한국전문물리치료학회지 2018년 25권 3호 19-26 ISSN (Print) 1225-8962, ISSN (Online) 2287-982X
Phys Ther Korea 2018;25(3):19-26 https://doi.org/10.12674/ptk.2018.25.3.019

내로우 스쿼트 운동이 내반슬 성인의 무릎 사이 거리와 보행 시 무릎 관절의 생체역학에 미치는 즉각적인 영향

한석규[1], 김택훈[2], 노정석[2], 최흥식[2], 이준영[2]
[1]한서대학교 일반대학원 물리치료학과, [2]한서대학교 보건과학부 물리치료학과

The Immediately Effect of Narrow Squats on the Knee Joint Biomechanics During a Gait and Distance Between the Knees of Person With Genu-varum

Seok-kyu Han[1], MSc, PT, Tack-hoon Kim[2], PhD, PT, Jung-suk Rho[2], PhD, PT, Houng-sik Choi[2], PhD, PT, Jun-young Lee[2], MEd, PT
[1]Dept. of Physical Therapy, The Graduate School, Hanseo University
[2]Dept. of Physical Therapy, Division of Health Science, Hanseo University

Abstract

Background: Genu varum is also known as bow leg. It is a deformity wherein there is lateral bowing of the legs at the knee. it does give rise to pain, and persistent bowing can often give rise to discomfort in knees, hips and ankles.

Objects: This study investigated the effect of narrow squats on the knee joint during a gait and distance between the knees of person with genu varum.

Methods: This study analyzed 23 patient with genu varum that grade Ⅲ, 12 narrow squat group and 11 genenal squat group in motion analysis laboratory. The subjects of experiment took gait before and after intervention, the range of joint motion, moment of knee joint adduction, power, distance of the knees were measured. And in order to make an analysis between groups, an paiered t-test and independent t-test was carried out. For statistical significance testing, it was decided that significance level α be .05.

Results: It was shown that the group of narrow squat exercise significantly decreased in distance of knees ($p<.05$),In moment of adduction of knee joint, it was shown to significantly decrease in two groups ($p<.05$), was significantly decreased in adduction, abduction, and rotation ($p<.05$). In relation of peak-knee adduction moment and valgus angle, there was significant decrease in narrow squat group ($p<.05$).

Conclusion: When the above result of study were examined, a narrow squat exercise given to the genu varum patients significantly decreased the distance between the knees, range of knee adduction and abduction, knee adduction moment, knee power. And stability gains through the decrease of excursion of knee medial part be effective for the correction of genu varum deformation.

Key words: Corrective exercise; Genu-varum; Lower limb kinematics; Squats.

Ⅰ. 서론

일반적으로 자세란 정상적인 균형을 위한 필수적인 요소이며, 인체의 각 분절들의 역학적 정렬 또는 환경 내에서 인체의 위치를 뜻한다(Shumway-Cook와 Woollacott, 2006). 특히 인간의 자세는 척추와 하지를 중심으로 발달하며 구성되는데, 하지의 정렬은 체중의

Corresponding author: Tack-hoon Kim tack@hanseo.ac.kr

지지와 보행에 결정적인 역할을 한다(Hsu 등, 1990). 그리고 보행은 일상생활에서 가장 기본적인 생활방식이며(Kaufman, 2001), 인간에게 있어서 가장 자연스러운 동작이지만, 보행에 관심을 기울이지 않으면 보행 자세가 변해 신체 중심의 불안정성을 유발하고 신체 각 부위의 균형이 깨지게 된다(Perry, 1992).

신체의 부정렬은 근육의 효율성에 부정적인 영향을 주고, 근-골격 또는 신경학적 병리적 상태를 만들 수도 있다(Novak와 Mackinnon, 1997). 특히 보행이나 체중부하 운동 시 무릎 관절에 무게가 집중되면 무릎 관절 기능이 떨어진다고 하였다(Issa 등, 2007). 이러한 문제점이 하지의 골격에 영향을 미쳐 문제를 발생시키고 그 중 대표적인 질병이 체형의 비틀림으로 일어나는 휜 다리라고 할 수 있다(Jung, 2016).

무릎 관절의 대표적인 부정렬에는 외반슬(genu valgum)과 내반슬(genu varum)이 있다(Lim 등, 2014). 내반슬은 엉덩관절과 발목관절을 이은 직선에서 무릎관절의 중심이 바깥으로 놓이면서 무릎관절이 바깥으로 활 모양으로 휘어진 것을 말한다(Mansfied 등, 2009). 내반슬은 하지의 불안정성을 가중시켜 엉덩 관절, 무릎 관절, 발목 관절 등에 이상 부하를 전달하여 피로와 변형을 유발하고 신체 기능의 저하와 관절의 퇴행을 가속시킨다(Issa 등, 2007). 하지 발달 과정에서 출생 시에는 내반슬의 형태를 가지지만, 점진적으로 곧은 형태의 정렬로 되고 6~7세에 이르게 되면 성인의 슬관절 형태를 갖추게 된다(Kang, 2007). 이렇게 소아의 하지 발달과정 중에 관찰되는 내반슬은 대부분 치료 없이 자연 교정되지만(Shatarker 등, 2002), 8세 이후 관찰되는 특발성 내반슬의 경우 정확한 유병률과 치료지침이 제기되고 있지 않다(Kim과 Lim, 2014).

내반슬의 원인들로는 넙다리뒤근이 짧아지면서 무릎 관절의 가동 범위가 감소하면서 무릎 관절에 부하를 증가시키는 것과(Fisher 등, 2007), 넙다리네갈래근의 약화로 인한 정렬축의 변화가 하지정렬에 문제를 가져올 수 있다고 하였다(Yu와 Kim, 2015). 또한 내반슬은 무릎 관절의 슬개골이 이동할 때 과간구(intercondylar groove)에 스트레스를 가하면서(Heegaard, 1994), 역학적 움직임의 변형을 일으켜 구조적, 기능적 손상을 일으키는 원인이 된다(Hayes 와 Falconer, 1992). 이로 인한 스트레스가 증가해 슬개대퇴통증증후군(patella femoral pain syndrome)등 슬개골 부위에 문제를 발생시키고(Livingston, 1998), 무릎 관절의 불안정성은 퇴행성 골관절염을 일으키는 원인이 되며(Ecstein 등, 2008), 심각한 내반슬은 쉽게 피로감을 느껴 오래 걷지 못하고 무릎에 통증을 발생시키는 원인이 된다(Kang, 2009).

무릎 내반슬은 등급으로 구분하면 무릎 사이 거리 2.5 ㎝ 이하를 Ⅰ등급, 2.5~5 ㎝를 Ⅱ등급, 5~7.5 ㎝를 Ⅲ등급, 7.5 ㎝ 이상이면 Ⅳ등급이라 한다(Han, 2009). 무릎 사이 거리가 5 ㎝ 이상인 경우에는 중증 변형으로서 수술을 권하고 있지만(Han 등, 2011), 대퇴골 또는 경골의 회전 변형에 대한 교정 수술은 많은 합병증이 따른다고 보고되고 있다(Shatarker 등, 2002). 최근에는 내반슬 교정을 위한 운동 치료적 접근이 시도되었다(Kang 등, 2009).

내반슬 교정 운동 프로그램의 선행연구에는 스트레칭 운동이 운동 수행 능력과 근-골격계에 도움을 준다 하였고(Jacobson와 Speechley, 1990), 무릎 관절 주변의 근육을 강화하는 운동과 지속적인 스트레칭을 통해 내반슬을 개선할 수 있다고 하였다 (Han, 2009). 스쿼트 운동을 통한 내반슬 교정운동에서는 일반 스쿼트 운동보다 내로우 스쿼트 운동이 효과적이라고 하였다(Cho 등, 2015). 스쿼트는 주로 달리고, 뛰고, 던지는데 중요한 엉덩이, 허벅지와 등 근육을 강화시키는 운동이다(Manabe 등, 2007). 특히, 스쿼트 동작의 주동근 중 하나인 넙다리네갈래근(Ebben 등, 2008)은 무릎 동작을 조정하고, 관절의 안정성을 부여하며, 관절에 부하를 줄여주는 역할을 한다(Ahn 등, 2015). 스쿼트 운동시 스탠스 너비를 좁게 할수록 넙다리네갈래근의 활성도가 높아 집중적으로 훈련할 수 있으며, 스탠스 너비가 넓은 경우보다 가쪽넓은근의 활성도가 높다(Kim 등, 2017)

내반슬은 무릎 관절 질환이면서 보행 시 비정상 보행의 원인임을 고려할 때, 하지 정렬과 함께 보행을 동시에 연구하는 것은 매우 의미 있다고 할 수 있다(Lee, 2016). 하지만 대부분의 연구에서 무릎 사이 거리나 Q각 등 2차원적인 변인에만 초점을 맞추었고 내반슬 교정운동이 실제 보행에 미치는 영향에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 3차원 동작 분석 시스템을 이용하여 내반슬 교정 운동 중 내로우 스쿼트 운동으로 인한 하지 정렬 변화가 보행에 미치는 영향에 대해 연구하고자 한다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 내반슬 하지 변형자가 내로우 스쿼트 운동과 일반 스쿼트 운동를 수행하였을 때 일반 스쿼트 운동보다 내로우 스쿼트 운동 시 무릎 사이 거리에 유의한 변화가 있을 것이고, 무릎 관

Figure 1. Attachment areas of the body markers.

절 가동 범위 및 무릎 관절 내전 모멘트, 일률에 영향을 미치며 무릎 관절 내전 모멘트와 관절 각도의 관계가 있을 것이다.

Ⅱ. 연구방법

1.연구 대상자

본 연구는 자발적으로 지원한 충남도내 대학생들 중 내반슬 하지 변형자 23명을 대상으로 실시하였다. 내로우 스쿼트 운동군의 일반적 특성은 남성이 6명, 여성이 6명이었고, 무릎 사이 거리 6.41 ㎝, 평균 연령은 22.9세, 신장은 169.3 ㎝, 체중은 64.7 ㎏ 였고, 일반 스쿼트 운동군의 일반적 특성은 남성이 5명, 여성이 6명이었고, 무릎 사이 거리 6.36 ㎝, 평균 연령은 22.7세, 신장은 167.4 ㎝, 체중은 63.2 ㎏ 이었다. 실험군의 선정기준은 양쪽 발목 내과(medial malleolus)를 밀착시킨 상태에서 무릎 사이 거리가 5 ㎝ 이상인 내반슬(genu varum) Ⅲ 등급을 가진 자를 선정하여 심한 하지관절 구축이나 과도한 하지경직이 있는 자, 균형에 영향을 주는 약물을 복용하는 자, 운동절차를 이해하는데 어려움이 있는 자는 제외하였다.

2. 실험 도구 및 절차

6대의 적외선 카메라를 이용한 3차원 동작분석시스템(Vicon MX System, Oxford Metrics Ltd., Oxford, UK)을 사용하였으며, 표본추출률(sampling rate)은 120 Hz로 하였고, 지면 반력기의 표본추출률은 1000 Hz로 하였다. Woltering filter에서 MSE(mean squared error)값은 15로 설정하였고, 정적과 동적 교정(static and dynamic calibration)이 실험 전에 이루어 졌다. 인체 관절의 회전 중심을 구하기 위하여 무릎, 발목 관절의 너비, 다리 길이를 측정하였으며, 3차원 데이터를 수집하기 위하여 VICON사가 제시하는 Plug in Gait 마커 세트 14 ㎜ 구형 반사 마커를 피험자의 양쪽 전상 장골극, 양쪽 후상 장골극, 양쪽 대퇴, 양쪽 슬 관절, 양쪽경골, 양쪽 발목 관절, 양쪽 종골, 양쪽 중족 골두에 부착하였다(Figure 1).

대상자들은 운동 수행 전·후 정적인 자세에서 동작분석기의 Static Capture를 통해 마커 위치를 확인하였다. 보행 분석은 운동 전과 내로우 스쿼트, 일반 스쿼트 모두 100회 진행 후 시행하였고, 보행 시 매트로놈을 사용하여 편안한 속도로 보행한 후에 보행 속도를 통제하였다. 3회의 예비동작을 수행하였으며, 5회의 자료를 획득하여 정확한 수행으로 판단되는 3회의 자료를 분석하였다.

3. 실험방법

일반 스쿼트 운동군과 내로우 스쿼트 운동군의 운동 전·후 보행 시 무릎 관절의 관절 가동 범위, 무릎 내전 모멘트, 무릎 일률을 측정하였다. 내로우 스쿼트 운동은 일반 스쿼트 운동에서 양측 보간의 너비를 좁혀 양측 무릎이 닿은 상태로 하는 방법이다. 보행 주기는 지면 반력기를 통과하는 오른발의 접지기(heel strike)부터 동측발의 발 떼기(toe off)까지를 100%로 표준화 하였으며, 정규화(normalization)는 동작 분석 시스템에서 제공하는 polygon 프로그램을 사용하였다. 평균을 구해 일반 스쿼트 운동군과 내로우 스쿼트 운동군의 전·후를 비교 하였다. 운동형상학적(kinematics)인 데이터를 비교 분석 시 증가(+), 감소(-)로 관절 별 움직임을 나타내었고 무릎 관절의 일률과 내번 각도는 무릎 내전 모멘트 값의 정점에서, 관절 가동 범위는 보행 시 각 면에서 전 범위를 측정하였다.

무릎 사이 거리는 MATLAB 2012a(MathWorks Inc., Natick, MA, USA) 프로그램을 통해 운동 전·후 Static Capture를 통해 얻은 좌표 이미지를 분석하여, 무릎 사이 거리를 측정하였다. 마커 크기(실제 크기 14 ㎜)의 이미지 크기를 측정하여, 무릎 사이 거리를 계산하였다. 마커 크기에 해당하는 픽셀(pixel)당 실제 길이를 계산하였다. 이를 기반으로 무릎 사이 거리에 해당하는 픽셀을 측정하고 실제 길이를 계산하였다.

4. 분석방법

자료의 통계처리를 위해 윈도용 SPSS ver. 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 사용하였다. 대조군과 내로우 스쿼트군의 무릎 사이 거리와 보행 시 무릎 관절 가동 범위, 무릎 내전 모멘트, 무릎 일률의 평균 및 표준편차 값을 비교하였다. 동일 집단의 전·후 비교를 위하여 대응표본 t-검정(paired t-test)을 사용하였고, 집단 간 분석을 위하여 독립 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위해서 유의수준 α는 .05로 하였다.

Ⅲ. 결과

1. 각 집단의 운동 전·후 정적 기립 자세에서 측정된 무릎 사이 거리 비교

동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군은 무릎 사이 거리에서 유의한 감소가 있었고(p<.05), 일반 스쿼트 운동군은 유의한 차이가 없었다(p<.05). 두 집단의 운동 후 무릎 사이 거리를 비교하였을 때, 내로우 스쿼트 운동군이 일반 스쿼트 운동군보다 유의하게 줄어들었다(p<.05)(Table 1).

2. 각 집단의 운동 전·후 보행 시 무릎 관절 가동범위 비교

동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군에서는 무릎 관절 굴곡 및 신전 관절 가동 범위는 유의한 증가가 있었고(p<.05) 무릎 관절의 내번 및 외번, 회전 관절 가동 범위에서 유의한 감소가 있었다(p<.05). 일반 스쿼트 운동군에서는 무릎 관절 회전에서 유의한 감소가 있었다(p<.05). 운동 후 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 무릎 관절 내번 및 외번에서는 내로우 스쿼트 운동군에서 유의한 감소가 있었지만(p<.05), 무릎 관절의 굴곡과 신전, 회전 가동 범위에는 유의한 차이가 없었다(p<.05)(Table 2).

3. 각 집단의 운동 전·후 보행 시 무릎 내전 모멘트 비교

동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군, 일반 스쿼트 운동군 모두 유의한 차이가 있었고(p<.05), 운동 전 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었다(p<.05). 운동 후

Table 1. Comparison of distance between the knees after narrow/general squat exercise (N=23)

Variable	Narrow squat (n_1=12)			General squat (n_2=11)			Inter group p[a]
	Pre	Post	p	Pre	Post	p	
DBTK[b](°)	6.34±.34[c]	5.34±.65	.02*	6.41±.29	6.00±.25	.30	<.001*

[a]pre-post independent t-test, [b]distance between the knees, [c]mean±standard deviation, *p<.05.

Table 2. Comparison of knee joint range of motion during gait after narrow/general squat exercise

Plane	Narrow squat			General squat			Inter group p[a]
	Pre	Post	p	Pre	Post	p	
Sagittal (°)	56.01±1.47[b]	60.72±2.48	.01*	56.14±1.75	58.43±2.08	.56	.22
Frontal (°)	30.89±2.05	25.35±.820	<.001*	31.10±2.11	30.44±2.79	.40	<.001*
Transverse (°)	28.58±2.50	23.74±1.51	.01*	28.83±2.53	28.40±1.48	<.001*	.59

[a]pre-post independent t-test, [b]mean±standard deviation, *p<.05.

Table 3. Comparison of peak-knee adduction moment during gait after narrow/general squat exercise

Variable	Narrow squat			General squat			Inter group p[a]
	Pre	Post	p	Pre	Post	p	
PKAM[b] (Nm/kg)	1.20±.17[c]	.39±.10	.03*	1.00±.31	.73±.13	.04*	.16

[a]pre-post independent t-test, [b]peak-knee adduction moment, [c]mean±standard deviation, *p<.05.

내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었다(p<.05)(Table 3).

4. 각 집단의 운동 전·후 보행 시 무릎 일률 비교

동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군, 일반 스쿼트 운동군 모두 유의한 차이가 없었다(p<.05). 두 집단의 운동 후 무릎 사이 거리를 비교하였을 때 내로우 스쿼트 운동군이 일반 스쿼트 운동군보다 유의하게 줄어들었다(p<.05)(Table 4).

5. 각 집단의 운동 전·후 보행 시 무릎 내전 모멘트 정점과 내번 각도의 관계

동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군은 유의한 차이가 있었고(p<.05), 일반 스쿼트 운동군은 유의한 차이가 없었다(p<.05). 운동 전 일반 스쿼트 운동군과 내로우 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었고(p<.05), 운동 후 일반 스쿼트 운동군과 내로우 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었다(p<.05)(Table 5).

Ⅳ. 고찰

본 연구는 내반슬 하지 변형자의 내로우 스쿼트와 일반 스쿼트 운동 후 무릎 사이 거리와 보행 시 하지의 무릎 관절 가동 범위, 내전 모멘트, 일률에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 내반슬은 시간이 지남에 따라 걷거나 체중이 부하되는 운동 시 무릎 관절로 하중을 집중시킨다(Frost 등, 1994). 이는 무릎 관절의 기능에 많은 영향을 미치고(Wang 등, 1994), 무릎 내전 모멘트가 증가할수록 무릎의 내측 구획에 더 큰 하중이 지지되고 통증을 유발하기 때문에 내반슬 관리는 비정상 보행 예방에 필수적이다(Pollo 등, 1994). 본 연구에서는 내로우 스쿼트와 일반 스쿼트 운동을 통한 내반슬 교정이 무릎 사이 거리와 보행 시 무릎 관절 가동 범위와 내전 모멘트, 일률에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

본 연구에서 무릎 사이 거리에 대해 본 연구의 결과는 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 운동 전 무릎 사이 거리에는 유의한 차이가 없었고(p<.05), 운동 후 내로우 스쿼트 운동군에서 무릎 사이 거리가 6.34 ㎝에서 5.34 ㎝로 유의하게 감소하였다(p<.05). 내로우 스쿼트 운동은 일반 스쿼트 운동보다 상대적으로 모음근 스트레칭에 더 효과적이고(Na, 2013), 모음근 스트레칭은 내반슬과 무릎 사이 거리 교정에 효과적이라고 하였다(Han 등, 2010). 이는 내반슬 하지 변형자를 대상으로 내로우 스쿼트 운동과 일반 스쿼트 운동의 무릎 관절 사이 거리를 연구한 Lee 등(2016)의 연구에서 무릎 사이 거리가 7.85 ㎝에서 6.14 ㎝로 감소한 것과 동일한 경향을 보였다.

무릎 관절의 관절 가동 범위를 비교하였을 때, 내로우 스쿼트 운동군은 운동 후 무릎 관절의 굴곡 및 신전 가동 범위에는 유의한 증가가 있었으며, 내전 및 외전, 회전 관절 가동 범위에서는 유의한 감소가 있었다. 이는 스쿼트 운동이 무릎 관절 및 주변 조직에 영향을 미치기 때문이라고 하였다(Lee, 2012). 무릎 관절은 일상 생활동안 체중 부하를 견디며 정적 및 동적 안정성을 유지한다고 알려져 있다(Cho 등, 2015). 그러나 내반슬 하지 변형은 무릎 관절의 내측 편위 현상을 발생시킨다고 하였고(Heegaard, 1994), 내반슬 교정에는 무릎 관절 가동 범위

Table 4. Comparison of knee power during gait after narrow/general squat exercise

Variable	Narrow squat			General squat			Inter group p[a]
	Pre	Post	p	Pre	Post	p	
KP[b] (watt)	3.36±.49[c]	2.14±.33	.06	3.10±.70	2.48±.84	.52	.01*

[a]pre-post independent t-test, [b]knee power, [c]mean±standard deviation, *p<.05.

Table 5. Comparison of knee varus angle at peak-knee adduction moment during gait after narrow/general squat exercise

Variable	Narrow Squat			General Squat			Inter group p[a]
	Pre	Post	p	Pre	Post	p	
KVA[b]	8.51±3.10[c]	4.29±1.22	<.001*	8.69±2.36	4.96±1.70	.25	.19

[a]pre-post independent t-test, [b]knee varus angle, [c]mean±standard deviation, *p<.05.

를 정상화 하는 것이 필수요소라고 하였다(Han, 2009).

무릎 내전 모멘트를 비교하였을 때, 동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군이 유의하게 감소하였다. 스쿼트 운동은 엉덩 관절 근육 강화 및 모음근 스트레칭을 통해 무릎 관절의 내회전을 개선시켜 내전 모멘트 값이 감소된다고 하였고(Jung, 2016), 이번 실험에서 Nagura 등(2015)의 연구에서 측정된 내반슬 하지 변형자의 무릎 내전 모멘트 1.50±1.1 Nm/㎏와 일반인의 무릎 내전 모멘트 .60±.6 Nm/㎏을 비교하였을 때 내로우 스쿼트 운동군의 무릎 내전 모멘트 값이 일반인의 무릎 내전 모멘트 값에 가깝게 감소하였다.

무릎 일률을 비교하였을 때, 동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군, 일반 스쿼트 운동군 모두 유의한 차이가 없었고($p<.05$), 운동 전 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었다($p<.05$). 운동 후 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시에는 유의한 차이가 있었다($p<.05$).

무릎 내전 모멘트 정점 시 내반 각도를 비교하였을 때, 동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군은 유의한 차이가 있었고($p<.05$), 일반 스쿼트 운동군은 유의한 차이가 없었다($p<.05$). 운동 전 일반 스쿼트 운동군과 내로우 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었고($p<.05$), 운동 후 일반 스쿼트 운동군과 내로우 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었다($p<.05$). 보행 시 환자가 느끼는 통증은 무릎의 내측에서 외측 방향으로 작용되는 회전력의 크기에 비례한다고 하였고(Wolfe와 Brueckmann, 1991), Ogata 등(1997)은 내측 편위의 비정상적인 증가는 무릎 통증을 유발한다고 하였다. 또한 Jung 등(2004)의 연구에서 무릎 관절에 작용되는 내측 편위를 감소시키면 통증을 완화시켜 치료 효과를 기대할 수 있다고 보고하였다. 그러므로 내로우 스쿼트 운동을 통한 내반 각도의 감소는 내반슬 하지 변형자의 통증을 감소시킬 수 있다고 생각된다.

본 연구의 제한점으로는 내반슬 하지 변형의 원인에는 다양한 원인이 있고, 많은 연령대에서 나타나는 것에 비해 연구 대상자는 비슷한 연령대로 구성되어 있는 점과 이번 실험에서는 내반슬 교정에 대하여 즉각적인 운동효과를 보았기 때문에 일반화하는데 어려움이 있다. 추후 연구에서는 다양한 연령대의 내반슬 하지 변형자를 대상으로 일시적인 운동 효과가 아닌 중·장기적인 운동 적용 후 하지 관절뿐만 아니라 다른 관절들의 운동학적, 운동역학적 분석을 포함한 연구가 필요하다고 생각된다.

Ⅴ. 결론

본 연구는 내반슬 분류 Ⅲ 등급에 해당되는 20대 성인 환자 23명을 일반 스쿼트 운동군 11명과 내로우 스쿼트 운동군 12명으로 분류하여 운동 전·후 무릎 사이 거리 변화를 비교하였으며 운동 전·후 보행동안 집단 간 하지의 관절별 움직임에 대한 관절 가동 범위 변화를 확인하기 위해 실시하였다. 본 연구에서 무릎 사이 거리는 동일 집단 간 운동 처치 전·후 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군에서 유의한 감소를 보였으며($p<.05$), 운동 후 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군에서는 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 무릎 관절 가동 범위는 동일 집단 간 내로우 스쿼트 운동군에서 무릎 굴곡과 신전, 내전과 외전, 회전 관절 가동 범위에서 모두 유의한 변화를 보였으며($p<.05$), 일반 스쿼트 운동군에서는 무릎 관절 회전 관절 가동 범위에서만 유의한 감소를 보였다($p<.05$). 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 운동 후 비교 시에는 무릎 관절 내전과 외전 관절 가동 범위에서만 유의한 차이를 보였다($p<.05$). 무릎 내전 모멘트는 동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군, 일반 스쿼트 운동군 모두 유의한 차이가 있었고($p<.05$), 운동 전 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었다($p<.05$), 또한 운동 후 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시에도 유의한 차이가 없었다($p<.05$). 무릎 일률은 동일 집단 간 운동 전·후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군, 일반 스쿼트 운동군 모두 유의한 차이가 없었고($p<.05$), 운동 전 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 없었지만($p<.05$), 운동 후 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 비교 시 유의한 차이가 있었다($p<.05$). 무릎 내전 모멘트 정점 시 내반 각도의 관계는 동일 집단 간 운동 후 비교 시 내로우 스쿼트 운동군과 일반 스쿼트 운동군 모두 유의한 차이가 있었고($p<.05$), 동일 집단간 운동 전·후 내로우 스쿼트 운동군, 일반 스쿼트 운동군 비교 시 모두 유의한 차이가 없었다($p<.05$).

이상의 연구결과로 볼 때, 내반슬 하지 변형자에게 내로우 스쿼트 운동은 무릎 사이 거리를 감소시켜 무릎 관절 굴곡과 신전, 내전과 외전, 회전 가동 범위에 유의한 영향을 주었고, 무릎 내전 모멘트 값과 일률도 유의하게 감소하였다. 이러한 무릎 관절 가동 범위의 적절한 제한과, 내전 모멘트 감소는 내반슬 하지 변형자의

관절 스트레스를 감소시켜 신체의 역학적 안정성을 가져온다. 따라서 내반슬 하지 변형자의 내로우 스쿼트 운동은 무릎 사이 거리와 무릎 관절 가동 범위, 내전 모멘트, 일률의 변화를 볼 때 내반슬 교정에 효과적인 재활운동 방법이라고 할 수 있다. 즉, 구조적 변형이 아닌 근육의 불균형으로 인한 내반슬 하지 변형에는 내로우 스쿼트 운동을 통한 내반슬 교정이 관절에 주는 부하를 조절하고, 보행 시 신체적 안정성과 무릎 손상 예방에 있어서 도움을 줄 것이라 생각된다.

References

Ahn IK, Jeon KG, Kim DY. The immediate effects of kinesio taping on quadriceps induced fatigue by short-term squat. Korean Acad Orthop Manual Phys Ther. 2015:21(1)21-28.

Ebben WP, Feldmann CR, Dayne A, et al. Using squat testing to predict training loads for the deadlift, lunge, step-up, and leg extension exercises. J Strength Cond Res. 2008;22(6):1947-1949.

Fisher DS, Dyrby CO. Mündermann A, et al. In healty subjects without knee osteoarthritis. the peak knee adduction moment influences the acute effect of shoe interventions designed to reduce medial compartment knee load. J Othop Res. 2007; 25(4):540-546. https://doi.org/10.1002/jor.20157

Frost HM. Perspectives: A biomechanical model of the pathogenesis of arthroses. Anat Rec. 1994; 240(1):19-31. https://doi.org/10.1002/ar.1092400103

Han SM. A study on the effect of correction exercise on the space between knees of genu varum lower limbs deformation. Seoul, Kookmin University, Master Thesis. 2009.

Han SM, Lee KK, Ha S et al. The effects of correction exercise on hip joint angle, Q angle, and the distance between knees of genu varum patients. Korean Association of Certified Exercise Professionals. 2011;13(1):83-90.

Hayes KW, Falconer J. Differential muscle strength decline in osteoarthritis of knee A developing hypothesis. Arthritis Care Res. 1992;5(1):24-28.

Heegaard J, Leyvraz PF, Van Kampen A, et al. Influence of soft structures on patellar three-dimensional tracking. Clin Orthop Relat Res. 1994; 299:235-243.

Hsu RW, Himeno S, Coventry MB, et al. Normal axial alignment of the lower extremity and load-bearing distribution at the knee. Clin Orthop Relat Res. 1990;255:215-227.

Issa SN, Dunlop D, Chang A, et al. Full-limb and knee radiography assessment of varus-valgus alignment and their relationship to osteoarthritis disease features by magnetic resonance imaging. Arthritis Rheum. 2007;57(3):398-406.

Jacobson G, Speechley E. Soccer warming up and stretching. J Sports Med. 1990;5(3):17-21.

Jung JM. Analysis of squat on lower extremity joint kinetics and muscle activities in female genu varum. Seoul, Chungang University, Master Thesis. 2016.

Kang SH, Lee WJ, Kim TY et al. Possible effects of applying rehabilitation program upon bowlegged undergraduates' COG (Center of Gravity) oscillation and its correction. Journal of Sport and Leisure Studies. 2009;35(2):1061-1072.

Kang SH. Effect of rehabilitation programs on bowlegged college student. Keimyung University. Doctoral Dissertation. 2007.

Kaufman KR, Hughes C, Morrey BF, et al. Gait characteristics of patients with knee osteoarthritis. J Biomech. 2001;34(7):907-915.

Kim JY. Lim SG, Range of motion and isokinetic strength of hip joint in the college women with idiopathic genu vara. The Journal of The Korea Contents Association. 2014;14(10)210-217.

Kim KH, Choi HS, Ko SS. Effect of stance width and angles of knee on repetition, total work and EMG during squat. Asian J Kinesiol. 2017;19(3): 27-34.

Lee HI. Effect of self myofascial release, band, stretching exercise on the lower extremity alignment and gait in female genu varum. Chungang University, Master Thesis. 2016.

Lee JD. The biomechanical changes of the foot and lower extremity depending on dynamic squat types in flatfoot. Daegu, Daegu University, Doctoral Dissertation. 2012.

Lee SJ, Jin DY, No HJ, et al. The effects of squats exercise on the space the between the knees of person with genu-varum. Indian Journal of Science and Technology. 2016;9(25):1-5.

Livingston LA. The quadriceps angle: A review of the literature. J Orthop Sports Phys Ther. 1998; 28(2):105-109. https://doi.org/10.2519/jospt.1998.28.2.105

Na YC. Muscle activity analysis of erector spinae and rectus femoris depending on toe out angles in squat movement. Daejeon, Chungnam National University, Master Thesis. 2013.

Nagura T, Niki Y, Harato K, et al. Coronal knee moment during gait correlates with degree of valgus deformity. Osteoarthritis Cartilage. 2015; 23(2):A123.

Novak CB, Manckinnon SE. Repetitive use and static postures: a source of nerve compression and pain. J Hand Ther. 1997;10(2):151-159 https://doi.org/10.1016/S0894-1130(97)80069-5

Manabe Y, Shimada K, Ogata M. Effect of slow movement and stretch-shortening cycle on lower extremity muscle activity and joint moments during squat. J Sports Med Phys Fitness. 2007; 47(1):1-12.

Ogata K, Yasunaga M, Nomiyama H. The effect of wedged insole on the thrust of osteoarthritic knees. Int Orthop. 1997;21(5):308-312.

Perry J. Gait Analysis: Normal and Pathological Function. New Jersey. SLACK inc., 1992.

Shtarker H, Volpin G, Stolero J, et al. Correction of combined angular and rotational deformities by the llizarov method. Clin Orthop Relat Res. 2002;402:184-195.

Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor Control Translating Research into Clinical Practice. 3rd ed. Philadelphia, Lippincott Williams & Wilkins, 2006

Wang YT, Kim CK, Farrar V, et al. The effect of heel height on ground reaction in female normal walking. J Sport Leis Stud. 1994;2:187-196.

Wolfe SA, Brueckmann FR. Conservative treatment of genu valgus and varum with medial/lateral heel wedges. Indiana Med. 1991;84(9):614-615.

Yu BK, Kim EH. The effects of the correction exercise program combined with stretching and elastic band exercise on femoral intercondylar distance, Q-angle, plantar pressure in undergraduate with genu varum. J Korea Acad Industr Coop Soc. 2015;16(3):2064-2072.

This article was received July 6, 2018, was reviewed July 6, 2018, and was accepted August 10, 2018.