

## 지연성근육통 예방을 위한 준비운동과 정리운동이 통증과 근활성도에 미치는 효과

오덕원<sup>1</sup>

<sup>1</sup>청주대학교 보건의료대학 물리치료학과

### Effects of Warm-up and Cool-down Exercises for Preventing Delayed Onset Muscle Soreness on Pain and Muscle Activation

Duck-won Oh<sup>1</sup>, PhD, PT

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, College of Health Science, Cheongju University

#### Abstract

The purpose of this study was to determine the effects of warm-up and cool-down exercises on pain and muscle activation of delayed onset muscle soreness after intense exercise. Delayed onset muscle soreness was caused by the eccentric exercise in the elbow flexor muscle of the non-dominant upper limb. Forty-four subjects volunteered to participate in this study and were randomly assigned to one of the following groups: warm-up and cool-down group, only warm-up group, only cool-down group, or control group with no intervention. The level of perceived pain using the visual analogue scale and electromyographic activation change in maximal voluntary isometric contraction were measured 4 times at the following times: 10 min, 24 hr, 48 hr, and 72 hr after the exercise. The results revealed the main effect between the groups and interaction effect between the group and measurement session ( $p < .05$ ). The warm-up and cool-down group showed most favorable results with respect to reduced perceived pain level and increased muscle strength in most measurement sessions, and the only warm-up group showed significantly more decreased pain level than the control group at 24 hr and 48 hr and more increased muscle activation than the cool-down group at 48 hr ( $p < .05$ ). However, there were no significant differences in pain level and muscle activation between the only cool-down group and control group at all measurement sessions ( $p > .05$ ). The findings suggest that the warm-up exercise performed before an intense exercise had beneficial effects on the symptoms of delayed onset muscle soreness, whereas cool-down exercise performed after the intense exercise did not.

**Key Words:** Cool-down; Delayed onset muscle soreness; Warm-up.

#### I. 서론

대부분의 사람들은 익숙하지 않은 움직임을 급작스럽게 시행할 경우 종종 근육의 통증을 호소하는데, 이러한 근육 통증은 원심성 운동을 고강도로 시행할 때 더욱 두드러지게 나타난다. 원심성 운동이 근 섬유들에 대한 미세 손상을 초래하고(Cheung 등, 2003), 이로 인

해 순차적으로 히스타민, 브래디키닌, 프로스타글란딘과 같은 화학 물질들이 유리됨과 동시에 근육 내 투과도가 증가하여 지연성 근육통(delayed onset muscle soreness)이 발생한다(Clarkson 등, 2002). 일반적으로 지연성 근육통은 통증, 부종(swelling), 압통(tenderness), 근력 감소 및 움직임 범위 제한 등의 증상으로 나타나며(Witvrouw 등, 2004), 12 시간이 지난 이후에 발생하여

Corresponding author: Duck-won Oh odduck@cju.ac.kr

이 논문은 2012학년도에 청주대학교 보건의료과학연구소가 지원한 학술연구조성비(특별연구과제)에 의해 연구되었음.

48-72 시간에 최대 증상을 보이고 5-7일 사이에 사라지게 된다(Kisner와 Colby, 2007). 이러한 지연성 근육통을 예방하기 위하여 스트레칭, 마사지, 냉치료, 전기 자극, 초음파, 약물치료, 준비운동(warm-up) 및 정리운동(cool-down) 등의 중재방법들이 임상 현장에서 보편적으로 사용되고 있다(Cheung 등, 2003; Connolly 등, 2003).

준비운동은 격렬한 신체활동을 수행하기 이전에 가벼운 운동을 수행하는 것으로, 근육 내 온도를 상승시키고 이를 통해 근육의 유연성과 순응성을 향상시켜 활동을 수행하는 동안 근육 염좌(strain)와 같은 상해를 감소시키기 위한 목적으로 시행된다(Safran 등, 1989). 지연성 근육통을 유발하는 신체 활동을 수행하기 전에 가벼운 운동을 시행하는 것은 심근 및 골격근에 혈류를 증가시키고, 체온을 높아지게 만들어 관절과 근육에 주어지는 스트레스를 줄이며, 심장 부담을 감소시키는데 도움이 된다. 일반적으로 준비운동은 격렬한 신체 활동 동안에 발생할 수 있는 상해의 위험성을 감소시키는데 효과적인 것으로 알려져 있다(Olsen 등, 2005). 반면, 지연성 근육통에 대한 효과를 직접적으로 비교한 연구는 거의 이루어지지 않았다(Law와 Herbert, 2007). 과거의 연구에서 스트레칭, 싸이클링, 마사지 등을 포함한 준비운동은 지연성 근육통을 예방하는데 도움이 되는 것으로 나타났다(Rodenburg 등, 1994). 그러나 이 연구에서 준비운동을 마사지 및 스트레칭과 같은 다른 중재 방법들과 혼합된 형태로 시행하였기 때문에, 각각의 중재 방법들에 대한 영향으로 인해 준비운동의 독립적인 효과를 명확히 설명하기는 어렵다.

정리운동의 목적은 운동 후 말초부위에 혈액이 집중되는 것을 예방하고 정맥 혈액을 심장으로 보내도록 촉진시키는 것으로, 신체 전반적인 혈액 순환을 높이는데 효과가 있으며, 운동을 통해 근경련 및 근육통을 예방하고 관절가동범위와 근력을 회복하는데 도움이 되는 것으로 알려져 있다(Kim 등, 1994; Park 등, 2007). 운동을 시행하는 동안에 빠르게 진행되던 혈류 이동이 운동 이후에 급격히 감소되면서 운동을 갑자기 중지하게 되면 뇌빈혈이 유발되어 현기증 및 구토감이 나타나고, 경우에 따라서 심한 피로감이 나타나기도 한다(Witvrouw 등, 2004). 정리운동은 신체 활동 이후에 가벼운 운동을 시행하는 것으로, 운동 후에 축적될 수 있는 젖산(lactic acid)을 없애는데 도움이 되기 때문에 운동 후 이차적으로 발생 가능한 근골격계 증상들을 완화

시키기 위하여 임상 현장에서 권고되고 있다(Bale과 James, 1991). 그러나 지연성 근육통의 원인이 젖산 축적 때문인지 확실하지 않기 때문에 정리 운동의 효과에 대해서는 많은 의문이 있다(Schwane 등, 1983). 또한 최근의 연구에서는 정리운동이 지연성 근육통으로 인한 통증을 감소시키는데 효과적이지 않은 것으로 나타났다(Law와 Herbert, 2007). 그럼에도 불구하고 정리운동은 지연성 근육통을 예방할 수 있다는 믿음으로 임상 현장에서 일상적으로 시행되고 있다.

준비운동과 정리운동은 신체 활동 이후에 신체를 가능한 빠르게 안정된 상태로 회복시키기 위하여 시행되는 것이다. 그러나 선행 연구들의 결과는 준비운동과 정리운동의 효과를 일관되게 보고하고 있지 않으며, 각 형태의 중재방법 간의 효과에 대해 명확히 제시하고 있지 않으므로 준비운동과 정리운동이 지연성 근육통을 예방하는데 효과적인지에 대한 결론을 내리기에는 부족한 실정이다. 또한 일반적으로 준비운동과 정리운동이 모두 전체적인 운동 프로그램에 포함되어 함께 시행되고 있고, 지연성 근육통 증상에 대한 효과가 명확히 입증되지 않은 냉치료, 초음파치료, 전기치료 등의 다른 중재방법들을 전체적인 프로그램에 포함시켜 준비운동 및 정리운동과 함께 포괄적으로 적용하고 있기 때문에 준비운동 혹은 정리운동의 특징적인 효과를 설명하기는 어려울 것이다(Cheung 등, 2003; Connolly 등, 2003; Torres 등, 2012). 따라서 본 연구는 통증과 근활성도의 회복 정도를 비교함으로써 지연성 근육통에 대한 준비운동, 정리운동, 혹은 두 운동을 병행하여 시행하였을 때의 효과를 알아보기 위하여 시행되었다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

본 연구는 20대 초반의 건강한 남성 44명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 선정 조건은 근력에 영향을 미칠 수 있는 신경 및 근육 질환이 없는 자, 비우세측 상지의 관절에 움직임 범위의 제한이 없는 자, 6개월 이내에 비우세측 상지에 통증 혹은 정형외과적인 문제가 없었던 자였다. 실험에 참여하기 일주일 전부터 대상자들에게 일상적인 활동 이외의 과도한 운동에 참여하지 않도록 요구하였고, 실험 후 지연성 근육통 부위

의 치료 활동을 금하였다. 연구대상자들은 준비/정리운동군, 준비운동군, 정리운동군, 그리고 준비운동과 정리운동을 하지 않은 대조군으로 각각 11명, 10명 12명, 11명씩 배정되었다. 최초 실험 시작 시에는 총 48명의 대상자들이 각 집단에 무작위로 12명씩 배정되었으나 4명의 대상자들(준비/정리운동군 1명, 준비운동군 2명, 대조군 1명)이 추후관찰 과정에서 누락되어 44명의 측정자료만이 최종 분석에 포함되었다. 실험 전 연구 절차와 목적 등 실험과 관련된 전반적인 사항들에 대해 대상자들에게 설명하였으며, 모든 대상자들은 실험에 참여하는 것을 동의하였다.

## 2. 측정도구

### 가. 시각적상사척도(visual analogue scale)

통증 정도는 100 mm 시각적상사척도(visual analogue scale; VAS)를 이용하여 측정되었다. 100 mm 직선 위에 좌측 끝부분은 통증 없음을, 우측 끝부분은 최대 통증을 의미하는 것으로 정의하였으며, 대상자 스스로가 자신의 통증 정도를 직선 위에 표시한 후 좌측 끝부분으로부터의 거리를 측정하여 통증 정도를 정량화하였다. 통증 정도의 측정을 위하여 대상자들에게 전범위로 팔꿈치 굴곡/신전 움직임은 3회 수행하도록 하였으며, 이때 느껴지는 통증 정도를 대상자들이 직접 표시하도록 하였다. VAS는 신뢰성(ICC=.99)과 타당성 있는 통증 평가 도구로(Gallagher 등, 2002), 통증 정도와 변화를 효율적으로 평가할 수 있어 임상 현장에서 보편적으로 사용되고 있다(Price 등, 1994).

### 나. 근활성도 측정 및 근전도 신호 처리

근전도 측정은 표면 근전도 장비(QEMG-4 (LXM 3204), Laxtha Inc., Daejeon, Korea)를 사용하여 비우세측 팔의 상완이두근(biceps brachii)에서 시행되었다. 근전도 측정 전 전극 부착 부위를 제모하고 알코올 소독한 후 표면 전극을 상완이두근에 부착하였다. 근전도 전극 위치는 팔꿈치를 90도 굴곡시킨 상태에서 팔꿈치 앞쪽 주름과 견봉(acromion) 사이를 삼등분 하였을 때 1/3 지점의 근복 위치에 2 cm의 간격을 두고 두 전극을 근 섬유 방향과 평행하게 부착하였다(Figure 1)(Cram 등, 1998). 접지 전극(ground electrode)은 견봉의 위쪽 부분에 부착되었다. 근전도 신호의 표집률(sampling rate)은 1,024 Hz였고 증폭률은 1,785였다. 주파수 통과

대역(bandpass)는 20-450 Hz였으며, 전기신호에 의한 잡음을 제거하기 위한 노치필터는 60 Hz로 설정되었다. 모든 근전도 신호는 Telescan 2.89 소프트웨어(Telescan 2.89, Laxtha Inc., Daejeon, Korea)를 통해 디지털 처리되었다. 측정은 팔꿈치 굴곡근의 도수근력 검사 자세에서 시행되었으며, 5초 동안 주어진 저항에 대해 최대수의등척성수축(maximal voluntary isometric contraction; MVIC)을 시행하는 동안의 근활성도가 측정되었다. 근전도 측정 동안 신체 다른 부분의 보상작용을 방지하기 위하여 우세측 팔로 의자의 하단부를 잡도록 하였으며, 머리 움직임 없이 시선은 전방을 향하도록 하였고, 비우세측의 위팔이 몸통 옆 부분에서 떨어지지 않게 유지하도록 요구하였다. 측정된 근활성도 신호는 제곱평균제곱근(root mean square) 값으로 처리되었다. 3회 측정 후 평균값을 분석에 이용하였으며, 측정간 휴식시간은 1분이었다. 근전도 측정 자료의 정상화(normalization)를 위하여, 모든 근활성도 측정값은 실험 전 측정된 MVIC 값에 대한 백분율(%MVIC)로 계산되었으며, 이 값을 결과 분석에 이용하였다.

## 3. 연구 절차

각 군에 대한 무작위 배정을 위하여 봉인된 상자에 1, 2, 3, 4가 적혀있는 카드를 넣은 후 대상자들에게 하나의 카드를 뽑도록 하였으며, 뽑은 카드의 번호대로 준비/정리운동군, 준비운동군, 정리운동군, 대조군으로 배정하였다. 준비/정리운동군에서는 운동 전과 후에 준비운동과 정리운동을 모두 시행하였으며, 준비운동군에서는 운동 전 준비운동을, 정리운동군에서는 운동 후 정리운동을 각각 시행하였다. 대조군에서는 준비운동과 정리운동을 시행하지 않았다. 준비운동과 정리운동은 상지 에르고미터(THERA-vital, THERA Trainer, Hochdorf, German)를 이용하여 시행되었으며, 최대심박수의 60%로 15분 동안 운동을 실시하였다. 220에서 나이를 뺀 값으로 최대심박수를 계산하였으며(Holtgreffe와 Glenn, 2007), 에르고미터 운동에서의 회전빈도는 60 RPM으로 설정되었다(Rodenburg 등, 1994). 모든 대상자들에게 실험 기간 동안 과격한 신체 활동 및 비우세측 상지의 움직임을 하지 않도록 권고하였고, 단지 일상적인 움직임만을 수행하도록 요구하였다. 또한 열치료와 냉치료 및 마사지 등과 같은 치료 활동들을 금하였다. 지연성 근육통의 변화 양상을 확인하기 위하여 운동 후 10분, 24시간, 48시간, 72시간에



**Figure 1.** Location of EMG electrodes.

통증 수준과 최대수의근수축 정도를 측정하였다.

자연성 근육통의 유발시키기 위한 운동은 1회 반복 최대 무게(1 repetition maximum; 1 RM) 방법을 통해 결정되었다. 1 RM은 관절의 전범위를 한 번 반복하여 움직일 수 있는 최대 무게를 의미한다(Kisner와 Colby, 2007). 본 연구에서는 비우세측 팔꿈치를 굽혀 1 RM의 60%의 무게를 들은 후 메트로놈의 빠르기에 맞추어 8 초 동안 팔꿈치를 신전시켰으며, 이를 15회 반복하여 5 세트를 시행함으로써 자연성 근육통을 유발하였다(Lee, 2006). 세트간 휴식은 60초로 하였으며, 운동 중 대상자가 8초 동안 팔꿈치 신전을 유지하지 못할 경우 운동을 종료하였다.

#### 4. 분석 방법

수집된 자료들은 윈도우용 SPSS ver. 17.0 통계프로그램을 이용하여 분석하였으며, 분석된 자료는 평균과 표준편차로 표시되었다. 각 집단 사이에 일반적인 특성에 차이가 있는지를 비교하기 위하여 일원분산분석

(one-way ANOVA)을 시행하였다. 각 집단의 측정 변수에 대한 정규 분포성을 확인하기 위하여 콜모고로프-스미르노프(Kolmogorov-Smirnov) 검정을 시행하였으며, 검정 결과 초기에 측정된 통증(준비/정리운동군:  $z=1.019$ ,  $p=.251$ ; 준비운동군:  $z=.721$ ,  $p=.676$ ; 정리운동군:  $z=.546$ ,  $p=.927$ ; 대조군:  $z=.566$ ,  $p=.906$ )과 근활성도(준비/정리운동군:  $z=.521$ ,  $p=.949$ , 준비운동군:  $z=.721$ ,  $p=.676$ ; 정리운동군:  $z=1.227$ ,  $p=.099$ , 대조군:  $z=1.036$ ,  $p=.234$ )의  $p$  값이 모두 .05보다 큰 것으로 나타나 정규 분포를 만족하였으므로 측정변수들에 대한 분석은 모수 검정을 사용하였다. 통증 수준 및 근활성도에 대한 주효과(main effect)와 교호작용(interaction effect)을 알아보기 위하여 개체간 요인이 있는 반복측정분산분석(one-way repeated ANOVA)을 시행하였다. 주 효과에 대한 사후 검정으로 본페로니(Bonferroni) 수정법을 사용하였다. 통계적 유의성을 위한 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 정하였다.

### III. 결과

#### 1. 대상자의 일반적인 특성

Table 1은 연구대상자들의 일반적 특성을 보여주고 있다. 대상들의 나이( $F=.161$ ,  $p=.922$ ), 신장( $F=2.021$ ,  $p=.126$ ), 체중( $F=.420$ ,  $p=.740$ )은 각 집단 사이에 유의하게 차이 나지 않았다( $p>.05$ ).

#### 2. 각 군의 측정시점 별 통증 수준 및 근활성도에 미치는 영향

각 측정시기에 따른 준비/정리운동군, 준비운동군, 정리운동군, 대조군에 대한 통증 수준(VAS) 및 근활성도 측정값의 비교는 Table 2에서 설명하고 있다. VAS( $F=15.778$ ,  $p<.001$ )와 근활성도( $F=172.311$ ,  $p<.001$ )에서, 집단에 대한 주효과는 통계학적으로 유의한 것

( $N=44$ )

**Table 1.** General characteristics of subjects

	Warm-up/cool-down group( $n_1=11$ )	Warm-up group ( $n_2=10$ )	Cool-down group ( $n_3=12$ )	Control group ( $n_4=11$ )
Age	21.1±2.8 <sup>a</sup>	20.5±2.8	21.2±2.0	21.0±1.9
Height	172.5±7.3	177.9±4.9	175.9±4.0	176.4±4.4
Weight	68.6±11.8	67.7±3.5	70.2±6.7	70.9±3.8

<sup>a</sup>mean±standard deviation.



연구에서 준비운동 및 정리 운동 기간은 각각 15분으로 정하였다. 지연성 근육통은 12시간 이후에 발현되어 48시간에서 72시간 사이에 최대치가 된다(Kisner과 Colby, 2007). 이러한 이유로 본 연구에서는 지연성 근육통의 변화 양상을 알아보기 위하여 원심성 운동 후 10분, 24시간, 48시간 및 72시간에 통증 수준과 근활성도를 평가하였다.

본 연구의 결과는 준비운동을 시행하였던 집단이 정리운동군과 대조군에 비해 원심성 운동 후 지연성 근육통과 관련된 통증과 근활성도 감소를 완화시키는데 도움이 되는 것으로 나타났다. 특히, 지연성근육통의 증상이 최대치에 이르는 48시간 후의 측정에서 준비/정리운동군과 준비운동군의 통증 수준은 다른 두 군에 비해 유의하게 낮았으며 근활성도는 유의하게 높았다. 반면, 정리운동만을 시행한 집단은 대조군에 비해 모든 측정 시점에서 통증의 감소와 근활성도의 증가에 있어 유의한 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. 일반적으로 지연성 근육통은 근원섬유(myofibril)가 신장되면서 손상 받아 발생하는 것으로 여겨지고 있다(Fridén과 Lieber, 2001). 준비운동은 근육의 온도를 증가시키고 근원섬유와 관련된 구조들의 순응성을 향상시킬 수 있는 것으로 알려져 있다. 이에 따라 근원섬유에 대한 신장 정도는 감소될 것이며(Gray와 Nimmo, 2001), 결과적으로 원심성 운동 후에 발생할 수 있는 근원섬유의 손상 및 지연성 근육통은 완화될 것이다. 준비운동과 정리운동의 효과를 비교하였던 선행 연구에서는 지연성 근육통에 대한 준비운동의 효과를 지지하지만, 정리운동은 도움이 되지 않는 것으로 나타났다(Law와 Herbert, 2007). 이는 본 연구의 결과와 일치하는 것이다. 즉, 준비운동과 정리운동을 모두 시행한 집단이 대부분의 측정 시점에서 통증 수준과 근활성도에 보다 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타나 준비운동만 시행한 집단보다 지연성 근육통의 증상 회복에 더욱 효과적인 것으로 나타났다. 이는 근골격계 구조에 대한 준비운동의 효과와 더불어 신체활동 후 신체의 신진대사를 호전시키는 정리운동의 효과로 인한 것으로 여겨질 수 있다.

원심성 운동 후 발생하는 통증은 근육 조직 손상으로 인한 염증반응과 관련된 것으로(McHugh 등, 2000), 근활성도 감소에 영향을 미칠 수 있을 것이다. 그러나 선행연구에서는 원심성 운동으로 인한 지연성 근육통이 회복되어 최대 근 수축을 시도하는 동안 통증이 발생하지 않더라도, 근 수축력은 정상 수준으로 회복되지 않

았다고 보고되었다(Newham 등, 1987). 이는 통증이 손상된 근육의 운동단위를 활성화시키는데 직접적인 영향을 미치지 않기 때문인 것으로 설명되고 있다. 그러나 본 연구의 결과는 준비/정리운동군에서 통증 수준이 감소함에 따라 근활성도는 증가되는 양상으로 나타났다. 원심성 운동 후에 나타나는 근육 손상은 관절의 위치 감각과 근육의 힘 출력에 큰 영향을 미친다(Eston 등, 2003). 또한 지연성 근육통과 함께 근활성도는 50-60% 감소되며, 이러한 근활성도 감소는 2주 동안 점진적으로 회복되는 것으로 알려져 있다(Sayers와 Clarkson, 2001).

많은 사람들은 정리운동이 지연성 근육통을 예방하는데 효과적이라고 생각하고 있기 때문에 격렬한 신체 운동 후 일상적으로 정리운동을 시행한다. 선행 연구는 가벼운 운동을 수행하는 것이 단순히 휴식을 취하는 것보다 지연성 근육통을 완화시키는데 효과적인 것으로 보고하였다(Sayers 등, 2000). 그러나 본 연구에서는 정리운동군이 모든 측정 시점에서 통증 수준과 근활성도에 영향을 미치지 않는 것으로 나타나, 지연성 근육통에 대한 정리운동의 효과를 지지하지 않는다. 정리운동은 원심성 운동으로 인해 근 조직의 손상이 발생한 이후에 시행되는 것이다. 근육통을 감소시키는 방법은 초기 근 손상이 일어나지 않도록 하는 것이다(Law와 Herbert, 2007). 또한 임상 현장에서 일반적으로 시행되고 있는 정리운동은 신체 능력과 심폐 기능이 원활히 회복되도록 하는 것에 중점을 두고 시행되고 있기 때문에 통증 및 근활성도를 회복시키는데 도움이 되지 않는 것으로 보고되고 있다(Isabell 등, 1992). 본 연구의 결과와 유사하게, 선행 연구들은 지연성 근육통에 대한 정리운동의 효과를 긍정적으로 보고하고 있지 않으며, 정리운동을 효과적으로 시행하기 위해서는 20분 이상 시행할 것을 권고하고 있다(Clarkson 등, 1992; Isabell 등, 1992; Law와 Herbert, 2007).

본 연구는 각각 10-12명으로 구성된 네 집단을 대상으로 시행되었다. 각 집단의 대상자들의 수가 많지 않았고 남자만을 대상으로 하여 성별 특성을 반영하고 있지 않기 때문에 본 연구의 결과를 일반화시키는 데에는 다소 어려움이 따를 수 있다. 또한 본 연구에서 지연성 근육통을 유발하기 위하여 무게를 결정할 후 움직임 횟수와 시간 및 속도를 조절하여 원심성 운동을 시행하였다. 개개인의 움직임에 대한 반응과 근피로의 회복 능력이 다를 수 있으므로 이러한 방법이 객관적이지 않을 수 있다. 본 연구에서 근활성도 측정은 근전도를 이용

하여 시행되었다. 표면 근전도의 특성 상 전극 부착 부위에 인접한 근육들에 의한 잡신호(crosstalk)의 영향을 받을 수 있을 것이다. 그러므로 향후에는 근육통의 특성을 고려하고 이러한 제한점을 보완한 연구가 지속적으로 시행되어야 할 것이다.

## V. 결론

준비운동과 정리운동은 격렬한 신체활동 후 나타나는 지연성근육통을 예방하고 신체 상태를 최상으로 유지하기 위한 목적으로 시행된다. 이러한 이유로 임상 현장에서는 일상적으로 준비운동과 정리운동이 시행되고 있으나, 선행 연구들의 결과가 일관적이지 않아서 지연성 근육통에 대한 준비운동과 정리운동의 효과는 명확히 설명되지 못하고 있다. 본 연구의 결과는 준비운동은 원심성 운동 후 지연성근육통을 완화시키는데 도움이 되는 것으로 나타났으나, 정리운동만 시행하는 것은 긍정적인 효과를 볼 수 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 지연성 근육통에 대한 준비운동의 효과를 지지하는 것이지만, 정리운동의 영향은 크지 않을 수 있다는 것을 의미하는 것으로, 향후 연구를 위한 유용한 자료를 제공해 줄 수 있을 것이다.

## References

- Bale P, James H. Massage, warm-down and rest as recuperative measures after short term intense exercise. *Physiother Sport*. 1991;13(1):4-7.
- Cheung K, Hume P, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Med*. 2003;33(2):145-164.
- Clarkson PM, Hubal MJ. Exercise-induced muscle damage in humans. *American J Phys Med Rehabil*. 2002;81(11 Suppl):S52-S69.
- Clarkson PM, Nosaka K, Braun B. Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation. *Med Sci Sports Exerc*. 1992;24(5):512-520.
- Connolly DA, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res*. 2003;17(1):197-208.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J. *Introduce to surface electromyography*. Gaithersburg, Aspen Publisher, 1998;304-305.
- Eston R, Byrne C, Twist C. Muscle function after exercise-induced muscle damage: Considerations for athletic performance in children and adults. *J Exerc Sci Fit*. 2003;1(2):85-96.
- Fridén J, Lieber RL. Eccentric exercise-induced injuries to contractile and cytoskeletal muscle fibre components. *Acta Physiol Scand*. 2001;171(3):321-326.
- Gallagher EJ, Bijur PE, Latimer C, et al. Reliability and validity of a visual analog scale for acute abdominal pain in the ED. *Am J Emerg Med*. 2002;20(4):287-290.
- Gray S, Nimmo M. Effects of active, passive or no warm-up on metabolism and performance during high-intensity exercise. *J Sports Sci*. 2001;19(9):693-700.
- High DM, Howley ET, Franks BD. The effects of static stretching and warm-up on prevention of delayed-onset muscle soreness. *Res Q Exerc Sport*. 1989;60(4):357-361.
- Holtgreffe K, Glenn TM. Principles of aerobic exercise. In: Kisner C, Colby LA eds. *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. 5th ed. Philadelphia, F.A. Davis Co., 2007.
- Isabell WK, Durrant E, Myrer W, et al. The effects of ice massage, ice massage with exercise, and exercise on the prevention and treatment of delayed onset muscle soreness. *J Athl Train*. 1992;27(3):208-217.
- Kim MJ, Shin SN, Im EK, et al. Effect of recovery on dynamic strength after isotonic or isometric cool-down exercise. *Phys Ther Kor*. 1994;1(1):67-74.
- Kisner C, Colby LA. *Therapeutic exercise: Foundations and techniques*. 5th ed. Philadelphia, F.A. Davis Co., 2007;147-229.
- Law RY, Herbert RD. Warm-up reduces delayed on-

- set muscle soreness but cool-down does not: A randomised controlled trial. *Aust J Physiother.* 2007;53(2):91-95.
- Lee SY. Effects of hold-relax with agonist contraction action and TENS on delayed onset muscle soreness. Seoul, Yonsei University. Doctoral Dissertation. 2006.
- McHugh MP, Connolly DA, Eston RG, et al. Electromyographic analysis of exercise resulting in symptoms of muscle damage. *J Sport Sci.* 2000;18(3):163-172.
- Newham DJ, Jones DA, Clarkson PM. Repeated high-force eccentric exercise: Effects on muscle pain and damage. *J Appl Physiol.* 1987;63(4):1381-1386.
- Olsen OE, Myklebust G, Engebretsen L, et al. Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: Cluster randomised controlled trial. *BMJ.* 2005;330(7489):449.
- Park JS, Kim BK, Seob TB. Changes of delayed onset muscle soreness (DOMS) and range of motion after the isokinetic training on the knees. *JCD.* 2007;9(4):331-342.
- Price DD, Bush FM, Long S, et al. A comparison of pain measurement characteristics of mechanical visual analogue and simple numerical rating scales. *Pain.* 1994;56(2):217-226.
- Rodenburg JB, Steenbeek D, Schiereck P, et al. Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J Sports Med.* 1994;15(7): 414-419.
- Safran MR, Seaber AV, Garrett WE Jr. Warm-up and muscular injury prevention. An update. *Sports Med.* 1989;8(4):239-249.
- Sayers SP, Clarkson PM, Lee J. Activity and immobilization after eccentric exercise: I. Recovery of muscle function. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(9):1587-1592.
- Sayers SP, Clarkson PM. Force recovery after eccentric exercise in males and females. *Eur J Appl Physiol.* 2001;84(1-2):122-126.
- Schwane JA, Watrous BG, Johnson SR, et al. Is lactic acid related to delayed onset muscle soreness? *Phys Sportsmed.* 1983;11(3):124-131.
- Torres R, Ribeiro F, Alberto Duarte J, et al. Evidence of the physiotherapeutic interventions used currently after exercise-induced muscle damage: Systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport.* 2012;13(2):101-114.
- Witvrouw E, Mahieu N, Danneels L, et al. Stretching and injury prevention: An obscure relationship. *Sports Med.* 2004;34(7):443-449.
- 
- 
- This article was received December 28, 2012, was reviewed December 28, 2012, and was accepted February 1, 2013.