

저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭이 지연성 근육통에 미치는 효과 비교

이수영^{1*}, 김지윤²

¹백석대학교 보건학부 물리치료학과, ²더조은병원 물리치료실

The Comparison of Low Intensity Eccentric Exercise and Dynamic Stretching on Delayed Onset Muscle Soreness

Su-Young Lee^{1*} and Ji-Yoon Kim²

¹Department of Physical Therapy, Division of Health Science, Baekseok University

²Department of Physical Therapy, The Joen Hospital

요 약 본 연구는 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭이 지연성 근육통에 미치는 효과를 비교하고자 시행하였다. 본 연구의 대상자는 연구에 참여하기 5개월 전부터 하지에 규칙적인 운동을 하지 않았던 18명의 20대 건강한 여성을 대상으로 하였다. 대상자들은 전체 3그룹인 대조군, 저강도 원심성 운동군 그리고 동적 스트레칭군에 무작위로 배정되었다. 측정변수로는 최대 수의적 등척성 수축력, 초음파 영상을 통한 근 두께, 근 통증 척도, 무릎관절 가동범위이며 지연성 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 각각 측정되었다. 저강도 원심성 운동군과 동적 스트레칭군의 운동 프로그램은 지연성 근육통 유발 4주 전에 일주일에 3회씩 각각 시행되었다. 본 연구의 결과 최대 수의적 등척성 수축력과 근 통증 척도에서만 그룹간 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 저강도 원심성 운동은 동적 스트레칭에 비해 근 통증 척도가 유의하게 감소하였다($p<.05$). 그러므로 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭이 지연성 근육통의 증상 중 근 통증에 효과적임을 제시하며 또한 저강도 원심성 운동이 동적 스트레칭보다 근 통증을 빠르게 감소시킴으로써 근 통증에 더 효과적임을 제시하고자 한다.

Abstract We investigated to compare the effects of a low intensity eccentric exercise and dynamic stretching on symptoms of delayed onset muscle soreness (DOMS). The eighteen women who had not participated in a regular exercise programme for the lower extremities in the previous five months were randomly assigned to one of three experimental groups: control group, a low intensity eccentric exercise group and dynamic stretching group. We measured the joint range of motion (ROM), maximal voluntary isometric exercise (MVIC), muscle soreness rating scale and ultrasound image measurement before eccentric exercise inducing DOMS, and 24, 48, and 72 hours after an eccentric exercise inducing DOMS. The exercise programme in a low intensity eccentric exercise group and dynamic stretching group were respectively performed 3 times a week for 4 weeks before eccentric exercise inducing DOMS. There was significantly different between the groups in muscle soreness rating scale and MVIC ($p<.05$). However, there was not significantly different between groups in ultrasound image measurement and ROM ($p<.05$). These results suggest that a low intensity eccentric exercise group and dynamic stretching group effectively reduced muscle soreness rating scale out of the symptoms of DOMS. A low intensity eccentric exercise group may be an effective improvement than dynamic stretching group in muscle soreness rating scale.

Key Words : Delayed Onset Muscle Soreness; Dynamic Stretching; Low Intensity Eccentric Exercise.

*Corresponding Author : Su-Young Lee

Tel: +82-41-550-2546 email: roseil18@bu.ac.kr

접수일 12년 05월 29일

수정일 (1차 12년 09월 05일, 2차 12년 09월 27일)

게재확정일 12년 10월 11일

1. 서론

지연성 근육통(delayed onset muscle soreness, DOMS)은 익숙하지 않은 높은 강도의 원심성 운동(eccentric exercise)으로 인해 속근섬유(fast twitch fiber)가 손상되었을 때 유발된다[1]. 근육 손상이 일어나면 히스타민(histamine), 브래디키닌(bradykinin), 프로스타글란딘(prostaglandin)과 같은 화학물질이 방출(Release)되고 근육 속 투과도 증가로 인해 삼투압이 증가된다. 이로 인해 구심성 신경섬유(afferent nerve fiber)가 활성화 되어 통증이 중추신경계로 전달되는데 이를 지연성 근육통이라 한다[2].

지연성 근육통은 12~24시간에 발생하여 24~48시간에 최고의 통증을 느끼고 10~14일 후 회복된다. DOMS의 일반적인 증상에는 통증, 압통감(tenderness), 국소적 부종(local swelling)과 열감(warmth), 뻣뻣함(stiffness), 관절가동범위(range of motion, ROM)의 제한과 근력 감소, 근 피로 등이 있다[3]. 지연성 근육통에 대한 발생기전에 대해 정확히 밝혀지지 않았지만 관련된 이론으로는 대사 노폐물 축적이론(metabolic waste accumulation theory), 근경련 이론(muscle spasm theory), 미세외상 이론(microtrauma theory)이 있다. 대사 노폐물 축적이론은 운동 후 젖산(lactic acid)이 축적되어 통증이 발생한다는 이론이며 근경련 이론은 운동 중 허혈(ischemia) 또는 대사 노폐물에 의해서 근육에 통증이 발생하게 되면 근 경련이 발생하고 다시 근육의 혈액순환을 저하시켜 피드백 주기(feedback cycle)를 만들기 때문에 통증이 지속된다는 이론이다. 미세외상 이론은 운동으로 인해 근섬유나 결합 조직이 미세손상을 받은 후 염증이 발생하고 이러한 조직이 퇴화(degeneration)되면서 지연성 근육통이 발생한다는 이론이다[4].

지연성 근육통의 유발을 예방하기 위한 연구가 진행되면서 원심성 운동을 통한 예방효과에 대해 많은 관심이 집중되어졌다. 많은 선행 연구에서 반복적인 원심성 훈련은 근육의 구조적 성질을 변화시켜 신장력, 저항력 그리고 관절가동범위의 향상으로 근 손상의 위험성을 감소시킨다고 보고하였다[5]. 그리고 최근 연구에서 Munehiro 등은 동물 실험을 통해 사전 저강도 원심성 훈련이 고강도의 원심성 운동에 비해 보호 효과를 일으키고 지연성 근육통의 압통을 억제하는 것으로 보고하였다[6]. 김병주의 연구에서도 사전 저강도 원심성 운동이 고강도 원심성 운동에 비해 지연성 근육통과 근 기능 회복에 매우 효과적인 것으로 나타났다[7].

반면, 원심성 운동을 통한 지연성 근육통 예방법 외에도 스트레칭을 통한 예방법도 많이 사용되고 있다. 스트

레칭은 액틴(actin)과 마이오신(myosin)의 복합체가 이완되어 근육이나 건, 인대와 같은 결합조직을 신장시키고 세포주변 기질 변화를 통해 영구적인 증가를 유도하여 관절가동범위 향상과 신체 움직임에 대한 준비상태를 높여 동작 효율을 증가시키고 상해 위험을 감소시킨다고 알려져 있다[8, 9]. 스트레칭 방법으로는 일정 시간 근육을 신장시킨 상태에서 장력을 유지하여 근육과 관절의 이완이 유도되도록 하는 정적 스트레칭(static stretching), 동적인 관절의 움직임과 탄성을 이용하는 동적 스트레칭(dynamic stretching), 근육과 건의 고유수용기(proprioceptor)의 의도적 자극을 통해 신경근 기전의 반응을 촉진 또는 억제 원리를 이용함으로써 근육의 신장, 이완, 수축을 통해 유연성을 향상시키는 고유 수용성 신경근 촉진 스트레칭(proprioceptive neuromuscular facilitation, PNF)이 통용되고 있다[10]. 최근 김상훈의 연구에서는 원심성 운동 전 정적, 동적, PNF 스트레칭을 적용했을 때 다른 그룹에 비해 동적 스트레칭군에서 지연성 근육통으로 유발된 통증을 효과적으로 감소시켰으며 모든 스트레칭 군에서 관절가동범위와 운동기능을 효과적으로 회복시켰다[11]. Manoel 등도 넙다리두갈래근(biceps femoris)에 정적, 동적, PNF 스트레칭을 적용하고 나서 근력을 측정한 결과 동적 스트레칭에서 정적, PNF 스트레칭보다 훨씬 더 큰 근력 증가를 나타냈다[12].

고전적으로 지연성 근육통을 완화시키고 연부조직 손상을 치료하기 위해 치료적 마사지, 냉치료, 스트레칭과 능동 운동 등과 같은 물리치료가 실시되어 왔다. 하지만 이들 물리치료는 원심성 운동 유발 후 근육 손상의 과정을 확실하게 예방하거나 변경하진 못했다[13]. 이에 최근 지연성 근육통의 예방적인 측면에서 긍정적인 효과를 보이고 있는 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭이 근육통의 증상과 증후를 효과적으로 완화시키는 지 비교하고자 본 연구를 실시하고자 하였다.

따라서 본 연구는 우세측 넙다리곧은근(rectus femoris muscle)에 근육통 유발 전 4주 동안 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭을 각각 적용시켜 지연성 근육통 유발 전과 이후에 최대 등척성 수축력, 초음파 영상 분석기를 통한 넙다리곧은근 두께 변화, Talag에 의한 근 통증 척도, 무릎관절 가동범위를 통해 근 손상에 의한 지연성 근육통의 예방과 근 기능 회복 효과를 알아보고자 하였다[14].

2. 연구방법

2.1 연구대상

본 연구는 2010년 6월 20일부터 2010년 8월 30일까지 6주간 실시되었다. 연구대상자는 천안시 B 대학교에 재학 중인 20대 건강한 정상 성인여자 18명이었다. 연구대상자 선정 조건은 최근 5개월 간 규칙적이거나 체계적인 운동을 하지 않았으며, 실험에 영향을 주는 약물 등을 복용하고 있지 않은 사람이었다. 연구대상자들은 저강도 원심성 운동군, 동적 스트레칭군, 대조군에 6명씩 무작위로 배정되었다. 모든 연구대상자들은 연구내용을 충분히 이해할 수 있도록 실험 전에 본 연구의 목적과 검사방법에 대하여 설명을 들었고, 자발적으로 연구에 동의하였다. 연구대상자들의 일반적 특성은 표 1과 같다.

[표 1] 연구대상자의 일반적 특성 (N=18)
[Table 1] Characteristics of subjects (N=18)

	나이(세)	체중(kg)	신장(cm)
대조군(n=6)	20.0	51.7±3.9*	163.5±4.0
동적 스트레칭군(n=6)	21.0±1.0	51.3±5.3	159.8±3.7
저강도 원심성 운동군(n=6)	23.0	53.3±5.9	162.8±3.9

*평균±표준편차

2.2 실험방법 및 과정

저강도 원심성 운동군, 동적 스트레칭군에 배정된 대상자들은 지연성 근육통 유발 4주 전에 주 3회씩 총 4주간 각각 1RM 의 25%에 해당하는 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭을 실시하였다. 근육통 유발 전에 대조군과 함께 최대 등척성 수축력(MVIC), 초음파 영상을 통한 근 두께, 근 통증 척도, 무릎관절 가동범위(ROM)를 측정하였다. 그리고 원심성 운동을 통해 지연성 근육통을 유발하였다. 근육통 유발 이후 24시간, 48시간, 72시간에서 MVIC, 근 두께, 근 통증 척도, ROM을 모든 그룹에서 측정하였다.

2.2.1 사전 저강도 원심성 운동

넙다리곧은근의 원심성 운동을 유도하기 위해 대상자는 N-K테이블에 바로 앉은 자세에서 단 한번 최대로 들어 올릴 수 있는 무게의 양을 1RM으로 하여 무릎관절을 0°에서 90°까지 굽혔으며 측정은 3번 측정 후 평균값을 산출하여 1RM으로 결정하였다. 근 피로를 방지하기 위해 측정 사이에 1분간 휴식을 취하였다.

사전 원심성 운동은 1RM 측정시와 동일한 자세로 1RM의 25%의 무게로 우세측 하지의 무릎관절 0°에서 90°로 8초 동안 천천히 원심성 수축을 하고 굽힘 후 시작

자세로 돌아오게 하였다. 돌아올 때는 보조자가 도와주어 대상자의 우세 측 하지에 구심성 수축이 야기되는 것을 방지하였다. 1세트 당 10회씩 반복하여 총 3세트를 실시하였으며 일주일에 3회, 총 4주간 실시하였다.

2.2.2 사전 동적 스트레칭

지연성 근육통 유발측 다리를 뒤로 굽혀 리듬감 있게 지연성 근육통 유발측 발뒤꿈치로 동측 엉덩이를 차는 동작으로 무릎관절을 굽혔다가 다시 시작자세로 펴는 동작을 30초 동안 가능한 빠르게 반복하였다. 세트 간 20초의 휴식을 갖게 한 후 3회 반복하였다.

2.2.3 근육통 유발을 위한 원심성 운동

지연성 근육통을 유발하기 위해 대상자는 N-K 테이블에 엉덩관절을 90°로 고정하고 상지는 편안한 상태로 유지하도록 하였다. 무릎관절을 10초 간 0°에서 90°로 굽혀 넙다리곧은근의 원심성 수축을 유도하였으며 돌아오는 동안에는 보조자가 도와주어 대상자의 우세측 하지에 구심성 수축이 야기되는 것을 방지하였다. 근육통은 1RM의 75%를 적용한 원심성 수축으로 1세트 당 10번씩 총 8세트 실시하였다[15].

2.3 측정방법

2.3.1 최대 등척성 수축력(MVIC)

넙다리곧은근의 MVIC 측정을 위해 Trigno (Delsys Inc., USA) 표면근전도기를 사용하였다. Trigno 센서에서 측정된 후 Trigno 베이스 스테이션(Base Station)으로 무선 전송된 근전도 신호를 EMGworks 3.7 (Delsys Inc., USA) 소프트웨어로 분석하였다. 근전도 신호의 표본수 집울(sampling rate)은 2000 Hz이며 4~450 Hz영역으로 bandpass 필터링하였다. 대상자는 N-K테이블에 엉덩관절 90° 굽힘, 무릎관절 45° 굽힘 상태로 고정하였다. 무릎뼈(patellar)에서 위앞엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine) 사이의 중간지점에 전극을 부착하여 무릎관절 펴 근인 넙다리곧은근의 최대 수의적 등척성 수축력을 유도하였다. 측정은 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 실시되었다.

2.3.2 초음파 영상을 통한 넙다리곧은근 두께

넙다리곧은근 두께 변화를 알아보기 위한 측정은 초음파 영상 촬영 장치를 사용하였으며 초음파 모델 LOGIQ P6/P6Pro (GEInc, USA)이었다. 초음파 영상은 5.0 cm, 10 MHz linear 변환기로 측정하였다. 근육의 두께 측정 시 피부의 압박을 최소화하기 위해 충분한 양의 초음파 젤

(Dayo Medical, Co., PROGER-II, Korea)을 변환기와 피부 사이에 도포하였고, 측정이 일정하게 되도록 변환기는 피부에 직각을 유지하고 영상에서 최대골 반향(bone echo)으로 판단하여 조절하였다. 넓다리골은근 두께를 측정하기 위하여 대상자가 바로 앉은 자세에서 엉덩관절과 무릎관절을 90°로 굽힘하고 무릎뼈에서 위앞엉덩뼈가시까지 일직선을 그은 후 중간지점에 변환기를 가동하였다. 측정은 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 실시되었다.

2.3.3 근 통증 척도

대상자는 검사대에 걸터앉은 상태에서 무릎관절의 지연성 근육통의 역치를 측정하였다. 주관적으로 느끼는 통증의 정도를 알아보기 위한 통증 강도와 통증 불쾌도에 의한 측정 방식으로 통증이 없는 시작점은 0으로, 최고의 통증을 느끼는 지점은 6으로 표기된다. Talag가 사용한 근 통증 척도를 사용하였으며 측정은 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 실시되었다.

2.3.4 무릎관절 굽힘 가동범위

검사자는 대상자가 검사대에 바로 엎드린 상태에서 근육통 유발 측 다리를 통증이 느껴지기 전까지 구부리도록 하였다. 이때 무릎관절 굽힘 가동범위를 각도계(goniometer)로 측정하였다. 측정은 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 실시되었다.

2.4 분석방법

세 그룹 간 시간에 따라 종속변수인 무릎관절 ROM, MVIC, 근 통증 척도, 넓다리골은근 두께를 비교 분석하기 위해 반복측정 일요인 분산분석(one-way repeated ANOVA)을 사용하였다. 그룹마다 시간에 따라 각 측정 변수를 비교하기 위해 반복측정을 사용하였으며 시간의 지점에서 그룹 간 비교를 위해 크루스칼-월리스의 순위 일원분산분석(Kruskal-Wallis test)을 실시하였다. 자료의 통계처리는 상용 통계프로그램인 SPSS 10.0 version을 사용하였으며, 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준 α 는 .05로 하였다.

3. 결과

3.1 각 그룹 간 넓다리골은근에 따른 MVIC 비교

대조군, 동적 스트레칭군, 저강도 원심성 운동군에서

근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에서 최대 등척성 수축력을 측정한 결과 그룹 간 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 즉, 근육통 유발 후 48시간에서 저강도 원심성 운동군이 동적 스트레칭군보다 유의하게 감소하였다($p < .05$). 시간에 따라서는 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(표 2)(그림 1).

3.2 초음파 영상을 통한 넓다리골은근의 두께 비교

초음파 영상을 통한 넓다리골은근의 두께 변화를 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 그룹 별로 비교한 결과 그룹 간 유의한 차이는 없었지만($p > .05$) 시간에 따라서는 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 대조군에서 시간에 따라 넓다리골은근의 두께가 차이가 없는 반면 저강도 원심성 운동군과 동적 스트레칭군에서 각각 근육통 유발 후 48시간, 72시간부터 감소하는 추세였다(표 3)(그림 2).

3.3 근 통증 척도

근 통증 척도 변화를 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 그룹 별로 비교한 결과 그룹 간과 시간에 따른 변화에 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 근육통 유발 후 48시간과 72시간에서 대조군보다 저강도 원심성 운동군이 유의하게 감소하였다($p < .05$). 저강도 원심성 운동군에서는 유의한 차이는 없었지만($p > .05$), 근육통 유발 후 48시간부터 현저하게 감소하였다. 동적 스트레칭군에서는 근육통 유발 후 48시간보다 72시간에서 유의하게 감소하였다($p < .05$)(표 4)(그림 3).

3.4 무릎관절 굽힘 가동범위

대조군, 동적 스트레칭군, 저강도 원심성 운동군에게 근육통 유발 전, 유발 후 24시간, 48시간, 72시간에 무릎관절 굽힘 가동범위의 변화를 비교한 결과 그룹 간에 유의한 차이는 없었지만($p > .05$) 시간에 따른 유의한 차이가 있었다($p < .05$). 저강도 원심성 운동군은 근육통 유발 후 24시간보다 48시간에서 유의하게 증가하였으며($p < .05$), 대조군과 동적 스트레칭군에서는 전체 시간에 따라 유의한 차이가 없었다($p > .05$)(표 5)(그림 4).

[표 2] 각 그룹 간 시간에 따른 MVIC 값

[Table 2] The value of MVIC of three groups

(단위: mA)

	DOMS 유발 전	DOMS유발후 24시간	DOMS유발후 48시간	DOMS유발후 72시간	F	p
대조군(n=6)	61.3±22.6*	53.7±24.1	52.6±22.3	57.2±19.1		
동적 스트레칭군(n=6)	60.1±17.9	68.2±27.8	75.6±22.2	68.7±18.8	6.00	.01
저강도 원심성 운동군(n=6)	38.9±12.4	42.5±9.2	38.5±8.7	44.4±10.9		

*평균±표준편차

[표 3] 각 그룹 간 시간에 따른 근 두께 변화

[Table 3] Change on muscle thickness of three groups

(단위: cm)

	DOMS 유발 전	DOMS유발후 24시간	DOMS유발후 48시간	DOMS유발후 72시간	F	p
대조군(n=6)	1.4±0.1*	1.5±0.1	1.6±0.2	1.6±0.2		
동적 스트레칭군(n=6)	1.6±0.3	1.6±0.2	1.7±0.3	1.6±0.0	.65	.53
저강도 원심성 운동군(n=6)	1.4±0.2	1.6±0.3	1.5±0.3	1.5±0.3		

*평균±표준편차

[표 4] 각 그룹 간 시간에 따른 근 통증 척도

[Table 4] Pain scale on muscle of three groups

(단위: 점)

	DOMS 유발 전	DOMS유발후 24시간	DOMS유발후 48시간	DOMS유발후 72시간	F	p
대조군(n=6)	0	2.7±1.2*	2.8±0.4	2.5±0.5		
동적 스트레칭군(n=6)	0	2.5±0.6	2.0±1.3	0.8±1.0	6.00	.01
저강도 원심성 운동군(n=6)	0	2.5±0.6	1.5±0.6	0.7±0.5		

*평균±표준편차

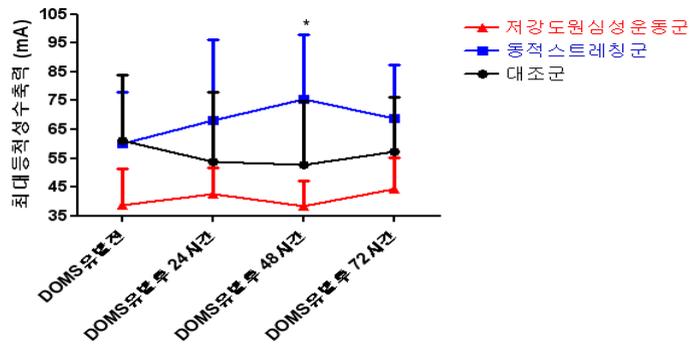
[표 5] 각 그룹 간 시간에 따른 무릎관절 가동범위

[Table 5] Range of motion of knee joint of three groups

(단위: °)

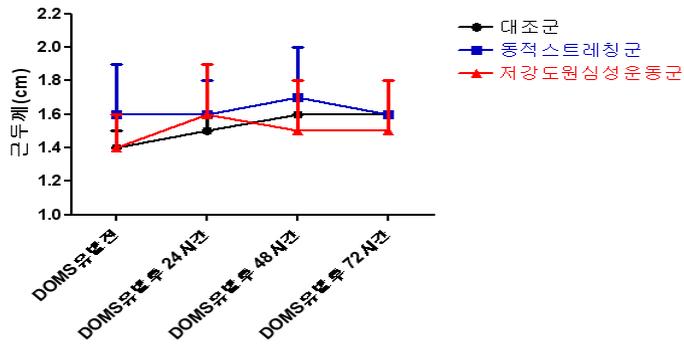
	DOMS 유발 전	DOMS유발후 24시간	DOMS유발후 48시간	DOMS유발후 72시간	F	p
대조군(n=6)	125.0	122.1±2.5*	122.1±2.5	123.8±2.0		
동적 스트레칭군(n=6)	126.7±2.6	123.8±3.8	122.5±4.2	126.7±2.6	1.502	.254
저강도 원심성 운동군(n=6)	126.7±2.6	121.8±3.3	125.5±2.3	126.6±2.6		

*평균±표준편차

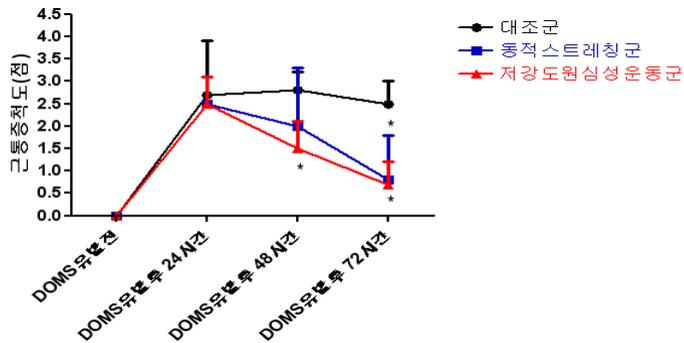


* p<.05 : 근육통 유발 후 48시간에서 저강도 원심성 운동군이 동적 스트레칭군보다 유의하게 감소하였다.

[그림 1] 각 그룹 간 시간에 따른 MVIC
[Fig. 1] The value of MVIC of three groups

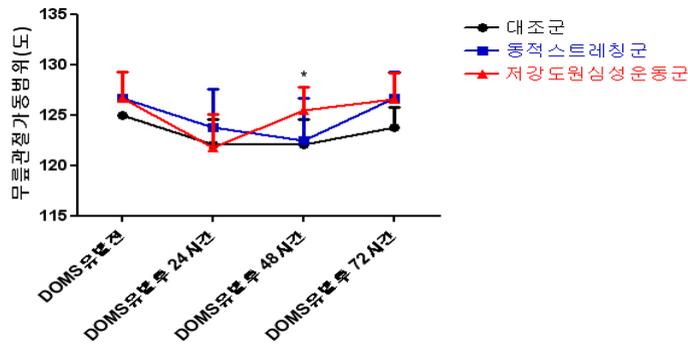


[그림 2] 각 그룹 간 시간에 따른 근 두께 변화
[Fig. 2] Change of muscle thickness of three groups



* p<.05 : 근육통 유발 후 48시간과 72시간에서 대조군보다 저강도 원심성 운동군이 유의하게 감소하였다.
* p<.05 : 동적 스트레칭군에서는 근육통 유발 후 48시간보다 72시간에서 유의하게 감소하였다.

[그림 3] 각 그룹 간 시간에 따른 근 통증 척도
[Fig. 3] Pain scale of muscle of three groups



* p<.05 : 저강도 원심성 운동군은 근육통 유발 후 24시간보다 48시간에서 유의하게 증가하였다.

[그림 4] 각 그룹 간 시간에 따른 무릎관절 가동범위
[Fig. 4] Range of motion of knee joint of three groups

4. 고찰

고강도 근 수축이 포함된 익숙하지 않은 운동으로 인한 근 손상은 오늘날 취미생활을 위한 운동선수와 전문적인 운동선수에게 당면하고 있는 주요한 문제 중의 하나이다. 이러한 일시적인 근 손상은 근 압통, 근력 감소, 근 부종, 관절가동 범위 감소로 입증되는 데 이러한 근 손상의 치료 및 예방에 대한 많은 연구가 이루어지고 있다[16]. 특히 원심성 운동은 근 손상을 예방하는데 효과적이며 반복적인 저강도 원심성 운동은 근 손상 예방에 효과가 있는 것으로 보고되었다[17].

또한, 저강도 원심성 운동뿐만 아니라 사전 스트레칭은 근 손상을 예방하고, 근 손상 후 회복단계에서 효과적이라고 보고되고 있다. 동적 스트레칭은 근 손상에 의한 지연성 근육통 및 근 주동근의 반복적 수축이 길항근의 빠른 수축을 가져오기 위해 쓰여지는데, 저항 근육 조직에 대해 일련의 비틀림이나 당김을 통해 관절 가동범위를 증가시킨다.

현재까지 근 손상에 대한 실험이 많이 이루어졌지만, 사전 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭의 예방 효과를 비교하는 실험 연구는 부족한 상태이다. 따라서 본 연구에서는 사전에 적용하는 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭의 MVIC, ROM, 근 통증, 근 두께를 비교 분석하였다.

최대 수의적 등척성 우력은 유발 전과 비교하여 50% 정도 감소하였다가 유발 전 값을 회복하는데 5일 정도의 시간이 소요된다[18]. 근 손상의 예방 효과 및 보호 효과를 위해 본 연구에서 원심성 운동을 통해 근육통을 유발하기 전 4주간의 동적 스트레칭과 저강도 원심성 운동을 실시한 결과 넵다리골근의 MVIC는 두 군 모두에서 유

의한 차이는 없었지만 근육통 유발 전보다 유발 후 24시간에 각각 13%, 9% 증가하였다(p>.05). 그리고 근육통 유발 후 48시간과 72시간에도 각각의 그룹에서 증가 추세를 보였다(p>.05). Chen 등의 연구에서도 100%MVC의 원심성 수축에 의해 근육통이 유발되기 전 4회에 걸친 40%MVC의 저강도 원심성 운동을 실시한 결과 1회 실시 때보다 4회 실시 때 MVIC의 감소 크기가 유의하게 작았다[19]. 그러므로 반복적인 최대 하(submaximal) 원심성 운동이 일회적인 운동보다 훨씬 더 강력한 보호 효과를 일으키며 사실상 대부분의 저항 훈련 프로그램이 점진적 과부하를 원칙으로 하고 있다.

Ingalls 등은 원심성 수축 이후 5일 정도의 근력 감소의 주된 원인(57-75%)을 흥분-수축(excitation-contraction)의 결합 실패로 나타난다고 하였다[20]. 이와 같이 근 손상 시 간접적 표지가 되는 근력은 일반적으로 토크(torque)나 힘(force)으로 정의 된다. 본 연구에서 근력으로 사용된 EMG 신호는 개별적 근육의 운동단위(motor unit)의 활성을 기록한 것으로 일상적인 활동 시 근 기능을 연구하기 위해 자주 사용된다. 이미 많은 연구에서 EMG 결과값이 증가하면 근 긴장도 같이 증가됨을 결론 지었다[21].

여러 연구에서 초음파 영상은 MRI(magnetic resonance image)의 신호 강도인 T2 이완 시간(relaxation time)의 변화와 일치하여[22] 근육 질환과 연부조직 손상을 검사하는 데 유용하다고 제안해왔다. 초음파 영상의 에코 강도(ecointensity)의 증가는 퇴행성 근육에 일반적인 양상이 되는데 외상, 허혈, 경색 또는 감염으로 인한 근육 부종은 근육 다발의 에코 강도를 현저하게 증가시킬 것이다. 둘레나 근 두께는 염증성 부종과 단백질 합성 때문에 증가 되는데 Nosaka와 Clarkson은 지연성 근육통 유발 2일 째

부종으로 시작해서 3~4일 째 결합조직 증식으로 가장 많은 증가를 보였다고 하였다[22]. 본 연구에서는 그룹 간 유의한 차이는 없었지만 근육통 유발 후 48시간부터 저강도 원심성 운동군의 부종이 감소하는 추세였으며 동적 스트레칭군과 대조군은 근육통 유발 후 72시간부터 감소하기 시작했다($p>.05$). Chen 등이 연구한 10%저강도 원심성 운동이 지연성 근육통에 언제까지 보호 효과를 일으키는지 예코 강도를 비교한 결과 2일 째와 일주일 째에 예코 강도는 유의하게 증가하지 않았다[23]. 또한 김병주의 지연성 근육통에 대한 사전 원심성 운동의 효과를 비교한 연구에서 근 두께는 근육통 유발 후 3일부터 완만히 감소하는 양상을 보였다[7].

본 연구의 근 통증 척도 변화 결과 그룹 간과 시간에 따라 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 근육통 유발 후 48시간에서 대조군은 통증 역치가 최고치를 나타낸 반면 원심성 운동군은 가장 현저하게 40% 감소하였다($p<.05$). 그리고 유발 후 48시간에서 동적 스트레칭은 20% 감소하는 양상을 보였지만($p>.05$) 72시간에서는 48시간보다 58.5%로 유의하게 감소하였다($p<.05$). 본 연구 결과와 유사하게 김병주는 압통역치를 비교하기 위해 사전 원심성 운동을 적용시킨 결과 저강도 원심성 운동군에서 3일째부터 압통역치가 감소하였다고 보고하였다[7]. 또한, 김상훈은 동적 스트레칭 후 근육통을 유발한 결과 근육통 유발 후 72시간부터 시각적 통증 척도가 감소되는 경향을 나타냈다고 보고하였다[11]. 근육 압통이 결합조직의 손상과 염증에 관련이 있다면[24, 25] 손상을 일으키지 않는 운동은 근육속막(endomysium)과/또는 근육다발막(perimysium)을 개조한다고 할 수 있다[19]. Lapier 등은 결합조직의 근원섬유(myofibril)의 스트레스를 분산시키는 능력이 증가되어 보호 효과를 일으키는 것으로 보고하였다[26].

본 연구의 무릎관절 가동범위를 비교한 결과 그룹 간에 유의한 차이는 없었지만 저강도 원심성 운동군에서만 근육통 유발 후 24시간 보다 48시간에서 3%로 유의하게 증가하였으며($p<.05$) 72시간에선 유발 전 가동범위로 회복되었다. 동적 스트레칭군은 근육통 유발 후 72시간에서 유발 전 가동범위로 회복되었다($p>.05$).

이상의 결과로 보아 사전 지연성 근육통 이전에 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭을 적용한 결과, 저강도 원심성 운동이 근 통증과 무릎관절 가동범위 예방에 효과적이라 사료되며 최대 근 수축력과 초음파 영상을 통한 근 두께에는 어떠한 효과도 보이지 않았다.

본 연구는 몇 가지 연구방법론적 제한점을 가지고 있다. 첫째, 4주간의 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭의 운동 프로그램을 대상자들에게 적용할 때 자가조절의

어려움이었다. 그러므로 근육통 유발 전과 이후의 최대 등척성 수축력에 차이를 나타내지 못했다고 사료된다. 앞으로의 연구는 최대 등척성 수축력의 변화와 근 두께 감소를 위한 운동방법에 대하여 추가적으로 이루어져야 할 것이다. 둘째, 연구대상자의 수가 너무 적기 때문에, 연구 결과를 일반화하기에는 제한이 따를 수 있다. 셋째, 연구대상자의 연령에 대한 차이이다. 본 연구는 단순무작위추출법을 이용하여 연구대상자를 3군으로 구분하였는데, 공교롭게도 단순무작위추출법의 단점인 연구집단 간 동질성이 보장되지 않는 문제점이 출현되었다. 연구대상자의 수가 더 컸다면, 이러한 문제점이 돌출되지 않았을 것이다. 향후 연구에서 동일한 연구절차를 통하여 더 많은 연구대상자를 대상으로 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

5. 결론

본 연구는 지연성 근육통 유발 전 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭의 적용으로 근육통의 예방과 기능 회복에 미치는 효과를 알아보고 두 운동 프로그램의 효과를 비교하기 위해 정상성인 여자 18명을 대상으로 실시되었다. 연구 결과 지연성 근육통의 증상에 해당하는 MVIC, 근 두께, 근 통증 척도, 무릎관절 가동범위 중 MVIC와 근 통증 척도에서만 그룹간 유의한 차이가 있었으며($p<.05$), 근 두께, 무릎관절 가동범위에서는 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 저강도 원심성 운동의 측정 변수 중 근 두께, 근 통증 척도, 무릎관절 가동범위는 근육통 유발 후 48시간에 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 동적 스트레칭의 측정 변수 중 근 두께, 근 통증 척도는 근육통 유발 후 72시간에 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 그러므로 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭이 지연성 근육통에 효과적이며 특히 저강도 원심성 운동에서 근 통증이 동적 스트레칭보다 더 빠르게 감소됨을 나타냈다. 또한 저강도 원심성 운동과 동적 스트레칭은 각각 근육통 유발 후 48시간, 72 시간에 근 두께를 증가시키고, 무릎관절 가동범위를 감소시키기에 효과적임을 제시하고자 한다.

References

- [1] K. Cheung, P. A. Hume, L. Maxwell. "Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors", *Sports Med*, 33(2):145-164, 2003.

- [2] P. M. Clarkson, M. J. Hubal. "Exercise induced muscle damage in humans", *Am J Phys Med Rehabil*, 81:52-59, 2002.
- [3] C. Kisner, L. Colby. "Therapeutic exercise", 58-101, F.A. Davis, 2002.
- [4] B. Watrous, R. Armstrong, J. A. Schwane. "The role of lactic acid in delayed onset muscular soreness", *Med Sci Sports Exerc*, 13(2):1380-1387, 1981.
- [5] J. G. Jeong, et al. "The effect of stretching and pre-eccentric exercise on delayed onset muscle soreness", *J Kor Acad Clin Elec*, 8(1):15-22, 2010.
- [6] T. Munehiro, et al. "Establishment of an animal model for delayed-onset muscle soreness after high-intensity eccentric exercise and its application for investigating the efficacy of low-load eccentric training", *J Orthop Sci*, 17:244-252, 2012.
- [7] B. J. Kim. "Effects of pre-eccentric exercise for delayed onset muscle soreness and muscle function rehabilitation", Thesis, Dongshin University, Korea, 2007.
- [8] M. Y. Kim, et al. "The effects of different stretching duration on strength and flexibility in ballerina", *The Korean Journal of Physical Education*, 44(6):339-406, 2005.
- [9] K. Woods, P. Bishop, et al. "Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury", *Sports Med*, 37(12):1089-1099, 2007.
- [10] Korea Institute of Sports Science. "The latest exercise prescription", Seoul, 21st Publishing, 1999.
- [11] S. H. Kim. "Effects of different stretching methods after exercise on delayed onset muscle soreness and exercise performance", *The Journal of Korean Society of Exercise Physiology*, 18(4):1-12, 2009.
- [12] M. E. Manoel, et al. "Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women". *J Strength Cond Res*, 22(5):1528-1534, 2008.
- [13] R. Torres, et al. "Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis". *Phys Ther Sport*, 13:101-114, 2012.
- [14] T. S. Talag. "Residual muscular soreness asinfluenced by concentric, eccentric, and staticcontractions", *Res Q*, 44(4):458-469, 1973.
- [15] S. Y. Lee. "Effects of hold-relax with agonist contraction and TENS on delayed onset muscle soreness", Dissertation, Yonsei University, Korea, 2006.
- [16] K. Woods, P. Bishop, E. Jones. "Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury". *Sports Med*, 37(12):1089-1099, 2007.
- [17] K. Nosoka, M. Newton. "Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair", *J Strength Cond Res*, 16(1):117-22, 2002.
- [18] F. V. Serrao, et al. "Functional changes of human quadriceps muscle injured by eccentric exercise", *Braz J Med Biol Res*, 36(6):781-786, 2003.
- [19] T. C. Chen, et al. "Potent protective effect conferred by four bouts of low-intensity eccentric exercise", *Med Sci Sports Exerc*, 42(5):1004-1012, 2010.
- [20] C. P. Ingall, et al. "E-C coupling failure in mouse EDL muscle after in vivo eccentric contractions". *J Appl Physiol*, 85:58-67, 1998.
- [21] S. B. O'Sullivan, T. J. Schmitz. "Physical rehabilitation". 274-308, F.A. Davis, 2007.
- [22] K. Nosaka, P. M. Clarkson. "Changes in indicators of inflammation after eccentric exercise of the elbow flexors", *Med Sci Sports Exerc*, 28(3):953-961, 1996.
- [23] H. L. Chen, K. Nosaka, T. C. Chen. "Muscle damage protection by low-intensity eccentric contractions remains for 2 weeks but not 3 weeks". *Eur J Appl Physiol*, 112:555-565, 2012.
- [24] R. M. Crameri, et al. "Myofibre damage in human skeletal muscle: Effects of electrical stimulation versus voluntary contraction". *J Physiol*, 583:365-380, 2007.
- [25] G. Paulsen, et al. "Time course of leukocyte accumulation in human muscle after eccentric exercise". *Med Sci Sports Exerc*, 42:75-85, 2010.
- [26] T. K. Lapiere, et al. "Alterations in intramuscular connective tissue after limb casting affect contraction induced muscle injury". *J Appl Physiol*, 78:1065-1069, 1995.

이수영(Su-Young Lee)

[정회원]



- 2002년 8월 : 연세대학교 연세대학원 재활학과 (이학석사)
- 2006년 8월 : 연세대학교 연세대학원 재활학과 (이학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 백석대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>
electromyography(EMG). 운동손상 및 재활

김 지 윤(Ji-Yoo Kim)

[정회원]



- 2007년 3월 : 백석대학교 물리치료학과 졸업
- 2011년 1월 ~ 2012년 2월 : 조원병원 물리치료실
- 2012년 3월 ~ 현재 : 더 조은병원 물리치료실

<관심분야>

Orthopedic manual therapy