Korean Journal of Sport Biomechanics
Vol. 25, No. 3, 2015, 257-263

ISSN 1226-2226(Print), ISSN 2093-9752(Online)
http://dx.doi.org/10.5103/KJSB.2015.25.3.257
http://www.kssb.or.kr

신체질량지수, 하지관절의 모멘트, 지면반발력이 무릎외반슬에 미치는 영향

이용선[1]
[1] *세한대학교 대학원 물리치료학과*

The Effect of Genu Valgum on the Body Mass Index, Moment of Lower Limb Joints, Ground Reaction Force

Yong-Seon Lee[1]
[1] *Department of Physical Therapy, Graduate School, Sehan University, Yeongam, Korea*
Received 16 July 2015; Received in revised form 17 September 2015; Accepted 30 September 2015

ABSTRACT

Objective : The purpose of this study was to investigate the effect of genu valgum on the body mass index, movement of lower limb joints, and ground reaction force.

Methods : Gait patterns of 30 college students with genu valgum were analyzed and the static Q angle of the femur was measured for selecting genu valgum of the subjects. To analyze the kinetic changes during walking, the six-camera Vicon MX motion analysis system was used. The subjects were asked to walk 12 meters using the more comfortable walking method for walking. After they walked 12 meters more than 10 times, their most natural walking patterns were chosen three times and analyzed.

Results : As a result of measuring a relationship between genu valgum and Q-angle, as the Q-angle increases, it showed a genu valgum also increased. Body Mass Index showed a significant difference between the groups was higher in the genu valgum group.(p<.001). The analysis result showed that genu valgum had a significant effect on the internal rotation moment in the hip joint(p<.05). Also, genu valgum had a significant effect on the internal rotation moment of the knee joint(p<.05). The comparative analysis of the Medial-Lateral ground reaction force in the genu valgum group showed a tendency to increase the medial ground reaction force(p<.05). The vertical ground reaction forces of the middle of the stance phase(Fz0) showed a significant increase in genu valgum group(p<.05), in particular the results showed a decrease in the early stance phase(p<.001).

Conclusion : In conclusion, the change in body mass is considered to be made by proactive regular exercise for improvement of the genu valgum. In addition, the prevention of the deformation caused by secondary of the genu valgum in this study may be used as an indicator of the position alignment rehabilitation for structural and functional improvements. Applying a therapeutic exercise program for the next lap will require changes in posture alignment.

Keywords : Genu valgum, Moment, Q angle, Ground reaction force

Ⅰ. 서 론

보행은 걸어서 한 장소에서 다른 장소로 움직이는 것을 말하며 인간 활동의 기본이 되는 요소이다. 보행은 인간이 일상생활에서 수행하는 가장 자연스러운 동작으로써 인간의 활동 중 가장 높은 빈도를 보이며, 보행 시에는 하지의 수많은 골격근과 신경들이 총괄적으로 반응한다(Mohsen & Mark, 2002). 자세를 조절하거나 올바른 동작을 실시하기 위해서는 환경과 관련된 정보를 받아들이는 감각과 전정기관, 그리고 신체 분절의 환경에 대한 위치를 인지하는 체감각 뿐만아니라 신경근 조절과 근력도 중요하다(Kang, Yi & Lee, 2015). 보행의 동작 형태는 그 사회의 생활습관이나 의식구조와 같은 심리적 특성과 개인의 신체적 특성에 따라 다른 보행형태를 보일 수 있다. 특히 올바른 보행동작은 건강증진으로 연결되나 바르지

Corresponding Author : Yong-Seon Lee
Department of Physical Therapy, College of Health, Sehan University,
72 Sanho-ri, Samho-eup, Yeongam-gun, Jeollanam-do, Korea
Tel : +82-10-6550-4124 / Fax : +82-61-280-8100
E-mail : hoy4124@hanmail.net

Copyright@ 2015 by Korean Society of Sport Biomechanics

못한 동작은 신체의 불안정을 야기하며, 비정상적인 보행패턴으로 인한 근약화를 유발하여 신체불균형을 가지고 온다고 강조하고 있다(Woo, 2014, Lee, Kim, Shin, 2010).

Q-angle은 슬개골의 중심에서 전상장골극(ASIS)까지 이르는 긴 선과 경골조면(tibial tuberosity)에서 슬개골(patella) 중심으로 이르는 선과의 사이의 각이다. Q-Angle에 대한 정상범위에 대한 의견은 학자들에 따라 다소 차이가 있으나, 대부분의 연구에서는 정상적인 Q-angle의 범위를 10-15도라 하고, 남자는 15도 이상, 여자는 20도 이상일 경우를 Q-angle의 비정상적인 범위로 규정하고 있다(Neumann, 2002). Messie, Davis와 Curl (1991)은 달리기 운동선수 중에서 슬개대퇴통증증후군 환자의 Q-각이 정상군의 Q-각도 보다 크다는 것을 발견하였고, 무릎에 통증을 보이는 대상자의 Q-각을 측정한 결과 Q-각의 증가를 확인하였다. 그 결과 Q-각이 증가할수록 슬개대퇴관절의 압력을 증가시키고, 무릎 전방에 통증이 발생하게 된다(Dixit, DiFiori & Burtonet, 2007). 특히 스쿼트(squat)동작, 계단 보행과 같은 동작에서 Q-각은 변화를 많이 나타내고, 과도한 Q-각의 변화가 발생될 때 슬대대퇴관절의 압력을 증가시킨다고 하였다(Powers, 2003).

무릎외반슬은 무릎관절에서 대퇴장축과 하퇴장축이 이루는 각이 약 6도 외측으로 기울게 되어, 체중 부하가 무릎 관절의 외측에 많이 걸리게 되는데 그 정도가 심해진 경우를 말한다. 무릎외반슬은 인대의 이완, 대퇴사두근의 약화, 비만, 영양실조, 장경인대의 단축 등이 원인이다(Rouse, 1996). Pretkiewicz (2006)의 연구에서는 무릎외반슬 그룹에서 과체중과 척추전만증, Gettys, Jackson과 Frick (2011)은 비만이 관계가 있다고 하였다. 무릎 외반슬을 가진 사람들은 대퇴골의 과도한 내회전 및 내전이 나타나고, 이 움직임은 안쪽붕괴(Powers, 2003, Levinger & Gilleard, 2007) 또는 동적 무릎관절의 불안정성으로 나타난다(Hewett, Myer & Ford, 2005). 대퇴 내회전의 움직임은 슬개골을 외측면으로 압력방향을 이동시키고, 접촉된 압력이 반복되면서 연골의 손상과 연골 밑 뼈의 자극을 초래하여 통증이 나타나게 된다(Cahue et al., 2004). 무릎외반슬이 있는 사람들에게서 손상받을 수 있는 구조물은 경골대퇴관절, 슬개대퇴 관절, 장경인대, 근육 조직을 포함한다. 많은 연구들은 무릎외반슬과 관련된 운동손상과 무릎관절 손상에 대해 증명해 왔으며, 부분적인 평가보다는 전체적인 다리의 문제점을 평가하는 것의 중요성을 강조하였다(Willson & Davis, 2008, Noehren, David & Hamill, 2007).

하지의 가장 밑에 위치한 발은 상부의 수직 에너지와 지면반발력 등의 균형을 맞추어 줌으로써 인간의 보행에 매우 중요한 기능을 한다(Angela & Evans, 2003). 발뒤꿈치, 발바닥 그리고 발끝으로 이어지는 운동과정을 통해 보행이 일어나고, 발뒤꿈치 접지 시에 나타나는 충격력 및 제어력 그리고 족저압력의 분포 등이 상해와 관련이 있으며, 이러한 연구들이 활발히 진행되고 있다(Nigg, Hintzen & Ferberet, 2006). Hintermann et al. (1994)의 연구에서는 무릎관절의 회전에 따른 발의 움직임에 대한 발의 굴곡 위치와 수직하중이 미치는 영향을 연구하였다. 과도한 발 외반과 비정상적인 무릎관절 회전은 무릎부상과 관련이 있고, 다리와 발의 기계적 조합은 무릎 부상의 병인과 관련이 있었다. 보행에 있어서 하지의 생체역학적인 기전(Mechanism)이 제대로 작동하지 않는다면 인류의 가장 큰 특징인 직립보행을 하는데 많은 어려움이 발생할 것이다. 임상적으로 무릎외반슬은 여성에게 더욱 일반적이지만 젊은 성인의 경우 무릎외반슬은 남성에게도 많이 나타날 수 있으므로 개별화된 접근을 하는 것이 필요하다(Sahrmann, 2002).

따라서 이 연구에서는 신체질량지수, 하지관절의 모멘트, 지면반발력이 무릎외반슬에 미치는 영향을 조사하여, 무릎외반슬로 인한 이차적으로 발생하는 변형을 예방하고, 구조적, 기능적 향상을 위해 자세정렬 재활훈련의 지표로 사용하고자 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구의 대상은 전남 소재 M대학교 대학생 중 일상생활을 하고 있으며, 보행의 과거력 및 현 병력이 없고, 신경학적, 정형외과적 병력이 없는 대상자를 선정하였다. 모든 대상자들에게 본 연구의 목적 및 내용을 충분히 설명하고 동의를 얻은 후 연구를 실시하였다. 연구대상자의 일반적 특성을 알아보기 위하여 체성분석기(InBody J05, Biospace, USA)를 이용하여 측정한 결과는 다음과 같았다(Table 1).

Table 1. General characteristics of the subjects

Characteristics	Normal Group(n=15)	Genu valgum Group(n=15)
Age (years)	24.20±2.21	23.87±3.43
Height (cm)	172.62±6.33	173.26±5.80
Weight (kg)	68.54±5.22	73.11±4.96
BMI (kg/m^2)	19.81±1.83	24.86±2.12

Values are *Mean*±*SD*, BMI : body mass index

2. 연구설계

본 연구는 보행분석을 통해 보행주기의 변화치를 비교분석하기 위하여 총 30명 중 정상그룹(15명)과 무릎외반슬 그룹(15

명)을 배치하고, 먼저 대상자의 일반적 특성을 측정한 후 보행분석을 실시하여 운동역학적으로 분석하는 실험설계이다.

3. 측정방법

보행분석에 앞서 검사실의 주위 환경을 대상자가 불편함을 느끼지 않도록 가장 쾌적하게 만들고 실내온도는 26℃로 유지하였으며, 연구 대상자 개개인에게 실험방법에 대해 충분히 설명하고 순조로운 진행과 실험절차를 알려주기 위해 연구 보조원이 시범을 보인 후 측정하였다.

1) 정적인 Q각도의 측정 (Static Q angle)

대상자들의 무릎 각도에 따른 Q-각(Q-angle)을 측정하기 위해서 하지와 골반의 주요관절과 근육에 마커(marker)를 Plug-In-Gait model을 위한 Vicon guidelines를 따라 부착하였으며, Q-각 측정을 위하여 전상장골극, 슬개골 중심과 경골조면에 추가로 부착하였다. 직경 1.4 cm의 구형 마커를 사용하였다(Table 2).

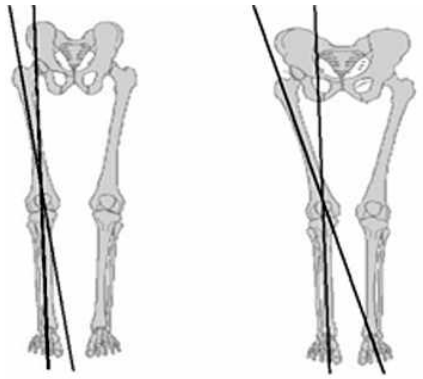
Table 2. Marker location

Marker	Location
1 and 2	Bilateral PSIS
3 and 4	Bilateral ASIS
5 and 6	Midway between the hip and knee, lateral surface of the thigh
7 and 8	Lateral femoral epicondyle
9 and 10	Midway between the knee and ankle, lateral surface of the shank
11 and 12	Lateral malleolus
13 and 14	Calcaneal tuberosity
15 and 16	Proximal to the second metatarsal head
17 and 18	Center of patella
19 and 20	Tibia tuberosity

ASIS : anterior superior iliac spine
PSIS : posterior superior iliac spine

Q-angle은 슬개골의 중심에서 전상장골극(ASIS)까지 이르는 긴 선과 경골조면(tibial tuberosity)에서 슬개골(Patella) 중심으로 이르는 선과의 사이의 각이다(Figure 1).

무릎 각도 0°에서 Q-각을 측정하기 위하여 대상자는 선 자세에서 앞을 똑바로 본 채 편안한 자세로 무릎이 펴진 상태에서 기립하고, 분석을 위해 3회씩 측정하여 평균값을 계산하였다(Table 3).



a. Normal b. genu valgum

Figure 1. Static Q angle

Table 3. Static Q-angle (unit: °)

	Normal Group(n=15)	Genu valgum Group(n=15)
Q-angle	11.55±3.84	18.69±3.41

Values are *Means*±*SD*

2) 보행분석

대상자들의 보행검사는 6-camera Vicon MX motion analysis system을 이용하여 보행 시의 3차원적 관절에 운동역학적 변화를 검사하였다. 검사 직전 카메라에서 발생될 수 있는 오차를 교정한 후 하지와 골반의 주요 관절과 근육에 표지자를 부착하고, 힘판 위에 기립 정지상태에서 각 관절의 위치를 Vicon optical motion capture system에 연결된 컴퓨터 화면에서 정적 검사를 시행하였고, 재구성과 라벨링은 Vicon IQ software를 사용하여 수행되었다. 동적 검사는 동일한 표지자를 부착한 상태에서 10 m 거리를 걷게 하였으며 10회 반복 보행 후 가장 자연스러운 보행 양상을 3회 택해 분석하였다. Vicon optical motion capture system을 통해 얻어진 데이터를 사용하여 Vicon Nexus and Polygon 프로그램으로 처리하였고, 각 관절의 3차원적 운동역학적 분석을 하였다. 운동역학적 분석은 이러한 운동형상학적 자료와 보행로의 중앙부 바닥에 설치되어 있는 2개의 힘판을 이용해 역 동역학 방법으로 측정하였고, 검사 후 얻어진 모든 보행주기별 자료는 그 평균치를 내어 통계처리 후 분석하였다.

4. 분석방법

본 연구의 통계학적 분석은 상용통계프로그램인 SPSS/win 20.0버전을 사용하였다. 측정항목의 모든 자료는 평균과 표준편차로 나타냈으며, 운동역학적 매개변수에 대한 모든 통계학

적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α는 0.05로 하였다. 일반적 특성과 정적 Q-angle은 기술통계, 신체질량지수와 지면반발력은 독립표본 *t*-검정을 실시하였고, 하지관절의 모멘트는 다중회귀분석을 실시하였다.

III. 결 과

1. 신체질량지수가 무릎외반슬에 미치는 영향

두 집단의 신체질량지수가 무릎외반슬에 영향을 미치는 지에 대한 결과는 다음과 같다<Table 4>. 정상 그룹과 무릎외반슬 그룹의 신체질량지수는 통계적으로 유의한 차이가 있으며 (p<.001), 무릎외반슬 그룹의 신체질량지수가 정상그룹보다 높은 것으로 판단되었다.

Table 4. The effect of genu valgum on BMI (unit: kg/m^2)

	Normal Group(n=15)	Genu valgum Group(n=15)	*t*	*p*
BMI	19.81±1.83	24.86±2.12	-6.977	.000*

Values are Means±SD, *p<.001
BMI : body mass index

2. 엉덩관절의 모멘트가 무릎외반슬에 미치는 영향

엉덩관절의 모멘트가 무릎외반슬에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 시행하였다. 우선 무릎관절의 외반슬을 이용한 다중회귀분석에서 변수로 엉덩관절 내회전 모멘트, 엉덩관절 외회전 모멘트, 엉덩관절 외전 모멘트, 엉덩관절 내전 모멘트를 투입한 결과 F 통계값은 5.896, 유의확률은 .021으로 보행에 대해 유의하게 설명하고 있다. 개별 변수에 대한 기여도와 통계적 유의성을 검정한 결과, 유의수준 .05에서 보행에 유의하게 영향을 미치는 변수는 엉덩관절 내회전모멘트 (t=2.850, p=.025)이며, 변수와 상대적 기여도를 나타내는 표준화 계수에 의하면 엉덩관절 내회전모멘트(Beta=.572), 엉덩관절 외전모멘트 (Beta=.421), 엉덩관절 외회전모멘트 (Beta=.254) 순으로 보행에 영향을 미치며 다중회귀분석의 설명력은 77.1%이었다(Table 5).

Table 5. The effect of genu valgum on moment of hip joint (unit: Nm/kg)

Test	Genu valgum Group(n=15)			
	B	Beta	*t*	*p*
HIRM	2.640	.572	2.850	.025*
HERM	1.470	.254	1.185	.275
HABM	.531	.421	1.436	.194
HADM	0.97	.065	.233	.823

adjusted R square=.771, F=5.896, p=.021 (p<.05)
*p<.05
HIRM : Hip internal rotation moment
HERM : Hip external rotation moment
HABM : Hip abduction moment
HADM : Hip adduction moment

3. 무릎관절의 모멘트가 무릎외반슬에 미치는 영향

무릎관절의 모멘트가 무릎외반슬에 미치는 영향을 알아보기 위해 다중회귀분석을 시행하였다. 우선 무릎관절의 외반슬을 이용한 다중회귀분석에서 변수로 무릎관절 외회전 모멘트, 무릎관절 내회전모멘트, 무릎관절 굴곡모멘트, 무릎관절 신전모멘트를 투입한 결과 F 통계값은 9.836, 유의확률은 .008으로 보행에 대해 유의하게 설명하고 있다. 개별 변수에 대한 기여도와 통계적 유의성을 검정한 결과, 유의수준 .05에서 보행에 유의하게 영향을 미치는 변수는 무릎관절 내회전모멘트 (t=6.205, p=.001)이며, 변수와 상대적 기여도를 나타내는 표준화 계수에 의하면 무릎관절 내회전모멘트(Beta=.965)가 보행에 영향을 미치며 다중회귀분석의 설명력은 86.8%이었다(Table 6).

Table 6. The effect of genu valgum on moment of knee joint (unit: Nm/kg)

Test	Genu valgum Group(n=15)			
	B	Beta	*t*	*p*
KERM	-2.967	-.356	-2.071	.084
KIRM	2.858	.965	6.205	.001*
KFM	-.193	-.055	-.342	.744
KEM	-.152	-.098	-.609	.565

adjusted R square=.868, F=9.836, p=.008 (p<.05)
*p<.01
KERM : Knee external rotation moment
KIRM : Knee internal rotation moment
KFM : Knee flexion moment
KEM : Knee extention moment

4. 내 · 외측 지면반발력이 무릎외반슬에 미치는 영향

내·외측 지면반발력에 대한 각 그룹의 변화를 분석한 결과는 다음과 같다<Table 7>. 무릎외반슬 그룹에서 내·외측 지면반발력은 처음 지면과 접촉 시 발이 체중을 지지할 때 유연하게 함으로 충격을 완화하는 부하 반응기 중간에서의 4.17±1.78% BW의 최대 내측 지면반발력(FML1)과 발의 안정성을 유지시켜 주고 추진력을 발휘할 수 있도록 해주는 말기 입각기에서의 6.14±1.48% BW의 최대 외측 지면반발력(FML2)이 나타나

는 결과를 보였다. 내·외측 지면반발력의 최대값 비교분석에서는 무릎외반슬 그룹에서 최대 내측 지면반발력이 증가하는 양상을 보였고, 정상 그룹과 무릎외반슬 그룹 사이에서 유의한 차이를 보였다(p<.05).

Table 7. The effect of genu valgum on Medial-Lateral GRF (unit: % BW)

	Normal Group(n=15)	Genu valgum Group(n=15)	t	p'
FML1 max	2.85±1.26	4.17±1.78	-2.341	.027*
FML2 max	5.74±1.19	6.14±1.48	-.811	.424

Values are Means±SD, *p<.05
GRF : ground reaction force

5. 수직 지면반발력이 무릎외반슬에 미치는 영향

수직 지면반발력에 대한 각 그룹의 변화를 분석한 결과는 다음과 같다<Table 8>. 무릎외반슬 그룹에서 수직 지면반발력은 신체의 무게 중심이 빠르게 떨어지고 체중 가속의 효과가 나타나는 초기입각기(Fz1)에서 102.26±4.12% BW, 기준 발 위로 신체가 앞으로 구르며 무게 중심이 올라가면서 생기는 중간입각기(Fz0)에서 73.87±7.80% BW, 그리고 무게 중심이 떨어지고 하방으로 가속하는 것을 가리키는 말기입각기(Fz2)에서 107.07±5.84% BW를 나타내는 결과를 보였다. 수직 지면반발력의 비교분석에서는 그룹 간 유의한 차이를 보였는데, 무릎외반슬 그룹의 중간입각기(Fz0)에서 증가를 보였고(p<.05), 특히 초기입각기에서 현저히 감소하는 결과를 보였다(p<.001).

Table 8. The effect of genu valgum on Vertical ground reaction force (unit: % BW)

	Normal Group(n=15)	Genu valgum Group(n=15)	t	p'
Fz1	114.72±8.50	102.26±4.12	-5.104	.000**
Fz0	68.01±7.23	73.87±7.80	2.132	.042*
Fz2	112.65±9.21	107.07±5.84	-1.982	.057

Values are Means±SD, *p<.05, **p<.001

Ⅳ. 논 의

Tecklin 등 (2008)은 외반슬을 가지는 학생의 신체질량지수(BMI)를 표준 신체질량지수와 비교해 본 결과 평균보다 높은 것으로 나타났다. 비교적 높은 신체질량지수를 가지고 있으며, 외반슬이 과체중 및 비만과 관련이 있다는 기존의 선행연구와 일치하는 경향으로 나타났다. 본 연구의 결과에 의하면 정상 그룹과 무릎외반슬 그룹의 신체질량지수는 통계적으로 유의한 차이가 있으며(p<.001), 무릎외반슬 그룹의 신체질량지수가 정상그룹보다 높은 것으로 나타났다. 신체질량지수가 높은 비만의 개선이 무릎외반슬로 인한 이차적 통증이나 변형을 줄이는데 도움을 주는 것으로 사료된다.

무릎외반슬은 과도한 Q각과 상관성이 있다고 보고되고 있으며(Bolgla, Malone & Umbergeret, 2008), Q각이 남자의 정상 각도인 15도를 넘어서면 무릎의 외반(valgus)이 나타나는데, 무릎에 과도한 압력을 주어 하지에 변형을 유발시킨다고 보고하였다(Neumann, 2002, Fung & Zhang, 2003). 이에 본 연구의 결과에 의하면 무릎외반슬의 과도한 무릎외반을 관찰하기 위한 Q각과의 상관성을 보았을 때, Q각이 증가할수록 무릎외반슬이 증가됨을 나타내었다. 이는 과도한 Q각이 대퇴무릎관절에 스트레스를 주며 계단을 내려올 때 불편함을 보이는 증상과의 상관성도 있을 것으로 사료된다.

Sobczak 등 (2012)은 엉덩관절의 회전은 외측, 내측 무릎관절염을 유발하는 요인으로 간주하여, 엉덩관절의 비틀림 장애를 가진 대상자의 대퇴경골의 운동사이의 관계를 연구하였다. 엉덩관절의 비틀림에 의해 경골의 내회전, 외전, 내전이 유의한 영향을 받았다. 만성 무릎관절염은 엉덩관절 비틀림 변형에 의해 영향을 받을 수 있으며, 임상의 관련성이 높다고 하였다. Christian 등 (2012)은 보행 동안의 엉덩관절 내회전이 종골의 외반에 미치는 영향에 대한 관계를 알아보았다. 엉덩관절 내회전의 최대 운동범위는 발의 외반 최대 운동범위와 관련이 있었고, 엉덩관절의 내회전과 발의 외반의 관계는 하지의 기능적 움직임에 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다. 이에 본 연구의 결과에 의하면 엉덩관절 내회전이 보행에 영향을 미치는 유의성을 확인하였다(p<.05). 엉덩관절의 내회전은 경골의 내회전을 증가시키고, 슬개골의 내측 평행이동에 감소를 유발하며, 하지의 움직임이 일어날 때 엉덩관절의 내회전이 비정상적인 대퇴경골의 움직임에 변화를 유도한다고 사료된다.

Levinger 와 Gilleard (2005)의 연구에서는 슬개대퇴관절에 통증이 있는 그룹과 정상인을 대상으로 동작분석을 하였고, 입각기 동안 무릎관절의 내회전과 발의 외반에 시간적 순서의 상관관계를 조사하였다. 발의 외반 타이밍과 무릎관절의 내회전 타이밍은 유의한 차이가 있었다. Callaghan 과 Baltzopoulos (1994)는 슬개대퇴통증군에서 말기입각기에 발의 외반에서 유의한 차이점이 나타났고, 보행 동안 비정상적인 발의 외반 움직임은 무릎관절 내회전의 결과로 슬개대퇴통증증후군의 유발요인으로 생각된다고 보고하였다. 무릎관절의 내회전 움직임은 부정적인 슬개대퇴관절 역학에 영향을 미치는 것으로 나타났다(Li, DeFrate & Zayontz, 2004). 이에 본 연구의 결과에 의하면 무릎관절 내회전이 보행에 영향을 미치는 유의성을 확

인하였다(p<.05). 무릎외반슬을 가진 대상자들은 무릎관절 내회전을 일으키는 이론적 근거를 기반으로 과도한 발의 외반을 유발하고, 발의 외반과 무릎관절의 내회전의 협응 부족으로 인하여 변형된 비정상적인 움직임이 나타났다고 사료된다.

Levinger 등 (2007)은 슬개대퇴통증증후군(13명)과 대조군(14명)을 보행의 입각기 동안 종골과 경골의 움직임, 지면 반발력을 측정하고 비교하여 연관성을 알아보았다. 분석한 결과 슬개대퇴통증 그룹에서 종골의 외반에 지연을 보였고, 배측굴곡이 유의하게 더 빨리 발생되었다. 또한 내측 지면반발력, 수직지면반발력, 말기입각기 시의 지면반발력은 유의하게 낮았다. 이에 본 연구의 결과에 의하면 내·외측 지면반발력의 최대값 비교분석에서는 무릎외반슬 그룹에서 발의 최대 회내 정점이 증가하는 양상을 보였고, 정상 그룹과 무릎외반슬 그룹 사이에서 유의한 차이를 보였다(p<.05). 수직 지면반발력의 최대값 비교분석에서는 그룹 간 유의한 차이를 보였는데, 무릎외반슬 그룹의 중간입각기(Fz0)에서 증가를 보였고(p<.05), 특히 초기입각기에서 현저히 감소하는 결과를 보여(p<.001), 선행 연구와 부분 일치하였다(Levinger & Gilleard, 2007, Kirby, 2000). 따라서, 보행의 입각기 동안 비정상적인 발 기능의 부족한 추진력이 나타나고, 지속적인 발바닥 힘을 생성하는 능력을 저하시켰다. 발에 외반의 비정상적인 타이밍은 하지관절 운동의 시간적 순서를 방해하고, 발에 외반 변형을 초래하여 보행에 비정상적인 움직임이 나타났다고 사료된다.

V. 결 론

이 연구는 대학생 30명을 대상으로 신체질량지수, 하지관절의 모멘트, 지면반발력이 무릎외반슬에 미치는 영향을 운동역학적으로 분석하였다. Q각이 증가할수록 무릎외반슬이 증가됨을 나타내었고, 무릎외반슬 그룹의 신체질량지수는 통계적으로 유의한 차이가 있으며(p<.001), 정상그룹보다 높은 것으로 나타났다. 무릎외반슬 그룹에서 엉덩관절과 무릎관절의 내회전모멘트가 보행에 영향을 미치는 유의성을 확인하였다(p<.05). 내·외측 지면반발력의 비교분석에서는 무릎외반슬 그룹에서 발의 최대 내측 지면반발력이 증가하는 양상을 보였고(p<.05), 수직 지면반발력의 비교분석에서는 무릎외반슬 그룹에서 중간입각기의 지면반발력(Fz0)이 증가를 보였으며(p<.05), 초기입각기에서 현저히 감소하는 결과를 보였다(p<.001).

본 연구의 결론은 무릎외반슬의 개선을 위해서는 장기간의 규칙적인 운동으로 신체질량지수의 변화가 선행적으로 이루어져야 한다고 사료되고, 엉덩관절의 비틀림에 의해 경골의 내회전, 발의 외반이 유의한 영향을 받을 수 있으며, 임상의 관련성이 높은 것으로 생각된다. 보행 동안 비정상적인 발의 외반 움직임은 무릎관절의 과도한 내회전의 결과로 슬개대퇴통증의 유발 요인으로 나타난다고 생각되고, 하지관절 역학에 영향을 미치는 것으로 사료된다. 또한, 무릎외반슬로 인한 이차적으로 발생하는 변형을 예방하고, 구조적, 기능적 향상을 위해 자세정렬 재활훈련의 지표로 사용될 수 있을 것이다. 향후 무릎외반슬의 치료적 운동프로그램을 적용하여 자세정렬변화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

Angela, M., & Evans, D. (2003). Reliability of the foot posture index and traditional measures of foot position, *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 93.

Bolgla, L. A., Malone, T. R., Umberger, B. R., & Uhl, T. L. (2008). Hip strength and hip and knee kinematics during stair descent in females with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 38(1), 12-18.

Cahue, S., Dunlop, D., Hayes, K., Song, J., Torres, L., & Sharma, L. (2004). Varus-valgus alignment in the progression of patellofemoral osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 50, 2184-2190.

Callaghan, M. J., & Baltzopoulos, V. (1994). Gait analysis in patients with anterior knee pain. *Clinical Biomechanics*, 9, 79-84.

Christian, J., Barton, Pazit, Levinger, Kay, M., Crossley, Kate, E., Webster, Hylton, & B. Menz. (2012). The relationship between rearfoot, tibial and hip kinematics in individuals with patellofemoral pain syndrome. *Clinical Biomechanics*, 27, 702-705.

Dixit, S., DiFiori, J. P., Burton, M., & Mines B. (2007). Management of patellofemoral pain syndrome. *American Family Physician*, 75(2), 194-202.

Fung, D. T., & Zhang, L. Q. (2003). Modeling of ACL impingement against the intercondylar notch. *Clinical Biomechanics*, 18(10), 933-941.

Gettys, F. K., Jackson, J. B., & Frick, S. L. (2011). Obesityin pediatric orthopedics. *Orthopedic Clinics of North America*, 42(1), 95-105.

Hewett, T. E., Myer, G. D., & Ford, K. R. (2005). Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: a prospective study, *American Journal of Sports Medicine*, 33(4), 492-501.

Hintermann, B., Nigg, B. M., Drscnat, Sommer, C., Cole, G. K., & Eng, P. (1994). Transfer of movement between calcaneus and tibia in vitro. *Clinical Biomechanics*, 9(6), 349-355.

Kang, J. E., Yi, K. O., & Lee, T. Y. (2015). The effect of multisensory exercise on foot pressure sensitivity, balance for the elderly.

Korean Journal of Sport Biomechanics, 25(1), 95-101.

Kirby, K. A. (2000). Biomechanics of the normal and abnormal foot. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 90, 30-34.

Levinger, P., & Gilleard, W. (2007). Tibia and rearfoot motion and ground reaction forces on subjects with patellofemoral pain syndrome during walking. *Gait & Posture*, 25(1), 2-8.

Levinger, P., & Gilleard, W. L. (2005). The relationship between rearfoot eversion and tibia internal rotation in patellofemoral pain syndrome individuals during walking. *Biomechanics and Orthopaedic Disorders*, 21(1), 79.

Lee, Y. T., Kim, H., & Shin, H. S. (2010). The effect of training program for the balance on the gait stability. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(4), 373-380.

Li, G., DeFrate, L. E., Zayontz, S., Park, S. E., & Gill, T. J. (2004). The effect of tibiofemoral joint kinematics on patellofemoral contact pressures under simulated muscle loads. *Journal of Orthopaedic Research*, 22, 801-806.

Messier, S. P., Davis, S. E., Curl, W. W., Lowery, R. B., & Pack, R. J. (1991). Etiologic factors associated with patellofemora pain in runners. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 23(9), 1008-1015.

Mohsen, R., & Mark, E. (2002). Foot type clasification: acritical review of current methods. *Gait & Posture*, 15(58), 282-291.

Nigg, B. M., Hintzen, S., Ferber, R. (2006). Effect of an unstable shoe construction on lower extremity gait characteristics, *Clinical Biomechanics*, 21, 82-88.

Noehren, B., David, I., & Hamill, J. (2007). Prospective study of the biomechanical factors associated with iliotibal band syndrome, *Clinical Biomechanics*, 22(9), 951-956.

Neumann, D. A. (2002). *Kinesiology of the Musculoskeletal System*. Foundation for physical rehabilitation, St Louid, Mosby, 2ed 545.

Powers, C. M. (2003). The influence of altered lower extremity kinematics on patellofemoral joint dysfunction: a theoretical perspective. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 33(11), 639-646.

Pretkiewicz, A. E. (2006). A comparison ofbodypositioning in children with and without genu valgum. *Gait & Posture*, 24(2), 184-186.

Rouse, S. J.(1996). The role of the iliotibial band tract in patellofemoral pain and iliotibial band friction syndromes. *Physiotherapy*, 82, 199-202.

Sahrmann, S. A. (2002). *Diagnosis and Treatment of Movement Impairment Syndromes*. St Luis, Mosby, Inc.

Sobczak, S., Dugailly, P. M., Baillon, B., Lefevre, P., Rooze, M., Salvia, P., & Feipel, V. (2012). In vitro biomechanical study of femoral torsion disorders: Effect on femoro-tibial kinematics. *Clinical Biomechanics*, 27, 1011-1016.

Tecklin, J. S. (2008). *Pediatric Physical Therapy. (4th ed.).* Philadelphia : J. B. Lippincott Company.

Willson, J. D., & Davis, I. S. (2008). Lower extremity mechanics of females with and without patellofemoral pain across activities with progressively greater task demands, *Clinical Biomechanics*, 23(2), 203-211.

Woo, B. H. (2014). Characteristics for gait of the induced equinus in normal subjects. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 24(4), 435-443.