

고주파 통증치료기를 이용한 근육통 치료에 대한 연구

조재현*

A study on the treatment of muscle pain using a high-frequency pain treatment device

Jae-Hyun Jo*

요약 최근 코로나19 사태 이후에 건강관리에 신경을 쓰는 사람이 늘어나고 있으며, 많은 사람들이 취미활동으로 스포츠나 운동 후 근육통의 발생으로 생활에 불편함을 느끼고 운동을 쉬는 경우가 많다. 오랜만에 운동하거나, 무리해서 운동하고 나면 운동 후 24~48시간 이내에 온몸에 알이 배긴 것 같은 통증이 나타난다. 이러한 통증을 '지연성 근육통(DOMS(Delayed onset muscle soreness))'이라고 한다. 본 연구에서는 심부열을 발생시키는 고주파 통증치료기를 사용하여 지연성 근육통의 통증을 완화에 효과가 있는지 유효성 검증을 진행하였다. 평상시, 통증치료 전, 통증치료 후의 근전도를 측정하고 분석을 통해 RMS 값을 구하고 SPSS 프로그램을 이용해서 통계분석을 진행하였고, 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다. 그리고 평상시와 통증치료 후의 RMS 값의 통계분석을 진행하여서 유의성이 없는 것을 확인하여서 통증치료 후 얼마만큼 평상시로 회복했는지 확인하였다. 또한, 통증은 같은 통증의 크기라도 사람마다 느끼는 기준이 다르기 때문에 통증의 크기에 대한 NRS 설문지를 진행하여서 피험자들이 느끼는 통증의 크기를 SPSS 프로그램을 이용해서 통계분석을 진행하였고, 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다. 그래서 본 연구 결과 고주파 통증치료기가 통증부위의 심부열을 발생시켜 온도를 상승시키고, 동맥 및 모세혈관을 확장시켜 혈류량을 증가시켜서 혈액순환 및 신진대사가 증가되면서 지연성 근육통의 통증이 완화되는 효과가 있는 것으로 판단된다.

Abstract After the recent COVID-19 outbreak, more and more people are paying attention to health care. Many people feel uncomfortable in life due to muscle pain after sports or exercise as a hobby and often take a break from exercise. After exercising for a long time or exercising excessively, pain appears throughout the body within 24 to 48 hours after exercise. This pain is called delayed onset muscle soreness (DOMS). In this study, the effectiveness of the pain relief of delayed onset myalgia was verified by using a high-frequency pain therapy device that generates deep heat. EMG was measured before and after pain treatment at ordinary times, RMS values were obtained through analysis, statistical analysis was performed using the SPSS program, and it was judged to be statistically significant. In addition, statistical analysis of the RMS value between normal and after pain treatment was conducted to confirm that there was no significance, and to confirm how much it returned to normal after pain treatment. In addition, since the standards for pain are different for each person even if the size of the same pain is the same, the NRS questionnaire for the size of pain was conducted, and the size of pain felt by the subjects was analyzed using the SPSS program and statistical significance was obtained. Therefore, as a result of this study, the high-frequency pain therapy device generated deep heat in the pain area to raise the temperature, and expanded the arteries and capillaries to increase blood flow, thereby increasing blood circulation and metabolism, and alleviating the pain of delayed onset muscle pain.

Key Words : High-frequency pain treatment device, The treatment of muscle pain, SPSS, RMS, NRS

1. 서론

최근 코로나19 사태 이후에 건강관리에 신경을 쓰는 사람이 많아졌다. 특히 골프나 테니스 등과 같은 전문영역으로 여겼던 다양한 스포츠종목이 생활스포츠로 자리 잡으면서 누구나 즐기고, 헬스클럽을 이용하면서 자기 관리를 하는 사람이 매년 늘어 나는 추세이다. 그러면서 운동 후 근육통을 느껴져야 운동이 잘되었다고 생각하는 사람도 많아졌고, 근육통을 느끼면서 운동을 해야 근육이 잘 단련되고 근육통이 잘 풀어진다고 생각하는 사람도 많아졌다. 하지만 이러한 방법으로 운동을 하면 큰 부상으로 이어질 수 있다. 오랫동안 운동을 쉬다가 갑자기 무리해서 운동하면 24~48시간 이내에 온몸에 알이 뻐 것과 같은 통증이 발생한다. 이러한 통증을 ‘지연성 근육통(DOMS(Delayed onset muscle soreness))’이라고 한다.

많은 사람들이 취미활동으로 스포츠나 운동 후 근육통의 발생으로 생활에 불편함을 느끼고 운동을 쉬는 경우가 많다. 운동 직후 발생하는 근육통은 사용하지 않던 근육에 미세 손상에 의해 발생한 것이고[1], 다른 기전으로는 수축된 근육에 젖산과 칼륨과 같은 신진대사의 산물로 일시적인 생성과 원활하지 못한 혈액의 공급과 산소 부족 등으로 인한 피로 때문에 발생한다[2]. 지연성 근육통은 1차적으로 근육에 미세 손상을 남기고 그 후 염증성 반응이 일어나면서 나타나는 것으로 주로 근육이 신장성 운동을 하는 경우 발생하게 된다[2, 3]. 염증성 반응은 손상된 근육을 재생하는 과정에서 리소좀(lysosome)과 대식세포(macrophage)의 활동성 증가한다. 이러한 염증반응들이 신장성 운동 후 24~48시간 사이에서 나타나는 것으로 알려져 있고[4], 대식세포의 활성화로 통증을 유발하여 최대 등척성 근력(maximal voluntary isometric contraction), 관절가동범위(range of motion)의 감소, 부종(edema) 등을 동반한다[5].

이러한 지연성 근육통의 통증치료에 사용하는 고주파전류는 파장이 매우 짧아서 신체조직에 이온운동이 거의 발생하지 않고 화학, 전기적 반응이나 전기분해 현상이 없고 전자기파가 신체조직에 전달되면 이온의 전후운동이나 분극분자의 회전운동, 비분극분자의 뒤

틀림에 의해서 열이 발생한다. 이렇게 발생하는 열을 심부열(diathermy)이라 한다. 심부열이 발생하면 동맥 및 모세혈관이 확장하고 혈류량이 증가하면서 신체 방어 기전이 향상되면서 혈액순환이 촉진되고 신진대사가 증가하게 되면서 근육통이 완화된다. 또한 맥동 기간과 진동 폭이 매우 짧아져서 전기 화학적 반응이 일어나지 않으며 운동신경과 감각신경을 자극하지 않아 저주파 치료의 단점을 해결할 수 있는 치료 방법이다[6-12].

통증을 크기를 평가하는 것은 통증 치료 실험 전 선행되어야 할 근본적인 일이다. 현재 통증평가는 정확한 측정방법이 없어서 개인의 주관적인 통증을 판단해서 통증평가가 수행되고 있다. 통증을 평가하기 위해서 다양한 도구들을 활용한 통증 평가 방법이 사용되고 있다. 이러한 통증 평가 방법을 적절하게 사용하면 유의한 데이터를 얻을 수 있지만 이러한 통증 평가 방법을 정확하게 수행하지 않는 임상들이 많고 기존의 문헌에서도 통증 평가에 사용된 방법에 대해 불충분하게 기술한 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 대한통증학회지에 게재되는 논문들에서 많이 사용하는 통증 측정방법 중 Numeric Rating Scale(NRS) 설문을 이용한 통증 평가방법을 사용하였다[13, 14]. NRS 설문은 0점부터 10점까지 통증의 강도를 숫자로 나타내는 방법으로 피험자들의 통증 강도를 기록하였다. 아무런 통증을 느끼지 않으면 0점이고 피험자들이 최대로 느낄 수 있는 통증을 10점으로 점수를 측정하였다. NRS의 측정은 통증치료 전과 통증치료 후로 나누어서 측정하였고, 통계분석을 통해서 통증 정도의 감소를 확인하였다. 그리고 통증 유발 전의 평상시 근전도를 측정하고, 통증 유발 후에 통증 치료 전·후 근전도를 측정하여서 각 단계별 근전도 데이터를 비교하여[15] 고주파 통증치료기의 지연성 근육통 치료에 대한 유효성을 검증하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 고주파 통증치료기

본 연구에서 사용한 고주파 통증치료기는 사용자의 안전을 위해 과전류 보호 기능 등 안전등급을 받은 장

비(FSW-2, 뉴라이프메디컬, Korea)를 사용하였고, 고주파를 통해 인체 내부에 심부열을 발생시켜 동맥 및 모세혈관을 확장시키고 혈류량을 증가시켜 혈액순환 및 신진대사를 증가시켜 통증이 완화되는지 유효성을 검증하고자 한다.



그림 1. 고주파 통증치료기
Fig. 1. high frequency pain treatment device

2.2 연구대상

본 연구에 참여한 피험자는 강원도 C대학교 재학 중인 학생으로 근골격계 질환이 없는 성인남녀 36명을 대상으로 실험을 진행하였다. 피험자들에게 실험의 목적과 실험 과정을 충분히 설명하고 안전하게 실험을 진행하였고, 피험자의 신체정보는 다음과 같다.

표 1. 피험자(남자)의 신체 정보
Table 1. Subject's body information(female) n=30

	나이	키(cm)	몸무게(kg)
평균	24.53	176.13	70.41
표준편차	±0.13	±1.1	±2.56

표 2. 피험자(여자)의 신체 정보
Table 2. Subject's body information(male) n=6

	나이	키(cm)	몸무게(kg)
여자	23.08	162.08	56.08
표준편차	±0.23	±1.31	±1.33

2.3 연구방법

지연성 근육통 발생유발 부위는 평상시 많이 사용하는 근육인 위팔두갈래근(biceps brachii)을 선정하였다. 위팔두갈래근은 우리가 평소에 '이두'라고 부르는 부위로 위팔의 앞면에 위치하고 어깨와 아래팔을 잇는 근육으로 아령 운동 시 아령을 들어올릴 때 굽힘근육으로 작용하고, 어깨관절의 탈구를 방지하는 역할을 한다. 또한, 근육피부신경의 지배를 받기 때문에 운동신경 유발응답을 확인하기에 적합하다고 판단해서 선정하였다.



그림 2. 위팔두갈래근[16]
Fig. 2. biceps Brachii[16]

위팔두갈래근의 지연성 근육통 유발은 아령을 이용하여 피험자가 반복적인 등장성 운동을 시행하였다. 등장성 운동은 웨이트 트레이닝에서 근육의 길이가 수축, 이완되면서 장력이 발생하는 운동의 형태로 아령, 바벨 등을 이용해서 정해진 강도의 저항을 이용하는 근력운동을 말한다. 근수축 형태에 따라서 근육의 길이가 짧아지는 단축성 수축과 근육의 길이가 늘어나는 신장성 수축 두 가지 형태로 나뉜다. 단축성 수축은 위팔두갈래근이 수축할 때 힘이 발생하는 형태고, 신장성 수축은 위팔두갈래근이 이완할 때 힘이 발생하는 형태를 말한다. 쉽게 말하면 단축성 수축은 아령을 들어올릴 때 위팔두갈래근의 길이가 짧아지면서 힘이 발생하는 것을 말하고, 신장성 수축은 아령을 내릴 때 위팔두갈래근의 길이가 길어지면서 힘이 발생하는 것을 말한다.

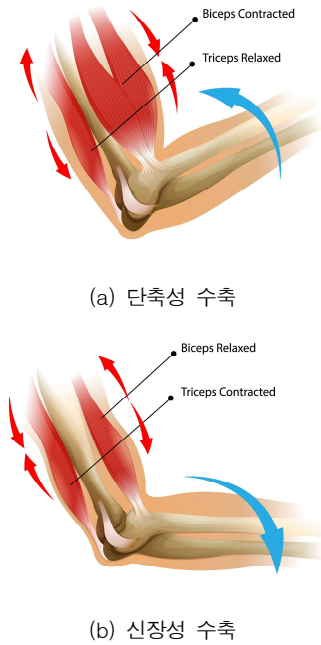


그림 3. 위팔두갈래근의 등장성 운동[17]
 Fig. 3. Isotonic exercise of the biceps brachii muscle[17]

피험자들의 통증을 분석하기 위해 총 3번의 근전도를 측정하여서 비교 분석을 진행하였다. 첫 번째로 평상시 통증이 없는 상태에서 근전도 측정을 진행하였고, 두 번째로 위팔두갈래근의 지연성 통증 유발하고 통증의 안정화를 위해 24시간이 지난 후 근전도를 측정하였고, 마지막으로 고주파 통증치료를 이용한 근육통 치료가 끝난 직후 동일한 방법으로 근전도를 측정하였다. 그리고 근전도 측정이 끝난 피험자들에게 통증의 정도에 대한 NRS 설문지를 진행하였다.

일상생활에서 지연성 근육통이 유발되는 경우에 고주파치료를 이용한 통증치료가 유효한지에 대한 연구를 위해 일상생활에서 무리한 운동으로 인해 지연성 근육통이 발생하는 상황과 비슷한 상황으로 지연성 근육통을 유발시키기 위해 성별에 따른 동일한 방법을 사용하였고, 지연성 근육통 유발시키는 방법으로는 반듯한 자세에서 팔을 충분히 편 상태에서 상완은 몸통에 고정하고 하완을 상완쪽으로 90°까지 굽히는 동작

을 1회로 설정하였다. 피험자가 남성인 경우에는 5kg의 아령을 사용하였고, 1세트당 50회 진행하고 세트와 세트 사이에는 1분의 휴식시간을 가지고 반복 운동을 진행하였다. 50회 5세트 반복을 기본 설정으로 근육통을 유발하였다. 5세트 진행 후에도 아령 운동을 진행할 수 있는 피험자의 경우에는 아령 운동을 추가로 진행하였고, 정확한 동작으로 1회 수행할 수 없을 때까지 진행하여서 지연성 근육통을 유발하였다. 피험자가 여성인 경우에는 3kg의 아령을 사용하였고, 남성과 동일한 자세로 1세트당 30회 진행하고 세트와 세트 사이에는 1분의 휴식시간을 가지고 반복해서 운동하여 근육통을 유발하였다. 30회 3세트 반복을 기본 설정으로 근육통을 유발하고 3세트 후에도 아령 운동을 진행할 수 있는 피험자의 경우에는 아령 운동을 추가로 진행하였고, 1회의 동작을 정확히 수행할 수 없을 때까지 진행하여서 근육통을 유발시켰다.

정확한 근전도 측정을 위해 알콜솜을 이용해서 피부 표면의 이물질들을 제거하고 피부를 정리하고 건조시켜 피부의 저항을 줄이고, 측정 대상 근육에 전극의 중심을 기준으로 2cm의 거리를 둔 정확한 위치에 피험자별 각 근전도를 측정할 때 동일한 위치에 전극을 부착하고 아령을 이용한 등장성 운동을 반복하면서 실험을 진행하였다. 실험을 진행하면서 피험자의 근육의 통증정도 확인하기 위해 근전도 장비(MYOTRACE 400, NORAXON, USA)를 사용하였다. 근전도 장비를 사용해 획득한 피험자의 근전도의 진폭정보인 RMS 값은 피험자의 나이, 성별, 근육 단면의 크기, 피부 두께 등의 피험자의 개별성의 영향을 받기 때문에 피험자의 개별성 등의 불필요한 영향을 통제하기 위해서 정규화 과정(Normalization)을 진행하였고, 정규화 과정은 MVIC(Maximum Voluntary Isometric Contraction)와 RVC(Reference Voluntary Contraction)로 나뉘는데 특정 동작을 취할 때의 RMS 값을 기준으로 삼는 RVC 방법을 이용하였다.

2.4 통계분석방법

평상시, 통증치료 전, 통증치료 후의 근전도 데이터의 RMS 값을 이용해서 통증 치료 전과 통증치료 후 근전도의 데이터를 비교하였고, 평상시와 통증치료 후

근전도 데이터를 비교하여서 통증치료 후의 근활성도가 얼마나 정상시만큼 돌아왔는지 확인을 하였다. 각 RMS 값의 비교가 통계적으로 유의한지 확인을 위해서 사회과학용 통계 패키지인(Statistical Package for the Social Sciences, SPSS)를 사용하여 통계를 하였다. 정상시, 통증치료 전, 통증치료 후를 분석하기 위해 일원분산분석을 사용해서 통계분석을 진행하였고 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하고 유의한 차이가 있으면 Tukey의 HSD 검정을 이용해서 사후 검정을 진행하였다. 사후검정도 유의수준을 $\alpha=.05$ 로 설정하고 $p<.05$ 인 경우 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다. 그리고 NRS 설문조사를 통한 통증의 크기에 대한 데이터도 SPSS를 사용해서 통계 분석을 진행하였다. 동일한 표본에서 두 변수의 평균의 차이를 비교할 경우에 사용하는 대응표본의 t-검정을 진행해서 분석하였다. 유의수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하고 p값이 $p<.05$ 인 경우 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다.

3. 결과

3.1 근전도 분석 결과

피험자들의 정상시(RMS1), 통증 치료 전(RMS2), 통증 치료 후(RMS3)의 근전도 데이터를 측정하고 분석하여 RMS값을 구하였다. 각 피험자들의 근전도 RMS 데이터를 가지고 SPSS 프로그램을 이용해서 일원분산분석을 진행하고 사후검정으로 Tukey의 HSD 검정을 진행하였다.

귀무가설로 ‘통증치료를 따라 근전도 데이터의 차이가 없을 것이다’를 설정하고 대립가설로 ‘통증치료를 따라 근전도 데이터의 차이가 있을 것이다’로 설정하고 분석을 진행하였다. 일원분산분석을 진행한 결과 정상시(M=1.664 SD=0.0081), 통증치료 전(M=1.6766, SD=0.0077), 통증치료 후(M=1.6649, SD=0.0073) 간의 근전도 데이터는 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(F(2, 105)=29.386, $p<.05$). 일원분산분석에서 유의한 차이가 있어서 Tukey의 HSD 검정을 이용해서 사후검정을 진행하였다. 통증치료 전과 통증치료 후의 평균차이는 약 0.0117이고 두 그룹 간에 유의한

차이가 있었다($p<0.001$). 그래서 통증치료가 통증완화에 효과가 있는 것으로 판단되고, 정상시와 통증치료 후의 평균차이는 0.0009이고 두 그룹 간에 유의미한 차이가 없어서($p>0.001$) 통증치료 후의 근활성도가 정상시와 비슷한 수준으로 돌아간 것으로 판단된다.

표 3. 통증치료 그룹의 기술통계량
Table 3. Descriptive statistics of pain treatment group n=36

		RMS1	RMS2	RMS3
평균		1.663973083	1.676599335	1.664920613
표준 편차		0.00816768	0.007784537	0.007377997
표준 오차		0.00136128	0.001297423	0.001229666
평균의 95% 신뢰 구간	상한	1.666736628	1.679233244	1.667416968
	하한	1.661209538	1.673965427	1.662424258
최대값		1.673361362	1.701325706	1.675242599
최소값		1.652566166	1.668904029	1.652614411

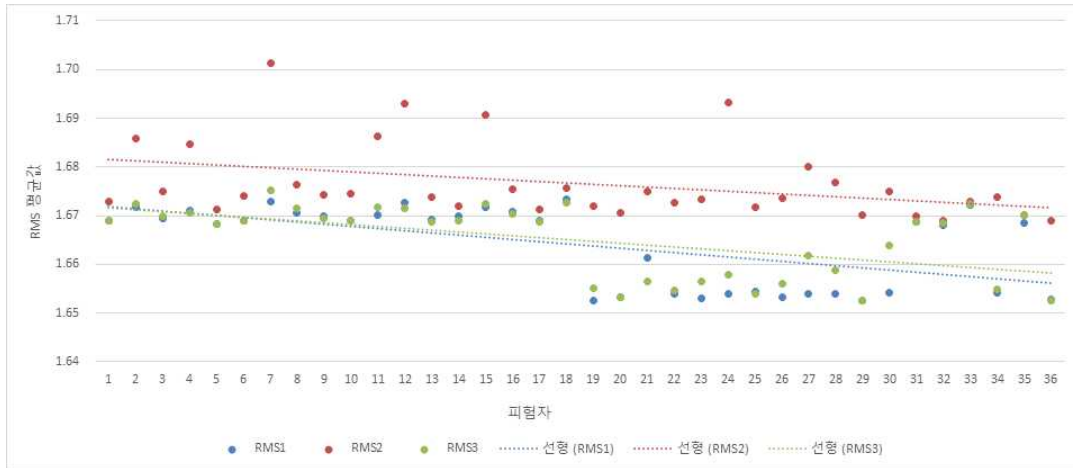


그림 4. 통증치료 그룹의 평상시, 치료 전, 치료 후의 RMS 그래프

Fig. 4. RMS graph of the pain treatment group at normal, pre-treatment and post-treatment

표 4. 통증치료 그룹의 분산분석 결과

Table 4. Results of analysis of variance in the pain treatment group

	제곱합	df	평균 제곱	F	유의 확률
집단-간	.003	2	.002	29.386	.000
집단-내	.006	105	.000		
전체	.009	107			

표 5. 통증치료 그룹의 사후 검정

Table 5. Post hoc test of the pain treatment group

		RMS2-RMS3	RMS1-RMS3
평균차이		1.663973083	1.676599335
표준 오차		0.00136128	0.001297423
유의 확률		0.000	0.031
평균의 95% 신뢰 구간	상한	0.032345454	0.003824972
	하한	0.002757292	-0.008764282

평상시, 통증치료 전, 통증 치료 후의 RMS 값의 그래프는 그림 4와 같다.

3.2 설문지 분석 결과

통증 치료 전과 통증 치료 후의 NRS 설문지 데이터를 비교한 결과 통증 치료 전의 설문지 평균점수는 약 5.3점이 나왔고, 통증 치료 후의 설문지 평균 점수 약 2.9점이 나와서 약 2.4점정도 점수가 낮았고 통계 결과 유의한 차이가 있었다($t=22.226, p<.001$). 그래서 자연성 근육통에 고주파 통증치료기의 통증 치료가 피험자들이 느끼는 통증을 완화 시켜주는 효과가 있는 것으로 판단된다.

표 6. 통증치료 그룹의 대응표본 통계량

Table 6. Paired-Sample Statistics in the Pain Treatment Group

n=36			
	평균	표준편차	평균의 표준오차
치료 전	5.31	0.624	0.104
치료 후	2.91	0.691	0.115

통증치료 전과 통증치료 후의 NRS 설문지 데이터를 비교한 결과는 그림 5와 같다.

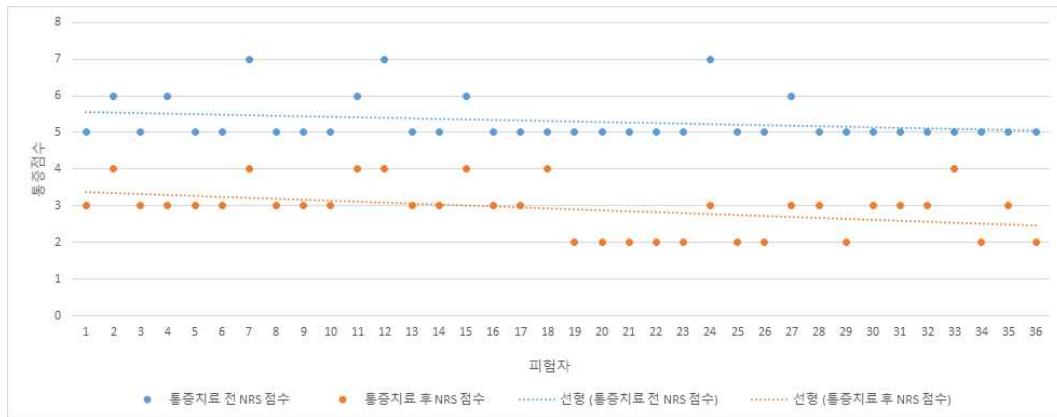


그림 5. 통증치료 그룹의 치료 전, 후의 설문지 그래프

Fig. 5. Questionnaire graph before and after treatment in the pain treatment group

표 7. 통증치료 그룹의 대응표본 검정
Table 7. Paired-sample test of pain treatment group

		RMS2-RMS3
평균		2.3889
표준 편차		0.645
평균의 표준 오차		0.107
차이의 95% 신뢰 구간	상한	3.782
	하한	1.218
t		22.226
자유도		35
유의확률(양측)		.000

4. 결론

선행 연구[12]에서는 전기화학적 반응과 전기분해 현상이 없고 전자기파가 조직에 전달되면 이온의 전후 운동, 분극분자의 회전운동, 비분극분자의 뒤틀림에 의해서 심부열을 발생시키는 고주파 통증치료기를 사용하여 등장성 운동만 진행하면서 측정된 근전도 데이터와 등장성 운동을 진행하면서 동시에 고주파 통증 치료기를 이용하여서 통증 치료를 같이 진행하면서 측정된 근전도 RMS값 데이터를 분석하여 유의한 차이가 있는 것을 확인하였고, 고주파 통증치료기를 사용하면 운동신경 유발 응답시간을 감소시켜 재활치료 효과를 상승시킬 수 있을 것을 기대하였다.

그래서 본 연구에서는 고주파 통증치료기를 이용하여 지연성 근육통의 통증을 완화에 효과가 있는지 유

효성 검증을 진행하였다. 대조군과 실험군을 나누지 않고 실험을 진행한 것은 평상시와 지연성 근육통을 유발하고 통증치료 전의 피험자의 RMS 데이터는 아무런 통증 치료가 이루어지지 않았기 때문에 대조군의 데이터로 볼 수 있고, 실험군의 데이터는 평상시와 지연성 근육통을 유발하고 통증치료 후의 피험자의 RMS 데이터로 볼 수 있어서 대조군과 실험군을 나누지 않고 실험을 진행하고 통계분석을 통해서 유의성을 확인은 통해서 유효성을 확인하였다. 평상시, 통증치료 전, 통증치료 후의 근전도를 측정하고 분석을 통해 RMS 값을 구하고 SPSS 프로그램을 이용해서 통계분석을 진행하였고, 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다. 그리고 평상시와 통증치료 후의 RMS 값의 통계분석을 진행하여서 유의성이 없는 것을 확인하여서 통증치료 후 얼마만큼 평상시로 돌아왔는지를 확인하였다. 또한, 통증은 같은 통증의 크기라도 사람마다 느끼는 기준이 다르기 때문에 통증의 크기에 대한 NRS 설문지를 진행하여서 피험자들이 느끼는 통증의 크기를 SPSS 프로그램을 이용해서 통계분석을 진행하였고, 통계적으로 유의성이 있는 것으로 판단하였다. 그래서 본 연구 결과 고주파 통증치료기가 통증부위의 심부열을 발생시켜 온도를 상승시키고, 동맥 및 모세혈관을 확장시켜 혈류량을 증가시켜서 혈액순환 및 신진대사가 증가되면서 지연성 근육통의 통증이 완화되는 효과가 있는 것으로 판단되고, 재활 치료에 고주파

통증치료를 사용하면 통증 완화 및 재활치료의 효과를 상승시킬 수 있을 것으로 기대된다.

REFERENCES

- [1] Friden, J., Sfikianos, P. N., & Hargens, A. R. (1986). Muscle soreness and intramuscular fluid pressure: comparison between eccentric and concentric load. *Journal of Applied Physiology*, 61(6), 2175-2179.
- [2] Pizza, F. X., Cavender, D., Stockard, A., Baylies, H., & Beighle, A. (1999). Anti-inflammatory doses of ibuprofen: On neutrophils and exercise -induced muscle injury. *Int Sports Med*, 20, 98-102.
- [3] Cleak, M. J., & Eston R. G.(1992). Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense escentric exercise. *Br J Sports Med*, 26(4), 267-272.
- [4] Peake, J., Nosaka, K., & Suzuki, K.(2005). Characterization of inflammatory responses to eccentric exercise in humans. *Exerc Immunol Rev*, 11, 64-85.
- [5] Nosaka, K., & Newton, M.(2002b). Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Med Sci Sports Exerc*. 34(1), 63-69.
- [6] S. O. Kang. (2005). RF Diathermy effect in the slimming body shaping treatment program for obese adult women. MS. thesis, Sungshin Women's University, Seoul.
- [7] E. J. Jung. (2006). The effects of high frequency therapy on abdomen circumference changes of adult women obesity, MS. thesis, ChungAng University, Seoul.
- [8] Lee Kang-yeon, et al. "A study on capacitive-induction current hybrid topology for high-frequency therapy." *Korean Institute of Electrical Engineers Conference (2017)*: 954-955.
- [9] Kwon Gung, Kim Chan-moon, and Park Shin-jun. "The effect of high-frequency therapy through the hands of a physiotherapist on the pain and disability index of chronic low back pain patients." *Journal of the Korean Convergence Society* 9.2 (2018): 289-294.
- [10] Chul-Won Park, and Chul-Hee Won. "High-frequency circuit design for feedback control according to fluctuations in the human body load for the pain relief treatment device." *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers P* 62.1 (2013): 45-49.
- [11] Kyung-Wook Jang, et al. "Frequency variable design of personal high-frequency electric stimulator and analysis of output characteristics." *The Transactions of the Korean Institute of Electrical Engineers P* 65.1 (2016): 25-30.
- [12] Jae-Hyun Jo, Sang-Yong Lee, Geun-Yong Lee, Se-Jin Yoon, Ha-Young Cheong, Sang-Sik Lee. (2020). A Study on Rehabilitation Treatment Using Radiofrequency Treatment. *Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 13(3), 212-218.
- [13] Gi-eon Lee, Suk-won Huh, Hyun-ho Lee, Seong-hyun Jeong, Kyeong-sang Jo, Si-hoon Han, Ji-hoon Choi, Ji-ae Roh, . (2017). The Study on Correlation between the KL-Grade and Improvement of Knee Pain Treated by Korean Medicine Therapy *Journal of Korean Medicine*, 27(3).
- [14] Yong Ik Kim, Won Sup Lee, Hae Nam Park, Won Seok Chae, Hee Cheol Jin, Jeong Seok Lee, Kyung Ho Hwang (2003). Analysis of Methods for Pain Measurement Used in *Journal of the Korean Pain Society. The Korean Journal of Pain*, 16(1), 33-36.
- [15] Geun-Yong Lee, Su-Hwan Kim, Jae-Hyun Jo, Se-Jin Yoon, Sang-Sik Lee (2019). Establishing EMG Measurement System for Measurement of Motor Nerve Response in Transcranial Magnetic Stimulation. *Journal of Korea Institute of Information, Electronics, and Communication Technology*, 12(4), 413-418.
- [16] doopedia, <https://terms.naver.com/entry.naver?docId=1109934&cid=40942&categoryId=32319>
- [17] Freepik.com, <https://www.freepik.com/free->

vector/movement-process-arm-muscle-biceps-triceps_12735581.htm#&position=2&from_view=search&track=ais

저자약력

조 재 현(Jae-hyun Jo)

[정회원]



- 2015년 2월 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 졸업(학사)
- 2017년 2월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업(공학석사)
- 2020년 08월 : 가톨릭관동대학교 일반대학원 졸업(공학박사)
- 2020년 09월 ~ 2021년 02월 가톨릭관동대학교 시간강사
- 2022년 4월 ~ 현재 : 가톨릭관동대학교 의료공학과 조교수

〈관심분야〉 의용메카트로닉스, 디지털 신호처리, 영상처리