으며, 측정값은 높을수록 압통의 크기가 작음을 반영한다(연창호와 정석희, 2012; 김덕조 등, 2019).

2) 혈중근피로대사산물

혈액성분을 분석하기 위해 운동 전, 24시간, 48시간에 채혈하였으며, CK와 LDH를 측정하였다. 1회당 채혈량은 5 ml로 공복 시에 채혈하여 원심분리기에서 10분간 원심 분리하여 혈청을 분리한 후 혈액분석기를 이용하여 분석하였다. 피험자는 채혈 전 공복을 유지하고, 최초 채혈시간에서 전과 후로 1시간이 지나지 않게 채혈할 수 있도록 안내하였다(송현호 등, 2011).

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, 실험군 I은 24.50±1.07세, 실험군 II는 24.60±0.17세였다. 대조군의 평균키는 177.10±2.84 cm였고, 실험군 I의 평균키는 178.20±3.69 cm였으며, 실험군 II는 175.40±5.06 cm이었다. 또한 대조군의 평균 몸무게는 69.15±6.58 kg였고, 실험군 I의 평균 몸무게는 67.25±6.88 kg였으며, 실험군 II는 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)	E- I group (n=10)	E- II group (n=10)	F	p
Age (yrs)	24.55±1.04 ^a	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

^aM±SD, E- I group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; E- II group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

2. PPT

집단 간에 PPT 차이를 반복측정 분산분석 한 결과, 집단 내 효과검정에서 시간에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p<.001$), 시간과 집단간에서도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있었다($p<.01$). Tukey의 사후검정 결과, 실험군 II가 다른 군에 비해 PPT가 높게 나타나 더욱 효율적인 것을 알 수 있었다<Table 2>.

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

Items	Control group (n=10)	E- I group (n=10)	E- II group (n=10)	post-hoc ^{''}
pre	35.25±2.61 ^a	35.17±2.74	34.65±4.40	
post-24h	25.63±3.82	29.84±4.56	28.99±4.24	
post-48h	22.52±4.50	22.51±5.89	28.55±3.35	
F'	82.492	3.853	7.504	
P	time: .000**	time×group: .000**	group: .003*	E II>E I>C

^aM±SD (lb), * $p<.01$, ** $p<.001$, 'Repeated measure two-way ANOVA, ''Tukey, E- I group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; E- II group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

3. CK

집단 간에 CK 차이를 반복측정 분산분석 한 결과, 집단 내 효과검정에서 시간에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p<.001$), 시간과 집단간에서도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있었다($p<.001$). Tukey의 사후검정 결과, 실험군 II가 다른 군에 비해 CK가 낮게 나타나 더욱 효율적인 것을 알 수 있었다<Table 3>.

Table 3. Comparison of the change in the CK among groups

Items	Control group (n=10)	E- I group (n=10)	E- II group (n=10)	post-hoc ^{''}
pre	146.50±11.68 ^a	139.50±5.10	142.50±4.35	
post-24h	123.40±4.57	113.50±3.64	112.30±6.58	
post-48h	127.90±5.55	128.03±21.80	126.40±7.87	
F'	588.989	70.404	68.54	
P	time: .000*	time×group: .000*	group: .000*	E II<C, E I

^aM±SD (U/L), * $p<.001$, 'Repeated measure two-way ANOVA, ''Tukey, E- I group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; E- II group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

4. LDH

집단 간에 LDH 차이를 반복측정 분산분석 한 결과, 집단 내 효과검정에서 시간에서는 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p<.001$), 시간과 집단간에서도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있었다($p<.001$). Tukey의 사후검정 결과, 실험군 II가 다른 군에 비해 LDH가 낮게 나타나 더욱 효율적인 것을 알 수 있었다<Table 4>.

Table 4. Comparison of the change in the LDH among groups

Items	Control group (n=10)	E- I group (n=10)	E- II group (n=10)	post-hoc ^{''}
pre	358.20±36.64 ^a	354.50±45.33	365.60±36.44	
post-24h	445.25±42.32	396.20±44.49	381.30±24.21	
post-48h	635.50±47.42	610.50±60.73	437.20±21.59	
F'	240.329	30.001	70.729	
P	time: .000*	time×group: .000*	group: .000*	C<E I <E II

^aM±SD (U/L), * $p<.001$, 'Repeated measure two-way ANOVA, ''Tukey, E- I group=Pulsed Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii; E- II group=Continued Ultrasound intervention before an eccentric exercise on EIMD of biceps brachii

IV. 고 찰

EIMD는 운동 시 지나친 과부하와 근섬유 길이의 변화가 심한 신장성 운동 그리고 격렬하고 익숙하지 않은 신체의 움직임에 수반한 운동으로 인한 강한 자극에 의해 발생된다(Proske와 Morgan, 2001; Warren 등, 2007). EIMD는 근섬유와 주변 결합조직의 손상에 의해 염증반응이 유발되어 관절가동범위, 압통, 그리고 최대등척성근력과 같은 근 기능의 손상이 동반된다(Clarkson와 Hubal 등, 2002; Connolly 등, 2003). 이 중 압통은 운동 후 24~72시간정도에서 최대 강도에 도달하고 점차 통증이 소실된다(Smith, 1991; Cheung 등, 2003). 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), 미세전류(최효정과 김성수, 2013), 냉치료(Rowsell 등, 2009), 경피신경자극치료(김근조 등, 2009), 산소요법(Cheung 등, 2003) 그리고 초음파(윤정권과 이주형, 2006) 등이 있다. 이 중 치료용 초음파는 지속초음파와 맥동초음파로 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 온도의 상승(고현윤과 김경수, 1993), 혈류 속도의 증가(한중만, 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, 압통역치, 관절가동범위, 그리고 CK와 LDH의 농도 변화를 비교 분석하여 EIMD 유발을 예방하기 위한 효과적인 중재 방법을 알아내고자 실시하였다.

압통역치는 동통이나 불쾌감을 유발하는 최소의 압력으로 정의되는데 이 압통역치는 통증의 정도를 객관적으로 수량화함으로써 골격근의 동통을 호소하는 환자에게 임상적으로 쉽게 이용할 수 있는 방법 중의 하나로서 기계적 통증의 역치를 평가하는 방법으로 디지털 압통계가 주로 사용된다(권영은 등, 2001; Hübscher 등, 2008). 본 연구에서 EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용한 결과 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간 후에 PPT의 유의한 감소가 보였다($p<.001$). 또한 EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용한 집단 간 PPT 차이를 분석한 결과, 시기와 집단 간에 유의한 교호작용이 있었고($p<.001$), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있어($p<.001$) 사후검정을 실시한 결과, EIMD 유발 전 지속초음파 적용군이 다른 군에 비해 높게 나타났다($p<.01$). 문현주 등(2007)은 측두하악관절장애를 진단받은 환자 40명을 대상으로 지속초음파군과 맥동초음파군으로 나누어 치료 전·후의 통증의 인지도의 변화를 비교한 결과, 지속초음파가 맥동초음파보다 더 효과가 있음을 보고하였고($p<.05$), 엄기매 등(2014)은 넓다리네갈래근의 EIMD에 지속초음파를 적용하여 증재를 한 결과 초음파 군에서 압통역치와 통증지수에 유의한 효과가 있다고 보고하여 본 연구와 유사한 결과를 도출하였다($p<.05$). 하지만 문현주 등(2007)의 연구와 엄기매 등(2014)은 본 연구와 증재방법과 증재 부위에 차이가 있어 직접적인 비교는 어려웠다. 이와 같은 결과에 있어 Draper 등(1995)은 지속초음파는 조직 온도의 증가를 유발한다고 하였고, Griffin 등(1991)은 조직온도의 상승은 혈류량의 증가를 가져와 염증반응의 유발, 신진대사의 증가를 유발하여 통증역치를 감소시킨다고 하여 본 연구의 결과를 지지하여 주고 있다.

CK와 LDH는 근육 손상의 정도를 나타내는 지표로 사용되어지는데 CK는 체내에서 골격근에 약 90%가 포함되며 운동과 관련이 깊기 때문에 혈청 효소 중에서 운동 시 가장 많이 측정되고 있는 효소이다(김중호, 2004). 또한 LDH는 비혈장 특이성 효소로 조직에서 활성화되는 것으로 혈중 LDH 활성화 증가는 근 손상의 간접적인 지표로 이용된다(Itoh 등, 2000; Sackel와 Blumberg, 2001).

EIMD 유발 전 맥동자극과 진동자극을 적용한 결과 집단 내 CK 농도변화는 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p<.001$), 집단 간 CK 농도 변화를 분석한 결과 시기와 집단 간에도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있어($p<.001$), 사후검정을 실시한 결과 EIMD 유발 전 지속초음파 적용군이 다른 군에 비해 CK의 농도가 가장 낮게 나타났다.

또한 집단 내 LDH 농도 변화는 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간에서 유의한 차이가 있었고($p<.001$), 집단 간에 LDH 차이를 분석한 결과, 시기와 집단간에도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 집단 간 효과검정에서도 유의한 차이가 있어($p<.001$) 사후검정을 실시한 결과, EIMD 유발 전 지속초음파 적용군이 다른 군에 비해 LDH 농도가 낮게 나타났다. 김승균(2011)은 실험 대상자 20명을 대상으로 위팔두갈래근에 EIMD를 유발 후, 지속초음파와 봉독액과 지속초음파를 적용하여 CK의 변화를 비교한 결과 모든 군에서 시간에 따른 혈중 CK 농도의 유의한 변화가 있었다고 보고하였고($p<.05$), 오민영(2004)은 정상 성인 30명 무작위로 뽑은 대상으로 1MHz의 초음파를 각각 지속파, 단속파, 위약군에게 1.5W/cm²의 강도로 전완의 복측에 5분간 적용한 결과 혈류량의 변화가 지속초음파에서 가장 높다고 보고하여($p<.05$) 본 연구와 유사한 결과를 도출하였다. 이와 같은 결과에 있어 Bolton 등(1991)은 조직온도의 상승은 세포의 화학반응속도에 영향을 주어 조직의 신진대사를 증가시키고 이로 인해 조직의 치유를 촉진시킨다고 하였고, Pittenger 등(1999)은 조직온도의 상승은 생체막 투과성을 증가시키고 세포막을 통한 여과 및 확산 속도를 증가시킨다고 하여 본 연구 결과를 지지하여 주고 있다.

이상의 결과를 통해 위팔두갈래근의 EIMD 유발 전에 적용된 맥동초음파와 지속초음파가 PPT, CK, LDH에 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/cm²의 강도, 맥동주기 20%로 국소 진동자극을 60 Hz로 적용하여 5분간 실시한 후 PPT, 혈중 근피로 대사산물의 변화를 집단 그리고 시기 및 집단별로 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

EIMD 유발 전 맥동초음파와 지속초음파를 적용한 결과 모든 군에서 실험전, 24시간, 48시간 후에서 PPT의 유의한 감소가 보였다($p<.001$). 또한 시기별과 시기와 집단 간에도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 사후 검정 결과 EIMD 유발 전 지속초음파 군이 다른 군에 비해 높게 나타났다($p<.01$). 또한 EIMD 유발 전 맥동자극과 진동자극을 적용한 결과 집단 내 CK 농도변화는 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p<.001$), 또한 시기별과 시기와 집단 간에도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 사후 검정 결과 EIMD 유발 전 지속초음파 군이 다른 군에 비해 CK의 농도가 가장 낮게 나타났다. 그리고 EIMD 유발 전 맥동자극과 진동자극을 적용한 결과 집단 내 LDH 농도변화는 모든 군에서 실험 전, 24시간, 48시간에서 통계학적으로 유의한 차이가 있었고($p<.001$), 또한 시기별과 시기와 집단 간에도 유의한 교호작용이 있었으며($p<.001$), 사후 검정 결과 EIMD 유발 전 지속초음파 군이 다른 군에 비해 LDH의 농도가 가장 낮게 나타났다.

이상의 결과를 통해 위팔두갈래근에 유발된 EIMD에 적용된 맥동초음파와 지속초음파가 PPT, CK, LDH에 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 의미있는 중재방법이라고 판단되며, 향후 연구에서는 지속초음파의 강도, 주기, 시간 그리고 적용부위 등의 다양한 변수에 따른 연구가 진행되어야 한다고 사료된다.

참고문헌

- 고현윤, 김경수. 초음파 적용방법에 따른 조직 온도 변화 연구. 대한물리치료과학회지 1993;14(1):76-80.
- 고형우. 진동자극이 지연성 근육통의 근 기능 회복에 미치는 영향[석사학위논문]. 동신대학교; 2011.
- 권영은, 이수중, 윤채식, 등. 근근막 통증 증후군에서 Pressure Algometer 를 이용한 골격근 압통 역치에 관한 연구. Korean J Pain 2001;14(1):32-6.
- 김근조, 이규리, 정병옥, 등. 자연치유와 경피신경전기자극치료, 그리고 냉치료가 지연성근육통이 유발된 위팔두갈래근의 통증과 근력 및 근활성도에 미치는 영향. 한국산학기술학회 논문지 2009;10(12):3902-9.
- 김덕조, 최원재, 손경현. 고압산소치료가 지연성근육통의 통증, 관절운동범위 및 근피로 회복에 미치는 영향. 대한물리치료과학회지 2019;26(2):51-60.
- 김승균. 상완 이두근 지연성 근육통에 대한 봉독액을 이용한 초음파 치료의 효과[석사학위논문]. 을지대학교; 2011.
- 김중호. 준비운동 형태가 DOMS와 근력 회복에 미치는 영향[석사학위논문]. 대구대학교; 2004.
- 김지운, 전재근, 오세민. 테라테인먼트적 진동 자극이 위팔두갈래근의 최대등척성근력과 관절가동범위에 미치는 영향. 한국엔터테인먼트산업학회지 2018;12(4):295-304.
- 문현주, 서현규, 공원태. 측두하악관절장애 환자에서 연속초음파와 맥동초음파 적용이 통증과 관절가동범위에

- 미치는 효과. 대한정형도수치료학회지 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):179-188.
- 엄기매, 임인혁, 백종석, 등. 모달리티와 운동치료가 지연성 근육통에 미치는 효과. 대한건강과학학회지 2014;11(1):1-10.
- 연창호, 정석희. 지연성 근육통의 근복부와 근건이행부 자침효능 비교. 한방재활의학과학회지 2012;22(2):219-228.
- 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.
- 장형정, 남형천. 주관절 외상과염 주부에서 미세전류에 의한 신경근 자극 치료가 손목 신전근력에 미치는 영향. 정형스포츠물리치료학회지 2005;1(1):101-105.
- 조남정, 송승혁. 지연성 근육통에 대한 미세전류자극치료가 통증과 CK에 미치는 영향. 대한통합의학지 2014;2(3):31-37.
- 최효정, 김성수. 미세전류치료기 전극 종류에 따른 효능 비교. 한방재활의학과학회지 2013;23(3):107-116.
- 한중만. 초음파와 근막 이완술이 긴장형 두통환자의 뇌혈류 속도에 미치는 영향[석사학위논문]. 대구대학교; 2002.
- Bolton P, Young S, Dyson M. Macrophage responsiveness to light therapy with varying power and energy densities. *Laser Ther* 1991;3(3):105-111.
- Brock Symons T, 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.
- 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):S52-69.
- 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.
- 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.
- Draper DO, Castel JC, Castel D. Rate of temperature increase in human muscle during 1 MHz and 3 MHz continuous ultrasound. *J Orthop Sports Phys Ther* 1995;22(4):142-50.
- Freitas LS, Freitas TP, Silveira PC, et al. Effect of therapeutic pulsed ultrasound on parameters of oxidative stress in skeletal muscle after injury. *Cell Biol Int* 2007;31(5):482-8.
- 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;discussion 442-4.
- 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.
- 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.
- Hübscher M, Vogt L, Bernhörster M, et al. Effects of acupuncture on symptoms and muscle function in delayed-onset muscle soreness. *J Altern Complement Med* 2008;14(8):1011-6.
- Itoh H, Ohkuwa T, Yamazaki Y, et al. Vitamin E supplementation attenuates leakage of enzymes following 6 successive days of running training. *Int J Sports Med* 2000;21(5):369-74.
- 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.
- Pittenger MF, Mackay AM, Beck SC, et al. Multilineage potential of adult human mesenchymal stem cells. *Science* 1999;284(5411):143-7.
- Pizza FX, Cavender D, Stockard A, et al. Anti-inflammatory doses of ibuprofen: effect on neutrophils and exercise-induced muscle injury. *Int J Sports Med* 1999;20(2):98-102.
- Proske U, Allen TJ. Damage to skeletal muscle from eccentric exercise. *Exerc Sport Sci Rev* 2005;33(2):98-104.
- Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol* 2001;537(Pt 2):333-45.
- 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.
- Sacheck JM, Blumberg JB. Role of vitamin E and oxidative stress in exercise. *Nutrition* 2001;17(10):809-14.
- Smith LL. Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness? *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(5):542-51.
- Tiidus PM, Cort J, Woodruff SJ, et al. Ultrasound treatment and recovery from eccentric-exercise-induced muscle damage. *J Sport Rehabil* 2002;11(4):305-314.
- 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): 2020.10.23. / 논문수정일(Date Revised): 2020.11.24. / 논문게재승인일(Date Accepted): 2020.12.10.]
