무릎 근육의 근피로가 정상 성인의 균형에 미치는 영향

임가린* · 장중성[†]

행복한 재활요양병원 물리치료실*, 영남이공대학교 물리치료과[†]

The effects of muscle fatigue of knee muscles on balance ability in healthy adults

Garin Lim, P.T., M.S.*, Jongsung, Chang, P.T., Ph.D.[†]

Department of Physical Therapy, Haengbokhan Hospital*, Department of Physical Therapy, Yeungnam University College[†]

RECEIVED Mar 18, 2018

ACCEPTED Mar 29, 2018

CORRESPONDING TO
Jongsung Chang, Department of
Physical Therapy, Yeungnam
University College
170 Hyeonchung-ro, Nam-gu,
Daegu 42415, Korea

TEL (053) 650-9704
FAX (053) 629-5048
E-mail changjs@ync.ac.kr

Copyright © 2018 The Society of
Korean Medicine Rehabilitation

Objectives The purpose of this study was to examine the effects muscle fatigue at the knee muscles on balance during standing in healthy adults.

Methods Thirty healthy adults were recruited along with their written informed consent. Subjects were randomly assigned to knee extensor group (fatigue on knee extensor, KE), and knee flexor group (fatigue on knee flexor, KF). And subjects performed exercise with each muscle group until muscle fatigue was induced. They were assessed balance ability by functional reaching test (FRT), limit of stability (LOS), and postural sway (one leg standing, normal eye open (NO), normal eye close (NC), pillow with eye open (FO), and pillow with eye close (FC)) before and after fatigue.

Results There were significant group differences balance performances in FRT, anterior of limit of stability, one leg standing, and the muscle fatigue of knee muscles were decreased balance performances. The balance performance was affected by visual sense and proprioception.

Conclusions These results show that the muscle fatigue of knee muscles decreased balance performance. Therefore, balance exercise program should be trained without muscle fatigue. (J Korean Med Rehabil 2018;28(2):105-111)

Key words Balance, Muscle fatigue, Knee muscle

서론»»»»

현대사회는 경제 성장과 더불어 여가생활의 증가로 스포츠에 대한 관심이 높아지고 있으며 이에 따른 스포츠에 대한 관심과 참여가 높아졌다. 이에 따른 무리한 운동과 과사용으로 스포츠 손상의 비율도 증가하는 추세에 있으며 일상생활에서도 과도한 부하와 반복 동작, 근육을 제대로 사용 할 수 없는 자세 등에서 오는 근피로가 발생하며 근피로로 인한 이차 질환도 빈번하게 나타나고 있다. 근피로는 잦은 빈도로 운동을 하거나 심한 부하로 근수축을 하게 되면 나타나는데 지속적으로 근피로가 발생하게

되면 일상생활에서의 동작에 제한을 주게 되고, 고유수용성 감각에도 영향을 주어 자세동요가 일어나게 되며 균형에 영향을 미치게 된다^{1,2)}.

근피로는 근육을 유지하지 못하는 상태로 중추신경계의 장애에 의해 발생하는 중추피로가 신경 근 접합부와 근초에서의 흥분과정, 근섬유의 수축과정에서 발생하는 말초피로를 의미하며, 인체의 전반적인 근피로와 더불어 특정 근육의 국소적인 근피로로 인하여 균형 조절에 제한성을 가져 올 수 있다³⁾. 또한 이러한 신경근 조절의 손상은 자세조절에서 구심성 감각 신경과 원심성 운동신경의 신호 전달을 방해하여 근육의 반응 속도를 감소시킨다⁴⁾.

근육의 감소된 반응 속도는 다리 근육의 움직임 느리게 하고 일상생활 활동이나 운동을 수행하는 것에 어려움이 있으며 피로로 인하여 손상을 일으키는 잠재적인 요인으로 작용한다^{2,4)}.

균형(balance)은 바닥과 닿아 있는 기저면 내에 신체의 중심을 유지하고 넘어지지 않으며 움직일 수 있는 능력이며, 적절한 자세 조절 및 균형 유지에 필요한 요소들은 고유수용성 감각, 시각, 전정, 체성감각 등의 감각 정보의 상호작용으로 일어나게 된다⁵⁻⁷⁾. 균형을 유지하기 위한 전략은 발목관절, 엉덩관절에서 각 관절의 근육과 하부 몸통근육들의 상호작용으로 조절되고, 발목관절의 근육은 시상면에서 서 있는 자세나 한 발 서기 자세에서 동요가 적고 느린 움직임에 반응하여 일차적으로 균형을 유지하며, 과제의 난이도가 증가하거나 속도가 빠른 동요가 나타나게 되면 근위부의 근육 즉 엉덩관절 주위 근육에 의해 자세 및 균형을 조절하게 된다⁸⁾. Kim⁹⁾은 발목의 기능적 불안정이 있는 대상자에게 무릎관절 근육에 근피로가 동적 균형을 잡는 족저압의 변화가 나타났다고 하였고, 한발서기 자세와 체중이동 시 무릎관절의 작용이 일어나며 넙다리내갈래근의 작용이 증가하였다¹⁰⁾. Jeon 등¹¹⁾은 자세 안정성의 향상과 낙상 방지에 대한 발목과 무릎관절의 불안정성의 연관성을 통하여 다리의 각 관절이 균형에 미치는 정도를 연구하였다.

이와 같이 근피로에 관한 여러 연구가 있었지만 무릎관절 근피로 유발 후 무릎관절이 균형에 미치는 영향을 연구한 실험적인 연구가 부족한 실정이며, 균형에 영향을 주는 많은 변수가 있지만 무릎관절 주위 근육의 안정성에 초점을 맞춰 무릎관절의 근피로가 균형에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

연구방법»»»»

1. 연구대상자

본 연구의 대상자들은 정상 성인군 30명의 지원자를 대상으로 하였으며 각 군의 남녀간 성비는 같도록 하여 오른발을 우세발로 둔 대상자를 무릎뻘근피로군 15명, 무릎굽힘근피로군 15명으로 무작위로 선별하였다. 균형이나 보행에 영향을 주는 외과적 수술이나 골절이 없으며

관절 가동범위의 제한, 시각, 체성감각 및 전정 기능에 이상이 없는 자, 균형에 영향을 주는 약물을 섭취하지 않은 자를 대상으로 하였다. 참여하는 대상자는 실험 내용을 이해 할 수 있도록 본 연구의 목적과 방법에 대해 충분히 숙지시킨 후 동의를 얻어 하였다.

2. 실험 절차

대상자들은 균형측정을 하기 전에 근피로와 운동의 영향을 최소화하기 위하여 오전시간에 측정을 하며 실험 전 10분간 휴식을 취하게 하였다. 대상자의 초기 균형 능력을 확인하기 위해서 Bio-Rescue (RM INGENIERIE, France)로 안정성 한계, 8가지 동작 측정을 통하여 균형 평가를 한 후 5분 휴식한다. 각 대상자들의 기기사용에 대한 이해도가 다르므로 측정에 대한 오차를 줄이기 위해 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

대상자들은 근피로 유발을 했을 때 기준이 되는 근활성도를 측정하기 위해서 바로 앉은 자세에서 근전도를 이용하여 각각 무릎 굽힘근과 펴는 근육의 중재근육부위에 측정을 한다. 무릎 펴는 그룹은 우세측 다리의 넙다리내갈래근에 최대등척성수축을 10초 동안 유지시키며 근활성 측정하고, 무릎 굽힘 그룹은 뒤넙다리에 최대 등척성 수축을 실시하여 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 8초간의 근전도를 이용하여 중앙 주파수 값을 계산하고, 2회 측정 후 평균값을 이용하였다.

근피로 유발방법은 주로 하지부에 집중한 근피로 유발 운동으로 준비운동 5분을 포함하여 탄력저항밴드(Thera-Band) 파란색과 모래주머니를 이용한다. 저항운동을 위해 1번 들어 올릴 수 있는 최대의 무게를 최대저항 1RM이라고 한다면 Holten의 저항량 결정 방법에 의거하여 본 연구는 1RM 80%를 10RM 반복 운동을 시킨다. 근피로를 증가시키기 위해 빠른 속도로 운동을 실시하게 하며 반복하는 동안 대상자가 피곤하거나 통증을 느낄 때까지 실시하게 하였다. 근피로가 유발이 되면 근피로 적용 전에서의 과정과 동일하게 균형 측정을 실시하였다.

3. 측정 방법

1) 근피로 측정

근피로 분석을 위해 근전도 MP150(BIOPAC System

Inc., Santa Barbara, U.S.A)를 이용하며, 전극계는 전극, 증폭기, 기록기 등으로 구성된다. 채널에서 오는 표면 근 전도 아날로그 신호는 디지털화하여 1000Hz의 신호획득률(sampling rate)로 수집되며, 구간 필터링과 잡음제거를 위해 60Hz 노치 필터(notch filter)를 사용한다. 피부저항과 오류를 최소화하기 위하여 알코올로 닦아 낸 후 완전히 마른 후에 활성 전극과 접지전극을 부착하고 근육의 표면 전극 부착 부위는 근섬유 방향과 평행하게 근육이 가장 활성화 되는 근육의 중간 부위에 위치한다. 연구대상자의 근피로가 발생한 것을 확인하기 위하여 바로 앉은 자세에서 근피로 적용 전과 동일하게 근전도를 이용하여 중앙 주파수 값을 계산하고, 중앙 주파수 값이 근피로 유발 전의 50% 이하가 되었을 때 근피로가 발생한 것으로 한다. 50% 이하가 되지 않았을 때는 근피로 유발을 위한 운동을 다시 시행하였다.

2) 균형 측정

(1) 기능적 뻗기 검사 (Functional reaching test, FRT)

본 검사는 대상자의 동적 자세 조절 능력을 검사하기 위해 평가-재평가 신뢰도와 측정자간 신뢰도는 각각 $r=0.89$, $r=0.98$ 로 높은 수준이며, 안정성의 한계를 평가하기 위해 Duncan 등¹²⁾이 사용한 기능적 손 뻗기 검사를 실시한다. 우선 벽면에는 줄자를 대상자의 어깨 봉우리 위치에 붙여 놓은 다음 대상자의 어깨가 벽으로 향하도록 하고 벽면과 어깨 사이의 거리가 5 cm 간격을 둔다. 고정된 지지면 위에 어깨 넓이로 두 발을 평행하게 둔 다음 주먹을 쥐고 어깨관절을 90도로 유지한 상태로 수평하게 앞으로 뻗도록 하고 시작 자세는 어깨뺨 봉우리 높이에서 수평을 유지한 다음 팔을 최대한 뻗어 균형을 잃지 않고 5초간 유지한 상태로 세 번째 손허리뼈 먼쪽의 처음 지점을 기록하고 근피로 운동 적용 이후에는 두발은 지지면에 고정된 자세에서 최대 뻗은 후 전방으로 몸을 최대한 이동시킨 지점을 기록하여 처음과 마지막 지점간의 거리 차를 측정하도록 한다. 3회 반복 측정하여 평균값을 산출하였다.

(2) 균형 능력 평가

균형을 측정 장비는 Biorescue를 사용하였고, 이는 시각적인 바이오피드백이 주어지고 정적 및 동적 균형 검사와 균형 훈련을 할 수 있도록 만들어진 장비이다. 무게 중심이 중앙에서 바깥으로 벗어나는 정도의 차이로 균형의 안정성을 측정하는데 압력의 중심 이동 경로가 선으로

표시된다. 몸의 무게중심이 중심점에서 이동한 면적(mm^2)을 알 수 있으며, 불안정할수록 수치는 높게 나타난다.

전방을 보고 선 자세에서 두발은 30도 간격을 벌린 상태로 측정 시작을 하고 안정성 한계는 전방 모니터에서 나타나는 8개의 방향 중 지시하는 방향으로 체간의 움직임으로 이동하는 것이 아니라 발목전략을 이용하여 지면의 발바닥 접촉을 유지한 채 안정성을 잃지 않는 범위, 최대 한계범위 내에서 이동하는 것을 통해 동적 균형 정보를 얻으며, 우성인 다리로 한발서기 자세에서 균형 능력을 측정하였다. 또한 시각적 피드백에 대한 오류를 제한하기 위하여 안정성한계 측정을 제외한 다른 측정들은 화면을 등진 상태에서 실시하고 눈을 뜬 채로 정면을 바라보는 자세(normal eye open, NO), 눈을 감은 채로 정면을 향한 자세(normal eye close, NC)의 평가는 안정성을 유지하는데 시각을 제한하고 체성감각과 전정 기관의 기능의 영향을 강조하여 측정하였고, 불안정한 바닥 상태를 만들기 위해 탄력판(31 cm×12 cm)을 발아래 두고 눈을 뜬 자세로(pillow with eye open, PO)는 체성감각을 제한하고 시각 차단 유무에 따른 안정성을 평가한 자세로 안정성을 유지하기 위한 시각의 기능을 강조하고 눈을 감은 자세로(pillow with eye close, PC) 검사는 시각, 체성감각을 제한하므로 안정성을 유지하는데 전정 기능의 문제를 알 수 있다. 각 자세별 측정은 3회씩 반복 측정하며 처음 10초와 마지막 10초 구간을 제외한 중간값을 사용하여 평균값을 사용한다.

4. 자료 분석

자료 분석은 SPSS 18.0 for window를 이용하여 통계처리 하였고, 모든 자료는 Shapiro-Wilk 검정을 통하여 정규성 검정을 하였다. 각 그룹 간의 근 피로 유발 후 균형 능력을 비교하기 위하여 공분산분석을 이용하였고, 피로 유발 전후의 균형 능력을 분석하기 위해서 대응비교 t-검정을 이용하여 분석하였으며 통계학적 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

연구결과»»»»

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 무릎뻘근피로군 15명, 무릎 굽힘근피로군 15명으로 총 30명의 정상성인을 대상으로 실시하였으며 연구 대상자의 일반적인 특성은 아래 Table I과 같다. 연구 대상자의 일반적인 특성은 두 집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

2. 균형능력의 변화

1) 기능적 뻘기 검사

피로 유발 운동 방법에 따른 피로군 간 기능적 뻘기 검

Table I. General Characteristics of Each Group (Mean±SD)

	Knee extensor (n=15)	Knee flexor (n=15)	p
Sex (Male/Female)	7/8	7/8	1.00
Age (years)	21.00±1.51	21.13±1.36	0.80
Height (cm)	167.47±7.03	168.40±8.70	0.75
Body Weight (kg)	58.33±7.91	59.00±8.93	0.78

Table II. Changes of Length in Functional Reaching Test (cm)

		Knee extensor	Knee flexor	F	p
Functional reaching test	Pre	23.04±2.71	22.85±2.86	37.69	0.00*
	Post	21.41±2.47	17.26±2.02		
	p	0.01*	0.00*		

* $p<0.05$

Table III. Changes Area in Limit of Stability and One Leg Standing (mm)

		Knee extensor	Knee flexor	F	p
Anterior	Pre	10,411.93±1,095.20	10,173.00±974.04	28.34	0.00*
	Post	9,309.73±1,194.14	10,166.77±440.20		
	p	0.00*	0.98		
Posterior	Pre	5,543.47±556.10	5,502.87±430.02	2.10	0.16
	Post	5,310.83±648.43	5,477.53±357.81		
	p	0.11	0.47		
One leg standing	Pre	477.13±55.03	465.07±68.64	18.34	0.00*
	Post	528.57±54.28	575.87±64.22		
	p	0.00*	0.00*		

* $p<0.05$

사의 거리는 유의한 차이를 보였으며(Table II)($p<0.05$), 무릎굽힘근피로군에서 크게 감소하였다. 또한 각 피로군의 피로 유발 전과 후의 차이를 비교한 결과 두 피로군 모두 유의하게 거리가 감소하였다(Table II)($p<0.05$).

2) 안정성 한계 및 한발 서기 자세 동요 비교

피로 유발 운동 방법에 따른 피로군 간 앞쪽, 뒤쪽 방향의 안정성 한계 면적에서 앞쪽 방향에는 그룹 간 차이를 보였으며(Table III)($p<0.05$), 무릎뻘근피로군에서 크게 감소하였다. 그리고 뒤쪽 방향의 안정성 한계 면적은 유의한 차이가 없었다(Table III)($p>0.05$). 안정성 한계의 각 그룹의 피로 유발 전과 후의 차이는 무릎뻘근피로군의 앞쪽 방향만 유의한 차이가 나타났다(Table III)($p<0.05$).

한발서기 검사의 면적은 두 그룹 간의 유의한 차이가 있었고, 무릎굽힘근피로군에서 면적이 크게 증가하였다(Table III)($p<0.05$). 또한 각 피로군의 피로 유발 전과 후의 차이를 비교한 결과 두 피로군 모두 유의하게 면적이 증가하였다(Table III)($p<0.05$).

3) 감각 종류에 따른 자세 동요

시각 차단 유무에 따른 그룹 간 자세 동요 면적은 그룹 간 유의한 차이가 없었으나(Table IV)($p>0.05$), 눈을 뜬 상태의 무릎굽힘근피로군, 눈을 감은 상태의 두 그룹의 피로 전과 후의 동요 면적 차이에는 유의하게 감소하였다(Table IV)($p<0.05$).

탄력판 위에서 시각차단 유무에 대한 자세 동요 면적은 눈을 감은 상태에서 그룹 간의 유의한 차이가 있었으며(Table V)($p<0.05$), 각 그룹의 피로 전과 후의 차이에

Table IV. Changes of Sway Area with Open and Close Eye (mm²)

		Knee extensor	Knee flexor	F	p
Eye open	Pre	40.93±4.71	39.20±3.23	0.81	0.38
	Post	42.78±3.83	40.98±3.03		
	p	0.10	0.04 [*]		
Eye close	Pre	48.67±3.33	48.60±3.68	1.18	0.29
	Post	51.77±4.56	50.40±1.92		
	p	0.03 [*]	0.04 [*]		

^{*}p<0.05**Table V.** Changes of Sway Area with Open and Close Eye in Pillow (mm²)

		Knee extensor	Knee flexor	F	p
Pillow with eye open	Pre	61.94±2.44	61.64±3.04	0.83	0.37
	Post	65.80±1.82	65.27±1.22		
	p	0.00 [*]	0.00 [*]		
Pillow with eye close	Pre	63.27±4.18	62.93±4.68	4.88	0.04 [*]
	Post	69.13±2.56	67.00±2.80		
	p	0.00 [*]	0.02 [*]		

^{*}p<0.05

서 두 피로군 모두 유의하게 면적이 증가하였다(Table V) (p<0.05).

고찰»»»»»

일상생활동작 과제를 수행하기 위한 자세유지 또는 균형 능력은 골격근의 근력, 근육간의 상호 협응 작용, 시각의 기능과 감각의 기능들이 통합과정을 거친 후 조절, 유지되며¹³⁾, 다리의 근력은 균형의 안정성을 유지하는 주요 인자로 작용한다¹⁴⁾. 이러한 균형에 영향을 미치는 요인을 확인하기 위해 다리의 근력과 근지구력과 관련된 무릎관절의 펌근과 굽힘근에 피로를 유발한 후 다리 근육의 근피로가 균형에 미치는 영향을 보고, 균형을 유지하기 위해 작용하는 감각들의 영향에 대해서도 확인하였으며, 연구대상자의 피로 전후의 정적, 동적균형 평가 균형 평가를 위해 많이 이용되는 Bio-rescue와 기능적 뻗기 검사를 이용하였다¹⁵⁾.

기능적 뻗기 검사는 발의 위치를 유지하면서 앞쪽 방

향의 안정성 한계를 확인하는 검사이며, 본 연구의 기능적 뻗기 검사에서 무릎굽힘근피로군이 무릎펴근피로군보다 팔 뻗기 길이의 감소가 유의하게 나타났는데, 이는 기능적 뻗기 검사에서 팔을 뻗을 때 자세를 유지하고 조절하는데 있어 무릎의 펌근육보다 무릎 굽힘 근육이 더 영향을 주기 때문에 근피로에 의해 뻗기 길이가 감소했다. 또한 무릎의 굽힘 근육의 작용인 뒤넓다리근육의 작용이 무릎 굽힘에 작용하고 팔을 뻗을 때 엉덩관절 펌의 작용도 같이 하게 됨에 따라 팔을 앞으로 뻗을 때 그것을 보완하기 위해 뒤쪽의 근육이 작용하여 동적 균형을 유지하게 되며 뒤넓다리근육을 조절하는 작용이 피로에 의해 감소한 것으로 생각된다¹⁶⁾.

Jeon 등¹¹⁾은 무릎과 발목의 균형에 따른 상관성을 연구하여 안정성 한계 검사에서 발목의 불안정성이 무릎의 불안정성보다 균형에 미치는 영향이 크게 나타나며 두발로 서있는 자세에서도 발목이 균형에 주는 요인이 크다고 하였다. 그러나 본 연구에서 안정성 한계 검사 중 앞쪽 방향에서 근피로 적용 후 그룹 간의 차이가 있었고, 무릎 펌근피로군에서 안정성한계가 감소하여 앞쪽으로 무게 중심이 이동하는 것에 감소가 나타났으며, 무릎근육의 근피로도 발목보다 적을 수 있지만 안정성 한계에 영향을 미치게 된다.

본 연구의 한발서기 검사에서 피로 전후의 동요면적이 두 그룹 모두 크게 증가하였으며, 특히 무릎굽힘근피로군에서 유의하게 더 크게 증가한 것을 알 수 있었다. 무릎 근육의 동요가 커진 것은 어려운 동작을 수행 할수록 근위부 근육의 작용이 증가하고¹⁷⁾, 정적인 자세 유지 시 발목관절 전략을 이용하여 자세 동요를 조절하지만, 외력이 커지거나 속도가 빨라질수록 원위부에서 근위부로 근육을 사용하여 균형을 유지한다¹⁸⁾. 특히 한발서기 검사에서 무릎굽힘근피로군의 동요 면적이 증가한 것은 좁은 지지면과 피로에 따른 영향으로 안정성이 감소하면서 이동면적의 증가로 균형을 잡고자 하는 보상작용으로 엉덩관절의 굽힘과 함께 무릎관절의 굽힘이 함께 일어나게 된 것이다¹⁴⁾.

고유수용성감각은 관절의 위치와 운동에 대해 시각의 유입이 없어도 신체 관절의 위치와 운동을 파악시켜주는 감각으로 신체 위치에 대한 도식화를 하는 중요한 역할을 하고, 무릎관절, 발목관절에 염증이 일어나게 되면 조직 내의 기계적 수용체에 의해 수용되는 고유수용성감각의

결손으로 균형유지 및 일상생활 능력이 저하되며 특히 근력이 약화되면 더 약화된다¹⁹⁾. 본 연구에서 균형을 유지하는데 작용하는 시각, 고유수용성 감각 등을 차단하고 무릎관절 근육의 근피로 유발 한 후 눈을 뜬 상태에서 무릎관절근피로군만 제외하고 다른 감각 조건에서 그룹 내 전후 비교에서는 무릎관절의 근육도 균형 유지에 필요한 근육으로 생각된다. 특히, 탄력판 위에서 눈을 감은 자세는 무릎관절근피로군에서 무릎관절근피로군보다 유의하게 동요가 증가된 것을 볼 수 있다. 이것은 무릎 관절이 다양한 감각이 차단되었을 때 균형을 잡기 위한 주요 근육으로 쓰인다고 생각되며 무릎관절 근육 중 폼근의 근피로에 의해 균형이 나빠지는 것을 통하여 자세 조절에 무릎관절 근육도 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다. 또한 체성감각의 차단과 시각을 차단함으로써 불안정성이 더 커진 환경에서 무릎관절 근위부의 굽힘, 폼근육의 움직임으로 균형유지를 하려는 신체조절 동작이 나타났다.

근피로는 연령이 증가함에 따라 신경학적, 근육학적 측면의 기능 소실로 인하여 자세 조절 능력의 감소를 증가시킬 수 있다^{20,21)}. 따라서 본 연구의 결과에 의해 근피로가 유발된 근육에 따라 균형에 미치는 영향을 확인하였고, 인체 손상을 막고 균형 능력을 증가시키기 위해서 다리의 각 근육의 근력과 근지구력 강화를 하여 근피로 유발을 늦추고, 근피로 유발 시에는 충분한 휴식을 통하여 이차적인 손상을 막는 것이 필요할 것이다.

결론»»»»

본 연구는 정상성인에서 무릎관절을 조절하는 무릎관절근육과 무릎관절 근육에 근피로를 유발 후 균형에 미치는 영향을 알아보았으며 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 기능적 뻗기 검사에서 무릎관절근피로군은 무릎관절근피로군보다 거리가 크게 감소하였다($p<0.05$).
2. 안정성 한계에서 앞쪽 방향의 안정성 한계 면적에서 무릎관절근피로군에서 크게 감소하였으며($p<0.05$), 한 발 서기 자세 동요 면적은 무릎관절근피로군에서 크게 증가하였다($p<0.05$).
3. 시각 차단 유무에 따른 자세 변화에서 두 그룹 간의 차이는 없었으나($p>0.05$), 무릎관절근피로군은 시각 차단 시와 시각 차단하지 않았을 때 모두 전후의 차

이가 있었다($p<0.05$).

4. 고유수용성 감각을 차단한 탄력판 위에서 시각을 차단하여 다양한 감각을 제한한 상태에서 무릎관절근피로군에서 동요가 크게 증가하였다($p<0.05$).

본 결과를 통하여 감각이 감소하고, 외력이 커질수록 무릎관절의 근육이 작용이 일어남에 따라 무릎관절의 근피로가 균형에 유지하는데 영향을 미칠 수 있으므로 무릎관절 부위의 물리치료 및 운동 훈련과 함께 부수적인 전신 훈련 프로그램의 계획을 통해 치료에 적용 할 수 있을 것이다. 또한 근피로가 2차적인 질환을 일으킬 수 있기 때문에 환자의 물리치료 시에 근피로를 유발시키지 않는 범위에서 효과적인 운동 프로그램을 제시해야 할 것이다.

References»»»»

1. Egerton T, Brauer SG, Cresswell AG. The immediate effect of physical activity on standing balance in healthy and balance-impaired older people. *Australas J Ageing*. 2009;28(2):93-6.
2. Wojcik LA, Nussbaum MA, Lin D, Shibata PA, Madigan ML. Age and gender moderate the effects of localized muscle fatigue on lower extremity joint torques used during quiet stance. *Hum Mov Sci*. 2011;30(3):574-83.
3. Paillard T, Lafont C, Costes-Salon MC, Rivière D, Dupui P. Effects of brisk walking on static and dynamic balance, locomotion, body composition, and aerobic capacity in ageing healthy active men. *Int J Sports Med*. 2004;25(7):539-46.
4. Reimer RC 3rd, Wikstrom EA. Functional fatigue of the hip and ankle musculature cause similar alterations in single leg stance postural control. *J Sci Med Sport*. 2010;13(1):161-6.
5. Clifford AM, Holder-Powell H. Postural control in healthy individuals. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2010;25(6):546-51.
6. D'Hondt E, Deforche B, De Bourdeaudhuij I, Gentier I, Tanghe A, Shultz S, Lenoir M. Postural balance under normal and altered sensory conditions in normal-weight and overweight children. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2011;26(1):84-9.
7. Murphy DF, Connolly DAJ, Beynon BD. Risk factors for lower extremity injury: a review of the literature. *Br J Sports Med*. 2003;37(1):13-29.
8. Maki BE, Cheng KC, Mansfield A, Scovil CY, Perry SD, Peters AL, McKay S, Lee T, Marquis A, Corbeil P, Fernie GR, Liu B, McIlroy WE. Preventing falls in older adults: new interventions to promote more effective change-in-support

- balance reactions. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(2):243-54.
9. Kim HS. The effect of the plantar pressure on dynamic balance by fatigue of leg in the subjects with functional ankle instability. *J Digital Contents Society*. 2016;16(1):734-42.
10. Springer BK, Pincivero DM. The effects of localized muscle and whole-body fatigue on single-leg balance between healthy men and women. *Gait Posture*. 2009;30(1):50-4.
11. Jeon HS, Hwang S, Woo YK. The effect of ankle and knee immobilization on postural control during standing. *Knee*. 2013;20(6):600-4.
12. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. *J Gerontol*. 1990;45(6):M192-7.
13. Winter DA. Human balance and posture control during standing and walking. *Gait Posture*. 1995;3(4):193-214.
14. Gribble PA, Hertel J. Effect of lower-extremity muscle fatigue on postural control. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(4):589-92.
15. Kim YW, Choi HS, Kim TH. Availability of functional reach test for balance evaluation of the elderly through sensory organization test. *J Korean Soc Phys Med*. 2011;6(3):293-301.
16. Kanekar N, Santos MJ, Aruin AS. Anticipatory postural control following fatigue of postural and focal muscles. *Clin Neurophysiol*. 2008;119(10):2304-13.
17. Riemann BL, Myers JB, Lephart SM. Comparison of the ankle, knee, hip, and trunk corrective action shown during single-leg stance on firm, foam, and multiaxial surfaces. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(1):90-5.
18. An JH, Hwang JH, Woo YK, Kim YH, Lee KW, Kim NG. Static posturographic characteristics during balance control under virtual moving surround in patients with chronic ankle sprain. *Ann Rehabil Med*. 2005;29(3):297-302.
19. Lee HM, Cheng CK, Liao JJ. Correlation between proprioception, muscle strength, knee laxity, and dynamic standing balance in patients with chronic anterior cruciate ligament deficiency. *Knee*. 2009;16(5):387-91.
20. Karamanidis K, Arampatzis A, Mademli L. Age-related deficit in dynamic stability control after forward falls is affected by muscle strength and tendon stiffness. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008;18(6):980-9.
21. Mademli L, Arampatzis A, Karamanidis K. Dynamic stability control in forward falls: postural corrections after muscle fatigue in young and older adults. *Eur J Appl Physiol*. 2008;103(3):295-306.