

# 무릎 과다 폼을 가진 대상자에게 비대칭 선 자세가 무릎 관절 위치와 근활성도에 미치는 영향에 대한 융합적 연구

정성훈<sup>1</sup>, 하성민<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>연세대학교 물리치료학과 박사, <sup>2</sup>상지대학교 물리치료학과 교수

## A convergence study of the effects of asymmetric standing posture on knee joint position and lower extremity muscle activity in subjects with hyper-extended knee

Sung-hoon Jung<sup>1</sup>, Sung-min Ha<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ph.D, Department of Physical Therapy, Yonsei University

<sup>2</sup>Professor, Department of Physical Therapy, Sangji University

요 약 무릎 과다 폼을 가진 대상자에게 비대칭적 선 자세와 같은 외부적 요소가 추가되게 되면 무릎 관절에 가해지는 체중 지지가 더 증가하게 되며, 무릎 뒤쪽 구조들의 과신장이 유발된다. 이는 무릎 과다 폼 변형을 증가시킬 뿐만 아니라, 앞 십자인대와 같은 무릎 주변 연부조직의 변형 및 손상을 유발하는 요인이 될 수 있다. 따라서, 비대칭적 선 자세가 무릎 관절의 위치와 하지 근육의 활성도에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이 이 연구의 목적이다. 33명의 자발적 참여대상자들이 연구에 참여하였으며 총 60개의 다리에 대하여 무릎 과다 폼군, 정상군으로 나누어 하지근육의 근 활성도 및 무릎 폼 각도를 측정하였다. 비대칭적 선 자세 시, 무릎 관절 폼 각도와 장딴지근의 근 활성도 값은 정상군과 무릎 과다 폼 군 사이의 통계학적 유의한 차이가 나타났다. 결과를 토대로 비대칭적인 선 자세가 무릎의 과다 폼을 증가시키는 요인이 됨을 확인하였다. 따라서, 무릎 정렬에 이상을 가진 대상자들에게는 정상적인 정렬 회복과 함께 대칭적인 선 자세를 유지할 수 있도록 하는 치료적 중재 수립에 도움을 줄 것이며, 추후 영덩관절과 발목관절의 영향을 포함한 조사연구가 필요하겠다.

주제어 : 무릎 과다 폼, 무릎 폼 각도, 비대칭적 선 자세, 근전도, 장딴지근, 융합

Abstract The purpose of this study was to investigate the effect of hyper-extended knee and asymmetric standing posture on knee joint position and lower extremity muscle activity. Thirty-three voluntary participants participated and included sixty legs in the study. The sixty legs were divided into two groups: hyper-extended knee and normal group. The muscle activity and knee extension angle were measured. In the asymmetric standing posture, the knee joint extension angle and the muscle activity of the gastrocnemius were statistically significant between the normal group and the hyper-extended knee group. Based on the results, we confirmed that the asymmetric standing posture increases the hyper-extended knee. Therefore, it will contribute to the establishment of therapeutic guide for the subjects with hyper-extended knee to maintain the symmetrical standing posture, and future studies need to be conducted including the effects of the hip joint and ankle joints.

Key Words : Hyper-extended knee, Knee extension angle, Asymmetric standing posture, Electromyography, Gastrocnemius, Convergence

\*This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2018S1A3A2074904)

\*Corresponding Author : Sung-min Ha(hsm98@sangji.ac.kr)

Received May 14, 2019

Revised June 21, 2019

Accepted September 20, 2019

Published September 28, 2019

## 1. 서론

비대칭적으로 한쪽 다리에 90퍼센트 이상의 체중을 지지하는 비대칭적 선 자세는 하지의 근골격계 질환을 일으키는 중요한 인자 중 하나로 여겨지며 지속적인 비대칭적 선 자세는 근골격계 질환뿐만 아니라, 다양한 신체 손상, 및 기능 제한을 일으키게 된다[1]. 이전 연구들에서 비대칭적 선 자세는 몸통 근육들의 비대칭적 사용으로 인해 신체 좌우 비대칭과 허리 부위의 회전 모멘트를 증가시킨다고 보고하였다[2]. 따라서, 척추에 가해지는 부하 증가와 함께 지지가 된 엉덩관절, 무릎 관절, 및 발목관절 손상을 일으키는 요인이 된다[3,4]. 또한, 비대칭적 체중 지지 때문에 좌-우하지 관절에서 입력되는 고유수용성 감각의 변형을 유발하여 신체 감각-운동 시스템의 기능 손상 또는 저하를 유발할 수 있다[5].

무릎 과다 폼은 무릎 관절의 중립에서 10도 이상 넘어 선 과다 폼을 의미한다[6,7]. 무릎 과다 폼을 만들어내는 원인은 하지의 무게, 근력, 성호르몬 등으로 다양하며, 공통된 특징은 무릎의 뒤쪽 구조들의 광범위한 느슨함을 유발한다[8-13]. 이와 같은 이유로 무릎 과다 폼을 가진 대상자들의 체중이 무릎 관절 앞쪽으로 집중되는 비정상적인 외적 모멘트 힘으로 작용하게 된다[6]. 무릎 과다 폼은 비대칭적 선 자세와 같은 외부적 요소가 추가되면 무릎 관절에 가해지는 체중 지지가 더 증가하게 되며, 무릎 뒤쪽 구조들의 과신장이 유발된다. 이는 무릎 과다 폼 변형을 증가시킬 뿐만 아니라, 앞 십자인대와 같은 무릎 주변 연부조직의 변형 및 손상을 유발하는 요인이 될 수 있다[13,14].

미국 족부협회에서 장기간 선 자세로 근무하는 산업종사자들의 83%가 발과 하지의 통증을 경험했다고 보고하였으며, 대칭적인 선 자세에 비하여 비대칭적 선 자세는 고관절과 천장관절의 주위 조직에 비정상적 스트레스가 부가됨을 확인하였다[1,15]. 따라서, 선 자세에서 일어나는 무릎 과다 폼과 비대칭적인 선 자세가 무릎 관절의 위치와 하지 근육의 활성화도에 어떠한 영향을 미치는지 알

아보고자 하였다. 정상군과 무릎 과다 폼 그룹 군에서 비대칭적 선 자세에서 무릎 관절의 각도 및 하지 근육의 근활성도를 비교했을 때, 무릎 과다 폼 그룹 군에서 무릎 과다 폼의 증가와 함께 무릎 과다 폼을 유발하는 근육의 활성화도가 상대적으로 증가할 것이다.

## 2. 연구 방법

### 2.1 연구 대상

본 연구는 자발적인 참여를 한 연세대학교 원주캠퍼스 33명의 학생을 대상으로 수행하였으며, 총 60개의 다리가 연구에 모집되었다. 무릎 과다 폼군에는 32개의 다리가 모집되었으며, 정상군에는 28개의 다리가 모집되었다. 대상자들의 일반적 특성은 Table 1과 같다. 무릎 과다 폼군의 대상자 선정 조건은 정강뼈에 대한 넓다리뼈 수동적 앞쪽 각도(passive anterior angle of the femur relative to the tibia; 최대 무릎관절신전 각도)가 10도 이상인 자를 대상으로 하였고 정상군의 대상자 선정 조건은 최대 무릎 관절 신전 각도가 9도 이하인 자를 대상으로 하였다[7]. 대상자 제외 조건은 척추질환이 있거나 수술 이력이 있는 자, 하지 관절(엉덩관절 무릎관절, 발목관절)에 질환을 가지고 있거나 수술 이력이 있는 자이다.

### 2.2 평가 도구 및 데이터 처리

#### 2.2.1 표면 근전도

비대칭적 선 자세 동안 하지 근육들의 근전도를 측정하기 위해 표면 근전도(TeleMyo 2400T, Noraxon, Scottsdale, AZ, USA)를 사용하였다. MyoResearch XP (Noraxon Inc., Scottsdale, USA) 프로그램을 사용하여 근전도 신호를 수집 및 분석하였다. 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1000Hz로 설정하였으며, 주파수 대역폭은 20~450Hz 사이와 밴드패스필터(band-pass filter)를 사용하였다. 또, 이 신호 창

Table 1. General characteristics of study participants

| characteristics | hyper-knee extension<br>(mean±SD) | normal<br>(mean±SD) | t      | p-value |
|-----------------|-----------------------------------|---------------------|--------|---------|
| leg             | 32                                | 28                  | -      | -       |
| age (y)         | 23.25±1.55                        | 23.78±2.01          | -1.132 | 0.262   |
| height (cm)     | 167.11±7.85                       | 168.34±8.48         | -0.583 | 0.562   |
| weight (kg)     | 62.86±12.72                       | 65.44±14.43         | -0.730 | 0.468   |

(Window)은 50ms로 설정하여 제곱 평균 제곱근법 (root mean square)으로 처리하였다[16].

두 개의 분리된 양극의 (20 mm) 표면 전극은 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근, 앞정강근, 장딴지근에 20 mm간격으로 각 근육힘살(muscle belly)의 중앙에 배치하고, 각 근육섬유와 평행하게 배치 한다. 표면 전극을 붙이는 위치는 피부 저항도(impedance)를 줄이기 위해서 면도를 하고 알코올 솜으로 문지른다[17]. 넙다리곧은근에는 표면 전극을 무릎과 엉덩뼈 가지 사이 반 정도 되는 거리인 허벅지 앞쪽 표면의 중앙에 부착한다. 넙다리 두갈래근에는 표면 전극을 허벅지의 바깥 측면에서 넙다리뼈의 큰 돌기와 무릎 관절 뒷부분 사이의 2/3지점에 부착한다. 앞정강근에는 표면 전극을 무릎 관절과 발목관절의 약 1/4-1/3 사이 거리에 부착한다. 장딴지근에는 표면 전극을, 발바닥 쪽 굽힘으로 축진 후, 안쪽 장딴지 근육 위치를 확인하여 부착한다[18]. Fig 1-A 무릎 과다 펴군과 정상군의 따른 근 활성화도 차이를 알아보기 위하여 기준 수축(reference voluntary contraction; RVC)의 %RVC 방법으로 정규화(normalization)하였다. RVC는 대상자에게 대칭 입식 자세로 편안하게 10초 동안 서 있게 하여 측정하였다[19].

### 2.2.2 카메라

비대칭적 선 자세동안 대상자들의 무릎 펴 각도 분석은 삼성 갤럭시 S6 휴대폰 (Samsung Electronics, South Korea)을 사용하여 기록하였다. 길이가 조절되는 삼각대를 무릎 관절 높이에 맞추고 카메라를 장착시켰다. 카메라의 위치는 대상자의 측면 발을 기준으로 1m 떨어진 곳에 위치시킨다. 사진 촬영 분석 전에, 무릎 젖힘을 분석한 이전 연구에 따라, 3개의 표면 반사 마커들(1.5cm 지름)을 측정하는 쪽 넙다리뼈의 큰 돌기(greater trochanter), 바깥쪽 복사뼈(lateral malleolus), 바깥쪽 넙다리뼈 위 관절 용기(lateral femoral epicondyle)에 붙였다[18]. 무릎 관절의 펴 각도는 이미지 분석 프로그램 (Image J; U.S. National Institutes of Health, Maryland, USA)을 이용하여 분석하였다.

### 2.3 실험과정

대상자들은 크기별로 갖춰진 같은 신발을 신고 편하게 정면을 응시하며 서 있다. 이때, 양발 간의 거리는 발하나 길이(one foot width)로 유지하도록 하였다[2]. 실험을 시작하기 전에 측정자는 비대칭적 선 자세를 취하는

방법을 대상자에게 교육한다. 비대칭적 선 자세는 양쪽 발바닥이 지면에 닿은 상태에서 측정하려고 하는 쪽의 다리로 무게중심을 이동시켜 한쪽 다리에 약 90%의 체중을 지지하고 서도록 하였다. 교육 후 동작을 익히기 위하여 2-3회 연습한 뒤 본 측정을 시작하였다. Fig 1-B

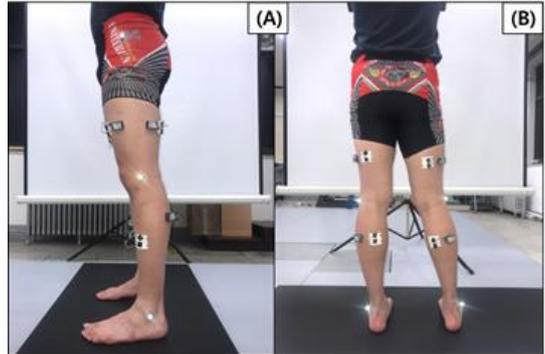


Fig. 1. Location for measure of electromyography and knee extension angle, and asymmetric standing posture (A) Location for measure of electromyography and knee extension angle, (B) asymmetric standing posture

### 2.4 분석방법

근 활성화도와 각도의 차이를 비교해 보기 위하여 독립 표본 t-검정(independent t-test)을 하였다. 통계학적인 유의수준을 검정하기 위하여  $\alpha=0.05$ 로 설정 하였으며 자료의 분석정리 및 통계처리를 위해 통계프로그램인 SPSS version 18.0 윈도우용 프로그램을 사용하였다.

## 3. 연구 결과

비대칭적 선 자세 동안 비대칭 측면의 무릎관절신전 각도와 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근, 앞정강근, 장딴지근의 근 활성화도 값은 Table 2에 정리되어있다. 비대칭적 선 자세 시, 무릎관절 펴 각도는 정상군과 무릎 과다 펴군 사이에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다 ( $p>0.00$ ). 비대칭적 선 자세 시, 넙다리 곧은근, 넙다리 두갈래근, 앞정강근의 근 활성화도 값은 정상군과 무릎 과다 펴군 사이에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만, 장딴지근의 근 활성화도 값은 두 군 사이에서 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다 ( $p>0.05$ ).

Table 2. Knee extension angle and lower extremity muscle activity during asymmetric standing posture

| 특징                       | hyper-knee extension<br>(mean±SD) | normal<br>(mean±SD) | t      | p-value |
|--------------------------|-----------------------------------|---------------------|--------|---------|
| knee extension angle (°) | 172.52±4.67                       | 178.52±4.67         | -5.748 | 0.000*  |
| rectus femoris (%)       | 1.11±0.76                         | 0.92±0.23           | 1.306  | 0.197   |
| biceps femoris (%)       | 0.94±0.50                         | 0.96±0.43           | -0.220 | 0.827   |
| tibialis anterior (%)    | 1.43±2.24                         | 1.14±0.44           | 0.710  | 0.480   |
| gastrocnemius (%)        | 2.68±2.28                         | 1.77±1.01           | 2.051  | 0.045*  |

#### 4. 논의

하지 자세(leg posture)는 근골격계 질환과의 상관관계나 자세로 인해서 나타나는 스트레스(postural stress)를 평가하는 데 있어 매우 중요한 요소이며, 이전의 많은 연구를 통해 비대칭적인 자세가 근골격계 통증의 원인이라고 밝혀졌다[21,22]. 특히, 한쪽 다리에 체중을 지지하는 선 자세는 비대칭적인 몸통 근육(척추기립근, 복근)의 사용과 함께 비대칭적인 엉덩관절의 회전 각도를 유발하였으며, 이와 같은 위험요소는 척추와 하지 관절의 구조적 손상과 기능 제한을 발생시키는 요인이 된다고 하였다[2,3]. 본 연구에서는 정상군과 무릎 과다 편을 가진 대상자들이 비대칭적 선 자세를 취했을 때 무릎관 절의 각도와 하지 근육들의 근 활성도 차이를 비교하고자 하였다.

실험결과를 통해서 비대칭적 선 자세 시, 무릎관절 편 각도는 정상군과 무릎 과다 편군 사이의 통계학적 유의한 차이가 나타났으며, 두 군 사이에서 장딴지근의 근 활성도는 통계학적 유의한 차이가 나타났다. 이와 같은 실험결과는 비대칭적인 선 자세가 무릎의 과다 편을 증가시키는 요인이 됨을 확인할 수 있다. 근육의 활동은 정상군과 무릎 과다 편 군 사이에서 장딴지 근육을 제외한 모든 근 활성도 값은 유의한 차이도 없었으며, 두 군 사이의 근 활성도 값도 비슷한 양상을 보였다. 이와 같은 결과는 근육에 의해 무릎 과다 편이 더 유발되거나 악화되지 않음을 알 수 있다. 하지만, 이미 수동적 안정성을 상실하여 과도한 무릎 편을 가지고 있는 사람들에게는 비대칭적인 선 자세가 무릎 과다 편을 더 악화시킬 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 하지의 체중 지지선이나 역학적 축은 무릎 관절의 중심을 통과하고, 무릎의 하중 분포에 영향을 준다[23,24]. 따라서 하지 정렬이 비대칭할 경우 하지를 지나는 역학적 축이 이동하게 되고, 이는 자세적 동요를 더 많이 발생시켜 불안정성을 일으킨다[25-27]. 정상군에 비해 무릎 과다 편을 가지고 있는 실험군은 이미 변화된 체중 지지선을 가지고 있으며, 비대칭적인 선

자세는 이러한 무릎 과다 편을 더 증가시키는 요인임을 알 수 있다. 하지만, 근 활성도 측정을 통해서 비대칭적인 선 자세에서 대부분의 근육들이 정상군과 무릎 과다 편 군 사이에서 유의한 통계학적 차이도 없었으면 실제 측정된 값들이 비슷한 수치를 보였다. 무릎 과다 편을 가진 대상자들은 구조적 변형으로 인해 정상군과 달리 넙다리 네갈래근의 근육 동원 감소로 인해, 하지 근육의 근 활성도가 정상군에 비해 더 낮은 수치를 보였다. 반면에 선 자세에서 무릎의 과다 편을 유발하는 장딴지 근육의 근 활성도는 통계학적으로 유의하게 증가 됨을 확인할 수 있었다. 무릎 과다 편을 가진 군에서 비대칭적 선 자세를 취하게 되면, 무릎 편근으로 작용하는 장딴지 근육이 활성화되어[32] 정상군과 비교해 과도한 무릎 편을 증가시킴을 확인할 수 있었다. 서 있는 자세에서 불안정성이 증가하게 되면 장딴지 근전도가 증가한다는 Fujiwara의 보고를 토대로[33], 이 연구의 결과에서 무릎 과다 편을 가진 군이 비대칭적 선 자세를 취할 때 정상군에 비해 장딴지 근육이 활성화 되는 것은 무릎 과다 편을 가진 군이 불안정한 무릎 관절을 가지고 있기 때문일 것이다. 이외에 다른 근육들에서는 비대칭적인 선 자세가 자세를 유지하기 위해 근육을 사용하는 것보다 신체 구조물에 수동적으로 기대어 자세를 위치하고 있으므로 근육의 활동이 영향을 주지 못했던 것으로 여겨진다.

따라서, 무릎 정렬에 이상을 가진 대상자들에게는 정상적인 정렬 회복과 함께 대칭적인 선 자세를 유지할 수 있도록 하는 치료적 중재가 필요하다고 생각된다. 똑바로 서 있는 자세를 유지하는 것은 매우 복잡한 과정이며 시각, 전정감각, 및 체성 감각 시스템으로 오는 감각 정보 통합에 의해 이루어진다[28]. 비대칭적인 자세로 인한 근골격계의 손상은 체성 감각의 손상을 일으켜서 신체 조절 능력의 손상(부정확한 자세 조절)이 나타난다[29,30]. 최근 재활 분야에서 많이 사용되고 있는 신체 정렬과 선 자세에 대한 정보를 실시간으로 전달할 수 있는 치료적 장비 또는 시스템들이 무릎 과다 편을 가진 환자들의 정

렬 상태 개선과 통증을 감소시킬 수 있을 것이다[31]. 본 연구의 제한점으로 무릎 관절에서 일어나는 시상면 움직임만을 측정하였다. 향후 연구에서는 무릎 관절에서 일어나는 관상면 및 회전면 움직임 측정이 필요하다고 생각한다. 또한, 비대칭적인 선 자세에서 나타나는 엉덩관절과 발목관절의 영향을 비교하는 향후 연구도 필요하다고 생각한다.

### 5. 결론

본 연구는 선 자세에서 일어나는 무릎 과다 폼과 비대칭적인 선 자세가 무릎관절의 위치와 하지 근육의 활성도에 어떠한 변화를 가져오는지 알아보려고 하는 국내 처음의 연구로 향후 다학제 간 치료 및 운동프로그램에 도움을 줄 수 있는 기초자료를 제공하고자 시도되었다. 비대칭적인 선 자세는 무릎의 과다 폼을 증가시켰고, 무릎 과다 폼을 가진 군에서 비대칭적 선 자세를 취하게 되면 장딴지근육이 무릎 폼근으로 작용하여 정상군보다 과도한 무릎 폼을 증가시킴을 확인할 수 있었다. 따라서, 무릎 정렬에 이상을 가진 대상자들에게는 정상적인 정렬 회복과 함께 대칭적인 선 자세를 유지할 수 있도록 하는 치료적 중재가 필요하다고 생각된다.

### REFERENCES

[1] J. Y. Choung, H. S. Jeon, C. H. Lee & J. W. Lee. (2010). Comparison between Right and Left Muscle Activities of Hip and Trunk During Manual Task in Asymmetric Weight-Bearing Posture. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(3), 279-286. DOI : 10.5143/JESK.2010.29.3.279

[2] C. J. Snijders, M. T. Ribbers, H. V. de Bakker, R. Stoockart & H. J. Stam. (1998). EMG recordings of abdominal and back muscles in various standing postures: validation of a biomechanical model on sacroiliac joint stability. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 8(4), 205-214. DOI : 10.1016/S1050-6411(98)00005-4

[3] K. P. Granata & S. E. Wilson. (2001). Trunk posture and spinal stability. *Clinical Biomechanics*, 16(8), 650-659. DOI : 10.1016/S0268-0033(01)00064-X

[4] W. P. Chen, C. L. Tai, C. F. Tan, C. H. Sin, S. H. Hou and M. S. Lee. (2005). The degrees to which transtrochanteric rotational osteotomy moves the region of osteonecrotic femoral head out of the weight-bearing areas as evaluated by computer simulation. *Clinical Biomechanics*, 20(1), 63-69.

DOI : 10.1016/j.clinbiomech.2004.08.001

[5] N. Genthon & P. Rougier. (2004). Influence of an asymmetrical body weight distribution on the control of undisturbed upright stance. *Journal of Biomechanics*, 38(10), 2037-2049. DOI : 10.1016/j.jbiomech.2004.09.024

[6] D. A. Neumann. (2013). *Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation*. Missouri: Elsevier Health Sciences.

[7] M. R. Devan, L. S. Pescatello, P. Faghri & J. Anderson. (2004). A prospective study of overuse knee injuries among female athletes with muscle imbalances and structural abnormalities. *Journal of athletic training*, 39(3), 263.

[8] S. J. Shultz, W. N. Dudley & Y. Kong. (2012). Identifying multiplanar knee laxity profiles and associated physical characteristics. *Journal of athletic training*, 47(2), 159-169. DOI : 10.4085/1062-6050-47.2.159

[9] J. M. Uhorchak, C. R. Scoville, G. N. Williams, R. A. Arciero, P. S. Pierre & D. C. Taylor. (2003). Risk factors associated with noncontact injury of the anterior cruciate ligament. *The American journal of sports medicine*, 31(6), 831-842. DOI : 10.1177/03635465030310061801

[10] M. E. Morris, T. A. Matyas, T. M. Bach & P. A. Goldie. (1992). Electrogoniometric feedback: its effect on genu recurvatum in stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 73(12), 1147-1154.

[11] S. J. Shultz, T. C. Sander, S. E. Kirk & D. H. Perrin. (2005). Sex differences in knee joint laxity change across the female menstrual cycle. *The Journal of sports medicine and physical fitness*, 45(4), 594.

[12] S. J. Shultz, R. J. Schmitz & B. D. Beynon. (2011). Variations in varus/valgus and internal/external rotational knee laxity and stiffness across the menstrual cycle. *Journal of Orthopaedic Research*, 29(3), 318-325. DOI : 10.1002/jor.21243

[13] C. M. Larson, A. Bedi, M. E. Dietrich, J. C. Swearingen, C. A. Wulf, D. M. Rowley & M. R. Giveans. (2017). Generalized hypermobility, knee hyperextension, and outcomes after anterior cruciate ligament reconstruction: prospective, case-control study with mean 6 years follow-up. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 33(10), 1852-1858. DOI : 10.1016/j.arthro.2017.04.012

[14] K. Kawahara, T. Sekimoto, S. Watanabe, K. Yamamoto, T. Tajima, N. Yamaguchi & E. Chosa. (2012). Effect of genu recurvatum on the anterior cruciate ligament-deficient knee during gait. *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy*, 20(8), 1479-1487. DOI : 10.1007/s00167-011-1701-z

[15] I. Halim, A. R. Omar, A. M. Saman & I. Othman (2011). A review on health effects associated with prolonged

- standing in the industrial workplaces. *IJRRAS*, 8(1), 14-21.
- [16] I. C. Jeon, S. M. Ha, U. J. Hwang, S. H. Jung, H. S. Kim & O. Y. Kwon (2016). Comparison of EMG Activity of the Posterior Oblique Sling Muscles and Pelvic Rotation During Prone Hip Extension With and Without Lower Trapezius Pre-Activation. *Physical Therapy Korea*, 23(1), 80-86. DOI : 10.12674/ptk.2016.23.1.080
- [17] S. H. Jung, I. C. Jeon, U. J. Hwang, J. H. Kim & O. Y. Kwon. (2016). The Effect of a Combination of Scapular Protraction With Resistance and Forward Flexion of the Shoulder on Serratus Anterior Muscle Activity. *Physical Therapy Korea*, 23(4), 55-62. DOI : 10.12674/ptk.2016.23.4.055
- [18] E. Criswell (2010). *Cram's introduction to surface electromyography*. Jones & Bartlett Publishers.
- [19] D. K. Lee, J. S. Kim, T. H. Kim & J. S. Oh. (2015). Comparison of the electromyographic activity of the tibialis anterior and gastrocnemius in stroke patients and healthy subjects during squat exercise. *Journal of physical therapy science*, 27(1), 247-249. DOI : 10.1589/jpts.27.247
- [20] A. D. Nguyen, M. C. Boling, C. A. Slye, E. M. Hartley & G. L. Parisi. (2013). Various methods for assessing static lower extremity alignment: implications for prospective risk-factor screenings. *Journal of athletic training*, 48(2), 248-257. DOI : 10.4085/1062-6050-48.2.08
- [21] R. L. Kirby, N. A. Price & D. A. MacLeod. (1987). The influence of foot position on standing balance. *Journal of biomechanics*, 20(4), 423-427. DOI : 10.1016/0021-9290(87)90049-2
- [22] E. Grandjean & W. Hünting. (1977). Ergonomics of posture—review of various problems of standing and sitting posture. *Applied ergonomics*, 8(3), 135-140. DOI : 10.1016/0003-6870(77)90002-3
- [23] F. Johnson, S. Leittl & W. Waugh. (1980). The distribution of load across the knee. A comparison of static and dynamic measurements. *The Journal of bone and joint surgery. British volume*, 62(3), 346-349. DOI : 10.1302/0301-620X.62B3.7410467
- [24] K. Tetsworth & D. Paley. (1994). Malalignment and degenerative arthropathy. *Orthopedic Clinics of North America*, 25(3), 367-378.
- [25] A. Samaei, A. H. Bakhtiary, F. Elham & A. Rezasoltani (2012). Effects of genu varum deformity on postural stability. *International journal of sports medicine*, 33(06), 469-473. DOI : 10.1055/s-0031-1301331
- [26] L. C. Anker, V. Weerdesteyn, I. J. van Nes, B. Nienhuis, H. Straatman & A. C. Geurts. (2008). The relation between postural stability and weight distribution in healthy subjects. *Gait & posture*, 27(3), 471-477. DOI : 10.1016/j.gaitpost.2007.06.002.
- [27] L. Sharma, J. Song, D. T. Felson, S. Cahue, E. Shamiyeh & D. D. Dunlop (2001). The role of knee alignment in disease progression and functional decline in knee osteoarthritis. *Jama*, 286(2), 188-195. DOI : 10.1001/jama.286.2.188.
- [28] K. S. Jung. (2009). *The effects of weight shifting training on an unstable surface on onset latency of trunk muscles, balance performance, and proprioception for patients with chronic stroke*. Graduate School of Sahmyook University.
- [29] S. A. Sahrman. (2002). *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes*. St Louis: Mosby
- [30] S. Sahrman, D. C. Azevedo & L. Van Dillen. (2017). Diagnosis and treatment of movement system impairment syndromes. *Brazilian journal of physical therapy*, 21(6), 391-399. DOI : 10.1016/j.bjpt.2017.08.001.
- [31] I. Y. Yu, Y. K. Choo, M. H. Kim & J. S. Oh. (2018). The effects of pressure biofeedback training on infraspinatus muscle activity and muscle thickness. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 39, 81-88. DOI : 10.1016/j.jelekin.2018.01.007
- [32] J. E. Muscolino. (2016). *The Muscular System Manual: The Skeletal Muscles of the Human Body*. Elsevier Health Sciences.
- [33] K. Fujiwara, H. Toyama, T. Kiyota & K. Maeda (2006). Postural muscle activity patterns during standing at rest and on an oscillating floor. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 16(5), 448-457. DOI : 10.1016/j.jelekin.2005.08.008

## 정성훈(Sung-hoon Jung)

[정회원]



- 2007년 2월 : 연세대학교 물리치료학과 (물리치료학사)
- 2014년 2월 : 연세대학교 일반대학원 물리치료학과 (물리치료학박사)
- 2018년 4월 ~ 현재 : 연세대학교 물리치료학과 박사후 연구원
- 관심분야 : 근골격계 물리치료학

· E-Mail : movt\_architect@daum.net

## 하성민(Sungmin Ha)

[정회원]



- 2004년 2월 : 연세대학교 재활학과(보건학사)
- 2009년 2월 : 연세대학교 일반대학원 재활학과 (이학석사)
- 2012년 8월 : 연세대학교 일반대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2014년 4월 ~ 현재 : 상지대학교 물리치료학과 교수

· 관심분야 : 근골격계 물리치료학

· E-Mail : hsm98@sangji.ac.kr