

시간경과에 따른 지연성근통증 내측 비복근의 초음파 영상

이완희^{1*}, 조기훈¹, 이경숙¹, 김미화¹
¹삼육대학교 물리치료학과

Medial Gastrocnemius Ultrasound Imaging of Delayed Onset Muscle Soreness over time

Wan-Hee Lee^{1*}, Ki-Hun Cho¹, Kyoung-Suk Lee¹ and Mi-Hwa Kim¹

¹Department of Physical Therapy, Sahmyook University

요 약 본 연구의 목적은 지연성근통증에 대한 내측 비복근 초음파 영상의 측정도구로서의 가능성에 대해 알아보고자 함에 있다. 본 연구는 2011년 4월 21일부터 4월30일까지 실시되었다. 평소 규칙적인 운동을 하지 않으며, 최근 외상의 경험, 근골격계 질환, 심혈관계 질환이 없고 약물을 복용하지 않는 35명의 건강한 성인이 참여하였다. 대상자들은 5시간의 등반을 통해 지연성근통증을 유발하였으며, 지연성근통증 전과 지연성근통증 후 24, 48, 72시에 통증(visual analogue scale :VAS), 혈중 크레아틴 키나아제(creatine kinase: CK) 활성도, 족저 굴곡근의 최대근수축력(maximal voluntary isometric contraction: MVIC)을 측정하였고, 이 측정값과 초음파로 측정한 내측 비복근의 위상각을 비교하였다. 연구의 결과는 다음과 같다. 통증지표, 혈중 크레아틴 키나아제 활성도, 족저 굴곡근 최대등척성근수축력에 측정시기에 따른 유의한 차이가 발생하였으며($p<0.05$), 내측 비복근 위상각에서도 측정시기에 따른 유의한 차이가 발생하였다($p<0.05$). 또한 변수 간 측정시기에 따른 변화의 흐름이 일치하는 것을 확인하였다. 본 연구를 통해 초음파 검사를 통한 내측 비복근 위상각의 시간경과에 따른 변화 측정이 지연성근통증을 감지하는 새로운 측정방법으로 사용될 수 있을 것이라 생각한다.

Abstract The purpose of this study was to investigate whether medial gastrocnemius ultrasound imaging of the Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) has the possibilities as a measurement method. This study was conducted from April 21th 2011 to April 30th 2011. Thirty-five healthy subjects were included based on the absence of regular physical activity, and no history of recent trauma, musculoskeletal pathology, cardiovascular disease or drug intake. All subjects induced DOMS through climbing for 5 hours and we measured the visual analogue scale (VAS), creatine kinase (CK) and maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of ankle plantar flexor prior to DOMS and at 24, 48 and 72 hours post DOMS and these measurements were compared with pennation angle of medial gastrocnemius measured by ultrasound imaging. Results of this study were as following. VAS, CK, and MVIC of ankle plantar flexor were found significant difference related measurement period ($p<0.05$) and pennation angle of medial gastrocnemius were found significant difference related measurement period ($p<0.05$). Furthermore, we confirmed that the flow of change between variables related measurement period was consistent. Through this study, we think that measuring the changes in pennation angle of medial gastrocnemius over time using ultrasound imaging will be able to be used as a new method measuring DOMS.

Key Words : Delayed Onset Muscle Soreness, Creatine Kinase, Pennation angle, Ultrasound image

본 논문은 2011년 삼육대학교 교내학술연구비 지원에 의해 수행되었음.

*Corresponding Author : Wan-Hee Lee

Tel: +82-19-683-3421 email: whlee@syu.ac.kr

접수일 12년 03월 13일

수정일 (1차 12년 04월 03일, 2차 12년 04월 27일)

게재확정일 12년 06월 07일

1. 서론

운동으로 유발된 근육 손상이라고도 알려진 지연성근통증은 일반적으로 장기간의 신체적 활동이나, 익숙하지 않은 운동 그리고 정상 한계를 넘어선 훈련으로 발생하게 된다[1]. 지연성근통증은 스포츠 선수에 있어 개인적인 기록에 영향을 미칠 수 있는 스포츠상해의 가장 일반적인 재발형태 중 하나로 많이 알려져 있지만, 과도한 근육사용 후 모든 사람들에게 발생이 가능한 증상이다[2].

근 섬유가 짧아지면서 수축하는 경우 보다 늘어나면서 수축하는 경우에 근 섬유와 결합조직의 열상이 쉽게 발생하기 때문에 지연성근통증은 주로 저항을 부과한 상태의 단축성 수축(concentric contraction) 보다는 신장성 수축(eccentric contraction) 운동 시 더욱 심하게 나타난다[3].

지연성근통증은 운동 생리학, 스포츠, 재활 등의 연구 분야에서 많은 관심을 받아 다양한 연구가 진행되어 왔으며[4], 증상에 대한 발생 메커니즘[5-7], 치료적 중재방법과 예방전략[8-12]에 관해 다양한 조사가 이루어졌다. 발생기전으로 운동 중 허혈 또는 대사 노폐물에 의해 통증과 근경련을 발생시킨다는 이론[5]과 익숙하지 않은 운동 후 근섬유 내 국소적인 퇴행성 변화가 나타나고, 운동 후 근섬유의 증가에 영향을 미치는 생화학적 변화가 근섬유 내의 Z-선들의 배열을 깨뜨려 결국 근필라멘트 조직의 와해를 야기한다는 이론이 있다[6]. 또한 Stauber[7]는 신장성 수축동안 근육은 신전과 수축이 동시에 발생하게 되는데, 이때 가해지는 부하가 근육의 저항범위를 초과하면 근육은 강제적으로 길이가 늘어나게 되며, 결과적으로 활성운동단위 보다 더 큰 장력이 발생하게 되어 근전 접합부위에 손상을 받게 된다고 하였다.

지연성근통증의 발생으로 나타나는 팽윤(swelling)과 둔한 느낌의 통증, 근력의 감소와 근육경직 등의 증상은 일상생활활동에 영향을 미치기 때문에[9], 증상의 완화를 위한 마사지[11], 수치료[10], 전신진동법[12] 등 치료적 중재 방법에 관한 연구들이 진행되어왔다.

Zainuddin[11] 등은 10명의 건강한 성인을 대상으로 주관절 굴곡근에 지연성근통증을 유발한 후 마사지를 적용한 결과, CK 활성도와 팽윤에 효과적이며 근력과 관절 가동범위에는 효과가 없는 것으로 보고하였는데, 마사지를 통한 혈액흐름의 증가가 산소나 근손상 회복을 위한 구성요소의 이동에 도움을 주기는 하나 그 효과가 충분하지 않았을 것이라 하였으며, Vaile[10] 등은 지연성근통증 유발 후 냉수욕, 온수욕, 대조욕 등의 수치료를 적용한 결과, 온수욕 역시 지연성근통증의 등척성수축력의 회복을 위한 중재방법이 될 수 있음을 보고하였다. 또한 지연성근통증의 예방법으로 진동운동에 대한 연구가 보고

되고 있다. 진동운동은 많은 연구에서 긍정적인 효과를 보고하고 있으며, 특히 고령자에게 적용했을 경우 긍정적인 효과를 나타내는 것으로 알려지고 있다[13].

Aminian-Far[12] 등은 신장성 수축 운동 전 무릎을 100° 굴곡한 상태에서 60초간의 전신진동(whole-body vibration)이 지연성근통증을 감소시켜 근육기능의 향상에 효과적임을 보고하였으며, 다른 연구에서는 신장성 수축 운동 후 근육 손상이 있는 대상자에게도 10분간 20hz 강도의 진동이 근육의 회복속도를 향상시켰다고 보고하였다[14].

지연성근통증의 회복을 위한 다양한 중재방법을 적용한 후 변화양상을 정확하게 평가하기 위해서 다양한 방법들이 사용되어왔으나, 지연성근통증을 측정하는데 사용되는 측정도구와 방법 사이에 변화의 폭이 크기 때문에 계량화하기에 어려움이 있다[4]. 증상의 변화 양상을 파악하기 위해 대부분의 연구에서 주로 visual analog scale (VAS)를 사용하였으나[10] 이는 객관적인 측정법이 아닌 주관적인 측정법이기 때문에 결과에 대한 해석에 있어 모호한 점이 있다. 또한 근육의 생체 조직 절편 검사나 혈중 단백질 수치가 지연성근통증의 표준 측정방법으로 간주되기도 하나 일부 조사에 의하면 혈중 단백질 수치와 측정의 기술적인 방법에 따라 변이성을 가질 수 있고, 개인별 오차와 측정오류가 발생할 수 있어 신뢰성에 대한 문제가 제기될 수 있음을 지적하였으며[2, 15], 지연성근통증의 증상을 평가하는 여러 방법 중 가장 이상적이라고 합의된 방법이 없어 측정방법에 대한 논란이 계속되고 있다[2].

따라서 본 연구에서는 최근 골격근 내부구조의 특성과 변화를 관찰하기 위해 활발하게 사용되고 있는 실시간 초음파 검사를 통하여 신장성 수축으로 발생된 지연성근통증의 시간경과에 따른 변화를 측정하여 지연성근통증에 대한 새로운 측정도구로서의 가능성을 알아보아 지연성근통증의 적절한 중재에 대한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상 및 연구절차

본 연구는 서울의 S 대학교에 재학 중인 대학생 41명을 대상으로 하였다. 선정대상은 신경근육계 손상의 증후나 장애가 없는 자, 실험기간 동안 하지를 직업적으로 많이 사용하지 않는 자, 실험하고자 하는 부위에 최근 개방성 상처 및 염증성 질환이 없는 자, 심혈관계 질환이 없는 자, 실험 중 약물을 복용하지 않는 자로 하였으며, 실

험 전 규칙적으로 등산에 참여한 자는 실험대상에서 제외하였다. 대상자들에게 지연성근통증을 유발하기 위해 북한산 백운대를 등반하였다. 대상자들은 북한산성 탐방 지원센터에서 출발하여 대서문과 등운각을 거쳐 백운대 정상까지 오른 후 같은 길로 하산하였다. 왕복거리는 6.8km로 총 5시간이 소요되었다. 대상자들은 실험 기간 동안 어떠한 스포츠나 여가활동에도 참여하지 않았으며, 대상자들에게 등반 시 최대한 비슷한 운동량을 제공하기 위해 일정한 속도로 한 그룹으로 이동하였고, 등산 중 3회, 하산 중 3회 휴식하였다. 대상자들의 안전과 동일한 운동량 제공을 위해 3명의 보조자가 등산의 모든 과정에 참여하였으며, 매 휴식 시간은 5분으로 하여 모든 대상자들에게 공통으로 적용하였다.

본 연구는 적외선 열촬영을 통한 지연성근통증의 측정 도구로서의 가능성을 조사하기 위해 41명의 건강한 성인을 대상으로 한 선행연구[16]에 따라 최초 41명의 대상자를 모집하였으나, 실험기간 중 4명의 대상자가 스포츠 활동에 참여하여 제외하였으며, 2명이 등반과정에서 발목 관절 염좌로 탈락하여 총 35명의 대상자가 최종적으로 연구에 참여하였다. 모든 대상자들은 등산을 시작하기 24시간 전과 등산 후 24시, 48시, 72시간 후 총 4회에 걸쳐 혈액검사, 통증, 족저 굴곡근의 최대등척성수축력(MVIC), 초음파영상을 통한 내측 비복근의 우상각(pennation angle)을 측정하였다. 연구대상자의 일반적인 특성과 등산 24시간 전 변수들의 평균값은 다음과 같다[표 1].

[표 1] 대상자의 일반적 특성
[Table 1] Characteristics of the subjects (N=35)

Variables	mean (standard deviation)
Clinical characteristics	
Sex	18/17*
Height (cm)	168.60 (8.35)
Weight (kg)	59.77 (10.25)
Age (yrs)	24.02 (2.62)
Muscle damage indicators	
CK (U/L)	119.85 (42.16)
VAS (scores)	0
MVIC (kg)	25.75 (3.24)
Pennation angle (°)	33.79 (6.13)

CK: creatine kinase

VAS: visual analogue scale

MVIC: maximal voluntary isometric contraction

*male/female

등산 후 24시간에 측정한 혈액검사에서 CK 활성도가 증가한 경우만을 지연성근통증이 유발되었다고 판단하였

다[17].

실험의 참여여부를 결정하기 전에 모든 대상자들에게 연구의 내용을 설명하였고, 실험 참가 여부를 결정하기 위해 필요한 모든 질문에 충분히 대답하였다. 또한 본 실험에 참여함으로써 제공되는 보상이 없음과 실험참여를 결정하였어도 언제든지 자유롭게 중단할 수 있음을 설명하였다. 모든 설명 후 참가 동의를 받았으며 S 대학 연구진흥 위원회의 연구 윤리강령을 준수하여 승인을 얻었다.

2.2 측정도구 및 측정방법

2.2.1 근손상 지표 측정

본 연구에서는 등산을 통해 유발된 지연성근통증으로 인한 근손상 지표의 변화를 알아보기 위해 통증, 혈중 CK 활성도, 족저 굴곡근의 최대등척성수축력을 측정하였다. 통증의 변화는 VAS(visual analogue scale)로 알아 보았다. VAS는 0점부터 10점까지로, 통증이 없는 상태를 0, 참을 수 없는 정도의 통증을 10으로 정의하여 대상자 본인이 직접 기입하였다. CK 활성도는 무산소 신진대사의 가장 주요한 효소이며, 건강한 성인의 근육 손상여부를 판단하는 간접적 지표로 사용되고 있다. CK 활성도 검사를 위해 서울소재 S대학병원 임상병리사가 상완정맥(ante-cubital vein)에서 혈액을 5cc 채취하였다. 채혈된 혈액은 원심분리기를 사용하여 3000rpm으로 10분간 원심 분리하고 혈장을 분리한 후 생화학분석기(Hitachi 7020, Japan)를 이용하여 분석하였다. 최대등척성수축력 측정을 위해 도수근력검사기(Manual Muscle Tester, Model 01163, Lafayette, USA, 2003)를 사용하였다. 도수근력검사는 고강도에서 0.2kg 단위로 0~136.1kg 범위까지 측정가능하며, 저강도에서 0.1kg 단위로 0~22.6kg 범위까지 측정이 가능하고, 측정의 오차는 ±1%이다. 대상자는 엎드려 누운 상태로 발바닥의 원위부에 압력판을 대고 “최대한의 힘으로 미세요“ 라는 구령에 따라 족관절 중립위치(90°)에서 최대등척성수축하였다. 1회 연습 후 3회 반복 측정하여 평균값을 기록하였다.

2.2.2 우상각 측정

우상각 측정을 위한 초음파 영상 수집은 Accuvix V 10 Version 1.0, 주파수 5MHz (2010, Korea)의 선형도자를 사용하였다. 대상자를 편안하게 엎드리게 한 후 무릎을 편 상태에서 발바닥의 원위부에 도수근력검사기의 압력판을 대고 최대한으로 발목을 등척성수축 할 때 내측 비복근의 상층막(superior aponeurosis)과 하층막(inferior aponeurosis) 사이에 위치하고 있는 섬유속(fascicle)을 확인한 후 이 섬유속과 하층막이 이루는 우상각을 초음파

영상에 저장한 후 caliper 프로그램을 통하여 각도를 측정하였다. 영상을 촬영하는 동안 대상자는 침대에 엎드려 무릎관절을 편 상태로 종아리가 침대 모서리 밖으로 나오게 하였다[18]. caliper 프로그램을 통한 calibration 과정은 대상자가 족관절을 최대 등척성수축 하는 동안 영상에 나타나는 내측 비복근의 하층막과 일치하는 선을 긋고, 근육의 수축 정도에 따라 달라지는 섬유속을 따라 선을 그어 두 선을 연결하여 자동적으로 각도를 측정하였다[그림 1].



[그림 1] 내측 비복근 우상각 측정
[Fig. 1] Measurement of medial gastrocnemius pennation angle

초음파 촬영을 위해 선형도자는 내측 비복근의 근위부 건 부착부와 원위부 건 부착부의 중간 지점과 비복근의 내외측 근복(muscle belly) 중간지점에 위치하였으며, 이때 근섬유가 눌러 영상을 흐리게 하는 것을 방지하기 위해 선형도자와 피부와의 압력을 최소화하여 우상각이 가장 선명하게 보일 때의 영상을 저장한 후 측정하였다[19]. 또한 측정 시 초음파 선형도자 위치의 변화로 발생할 수 있는 오차를 최소화하기 위해 측정모습을 비디오로 촬영하여 재교육 한 후 실시하였다. 초음파 촬영에 관한 검사자 내 신뢰도는 $r=0.98-1.0$, 검사자 간 신뢰도는 $r=0.93-0.98$ 이다[20].

2.3 자료분석

모든 자료분석은 SPSS 17.0을 사용하였다. 대상자의 일반적 특성과 종속변수의 평균값은 기술통계를 사용하였고, 등산으로 유발된 지연성근통증에 의한 근손상 지표와 내측 비복근 우상각의 시간에 따른 변화를 알아보기 위해 One-way repeated measure ANOVA를 실시하였다. 시간에 따른 통계적 차이가 있을 경우 구체적인 확인을 위해 사후검증(LSD)을 실시하였으며, 모든 통계의 유의수준은 0.05로 설정하였다.

3. 결과

3.1 근손상 지표의 변화

지연성근통증에 의한 근손상 지표의 변화를 알아보기 위해 지연성근통증 유발 24시간 전과 유발 후 24시, 48시, 72시간 총 4회의 혈중 CK 활성화도, 자각통증정도, 족저 굴곡근의 최대등척성수축력을 측정하여 변화를 알아 보았다. 시간경과에 따른 CK 활성화도에 유의한 차이의 증가가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시한 결과 유발 전 24시에 비해 유발 후 24시와 48시에 유의한 증가가 있었으며($p<0.05$), 자각통증정도에서도 시간경과에 따른 유의한 차이의 증가가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시한 결과 유발 전 24시에 비해 유발 후 24시, 48시, 72시에 유의한 증가가 있었다. 또한 시간경과에 따른 최대등척성수축력에도 유의한 차이의 감소가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시한 결과 유발 전 24시에 비해 유발 후 24시, 48시, 72시에 유의한 감소가 있었다($p<0.05$)[표 2]. 이 결과를 통해 지연성근통증이 시간경과에 따라 근손상 지표 (혈중 CK 활성화도, 자각통증정도, 족저 굴곡근의 최대등척성수축력)에 영향을 미침을 확인할 수 있었다

3.2 내측 비복근 우상각의 변화

지연성근통증에 의한 내측 비복근 우상각의 변화를 알아보기 위해 지연성근통증 유발 24시간 전과 유발 후 24시, 48시, 72시간 총 4회 내측 비복근의 우상각을 측정하여 변화를 알아보았다. 우상각에 시간경과에 따른 유의한 차이의 감소가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시한 결과 유발 전 24시에 비해 유발 후 24시, 48시에 유의한 감소가 나타났다($p<0.05$)[표 3]. 이 결과를 통해 지연성근통증이 시간경과에 따라 내측 비복근의 우상각에 영향을 미침을 확인할 수 있었다.

3.3 지연성근통증 후 MVIC, VAS, 내측비복근 우상각의 시간경과에 따른 변화

시간에 따른 내측 비복근 우상각의 변화흐름이 족저굴곡근의 최대등척성 수축과 같은 변화양상을 나타내었으며, 통증과 반대되는 변화양상을 나타내었다[그림 2]. 이 결과를 통해 지연성근통증 감지를 위한 내측 비복근의 생체 내 평가의 가능성을 확인할 수 있었다.

[표 2] 근손상 지표의 변화

[Table 2] Changes in muscle damage indicators

(N=35)

Variables	-24h (a)	24h (b)	48h (c)	72h (d)	F	P	post-hoc contrasts
Muscle damage indicators							
CK (U/L)	119.85 (42.16)*	195.42 (102.25)	162.11 (86.98)	140.42 (81.55)	23.01	<.001	ab, ac
VAS (scores)	0	3.31 (1.84)	2.45 (1.88)	0.82 (1.09)	64.86	<.001	ab, ac, ad
MVIC (kg)	25.75 (3.24)	21.29 (2.75)	20.10 (1.96)	21.80 (1.67)	49.12	<.001	ab, ac, ad

-24h: 24 hours prior to DOMS, 24h: 24 hours after DOMS, 48h: 48 hours after DOMS, 72h: 72 hours after DOMS, CK: creatine kinase, VAS: visual analogue scale, MVIC: maximal voluntary isometric contraction, ab: significant difference between 24 hours prior to DOMS and 24 hours after DOMS, ac: significant difference between 24 hours prior to DOMS and 48 hours after DOMS, ad: significant difference between 24 hours prior to DOMS and 72 hours after DOMS, *mean (standard deviation), by One-way repeated measure ANOVA

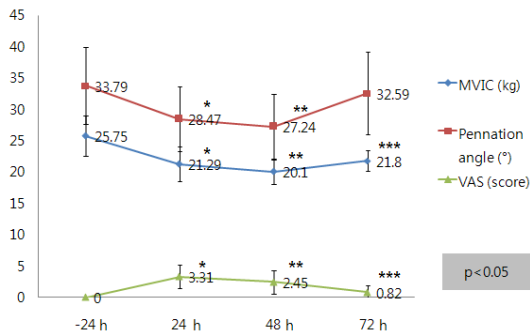
[표 3] 내측 비복근 우상각의 변화

[Table 3] Changes in pennation angle of medial gastrocnemius

(N=35)

Variables	-24h (a)	24h (b)	48h (c)	72h (d)	F	P	post-hoc contrasts
P-angle (°)	33.79 (6.13)*	28.47 (5.16)	27.24 (5.20)	32.59 (6.58)	38.67	<.001	ab, ac

-24h: 24 hours prior to DOMS, 24h: 24 hours after DOMS, 48h: 48 hours after DOMS, 72h: 72 hours after DOMS, P-angle: pennation angle, ab: significant difference between 24 hours prior to DOMS and 24 hours after DOMS, ac: significant difference between 24 hours prior to DOMS and 48 hours after DOMS, *mean (standard deviation), by One-way repeated measure ANOVA



-24h: 24 hours prior to DOMS, 24h: 24 hours after DOMS, 48h: 48 hours after DOMS, 72h: 72 hours after DOMS, MVIC: maximal voluntary isometric contraction, VAS: visual analogue scale, *significant difference between 24 hours prior to DOMS and 24 hours after DOMS, **significant difference between 24 hours prior to DOMS and 48 hours after DOMS, ***significant difference between 24 hours prior to DOMS and 72 hours after DOMS

[그림 2] 지연성근통증 후 MVIC, VAS, 내측비복근 우상각의 시간경과에 따른 변화

[Fig. 2] Changes over time in MVIC, VAS and pennation angle of medial gastrocnemius after DOMS

4. 논의

익숙하지 못한 운동이나 과도한 운동은 지연성근통증을 초래할 수 있으며, 이는 종종 일상생활동작이나 컨디션 조절에 큰 걸림돌이 되기 때문에 지연성근통증을 정확히 평가하고 예방하기 위한 다양한 연구들이 진행되어 왔다[21]. 하지만 지연성근통증을 측정할 수 있는 안전하고 간편한 평가방법이 부족하여 측정방법에 대한 논란은 계속되고 있는 실정이다.

신장성 수축 운동 후 근력소실 측정과 혈중 CK활성도 측정은 근육 손상의 간접적인 측정으로 높은 신뢰성과 타당성을 가지며, 특히 지연성근통증 유발 후 근력에 유의한 감소가 나타난다고 알려져 있다[22]. 근력소실의 기전이 명확하게 밝혀지지는 않았지만 힘을 생산하기 위한 근육의 고유 용적 수축단위의 손상과 통증인식으로 인한 이차적 요인 때문이라 보고되고 있다[23]. 즉 근통증에 대한 지각의 증가는 근수축을 방해하고, 근수축의 감소는 일상생활 활동과 같은 기능적 움직임이나 컨디션 조절에 걸림돌로 작용하게 된다[24]. 따라서 임상에서는 지연성근통증의 평가를 위해 통증과 혈중 CK농도, 근력을 주로 평가한다.

근육의 수축은 건의 움직임을 생산하고 이는 관절의 움직임을 만들어낸다. 근수축을 직접적으로 관찰할 수 없

기 때문에 관절의 움직임을 통하여 생체 내 기능의 평가를 대신하여 왔으며, 관절의 움직임은 근육의 내부요소 뿐만 아니라 해부학적 요소나 관절의 구성요소에 영향을 받기 때문에 근수축을 관절의 움직임만으로 설명하는 것을 불가능하다고 여겨졌다[25]. 하지만 본래 질환의 진단을 목적으로 사용되어 온 실시간 초음파 검사를 통하여 골격근 섬유 크기의 두께, 섬유형태 등 내부구조의 특성과 기능 분석이 가능해 졌으며[26], 최근엔 근골격계 질환뿐만 아니라 다양한 신경손상 환자의 근기계적 성질과 근내부구조의 변화를 평가하기 위한 목적으로도 사용되고 있다[27]. 근수축의 정도는 근 두께가 두꺼워지고, 근 섬유의 길이가 짧아지며, 이상각이 커짐에 따라 증가하기 때문에[26], 지연성근통증으로 인해 근 수축력이 감소하면 이러한 근 수축 발생요소의 변화가 원인으로 작용할 가능성이 높다. 따라서 본 연구에서는 비혈관 검사로 검사시간이 짧으며, 방사선의 위험이 없고, 다른 진단 영상 검사와 비교하여 상대적으로 비용이 저렴한 실시간 초음파 검사[28]를 통하여 지연성근통증 유발 후 내측비복근의 이상각을 측정하여 유발 전 24시 유발 후 24시, 48시, 72시의 시간경과에 따른 변화양상을 관찰하고, 임상에서 지연성근통증을 측정하기 위해 흔히 사용되는 VAS, CK 활성도, MVIC를 함께 측정하여 시간경과에 따른 변화를 비교분석하였다.

연구결과 시간경과에 따른 VAS에 유의한 차이의 증가가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시하였으며 지연성근통증 유발 전 24시에 비해 유발 후 24, 48, 72시에 유의한 차이의 증가가 있었고($p<0.05$), 혈중 CK 활성도에서도 시간경과에 따른 유의한 차이의 증가가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시한 결과 지연성근통증 유발 전 24시에 비해 유발 후 24, 48시에 유의한 차이의 증가가 있었다($p<0.05$). 또한 족저 굴곡근의 MVIC에서도 시간경과에 따라 유의한 차이의 감소가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시한 결과 지연성근통증 유발 전 24시에 비해 유발 후 24, 48, 72시에 유의한 차이의 감소가 있었다($p<0.05$). 특히 VAS, CK 활성도, 족저 굴곡근의 MVIC 모두 지연성근통증 유발 후 24~48시간에 가장 큰 폭의 증가를 나타내어 지연성근통증이 운동 후 8~10시간 내에 발생하여 24~48시간에 최고조에 달하며, 5~7일 후에는 증상들이 서서히 가라앉기 시작하여 8~10일 후 완전히 사라지게 된다[29]는 선행연구와 일치하는 결과를 나타내었다. Al-Nakhli 등[16]의 41명의 건강한 성인을 대상으로 주관절 굴곡근에 신장성 수축 운동을 실시하여 지연성근통증을 유발한 연구에서도 본 연구의 결과와 일치하는 결과로 VAS와 혈중 미토콘드리아 농도의 변화폭이 운동 후 48시간에 가장 크게 나타났다. 또한 이 연구에서는 신체

온도가 염증이나 감염, 기능이상으로 변화한다는 점[30]에 착안하여 여러 질환의 감별과 진단에 사용되어 오던 적외선 열촬영을 지연성근통증의 측정방법으로 사용하여 피부온도 변화를 측정하였으며 운동 후 24시에서 피부온도가 가장 상승된 것을 확인하였다. 또한 지연성근통증 유발 72시간 후에는 통증과 적외선 촬영을 통한 피부온도 변화 사이에 유의한 상관성을 확인할 수 없었으나, 48시간 후에서 통증과 적외선 촬영을 통한 피부온도 변화 사이의 유의한 상관성을 확인하였다. 이를 통해 적외선 촬영이 지연성근통증의 또 다른 측정방법이 될 수 있을 것이라 보고하였으며, 지연성근통증 측정을 위한 다양한 측정방법의 필요성을 강조하였다.

근육의 기계적 성질 변화는 근섬유의 길이(fascicle length), 이상각(pennation angle), 근 두께(muscle thickness)와 같은 근내부구조의 변화와 밀접한 관련이 있다[27]. 그중 이상각은 힘을 발생시키는 방향을 나타내는 근막에 대한 근섬유의 경사진 정도를 각도로 표시하는데, 이 각도는 안정시 보다 수축시 더 커지게 된다. 골격근 수축시 근 섬유의 길이가 감소되면서 해부학적 근 단면적, 이상각이 증가되어 최대 힘 생성을 증가시키는 원인으로 작용하기 때문에 여러 근육에서 발생하는 장력을 추정하는 중요한 요소로 사용한다[25]. 특히 비복근은 보행이 이루어지는 동안 관상면에서 하지의 움직임을 발생하는 가장 중요한 족저굴곡근 중 하나로, 말기 입각기에 슬관절에 안정성과 수동적인 신전력을 제공하고, 보행하는 동안 발과 무릎의 움직임을 연결하여 수직선상의 추진력을 제공하는 중요한 근육이므로[31] 많은 연구에서 근내부구조의 측정 시 사용되어 왔다. Gao 등[27] 연구에서 근육은 이상각의 각도의 크기에 따라 건에 전달되어 근력을 발생시키는데, 뇌졸중 환자는 근위축으로 인해 이상각이 작아지기 때문에 발생하는 근력 또한 작아져 정상성인에 비해 근력과 이상각에 유의한 감소가 나타난다고 보고하였으며, Manal 등[32]의 정상 성인의 평균 이상각을 알아보기 위한 연구에서 수축시 내측 비복근 평균 이상각은 남성이 34.6° , 여성이 27.3° 로 유의한 차이가 있었으며, 우세측과 비우세측 간에 유의한 차이가 없는 것으로 보고되었다.

본 연구의 지연성근통증 감별을 위한 실시간 초음파 검사를 통한 이상각 측정 결과에서 시간경과에 따른 유의한 차이의 감소가 있어($p<0.05$), 사후검증을 실시한 결과 지연성근통증 유발 전 24시에 비해 유발 후 24, 48시에 유의한 차이의 감소가 나타났다($p<0.05$). 또한 VAS와 CK활성도는 지연성근통증 유발 후 24시에 가장 큰 증가를 나타낸 반면, MVIC와 이상각은 지연성근통증 유발 후 48시에 가장 큰 감소를 나타내었다[그림 2]. 생화학적

으로 손상된 부위의 대식세포가 조직 손상 후 24~48시간 사이에 주로 침투하며[33], 운동 후 조직손상이나 염증이 있을 경우 근섬유의 반응속도가 느려지기 때문에 VAS와 CK활성도는 지연성근통증 유발 후 24시부터 회복하기 시작한 반면 근섬유의 수축과 관련된 우상각과 MVIC는 지연성근통증 유발 후 48시부터 회복을 시작한 것으로 생각한다[34, 35].

본 연구는 내측 비복근 우상각의 실시간 초음파 검사를 통하여 신장성 수축으로 발생한 지연성근통증의 시간 경과에 따른 변화를 측정하여 지연성근통증에 대한 새로운 측정도구로서의 가능성을 알아보려고 하였으며, 연구 결과 시간에 따른 내측 비복근 우상각의 변화가 선행연구에서 지연성근통증의 평가를 위해 사용되어온 VAS, 혈중 CK 농도, MVIC와 같은 변화양상을 나타내었다. 이를 통해 내측 비복근의 우상각 측정을 통한 지연성근통증의 새로운 측정도구로서의 가능성을 짐작할 수 있었으며, 특히 실시간 초음파는 측정 시 통증이 없고 간편하며 빠르게 검사를 진행할 수 있어 비침습적이며 보다 안전하고 빠른 지연성근통증의 새로운 측정 방법으로 사용될 수 있을 것이라 생각한다.

본 연구의 제한점으로 대상자들이 실험기간 동안 스포츠나 여가활동에 참여하지 않았으나, 그 외 일상생활 활동을 모두 통제하지는 못하였으며, 지연성근통증을 유발하지 않은 대조군이 없어 군 간 변화량에 대한 비교분석을 실시하지 못하였다. 또한 초음파를 통한 영상 분석은 우상각 외에도 근섬유길이, 근두께 등의 변수가 있으므로 추후 연구에서는 근섬유길이, 근두께 등의 변수들을 통하여 지연성근통증 후 시간경과에 따른 변화양상을 살펴봐야 할 것이며, 다양한 중재방법에 따른 초음파 영상의 변화를 확인하는 연구가 진행되어야 할 것이라 생각한다.

5. 결론

본 연구는 실시간 초음파로 내측비복근의 우상각을 검사하여 신장성 수축으로 발생한 지연성근통증의 시간 경과에 따른 변화를 측정함으로써 지연성근통증에 대한 새로운 측정도구로서의 가능성을 알아보려고 하였다. 연구결과 내측비복근의 우상각에 시간경과에 따른 유의한 감소가 있었고, 사후검증 결과 지연성근통증 유발 전에 비해 유발 후 24시와 48시에 유의한 감소가 확인되었으며, 이는 선행연구와 본 연구에서 지연성근통증을 측정하기 위해 사용된 VAS, 혈중 CK농도, MVIC의 시간경과에 따른 변화흐름과 일치하는 결과였다. 따라서 실시간 초음파 검사를 통한 내측비복근 우상각 측정이 지연성근통증에 대

한 새로운 측정방법으로 사용될 수 있을 것이라 생각한다.

References

- [1] Howatson G, van Someren KA. "The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage", *Sports Medicine*, Vol. 38 No. 6, pp. 483-503, 2008.
- [2] Petrofsky J, Batt J, Bollinger JN, Jensen MC, Maru EH, Al-Nakhli HH. "Comparison of different heat modalities for treating delayed-onset muscle soreness in people with diabetes", *Diabetes Technology & Therapeutics*, Vol. 13 No. 6, pp. 645-655, 2012.
- [3] Darr KC, Schultz E. "Exercise-induced satellite cell activation in growing and mature skeletal muscle", *Journal of Applied Physiology*, Vol. 63 No. 5, pp. 1861-1821, 1987.
- [4] Warren GL, Lowe DA, Armstrong RB. "Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury", *Sports Medicine*, Vol. 27 No. 31, pp. 43-59, 1999.
- [5] Friden J, Sjostrom M, Ekblom B. "Myofibrillar damage following intense eccentric exercise in man", *International Journal of Sports Medicine*, Vol. 4 No. 3, pp. 170-176, 1983.
- [6] Newham DJ, Mills KR, Quigley BM, Edwards RH. "Pain and fatigue after concentric and eccentric muscle contractions", *Clinical Science (London)*, Vol. 64 No. 1, pp. 55-62, 1983.
- [7] Stauber WT. "Eccentric action of muscles: physiology, injury, and adaptation", *Exercise and Sport Sciences Reviews*, Vol. 17, pp. 157-185, 1989.
- [8] Hilbert JE, Sforzo GA, Swensen T. "The effects of massage on delayed onset muscle soreness", *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 37 No. 1, pp. 72-75, 2003.
- [9] Sellwood KL, Brukner P, Williams D, Nicol A, Hinman R. "Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial", *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 41 No. 6, pp. 392-397, 2007.
- [10] Vaile J, Halson S, Gill N, Dawson B. "Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 102 No. 4, pp. 447-455, 2008.
- [11] Zainuddin Z, Newton M, Sacco P, Nosaka K. "Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function", *Journal of Athletic*

- Training, Vol. 40 No. 3, pp 174-180, 2005.
- [12] Aminian-Far A, Hadian MR, Olyaei G, Talebian S, Bakhtiary AH. "Whole-body vibration and the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness", *Journal of Athletic Training*, Vol. 46 No. 1, pp 43-49, 2011.
- [13] Jae Jong BYUN, Kyung Jin LEE, "The effect of Whole Body Vibration on Physical Functions in Elderly persons : A Quantitative Review", *Journal of Coaching Development*, Vol. 11 No. 4, pp. 211-220, 2009.
- [14] Hyun Ho SONG, Joo Young KIM, Chul Hyun LEE, Jooh yung LEE, "The Effect of Local Vibration Treatment on Muscle Damage Parameters Following Exercise-Induced Muscle", *Journal of Coaching Development*, Vol. 13 No. 1, pp. 179-188, 2011.
- [15] Clarkson PM, Ebbeling C. "Investigation of serum creatine kinase variability after muscle-damaging exercise", *Clinical Science (Lond)*, Vol. 75 No. 3, pp 257-261, 1988.
- [16] Al-Nakhli HH, Petrofsky JS, Laymon MS, Berk LS. "The use of thermal infra-red imaging to detect delayed onset muscle soreness", *Journal of Visualized Experiments*, Vol. 22 No. 59, 2012.
- [17] Clarkson PM, Hubal MJ. "Exercise-induced muscle damage in humans", *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 81 No. 11 Suppl, pp. S52-69, 2002.
- [18] Raj IS, Bird SR, Shield AJ. "Reliability of ultrasonographic measurement of the architecture of the vastus lateralis and gastrocnemius medialis muscles in older adults", *Clinical Physiology and Functional Imaging*, Vol. 32 No. 1 pp. 65-70, 2012.
- [19] Legerlotz K, Smith HK, Hing WA. "Variation and reliability of ultrasonographic quantification of the architecture of the medial gastrocnemius muscle in young children", *Clinical Physiology and Functional Imaging*, Vol. 30 No. 5 pp. 198-205, 2010.
- [20] Koski JM, Saarakkala S, Helle M, Hakulinen U, Heikkinen JO, Hermunen H et al., "Assessing the intra- and inter-reader reliability of dynamic ultrasound images in power Doppler ultrasonography", *Annals of the Rheumatic Diseases*, Vol. 65 No. 12, pp. 1658-1660, 2006.
- [21] Bakhtiary AH, Safavi-Farokhi Z, Aminian-Far A. "Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise", *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 41 No. 3, pp. 145-148, 2007.
- [22] Warren, G. L., Lowe, D. A., & Armstrong, R. B. "Measurement tools used in the study of eccentric contraction-induced injury", *Sports Medicine*, Vol. 27 No. 1, pp. 43-59, 1999.
- [23] Newham, D. J. "The consequences of eccentric contractions and their relationship to delayed onset muscle pain", *European journal of applied physiology and occupational physiology*, Vol. 57 No. 3, pp. 353-359, 1988.
- [24] Cleak, M. J, Eston, R. G, "Muscle soreness, swelling, stiffness and strength loss after intense eccentric exercise", *British Journal of Sports Medicine*, Vol. 26 No. 4, pp. 267-272, 1992.
- [25] Fukunaga T, Kawakami Y, Kuno S, Funato K, Fukashiro S. "Muscle architecture and function in humans", *Journal of Biomechanics*, Vol. 30 No. 5, pp. 457-463, 1997.
- [26] Narici MV, Maganaris CN, Reeves ND, Capodaglio P. "Effect of aging on human muscle architecture", *Journal of Applied Physiology*, Vol. 95 No. 6, pp. 2229-2234, 2003.
- [27] Gao F, Grant TH, Roth EJ, Zhang LQ. "Changes in passive mechanical properties of the gastrocnemius muscle at the muscle fascicle and joint levels in stroke survivors", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 90 No. 5, pp. 819-826, 2009.
- [28] Chi-Fishman G, Hicks JE, Cintas HM, Sonies BC, Gerber LH. "Ultrasound imaging distinguishes between normal and weak muscle", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, Vol. 85 No. 6, pp. 980-986, 2004.
- [29] Zhang J, Clement D, Taunton J. "The efficacy of Farabloc, an electromagnetic shield, in attenuating delayed-onset muscle soreness", *Clinical Journal of Sport Medicine*, Vol. 10 No. 1, pp. 15-21, 2000.
- [30] Jiang LJ, Ng EY, Yeo AC, Wu S, Pan F, Yau WY et al. "A perspective on medical infrared imaging", *Journal of Medical Engineering & Technology*, Vol. 29 No. 6, pp. 257-267, 2005.
- [31] Neptune RR, Kautz SA, Zajac FE. "Contributions of the individual ankle plantar flexors to support, forward progression and swing initiation during walking", *Journal of Biomechanics*, Vol. 34 No. 11, pp. 1387-1398, 2001.
- [32] Manal K, Roberts DP, Buchanan TS. "Optimal pennation angle of the primary ankle plantar and dorsiflexors: variations with sex, contraction intensity, and limb", *Journal of Applied Biomechanics*, Vol. 22

No. 4, pp. 255-263, 2006.

- [33] Smith LL. "Acute inflammation: the underlying mechanism in delayed onset muscle soreness?", *Medicine and Science in Sports & Exercise*, Vol. 23 No. 5, pp. 542-551, 1991.
- [34] Brancaccio P, Lippi G, Maffulli N. "Biochemical markers of muscular damage" *Clinical Chemistry and Laboratory Medicine*, Vol. 48 No. 6, pp. 757-767, 2010.
- [35] Neubauer O, Konig D, Wagner KH. "Recovery after an Ironman triathlon: sustained inflammatory responses and muscular stress", *European Journal of Applied Physiology*, Vol. 104 No. 3, pp. 417-426, 2008.

이 완 희(Wan-Hee Lee)

[정회원]



- 1997년 2월 : 연세대학교 보건대학원 (재활보건학석사)
- 2005년 2월 : 한양대학교 의학대학원 (의학박사)
- 1990년 3월 ~ 1999년 8월 : 서울대학교병원 재활의학과
- 1999년 9월 ~ 현재 : 삼육대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>
근골격계노인재활

조 기 훈(Ki-Hun Cho)

[정회원]



- 2010년 2월 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 3월 ~ 현재 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 박사과정
- 2006년 1월 ~ 2006년 11월 : 한양대학교 구리병원 물리치료실 근무

- 2006년 11월 ~ 현재 : 서울특별시 북부병원 근무

<관심분야>
뇌졸중 재활, 신경물리치료

이 경 속(Kyoung-Suk Lee)

[정회원]



- 2010년 2월 : 삼육대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 박사과정

<관심분야>
물리치료, 노인재활

김 미 화(Mi-Hwa Kim)

[정회원]



- 2011년 2월 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2011년 2월 ~ 현재 : 삼육대학교 일반대학원 물리치료학과 박사과정 중
- 2008년 3월 ~ 2008년 12월 : 중앙구 보건소 방문보건팀 근무
- 2009년 7월 ~ 현재 : 원진녹색병원 재활치료센터 근무

<관심분야>
뇌졸중 재활, 신경계 물리치료