■ 정진규, 류성선¹, 김용남², 강종호², 김수현³, 황태연

전남과학대학 물리치료과, ¹바른체형 가꾸기, ²남부대학교 물리치료학과, ³동신대학교 대학원 물리치료학과

The Effect of Stretching and Pre-eccentric exercise on Delayed Onset Muscle Soreness

Jin-Gyu Jeong, PT, PhD; Seong-Sun Ryu, PT, MS¹; Young-Nam Kim, PT, PhD²; Jong-ho Kang, PT, PhD²; Su-Hyun Kim, PT³; Tae-Yeon Hwang, PT, PhD

Department of Physical Therapy, Chunnam Techno College; ¹Barunchahyunggagugui; ²Department of Physical Therapy, Nambu University; ³Department of Physical Therapy, Graduate school, Dongshin University

Purpose : This study examines the effects of pre-eccentric exercise and stretching to bicepsbrachii to prevent delayed onset muscle soreness and recovery of muscular function depending on the training intensity with 28 normal adults in their twenties.

Methods : The subjects were divided into a control group, a group without any previous eccentric exercise, and a stretching group. Pre-eccentric exercise group conducted exercise with the intensity of 25% of maximal voluntary contraction. Pre-eccentric exercise and stretching was applied before to induce delayed onset muscle soreness and after, 24 hour post, 48 hour post, and 72 hour post. Measurements were conducted to examine pain and muscular function changes before, immediately after, and after inducing delayed onset muscle soreness. After inducing delayed onset muscle soreness, measurements were taken at the 24th hour, 48th hour, and 72nd hour.

Results : The pre-eccentric exercise group and stretching group showed a significant difference from the control group by isometric contraction power and mechanical pain threshold as a result of measuring delayed onset muscle soreness.

Conclusion : From these results, electrical stimulation using presynaptic inhibition mechanism of transcutaneous electrical stimulation (TES) had positive effects for walking ability on inhibition of muscle tone in lower extremity. The motor level stimulation group experienced a more significant effect than the sensory level stimulation group. Therefore, the transcutaneous electrical stimulation (TES) is considered to be effective on walking ability increasing through inhibition of muscle tone in lower extremity for rehabilitation of post stroke hemiplegic patients.

Key words : Delayed onset muscle soreness, Pre-eccentric exercise, Stretching

논문접수일 : 2010년 5월 31일

수정접수일 : 2010년 6월 8일

게재승인일 : 2010년 6월 10일

교신저자 : 황태연, delta21kr@yahoo.co.kr

1. 서론

골격근 장애는 일과 관련된 노동인구에 있어서 중요한 문제이며, 일반적으로 근육의 통증을 발생시킨다.¹

근육통은 가장 흔하게 경험하게 되는 근골격계 증상 중에 하나이며, 직접적인 가력에 의한 좌상, 열상 등과 같은 거대손상(macro-trauma)과 운동에 의해 유발되는 근 손상과 같은 미세

손상(micro-trauma)으로 구분되어진다.² 지연성 근육통은 근육의 손상의 3단계 중(1단계: 근육 미세 손상, 2단계: 근육의 부분적인 손상, 3단계: 근육의 전체적인 손상) 1단계로써 골격근에서 움직임이나 축진 시 파가움이나 통증이 나타나는 것으로 정의된다.³ 지연성 근육통의 기전은 명백히 밝혀지진 않았지만, 운동하는 동안의 근육의 구조적 손상에 의한 것으로 밝혀지고 있다. 이러한 구조적 손상은 운동에 따른 근육섬유와 결합조직의 분리 후에 생화

학적 물질의 분비가 발생하고, 단계적으로 급성 염증반응을 가져온다. 지연성 근육통은 운동으로부터 24~48시간 경과 후 일반적으로 발생하며, 둔한 느낌과 통증을 가져온다.^{4,5}

지연성 근육통은 잦은 운동빈도나 격렬함보다는 평상시 수행하지 않는 운동형태 및 근육활동에 의해 미세 상해가 발생빈도가 더 높으며, 운동강도와 기간도 중요한 요인으로 작용한다.⁶ 이전의 연구들에서 지연성 근육통(DOMS; delayed onset muscle soreness)는 근육의 길이가 늘어나는 수축인 원심성 수축에서 우세하게 발생한다고 하였다.⁶⁻⁸

지연성 근육통의 증상과 징후에 대한 치료의 방법으로는 비스테로이드성 약물,⁹ 운동,¹⁰ 스트레칭,^{10,11} 냉치료,^{10,12} 초음파,¹³ 경피신경전기자극,¹² 마사지^{14,15} 등이 사용되고 있다. 지연성 근육통의 예방과 치료를 위해 가장 많이 사용되고 있는 스트레칭은 근육의 수축 시 직접적으로 수동적 점탄성을 증가 시키고, 간접적으로 반사억제를 감소시킴으로써, 근육의 액틴 섬유와 마이오신 섬유의 교차결합시의 점탄성을 떨어뜨린다. 이로 인하여 근육의 경직이 감소되고, 관절 가동범위의 증가를 통하여 사고의 위험을 떨어뜨릴 수 있다고 하였다.¹⁷ 지연성 근육통의 유발을 예방하기 위한 연구가 진행되면서 원심성 운동을 통한 예방효과에 대해 많은 관심이 집중되어지면서, 구심성운동에 비해 원심성 운동의 정점 우력(peak torque)이 현저하게 높게 나타났다고 보고함으로써 원심성 운동의 긍정적 효과를 밝혔다.¹⁸ 또한 많은 선행연구에서 반복적 원심성 훈련은 근육의 구조적 성질을 변화시켜 신장력, 저항력 그리고 관절가동범위가 향상되는 결과로 근 손상의 위험성을 감소시킨다고 보고하였으며,¹⁹ 최근의 연구에서 집중적 원심성 훈련은 근질의 수를 증가시켜 관절에서 최대의 힘을 발휘할 수 있는 각도에 영향을 주며,²⁰ 신경학적 적응력이 향상되고 운동단위의 동원이 효과적으로 증대되어 대뇌 피질의 활동성이 증가 된다고 하였다.²¹

본 연구의 목적은 스트레칭과 25% 사전원심성 운동이 실험적으로 유발된 지연발생 근육통에 미치는 효과를 알아보고 어떤 형태의 준비운동이 더욱 효과적인지를 규명하여 일상생활 및 임상에 적용하는데 있다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 대상자는 00대학 재학 중인 건강한 성인 21명을 대상으로 하였으며, 연구의 목적과 방법을 설명한 후 동의를 구하였다. 대상자는 상지의 운동을 제한하는 질환이나 그로 인해 수술을 받은 경험이 없는 자, 비우세성 상지에 운동으로 인한 근육통을 경험하지 않는 자로 하였으며, 실험 전-후에는 음주, 건강식품, 또는 약물을 복용하지 않고 비우세성 상지에 간접적인 치료를 하지 않

도록 교육하여 마사지 적용군, 스트레칭 적용군, 25% 사전원심성 운동 적용군 및 대조군의 세 그룹에 각각 7명씩 선정하였다(표 1).

표 1. 대상자들의 일반적 특성

준비운동방법	나이(세)	신장(cm)	체중(kg)
대조군	24.05±1.07	175.68±3.08	65.17±3.00
스트레칭	20.79±1.85	176.07±4.82	67.42±7.85
25% 사전원심성운동	22.94±1.94	173.55±0.92	62.85±4.15

평균±표준편차

2. 실험방법

1) 지연발생 근육통 유발방법

지연발생 근육통을 유발시키기 위해 먼저 아령을 이용하여 대상자의 비우세측 주관절 굴곡근의 1RM을 측정하였다. 1RM은 대상자가 주관절 0~135°의 범위에서 단 한번 최대로 들어 올릴 수 있는 무게의 양으로 설정하였다.

지연발생 근육통을 유발하기 위해 1RM의 65%에 해당하는 무게를 이용하여 대상자의 체간과 어깨가 고정된 상태에서 8초 메트로놈에 맞춰 주관절 0~135°의 범위에서 무게를 천천히 내리게 했으며 들어 올릴 때는 보조자가 도와주도록 하였다. 15회 반복한 것을 1set로 하여 전체 5set를 실시하였고, 각 set 사이의 휴식시간은 60초로 하였다.

2) 유발 전 처치 방법

실험실의 온도와 습도는 23~25℃, 50~70%로 유지하였다. 실험 전 20분 동안 대상자들을 눈을 감고 편안하게 누운 상태에서 안정을 취하게 한 후에 실시하였다.

(1) 스트레칭

상완이두근에 대한 스트레칭은 뒤돌아서서 한 손으로 치료대위에 올려놓고 몸을 아래로 내리면서 실시하였다. 이와 같이 스트레칭은 30초간 총 3세트를 실시하고 세트 간 휴식시간은 15초로 정하고 실험기간 동안 검사자에 의해 올바른 자세를 취하도록 하였다.

(2) 25% 사전원심성 운동

지연발생 근육통 유발방법과 같은 자세를 취하게 한 후 아령을 잡고 135°에서 1초간 유지한 다음 3초간 서서히 내리게 했다. 팔꿈치가 완전히 펴진 후 대상자는 다시 팔을 135°의 굴곡자세로 유지시킨다. 이와 같은 방법으로 25% 사전원심성 운동군의 운동강도 결정은 최초 측정된 1RM으로 하였으며, 1RM의 25%를 이용하여 각 set당 10회 총 3set를 실시하였다.

3) 근전도 측정 방법

(1) 근전도 신호의 기록

근전도 신호의 수집을 위해 표면근전도 MP150(BIOPAC, 미국)를 사용하였다. 표면근전도의 전극은 중심간 거리가 20mm인 active electrodes(TSD150B, BIOPAC, 미국)를 사용하였으며, 전극의 부착은 주관절 90° 굴곡 상태에서 등척성 수축을 했을 때 나타나는 근복의 중앙부위로 결정하였고, 섬유근의 주행방향과 평행하도록 배치하였으며, 접지전극은 운동에 방해가 되지 않는 부위에 부착하였다. 전극을 부착하기 전 피부저항을 최소화하기 위해 모든 대상부위를 면도한 후 알코올로 청결하게 세척하고 완전히 마른 후에 전극을 부착하였다. 근전도 신호의 표본신호추출률(sampling rate)은 1,000Hz, 주파수 통과대역(bandpass)은 20~450Hz로 설정 하였다. 근전도 신호의 저장 및 분석은 Acqknowledge 3.8.1 프로그램(BIOPAC, 미국)을 이용하였다.

(2) 근전도 신호의 분석

최대 수의적 등척성 수축력 시 수집된 근전도 신호를 분석 하였으며, 최대 수의적 등척성 수축 시 수집된 근전도 신호는 운동단위가 동원 되는 과정에서 불안정할 수 있으므로 최초 2초와 최종 2초는 신호분석 처리 과정에서 제외하고 가운데 신호만을 분석하였다. 신호의 분석은 실효치진폭과 중앙주파수 분석을 실시하였다.

4) 등척성 수축력 측정

주관절 굴곡근의 등척성 수축력 측정을 위하여 자체 제작한 의자와 동력계 dynamometer(TSD121C, BIOPAC, 미국)를 사용하였다. 최대 수위적 등척성 수축력을 측정하기 위해 대상자를 측정 의자에 앉게 한 후 체간부 정렬을 바르게 하여 안정적 자세를 취하게 하였으며, 견관절이 해부학적 위치에 오게 한 다음 주관절이 90° 굴곡위에서 고정되도록 하였으며, 동력계와 연결된 커프를 전완 원위부에 걸게 하고 최대 주관절 굴곡운동을 실시토록 하였다. 주관절 굴곡근의 최대 수의적 등척성 수축력을 측정하는 동안 검사자는 대상자로 하여금 7초 동안 최대의 힘을 낼 수 있도록 큰 소리로 독려 하였고, 10분 휴식 간격으로 3회 측정 후 가장 높은 값을 최대 수축력으로 정하였다.

5) 압통역치

지연발생 근육통 전 후에 압통역치를 비교하기 위하여 디지털 압통역치측정기(Digital Algometer, JTECH Medical, 일본)를 사용하였다.

측정 위치는 대상자가 가장 통증이 심하다고 느끼는 부위를 표시한 후 압통계를 수직으로 대고 일정한 속도로 압력을 가하여 통증이 시작되는 시점에서 대상자가 ‘아’ 하는 소리를 내도록 하여

그 순간의 압력을 압통역치로 정하였다. 실험기간 동안 압통역치의 측정은 동일부위에서 실시하였다.

3. 자료분석

모든 자료는 SPSS18.0 프로그램으로 분석하였다. 측정시기별 군간 비교에 대한 분석은 일요인 분산분석(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후분석은 Tukey 검정을 실시하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준 α 는 0.05로 정하였다.

III. 결과

1. 실효치 진폭(RMS)의 변화

실효치 진폭의 변화는 다음과 같다. 대조군 실효치 진폭의 변화는 유발 전 $0.05 \pm 0.05\text{mV}$, 유발 후 $0.04 \pm 0.03\text{mV}$, 유발 후 24시간 $0.04 \pm 0.02\text{mV}$, 유발 후 48시간 $0.03 \pm 0.02\text{mV}$, 유발 후 72시간 $0.03 \pm 0.01\text{mV}$ 이었고, 스트레칭 적용군 실효치 진폭의 변화는 유발 전 $0.05 \pm 0.02\text{mV}$, 유발 후 $0.05 \pm 0.03\text{mV}$, 유발 후 24시간 $0.05 \pm 0.02\text{mV}$, 유발 후 48시간 $0.04 \pm 0.02\text{mV}$, 유발 후 72시간 $0.04 \pm 0.02\text{mV}$ 이고, 25% 사전원심성 운동적용군 실효치 진폭의 변화는 유발 전 $0.06 \pm 0.04\text{mV}$, 유발 후 $0.06 \pm 0.02\text{mV}$, 유발 후 24시간 $0.05 \pm 0.02\text{mV}$, 유발 후 48시간 $0.05 \pm 0.01\text{mV}$, 유발 후 72시간 $0.05 \pm 0.01\text{mV}$ 이었다. 실효치 진폭의 변화를 일요인 분산분석 한 결과, 각 측정시기에 따른 군간의 차이를 나타내지 않았으나, 대조군과 비교하여 스트레칭 적용군과 25% 사전원심성 운동적용군의 감소폭이 작았으며, 실효치 진폭의 회복이 빨리 나타났다(표 2)(그림 1).

표 2. 시간에 따른 실효치 진폭의 변화

(단위:mV)

	유발전	유발후	24시간후	48시간후	72시간후
대조군	0.05 ± 0.05	0.04 ± 0.03	0.04 ± 0.02	0.03 ± 0.02	0.03 ± 0.01
스트레칭군	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.03	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.02	0.04 ± 0.02
25% 사전원심성운동군	0.06 ± 0.04	0.06 ± 0.02	0.05 ± 0.02	0.05 ± 0.01	0.05 ± 0.01
p	0.963	0.650	0.462	0.199	0.140

평균±표준편차

그림 1. 실효치진폭의 변화.

평균±표준편차

2. 중앙주파수(MDF)의 변화

중앙주파수의 변화는 다음과 같다. 대조군의 중앙주파수의 변화는 유발 전 $99.89 \pm 11.68\text{Hz}$, 유발 후 $95.96 \pm 7.83\text{Hz}$, 유발 후 24시간 $85.34 \pm 7.26\text{Hz}$, 유발 후 48시간 $82.11 \pm 8.89\text{Hz}$, 유발 후 72시간 $81.75 \pm 10.38\text{Hz}$ 이었고, 스트레칭 적용군 중앙주파수의 변화는 유발 전 $97.93 \pm 10.01\text{Hz}$, 유발 후 $94.81 \pm 4.33\text{Hz}$, 유발 후 24시간 $91.54 \pm 4.13\text{Hz}$, 유발 후 48시간 $92.16 \pm 4.68\text{Hz}$, 유발 후 72시간 $91.81 \pm 8.06\text{Hz}$ 이고, 25% 사전원심성 운동적용군의 중앙주파수의 변화는 유발 전 $93.01 \pm 14.36\text{Hz}$, 유발 후 $94.15 \pm 4.66\text{Hz}$, 유발 후 24시간 $96.82 \pm 12.09\text{Hz}$, 유발 후 48시간 $92.12 \pm 10.21\text{Hz}$, 유발 후 72시간 $94.4 \pm 8.78\text{Hz}$ 이었다. 중앙주파수의 변화를 일요인 분산분석 한 결과, 각 측정시기에 따른 군간의 차이를 나타내지 않았으나, 대조군과 비교하여 스트레칭 적용군과 25% 사전원심성 운동적용군의 감소폭이 작았다(표 3)(그림 2).

표 3. 시간에 따른 중앙주파수의 변화

(단위:Hz)

	유발전	유발후	24시간후	48시간후	72시간후
대조군	99.89±11.68	95.96±7.83	85.34±7.26	82.11±8.89	81.75±10.38
스트레칭군	97.93±10.01	94.81±4.33	91.54±4.13	92.16±4.68	91.81±8.06
25% 사전원심성운동군	93.01±14.36	94.15±4.66	96.82±12.09	92.12±10.21	94.4±8.78
p	0.610	0.864	0.096	0.084	0.069

평균±표준편차

그림 2. 중앙주파수의 변화

평균±표준편차

3. 최대 수의적 등척성 수축력(MVIC)의 변화

최대 수의적 등척성의 변화는 다음과 같다. 대조군 근육의 변화는 유발 전 $27.14 \pm 3.16\text{Kg}$, 유발 후 $17.54 \pm 2.56\text{Kg}$, 유발 후 24시간 $19.95 \pm 2.67\text{Kg}$, 유발 후 48시간 $22.43 \pm 2.98\text{Kg}$, 유발 후 72시간 $24.49 \pm 2.84\text{Kg}$ 이었고, 스트레칭 적용군의 최대 수의적 등척성의 변화는 유발 전 $28.99 \pm 1.4\text{Kg}$, 유발 후 $23.97 \pm 3.07\text{Kg}$, 유발 후 24시간 $25.67 \pm 2.5\text{Kg}$, 유발 후 48시간 $27.19 \pm 2.18\text{Kg}$, 유발 후 72시간 $29.99 \pm 1.55\text{Kg}$ 이며, 25% 사전원심성 운동적용군 근육의 변화는 유발 전 $28.68 \pm 1.94\text{Kg}$, 유발 후 $22.04 \pm 2.58\text{Kg}$, 유발 후 24시간 $23.27 \pm 2.73\text{Kg}$, 유발 후 48시간 $25.65 \pm 2.96\text{Kg}$, 유발 후 72시간 $28.73 \pm 2.74\text{Kg}$ 이었다. 최대 수의적 등척성 수축력을 일요인 분산분석 한 결과, 유발 전을 제외한 유발 후($p < 0.01$), 24시간 후($p < 0.01$), 48시간 후($p < 0.05$), 72시간 후($p < 0.01$), 모두에서 유의한 차이를 나타내었다. 사후분석결과 유발 후에는 대조군과 스트레칭군, 대조군과 25%사전 원심성운동군에서 차이를 보였으며, 24시간 후에는 대조군과 스트레칭군, 48시간 후에는 대조군과 스트레칭군, 72시간 후에는 대조군과 스트레칭군, 대조군과 25% 사전 원심성운동군 사이에서 유의한 차이를 나타내었다(표 4)(그림 3).

표 4. 시간에 따른 최대 수의적 등척성의 수축력의 변화

(단위:Kg)

	유발전	유발후	24시간후	48시간후	72시간후
대조군	27.14±3.16	17.54±2.56	19.95±2.67	22.43±2.98	24.49±2.84
스트레칭군	28.99±1.4	23.97±3.07	25.67±2.5	27.19±2.18	29.99±1.55
25% 사전원심성운동군	28.68±1.94	22.04±2.58	23.27±2.73	25.65±2.96	28.73±2.74
p	0.348	0.003**ab	0.007**a	0.025*a	0.004**ab

평균±표준편차

*p<0.05, **p<0.01

a: 대조군과 스트레칭군 간의 유의한 차이

b: 대조군과 25% 사전 원심성운동군 간의 유의한 차이

그림 3. 최대 수직 등척성의 수축력의 변화

평균±표준편차

*p<0.05, **p<0.01

a: 대조군과 스트레칭군 간의 유의한 차이

b: 대조군과 25% 사전 원심성운동군 간의 유의한 차이

4. 압통역치의 변화

압통역치의 변화는 다음과 같다. 대조군 압통역치의 변화는 유발 전 $5.85 \pm 0.84\text{Kg}$, 유발 후 $5.27 \pm 0.61\text{Kg}$, 유발 후 24시간 $4.37 \pm 0.57\text{Kg}$, 유발 후 48시간 $3.3 \pm 0.62\text{Kg}$, 유발 후 72시간 $4.15 \pm 0.5\text{Kg}$ 이었고, 스트레칭 적용군의 압통역치의 변화는 유발 전 $5.82 \pm 0.61\text{Kg}$, 유발 후 $5.82 \pm 0.82\text{Kg}$, 유발 후 24시간 $4.9 \pm 0.38\text{Kg}$, 유발 후 48시간 $4.2 \pm 0.61\text{Kg}$, 유발 후 72시간 $4.87 \pm 0.33\text{Kg}$ 이며, 25% 사전원심성 운동적용군 압통역치의 변화는 유발 전 $5.67 \pm 0.58\text{Kg}$, 유발 후 $4.97 \pm 0.37\text{Kg}$, 유발 후 24시간 $4.48 \pm 0.46\text{Kg}$, 유발 후 48시간 $4.42 \pm 0.51\text{Kg}$, 유발 후 72시간 $4.78 \pm 0.33\text{Kg}$ 이었다. 압통역치의 변화를 일요인 분산분석 한 결과, 48시간 후($p<0.05$), 72시간 후($p<0.05$)에서 유의한 차이를 나타내었다. 사후분석결과 48시간 후와 72시간 후 모두에서 대조군과 스트레칭군, 대조군과 25%사전 원심성운동군 사이에서 유의한 차이를 나타내었다(표 5)(그림 4).

표 5. 시간에 따른 압통역치의 변화

(단위:Kg)

	유발전	유발후	24시간후	48시간후	72시간후
대조군	5.85±0.84	5.27±0.61	4.37±0.57	3.3±0.62	4.15±0.5
스트레칭군	5.82±0.61	5.82±0.82	4.9±0.38	4.2±0.61	4.87±0.33
25% 사전 원심성운동군	5.67±0.58	4.97±0.37	4.48±0.46	4.42±0.51	4.78±0.33
p	0.887	0.088	0.161	0.011*ab	0.013*ab

평균±표준편차

*p<0.05

a: 대조군과 스트레칭군 간의 유의한 차이

b: 대조군과 25% 사전 원심성운동군 간의 유의한 차이

그림 4. 압통역치의 변화

평균±표준편차

*: p<0.05

a: 대조군과 스트레칭군 간의 유의한 차이

b: 대조군과 25% 사전 원심성운동군 간의 유의한 차이

IV. 고찰

운동 유발 근 손상의 회복과 예방을 위한 다양한 물리치료적 중재가 적용되고 있으나, 명확한 효과나 치료 기전에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 운동 유발 근 손상이 유발되기 전에 미리 적절한 운동을 적용하여 근 손상을 사전에 예방하거나 회복을 촉진시키는 방법에 대한 연구를 진행하였다. 근래에 들어 사전에 적용되는 원심성 운동이 근 손상에 대한 내성을 증가시켜 운동 후 유발되는 근 손상의 발생을 저하시키고 손상 후 회복에 긍정적인 효과가 나타나는 것으로 보고되고 있다.² Jonathon 등²²은 2주간의 사전 신장운동을 적용한 군이 대조군에 비해 지연발생 근육통의 유발을 예방하는데 긍정적인 효과가 나타나지 않았다고 보고하였다. 하지만 Tero 등²³은 현재 통용되고 있는 골격근 손상에 대한 치료의 임상적 기초이론이 부족하지만, 근력 증진에 사용되는 원심성 운동은 근 손상을 예방하는데 매우 효과적이라고 보고하였다. 근육을 가볍게 신장시켜주는 스트레칭은 지연발생 근육통을 예방하려는 대표적인 방법으로 근 수축 시 직접적으로 수동적

점탄성을 증가시켜 근육 경직을 감소시키고, 간접적으로는 반사억제를 감소시켜 액틴(actin)과 미오신(myosin filament)의 cross-bridge를 당길 때 점탄성을 약화시켜 근육 경직을 감소시킴으로서 관절의 가동범위를 높이고 상해위험을 예방하는 것으로 알려져 있다.^{24,25}

이에 본 연구는 운동 전에 시행하는 준비운동의 형태가 운동 후 유발되는 근육통에 대한 근전도 분석을 통한 연구와 최대 수의적 등척성 수축력에 미치는 효과를 규명하여 스트레칭, 25% 사전원심성 운동을 임상에 적용하고자 실시하였다.

본 연구에서 사용한 표면근전도(surface electromyography, sEMG)는 신호의 진폭을 반영한 실효치 진폭(root mean square, RMS)과 주파수를 반영한 중앙주파수(median frequency, MDF) 등을 지표로 사용하는 주파수 스펙트럼 분석법^{26,27}을 이용하여 골격근의 기능을 평가하는데, 실효치 진폭은 시평면(time domain)의 관점에서 표면 근전도 신호의 진폭(amplitude)을 반영하여 활성화된 운동단위의 수와 발화율(firing rate)을 반영한 것이며, 중앙주파수는 주파수평면(frequency domain)의 관점에서 주파수 스펙트럼 분석법을 이용한 것으로 활동전위 전도속도(action potential conduction velocity), 속근섬유의 동원비와 비례한다.^{28,29}

본 연구의 결과 중 실효치 진폭의 변화를 일요인 분산분석 한 결과, 유의한 차이를 보이지는 않았으나, 대조군과 비교하여 스트레칭 적용군과 25% 사전원심성 운동적용군, 마사지 적용군의 감소폭이 작았으며, 실효치 진폭의 회복이 빨리 나타났다.

Leger와 Milner³⁰는 중앙주파수가 원심성 운동을 하는 동안 선택적으로 사용되는 섬유가 주로 속근 섬유인 것을 반영한다고 보고하였으며, 운동 후 유발되는 지연발생 근육통에서 II형 근섬유(fast twitch fibers)가 I형 근섬유보다 지연발생 근육통을 유발시키는데 주도적이라 하였다. Gerdle 등³¹의 연구에서 원심성 운동은 근섬유에 손상을 초래하고 속근인 II형 섬유가 더 많은 손상을 받아 중앙주파수가 감소 될 수 있다고 하였다.

본 연구에서 대조군의 경우 중앙주파수가 시간이 지나면서 저주파수대로 이동하는 경향을 보였으나, 스트레칭 적용군과 25% 사전원심성 운동적용군에서는 중앙주파수의 감소 폭이 작았다. 이러한 결과는 스트레칭과 25% 사전원심성 운동이 지연발생 근육통의 유발을 주도하는 II형 근섬유에 효과적이라고 생각된다.

Nosaka와 Clark³²는 원심성 운동 전에 사전운동을 실시하지 않은 대조군과 실험군 사이에 최대근력에 있어 대조군이 유의한 근력감소를 나타냈다고 보고하였는데, 본 연구에서 최대 수의적 등척성 수축력의 변화를 일요인 분산분석 한 결과, 유발 전을 제외한 유발 후($p<0.01$), 24시간 후($p<0.01$), 48시간 후($p<0.05$), 72

시간 후($p<0.01$), 모두에서 유의한 차이를 나타내었다. 사후분석 결과 유발후에서는 대조군과 스트레칭군, 대조군과 25%사전 원심성운동군에서 차이를 보였으며, 24시간 후에는 대조군과 스트레칭군, 48시간 후에는 대조군과 스트레칭군, 72시간 후에는 대조군과 스트레칭군, 대조군과 25%사전 원심성운동군 사이에서 유의한 차이를 나타내었다. 대조군과 비교하여 스트레칭 적용군과 25% 사전원심성 운동적용군의 감소폭이 작았으며, 감소폭의 회복이 빨리 나타났다.

본 연구에서 압통역치의 변화를 일요인 분산분석 한 결과, 48시간 후($p<0.05$), 72시간 후($p<0.05$)에서 유의한 차이를 나타내었다. 대조군과 비교하여 스트레칭 적용군과 25% 사전원심성 운동적용군 감소폭이 작았으며, 압통역치의 회복이 빨리 나타났다. 특히 25% 사전원심성 운동적용군과 마사지 적용군에서 감소폭이 작았으며, 압통역치의 회복도 빨리 나타났다. 이러한 결과는 김종호³³의 결과와 일치해 통증 감소 및 회복의 측면에서 효과적인 것으로 생각된다.

이상의 결과에서 실험적으로 유발된 지연발생 근육통에 스트레칭, 25% 사전 원심성 운동 및 마사지가 통증, 근력, 관절가동범위에 미치는 효과를 확인할 수 있었으며, 지연성 근육통의 유발 감소와 유발 후 근 기능의 회복에 긍정적 효과가 있는 것으로 사료되고, 향후 보다 많은 대상자로 폭 넓은 연구가 이루어졌으면 한다.

V. 결론

본 연구에서는 스트레칭과 25% 사전원심성 운동이 실험적으로 유발된 지연발생 근육통에 미치는 효과를 알아보고 어떤 형태의 준비운동이 더욱 효과적인지를 규명하여 일상생활 및 임상에 적용하고자 하였다. 실효치 진폭, 중앙주파수 최대수의적 등척성수축력의 변화를 분석 한 결과, 대조군과 비교하여 스트레칭 적용군과 25% 사전원심성 운동적용군의 감소폭이 작았으며, 회복이 빨리 나타났다. 특히 25% 사전원심성 운동적용군에서 감소폭이 작았으며, 회복도 빨랐다. 스트레칭과 25% 사전원심성 운동은 일상생활이나 임상적으로 지연성 근육통의 예방과 치료에 효과적일 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Buckle PW, Devereux JJ. The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. Appl Ergon. 2002;33:207-17.
2. Marc RP, Craig R. Eccentric muscle actions:

- Implications for injury prevention and rehabilitation. *Physical Therapy in Sport*. 2007;8:88-97.
3. Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: treatment strategies and performance factors. *Sports Med*. 2003;33:145-164.
 4. Armstrong RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1984;16:529-38.
 5. Newham DJ, Jones DA, Clarkson PM. Repeated high-force eccentric exercise: effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol*. 1987;63:1381-6.
 6. Noonan TJ, Garrett JW. Injuries at the myotendinous junction. *Clin Sports Med*. 1992;11(4):783-806.
 7. Bajaj P, Graven-Nielsen T, Arendt-Nielsen L. Post-exercise muscle soreness after eccentric exercise: psychophysical effects and implications on mean arterial pressure. *Scand J Med Sci Sports*. 2001;11:266-73.
 8. Jones DA, Newham DJ, Clarkson PM. Skeletal muscle stiffness and pain following eccentric exercise of the elbow flexors. *Pain*. 1987;30:233-42.
 9. Francis KT, Hoobler T. Effects of aspirin on delayed muscle soreness. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 1987;27:333-337.
 10. Gulick DT, Kimura IF, Sitler M et al. Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*. 1996;31:145-152.
 11. Rodenburg JB, Steenbeek D, Schiereck P et al. Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *International Journal of Sports Medicine*. 1994;15:414-419.
 12. Denegar CR, Perrin DH. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation, cold, and a combination treatment on pain, decreased range of motion, and strength loss associated with delayed onset muscle soreness. *Journal of Athletic Training*. 1992;27:200-206.
 13. Tiidus PM. Massage and ultrasound as therapeutic modalities in exercise-induced muscle damage. *Canadian Journal of Applied Physiology*. 1999;24:267-278.
 14. Nosaka K, Newton M, Sacco P. Delayed-onset muscle soreness does not reflect the magnitude of eccentric-induced muscle damage. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2002;12:337-346.
 15. Hilbert JE, Sforzo GA, Swensen T. The effects of massage on delayed onset muscle soreness. *British Journal of Sports Medicine*. 2003;37:72-75.
 16. Noonan TJ, Garrett JW. Injuries at the myotendinous junction. *Clin Sports Med*. 1992;11(4):783-806.
 17. Best TM. Muscle-tendon injuries in young athletes. *Clin Sports Med*. 1995;14(3):669-686.
 18. Horstmann T, Mayer F, Maschmann J et al. Metabolic reaction after concentric and eccentric endurance-exercise of the knee and ankle. *Medicine and Science in Sports and Exercise*. 2001;33(5):791-795.
 19. Nelson RT, Bandy WD. Eccentric training and static stretching improve hamstring flexibility of high school males. *Journal of Athletic Training*. 2004;39(3):254-258.
 20. Butterfield TA, Leonard TR, Herzog W. Differential serial sarcomere number adaptations in knee extensor muscles of rats is contraction type dependent. *Journal of Applied Physiology*. 2005;99:1352-1358.
 21. McHugh MP. Recent advances in the understanding of the repeated bout effect: The protective effect against muscle damage from a single bout of eccentric exercise. *Scandinavian Journal of Medicine in Science and Sports*. 2003;13:88-97.
 22. Jonathon DJ, Black MF, Don SE. A 2 Week routine stretching programme did not prevent contraction-induced injury in mouse muscle. *Journal of Physiology*. 2002;544(1):137-147.
 23. Tero AHJ, Teppo LN, Minna K et al. Muscle injuries: optimising recovery. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. 2007;21(2):317-331.

24. Best TM. Muscle-tendon injuries in young athletes. Clin Sports Med. 1995;14(3):669-686.
25. Garrett JW. Muscle strain injuries: clinical and basic aspects. Med Sci Sports Exerc. 1990;22(4):436-443.
26. Bigland B, Lippold OCJ. The relation between force, velocity and integrated electrical activity in human muscles. J Physiol. 1991;123:214-224.
27. Macaluso A, De VG, Felici F et al. Electromyogram changes during sustained contraction after resistance training in women in their 3rd and 8th decades. Eur J Appl Physion. 2000;82:418-424.
28. Anne FM, Genvevieve AD, Joan MS. The influence of muscle fiber size and type distribution on electromyographic measure of back muscle fatigability. Spine. 1998; 23(5):576-584.
29. Kupa KJ, Roy SH, Kandarian SC et al. Effects of muscle fiber type and size on EMG median frequency and conduction velocity. J Appl Physiol. 1995;79:23-32.
30. Leger AB, Milner TE. Passive and active wrist joint stiffness following eccentric exercise. Eur J Appl Physiol. 2000;82(5-6):472-9.
31. Gerdle B, Karisson S, Crenshaw AG. The relationship between EMG and muscle morphology through sustained force levels. Acta Physiol Scand. 1997;160:341-351.
32. Nosaka K, Clarkson PM. Influence of previous concentric exercise on eccentric exercise-induced muscle damage. J Sports Sci. 1997;15(5):477-83.
33. 김종호. 준비운동 형태가 DOMS와 근력 회복에 미치는 영향. 대구대학교 석사학위 논문. 2004.