

보행 시 농작업 종사자들의 슬관절 퇴행성 등급에 따른 지면반력 특성 분석

이경일¹ · 이철갑² · 홍완기¹ · 김민¹

¹조선대학교 체육대학 체육학과 · ²조선대학교 의과대학 직업환경의학과

Analysis of the Characteristics of Ground Reaction Force According to the Level of Knee Osteoarthritis During Gait

Kyung-Ill Lee¹ · Chul-Gab Lee² · Wan-Ki Hong¹ · Min Kim¹

¹Department of Physical Education, College of Physical Education, Chosun University, Gwangju, Korea

²Department of Occupational and Environmental Medicine, School of Medicine, Chosun University, Gwangju, Korea

Received 29 October 2015; Received in revised form 7 December 2015; Accepted 18 December 2015

ABSTRACT

Objective : This study was conducted with an aim to use it as basic data for developing assistive devices, such as insoles that can suppress the progress of degenerative diseases and strategies, to improve early degenerative diseases by assessing walking characteristics of farm workers who were classified as KL-grade in the perspective of motor mechanics.

Method : 38 male and female adults who complained of knee joint pain for more than six months were selected, and they were classified according to KL-grade. KL-grade was assessed by an orthopaedic specialist and an occupational environment health specialist. Filming equipment (FX-1, CASIO, Japan) and a ground reaction force system (AMTI OR6, AMTI, USA) were used to identify ground reaction force characteristics, and WOMAC was used for a pain rating scale.

Results : There was a difference between the right and left side (axis-X) according to KL-grade, and when the grade was higher, the internal ground reaction force was also higher. Changes in COP were not affected by KL-grade of the knee joint, but it tended to increase as the grade increased. There were differences in the time required for limb support while walking according to the grades, and when the grade was higher, walking was more inefficient with long braking force and short propulsion forces. Also, pain rating scale, the right and left side, and COP changes while in support phase were related.

Conclusion : There was a partial, statically significant difference in KL-grade and ground reaction force occurring during the support phase, and there were differences in ground reaction forces according to the grades of degenerative arthritis in the knee joint, indicating that this study is worthy as basic data for future studies.

Keywords : KL-grade, GRF, Osteoarthritis, Stability

1. 서 론

본 연구는 ‘중량물 취급 보행 시 하지의 역학적 정렬에 따른 생체역학적 변화 분석’의 두 번째 보고로 위 논문의 제언을 바탕으로 의학적 기준에서의 병적(morbid)정렬에 따른 지면반력 변인을 중심으로 작성되었다. 서론 부분의 연구의 필

요성과 목적 및 연구방법은 이전 연구와 유사할 수 있으며 보고서의 전체적인 틀을 갖추기 위해서 재기술되었다.

보행은 신체적 특성에 맞게 개인화가 되어 있는데 다양한 위험요인에 노출되어 있는 농작업 종사자들은 일반인에 비해 다른 특성을 보일 수 있다는 점에서 주 연구 대상으로 분류할 수 있다. 특히 일반인에게 있어 보행은 단순한 이동수단이지만 비정량화 환경에서 일하는 농작업 종사자들에게는 작업환경의 한 부분이기 때문이다. 이러한 특성은 90.6%의 높은 질환율을 보인 근골격계 질환(Musculoskeletal disorders, MSD)의 원인으로 볼 수 있으며(Osborne et al., 2012), 특히 사무직, 기

Corresponding Author : Chul-Gab Lee
Department of Occupational and Environmental Medicine, Chosun University, 357 Susuk-Dong, Dong-gu, Gwangju, Korea
Tel : +82-62-230-7429 / Fax : +82-62-232-7269
E-mail : eecg@daum.net
본 연구는 조선대 농업안전보건센터 지원에 의해 수행되었음.

농기술직의 약 6~7배, 이동이 많은 판매서비스직의 2배 높은 수치는 분명 의미하는 바가 크다고 볼 수 있다(RDA, 2012). 위와 같은 원인을 분석하기 위해 Lee, Lee, Song & Hong(2015)은 보행 시 중량물 취급과 하지의 역학적 정렬(Mechanical alignment)에 따른 차이를 비교 분석하였는데 하지의 역학적 정렬과 중량 부하는 지면반력의 벡터에 대한 모멘트 팔(moment arm)의 변화를 가져와 슬관절의 모멘트량을 증가시킨다고 하였고, 이는 농작업 환경에서 흔하게 일어나는 중량물 취급 보행이 내측 정렬(genu varum)을 가진 사람의 슬관절 퇴행성 질환을 유발할 수 있는 요인으로 제시하였다. 내측정렬은 슬관절과 연결된 발의 내측 전위와 경골의 내측 경사로 표현되는 임상적 정렬로 잘못된 보행패턴을 유발하는 요인으로 보고되고 있다(Perry, 1992).

일반적으로 퇴행성 관절염은 x-ray에서 보여지는 골간극과 골극형성에 의해 평가되며, 이 중 KL-grade가 가장 보편적인 방법 중 하나이다(Emrani et al., 2008). KL-grade는 X-ray 상관상면(frontal Plane)에서 대퇴골두(Head of Femur)와 원위 대퇴부의 과관절흔(Femur intercondylar notch center), 경골 중앙부(Tibial Spine center)에 의해 관절사이 공간감소, 골극의 형성, 골격화라는 요소로 평가되며, 관절사이공간의 감소와 함께 명백한 골극이 관찰되면(definite osteophytes and possible JSN on anteroposterior weight-bearing radiograph) grade II로 판단하는 방법이다(Riddle, Riddle & Hull, 2013). 이미 슬관절의 퇴행성 관절염과 보행 특성에 대한 연구는 많이 이루어졌으며, 기본적으로 근력 약화와 강직으로 인한 보폭감소(Price, Corriveau, Hebert & Winter, 1997; Kim, 2006)와 지면반력(Ground Reaction Force: GRF)의 불안정(Ryu, 2008), 내전모멘트의 증가(Sharma et al., 1998)가 나타난다고 보고하였다. 하지만 위의 연구들은 평소 정상보행이 이루어지는 일반인을 대상으로 실시하여 상대적으로 슬관절 퇴행성질환 발병률이 높은 농작업 종사자들에게 적용하기에 다소 무리가 따른다고 볼 수 있다. 따라서 본 연구는 슬관절 퇴행성 관절염 발병률이 높은 농작업 종사자들을 대상으로 보행 시 슬관절 KL-grade에 따른 지면반력 특성을 연구하고자 한다. 또한 무릎 통증 평가 도구로서 보편적이며 타당도와 신뢰도가 검증된 WOMAC(Western Ontario and McMaster University Osteoarthritis)점수와 지면반력과의 관계를 알아보고 통증에 영향을 받는 지면반력 요인이 무엇인지 알아보려고 한다(Bellamy, 1989).

이미 진행된 슬관절 퇴행성 질환을 개선시키는 최선의 방법은 수술적 요법이다. 그러나 농작업 종사자들의 경우 수술 후 일을 하지 못한다는 부담감으로 인해 수술을 기피하는 것이 현실이다. 이로 미뤄볼 때 현 시점에서 최선의 방법은 퇴행성 질환의 진행을 막는 것이며, 이를 위한 기초자료를 제시

하는 것이 중요하다. 따라서 본 연구는 슬관절 퇴행성 정도를 평가하는 KL-grade로 분류된 농작업 종사자들의 보행 특성을 운동역학적 관점에서 평가하여 초기 퇴행성 질환을 개선시키기 위한 노력이 필요하다는 것을 제시할 것이며, 퇴행성 질환의 진행을 억제할 수 있는 인솔(insole)과 같은 보조기구 개발에 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

II. 연구방법

1. 연구 대상자

본 연구는 최근 6개월 이상 슬관절의 통증을 호소한 45세 ~ 65세의 농작업 종사자 남녀 38명을 선정하여, 이들을 KL-grade에 따라 분류하였으며, 이들의 일반적 특성은 <Table 1>과 같다.

Table 1. Characteristics of subjects

group(n)	Age(yrs)	Height(cm)	weight(kg)
grade 1(17)	54.76±6.61	161.72±7.88	65.31±8.39
grade 2(14)	61.07±5.76	161.93±8.27	65.16±11.89
grade 3(6)	55.00±8.19	163.40±6.35	68.86±14.28
M±SD	57.08±7.09	162.07±7.61	65.85±10.56

1) KL-grade에 따른 그룹 설정

본 연구의 그룹설정은 사전 검사된 X-ray를 통해 슬관절 KL-grade가 I 인 농작업 종사자 17명과 grade II 13명, grade III 6명을 각각 분류하였다. 이들은 모두 우측 슬관절에 내측 정렬을 가진 농작업 종사자들이며 모두 오른쪽이 우성이다. grade IV는 38명의 예비 대상자 중 2명에 불과해 본 연구에서 제외하였다.

2. 실험 장비

본 연구에 사용된 실험장비는 영상촬영장비(FX-1, CASIO, Japan)와 지면반력 시스템(AMTI OR6, AMTI, USA)이다.

3. 실험 절차

슬관절 KL-grade에 따른 보행 시 하지의 지면반력 요인을 분석하기 위하여 연구대상자들은 C대학병원을 방문하여 슬관절 정렬 사진(X-ray)을 촬영하고 설문조사를 실시하였다. 촬영된 사진은 정형외과 전문의와 직업환경의학과 전문의에 의해 평가되었다.

보행 분석은 C대학 운동역학 실험실에서 실시하였다. 측정 당일 연구대상자들에게 본 측정의 목적, 주의사항 및 측정방법 등을 충분히 설명하고, 보행연습을 수차례 실시하였다. 본 실험 시 보행속도는 사전에 고정된 속도에서 야기 될 수 있는 신체의 잠재적인 불편을 최소화하기 위해 자신의 선호속도로 보행하도록 하였다. 동작 선정은 부자연스러운 동작이라고 판단되는 시도(trial)를 제외하고 자연스러운 동작이라고 판단되는 1회 동작을 수집하였다. 이때 보행에 영향을 미칠 수 있는 슬관절 등속성 최대근력과 신장, 체중을 측정하여 동질성 검정을 실시하였다.

4. 자료 분석

1) 지면반력

지면반력은 한 대의 지면반력기를 사용하였으며 5 m의 보행 구간 중앙에 설치하여 초당 1000 Hz로 샘플링 하였다. 영상과 지면반력 동조는 동조시스템 박스(VSAD-101USB, Visol, Korea)를 사용하여 2대의 LED와 지면반력 동조(sync)채널에 연결하여 동조시켰다.

2) KL grade 등급 분류 및 내측정렬

슬관절 KL-grade 분류는 Sharma et al.(1998)의 연구를 바탕으로 C대학병원 전문의 2명을 통해 이루어졌다. KL-grade는 X-ray 상 관상면(frontal Plane)에서 대퇴골두(Head of Femur)와 원위 대퇴부의 과관절흔(Femur intercondylar notch center)을 직선으로 연결하고 경골 중앙부(Tibial Spine center)와 거골의 중앙부(center of talus)를 직선을 연결한 후 슬관절에서 발생하는 각도와 골극에 의해 평가되었다(Figure 1).



Figure 1. K-L grade(Sharma et al., 1998)

- Grade I : 정상에 비해 관절간격이 좁아진 것이 의심, 경골이나 대퇴골이 조금 뭉뚱해지는 변화가 관찰됨
- Grade II : 관절 간격이 정상에 비해 명확하게 좁아지며 골극이 명확하게 보임

Grade III : 관절 간격이 좁아지며 중등도의 다발성 골극이 관찰, 골 경화와 골 형태에 변형이 관찰됨

Grade IV : 관절 간격이 현저하게 좁아지며 중중의 골극들이 관찰, 심한 골 경화와 골 형태에 심한 변형이 관찰

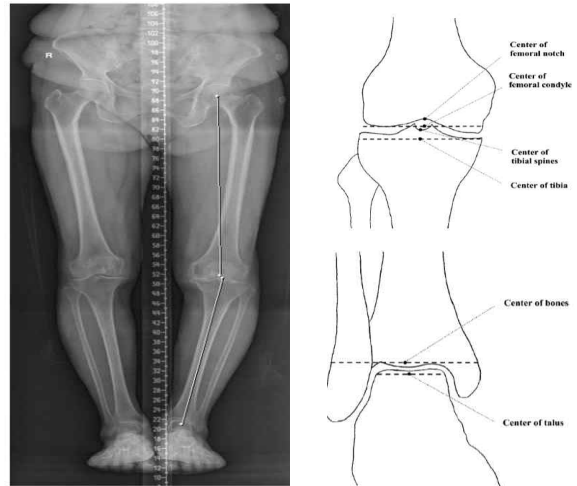


Figure 2. genu varum measurement

내측정렬은 관상면(frontal Plane)에서 대퇴골두(Head of Femur)와 원위 대퇴부의 과관절흔(Femur intercondylar notch center)을 직선으로 연결하고 경골 중앙부(Tibial Spine center)와 거골의 중앙부(center of talus)를 직선을 연결한 후 슬관절에서 발생하는 각도를 설정하였다(Figure 2).

3) 등속성 근력 측정

보행에 영향을 미칠 수 있는 슬관절 근기능 측정은 등속성 근기능 측정장비(CSMI, U.S.A)를 사용해 30 °/sec로 5회 반복에서의 최대값(peak torque)을 이용하였다.

5. 이벤트 및 분석 변인

본 연구는 KL-grade로 측정된 하지가 지면반력에 닿는 시점(E1)부터 두 번째 수직지면반력이 최대가 되는 시점(E2), 발끝이 지면에서 떨어지는 시점(E3)을 이벤트로 설정하고, E1-E2를 제동력 국면(Phase1), E2-E3까지를 추진기 국면(phase2)으로 설정하였다. 위 이벤트를 기준으로 전체 소요시간과 전후(axis-Y), 좌우(axis-X), 수직(axis-Z)지면반력, 전후(axis-Y), 좌우(axis-X)의 COP를 분석변인으로 설정하였고 <Figure 3>, COP는 국면별 변위로서 이동거리 즉, 움직임 폭을 이용하여 산출하였다.

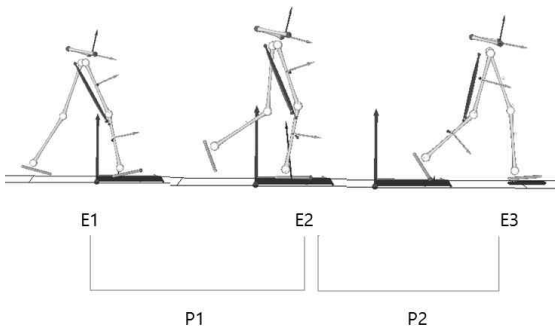


Figure 3. Event & phase setup of gait

6. 통계처리

통계처리는 그룹 간 차이를 일원변량분산분석(one-way ANOVA)를 실시하였다. 또한 보행에 영향을 미치는 슬관절 등속성 근기능과 성별, 연령, 체중의 동질성 검정을 위해 Kruskal-Wallis Test를 실시하였고 WOMAC Score와 지면반력 특성과의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson 상관분석을 실시하였다. 모든 통계처리는 SPSS 20.0 통계 프로그램을 사용하였으며, 유의수준 $p < .05$ 로 설정하였다.

III. 결 과

1. 그룹의 동질성 검증

<Table 2>는 퇴행성 질환과 보행에 영향을 미치는 변인에 대한 그룹 간 동질성 검증 결과를 나타낸 것이다.

Table 2. Verification of homogeneity groups

Group \ Variable	gender	age	weight	Peak knee flexion	Peak knee extension	height	WOMAC
grade I (n=17)	20.09	14.74	17.47	17.36	16.79	18.44	18.09
grade II (n=13)	19.19	24.58	17.96	12.25	13.96	18.00	19.58
grade III (n=6)	12.50	16.00	18.67	21.20	18.70	19.75	17.33
chi-square	3.182	6.865*	1.098	2.998	1.152	.114	.236

그룹에 따른 동질성 검증 결과 연령을 제외한 나머지 변인에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이는 K-L grade에 따른 일반적 특성 분포가 그룹 간 유사하다는 것을 의미한다. 이는 본 연구결과에 인체측정 변인의 영향이 제한적인 것으로 해석될 수 있다.

2. KL-grade에 따른 보행 시 지면반력 차이

<Table 3>은 보행 시 KL-grade에 따른 지면반력 차이를 나타낸 것이다.

Table 3. Result of GRF

Variable	event	grade I	grade II	grade III	F
GRF-X (N/kg)	E1	.10±.05	.12±.08	.09±.07	.355
	E2	-.48±.15	-.47±.12	-.83±.11 [†]	17.367 ^{***}
	E3	.03±.08	-.01±.04	-.07±.05 [*]	6.675 ^{**}
GRF-Y (N/kg)	E1	.11±.14	.09±.21	.12±.08	.074
	E2	.83±1.30	.80±.90	1.13±.33	.217
	E3	.17±.20	.14±.15	.13±.18	.145
GRF-Z (N/kg)	E1	.89±.37	.71±.33	.85±.63	.727
	E2	10.74±.75	10.62±.54	10.52±.47	.277
	E3	.68±.35	.64±.20	.70±.12	.139

Note. ^{*}significant difference between grade 1 and grade 3
[†]significant difference between grade 2 and grade 3
^{*} $p < .05$, ^{**} $p < .01$, ^{***} $p < .001$

보행 시 좌우(axis-X)지면반력은 E1에서 유의한 차이를 보이지 않았지만, E2와 E3에서 통계적 유의한 차이를 나타냈다($p < .05$). 전후(axis-Y)지면반력은 모든 이벤트에서 유의한 차이를 보이지 않았지만, E2에서 grade III가 상대적으로 높은 값을 보였으며, E3에서는 상대적으로 낮은 값을 보였다. 수직(axis-Z)지면반력은 grade에 따른 큰 차이를 보이지 않았다.

3. KL-grade에 따른 보행 시 COP, phase time 차이

<Table 4>는 보행 시 KL-grade에 따른 COP와 최대지면토크 차이를 나타낸 것이다. COP는 국면 간 변화량을 나타낸 것으로 움직임으로 해석될 수 있다.

Table 4. Result of COP, time

Variable	phase	grade I	grade II	grade III	F
COP-X (m)	P1	.04±.10	.03±.03	.08±.05	.712
	P2	-.00±.04	-.00±.02	.00±.00	.087
COP-Y (m)	P1	.10±.11	.11±.03	.12±.03	.180
	P2	.04±.08	.03±.05	.03±.02	.037
Phase Time (sec)	P1	.45±.18	.45±.50	53.06	.632
	P2	.26±.17	.22±.17	.16±.01	.748
total		.71±.08	.68±.10	.70±.04	.541

<Table 4>와 같이 모든 변인에서 통계적 유의차는 보이지 않았다($p>.05$). 그러나 COP-X에서 grade III가 상대적으로 많은 움직임을 나타냈으며, 소요시간에서도 상대적 차이를 보였다.

4. WOMAC과 지면반력 특성과의 상관관계

<Table 5>는 WOMAC score와 지면반력 변화와의 상관관계를 나타낸 것이다.

Table 5. Correlation between GRF variable and WOMAC score

Variable	Time (P1)	Time (P2)	Time (total)	COP-Y (P1)	COP-Y (P2)	COP-X (P1)	COP-X (P2)
WOMAC	-.202	.038	-.217	-.389*	.292	.261	-.432*

* $p<.05$

<Table 5>와 같이 슬관절의 통증 척도인 WOMAC score와 보행 시 지면반력 특성과의 상관관계는 phase 1의 COP-Y와 phase 2의 COP-X와 부적(-)상관을 보이고 있다. 이는 슬관절 통증이 높을수록 제동력 국면의 전후 변화량이 작아지며, 추진력 국면의 좌우 변화량이 작아진다는 것으로 해석 될 수 있다.

IV. 논 의

병적상태에 따른 차이인지를 검정하기 위해서 보행에 영향을 미치는 성별, 연령, 신장, 체중, 슬관절 최대근력, 통증을 비모수 검정을 통해 동질성을 검정하였으며, 그 결과 연령을 제외한 나머지 변인에서 유의성을 보이지 않아 그룹의 동질성이 검정되었다.

보행의 특성상 피험자들의 신체적 특성 차이로 인해 다양한 변화 양상을 보이게 된다. 특히 지지축인 하지에서의 병적 상태는 지면반력에 부정적 영향을 초래할 것이다. 이에 본 연구에서는 KL-grade로 평가된 슬관절 퇴행성 기준을 바탕으로 좌우지면반력 차이를 분석하였으며, 그 결과 등급이 높을수록 좌측, 즉 내측으로의 지면반력이 유의하게 증가하는 것으로 나타났다. 내외측(Fx) 방향에서의 지면반발력 크기는 체중의 5% 이하로 비교적 작은 편이며 내외측 지면반발력의 최대수치가 커질수록 더 넓은 걸음걸이를 걷게 된다(Son, 2011). 특히 하지근력이 약한 경우 좌우 변위가 증가하게 되는데(Kaufman, Hughes, Morrey, & An, 2001), 이러한 보행은 결국 비효율적 에너지 소비전략을 보이게 된다. 본 연구에서는 KL-grade가 높을수록 좌우지면반력 차이가 증가하였으며, 특히 E2에서 grade III는 체중의 약 8%의 좌측, 즉 오른발에서

내측으로의 지면반력이 발생하였다. 보행 시 내측(-)으로 발생되는 지면반력은 한쪽발로 지지했을 때 내측 경골면과 내측 대퇴골두면의 접촉력을 증가시키고, 결국 관절염의 기준이 되는 관절 간격이 좁아짐과 다발성 골극형성의 원인으로 작용될 것이다. 또한 유의차는 없었지만 E3에서의 높은 내측 지면반력은 전방으로 발생되어야 할 추진력이 우측 움직임을 발생시키는 추진력으로 분산되는 결과이며 보행시 에너지 손실은 신체중심의 내외측 이동의 양과 비례한다는(Neumann, 2004) 이론에 비추어 볼 때 비효율적 보행을 유도할 수 있다고 보여진다. 이러한 결과로 미뤄볼 때 농작업 종사자들에게 작업환경의 한 부분인 보행은 퇴행성 관절염의 진행 관련인자로 보여지며 개선을 위한 전략이 필요하다.

본 연구에서 전후지면반력의 특징적인 부분은 두 가지이며 첫째, 3그룹 모두 E1에서의 평균값이 (+)값을 보인 것이며, 둘째, E2에서 grade III가 상대적으로 높은 값을 보인 것이다.

기본적으로 보행 시 전후 지면반력은 초기접지기 시 (-)값을 나타낸 후 (+)값과 함께 추진력을 발생시킨다. 그러나 본 연구에서의 결과는 전혀 다른 양상을 보였으며, 뒤꿈치가 바닥에 닿는 시점에서 신체중심은 이미 전방을 향하고 있는 보행 특성을 나타냈다. 이러한 보행 특성은 전경골근(anterior tibial muscle)의 약화로 인해 나타나는 foot drop보행과 대퇴사두근 약화로 인해 중력선을 슬관절 운동축의 전방으로 움직이기 위해 신체중심이 전방으로 이동된 보행 패턴(Whittle, 1996)에 의해 나타나게 되며, 최대수직지면반력 시점에서의 전후지면반력값이 grade III에서 높은 것 또한 이를 뒷받침한다. 그러나 동질성 검정에서와 같이 슬관절 관련 근육들의 그룹간 차이는 나타나지 않았고 오히려 grade III 높은 경향을 보였다. 이러한 결과를 해석하기 위해서 하지의 전반적인 근육상태 등의 다각적인 연구가 필요하다고 본다.

본 연구 결과에서 소요시간은 통계적 유의차는 나타나지 않았지만 P1에서는 grade III가 상대적으로 긴 소요시간을 보였으며, P2에서는 반대 경향을 보였다. 보행 중 60%의 입각기 동안 초기 접지기(initial contact)와 부하반응기(loding response)는 약 10%를 차지하여 이 기간 동안 충격흡수, 체중부하, 안정성, 진행의 지속성을 결정하고(Perry, 1992), 긴 소요시간은 동적 안정성 확보 전략 중 하나로 보고되고 있다(England & Granata, 2007). 그러나 슬관절 퇴행성 관절염 환자의 경우 안정성이 떨어지게 되어 지지기시 큰 어려움을 겪게 된다(Mundermann, Dyrby, Hurwitz, Sharma & Andriacch, 2004). 본 연구에서 나타난 grade III의 소요시간 차이는 안정성 확보를 위한 보행으로 보여지며 제동력 구간의 긴 소요시간은 신체중심의 안정을 취하는 시간을 길게 가져가지 위한 것이며, 이와 반대로 추진력 구간에서의 짧은 소요시간은 반대쪽 지지

축을 빨리 가져오기 위한 전략으로 보여진다. 전체소요시간에 서는 그룹간 차이를 보이지 않았는데 Lee & Jang(2014)은 노인들의 경우 일반인에 비해 한발지지 시간을 줄이는 전략으로 안정화를 향상시킨다고 하였다. 따라서 퇴행성관절염을 가진 사람의 보행과 노인의 보행 전략은 다른 경향을 보인 것을 알 수 있었다.

KL-grade에 따른 입각기 동안의 COP 변위를 비교분석하였으며, 그 결과 높은 KL-grade에서 상대적으로 큰 변위를 보였다. 전체 소요시간의 차이 없이 전후방향의 움직임이 크다는 것은 속도가 빠르다는 것으로 재해석 될 수 있는데 grade III의 경우 소요시간과 COP 변위가 일정한 형태를 보이고 있다. 이와 같은 결과는 위에서 제시한 소요시간에서와 같이 등급이 높을수록 안정성 확보를 위한 보행패턴을 보인 것으로 사료된다.

통증은 흔히 진통보행(antalgic gait)으로 언급되는 비정상보행을 패턴을 유발할 수 있다. 이런 유형의 비정상보행 패턴에서 나타나는 특징적인 양상은 통증이 있는 하지에 대한 체중 부하를 회피하려는 패턴을 보인다는 것이다(Neumann, 2004; Hanlon & Anderson, 2006). 본 연구에서는 통증척도 중 하나인 WOMAC score와 지면반력 특성과의 상관관계를 통해 통증과 보행특성과의 관계를 알아보고자 하였다. 그 결과 통증이 증가할수록 COP의 전후·좌우 움직임이 작아지는 부적(-) 상관관계를 보였다. 기본적으로 슬관절염을 동반한 통증은 입각기 시간 감소를 보이는데 반해 위 결과는 전체소요시간과의 관련성이 없었다. 이러한 결과는 grade에 따른 통증 척도와의 차이에서 볼 수 있다. 슬관절염은 후기 단계로 진행될수록 통증이 증가한다는 사실은 이미 보고되었다(Naredo et al., 2005; Miyaguchi et al., 2003). 그러나 본 연구에서는 퇴행성 등급과의 차이가 나타나지 않았고 오히려 통증척도가 낮은 경향을 보였다. 이러한 결과는 농작업 종사자들의 경우 만성적인 변화로 인해 내성(tolerance)이 생겨 통증의 정도가 차이가 없는 것으로 사료되며, 위와 같은 결과를 나타낸 것으로 판단된다.

위의 결과를 종합해 보면 grade III에서 안정적인 제동력을 확보하기 위해 좌우지면반력을 크게 하고 소요시간을 길게 가져가는 보행특성을 보였다. 그러나 내측방향으로의 지면반력은 슬관절의 부정렬을 초해할 수 있는 요인이기 때문에 이에 대한 개선이 필요하다.

V. 결 론

본 연구에서는 슬관절 퇴행성관절염을 가진 농작업 종사자들을 대상으로 관절염 등급에 따라 분류한 후 보행 시 지면반력과 통증과의 관계를 파악하였으며, 다음과 같은 결론을 얻

었다.

첫째, 슬관절 KL-grade에 따라 좌우(axis-X)의 차이를 보였고, 등급이 높을수록 내측 지면반력이 증가하였다.

둘째, COP의 변화는 슬관절 KL-grade에 영향을 받지 않았지만, 등급이 높아질수록 증가하는 경향이 나타났다.

셋째, 보행 시 지지기 동안의 소요시간은 등급에 따라 차이가 나타났으며, 등급이 높을수록 긴 제동력과 짧은 추진력을 나타내어 비효율적 보행이 이루어졌다.

넷째, 통증평가척도와 지지국면 동안의 좌우, 전후 COP변화량이 관련이 있었다.

결론적으로 보행 시 지지국면에서 나타나는 지면반력 요인과 KL-grade는 부분적 통계적 유의차를 보였으며, 슬관절 퇴행성관절염 등급에 따라 지면반력의 차이점이 나타나 향후 연구의 기초자료로 활용가치가 입증되었다.

참고문헌

- Bellamy, N. (1989). Pain assessment in osteoarthritis: experience with the WOMAC osteoarthritis index. *Semin Arthritis Rheumatism*, 18(4), 14-17.
- Emrani, P. S., Katz, J. N., Kessler, C. L., Reichmann, W. M., Wright, E. A., McAlindon, T. E., & Losina, E. (2008). Joint space narrowing and Kellgren-Lawrence progression in knee osteoarthritis: An analytic literature synthesis. *Osteoarthritis and Cartilage*, 16(8), 873-882.
- England, S. A., & Granata, K. P. (2007). The influence of gait speed on local dynamic stability of walking. *Gait & Posture*, 25(2), 172-178.
- Hanlon, M., & Anderson, R. (2006). Prediction methods to account for the effect of gait speed on lower limb angular kinematics. *Gait Posture*, 24(3), 280-287.
- Kaufman, K. R., Hughes, C., Morrey, B. F., Morrey, M., & An, K. (2001). Gait characteristics of patients with knee osteoarthritis. *Journal of Biomechanics*, 34, 907-915.
- Kim, H. Y. (2006). *Gait analysis of the Patients with Degenerative Arthritis in the Bilateral Knee Joints*. Unpublished Doctoral Dissertation, Graduate School of Wongwang University.
- Lee, J. H., & Jang, J. G. (2014). The comparative analysis of gait safety between elderly female and adult female. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 24(3), 249-258.
- Lee, K. I., Lee, C. G., Song, H. S., & Hong, W. K. (2015). Analysis of biomechanical changes according to mechanical alignment of the lower limbs when gait with a heavy load. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 25(2), 183-190.
- Miyaguchi, M., Kobayashi, A., Kadoya, Y., Ohashi, H., Yamano, Y., &

- Takaoka, K. (2003). Biochemical change in joint fluid after isometric quadriceps exercise for patients with osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis and Cartilage*, 11(4), 252-259.
- Mundermann, A., Dyrby, C. O., Hurwitz, D. E., Sharma, L., & Andriacchi, T. P. (2004). Potential strategies to reduce medial compartment loading in patients with knee osteoarthritis of varying severity: reduced walking speed. *Arthritis Rheumatism*, 50(4), 1172-1178.
- Naredo, E., Cabero, F., Palop, M. J., Collado, P., Cruz, A., & Crespo, M. (2005). Ultrasonographic findings in knee osteoarthritis: a comparative study with clinical and radiographic assessment. *Osteoarthritis Cartilage*, 13(7), 568-574.
- Neumann, D. A. (2004). *Kinesiology of the Musculoskeletal System: Foundations for Physical Rehabilitation*. St. Louis : Mosby.
- Osborne, A., Blake, C., Fullen, B. M., Meredith, D., Phelan, J., McNamara, J., & Cunningham, C. (2012). Prevalence of musculoskeletal disorders among farmers: a systematic review. *American Journal of Medicine*, 55, 143-158.
- Perry, J. (1992). *Gait analysis*. SLACK incorporated: NJ.
- Prince, F. L., Corriveau, H., Hebert, R., & Winter, D. A. (1997). Gait in the elderly. *Gait and Posture*, 5, 128-135.
- Riddle, D. L., Jiranek, W. A., & Hull, J. R. (2013). Validity and reliability of radiographic knee osteoarthritis measures by arthroplasty surgeons. *Orthopedics*, 36(1), 25-32.
- Rural Development Administration (2012). <http://www.rda.go.kr>.
- Ryu, J. S. (2008). Dynamic stability analysis of patients with degenerative osteoarthritis during walking. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(1), 12-20.
- Sharma, L., Hurwitz, D. E., Thonar, E. A., Sum, J. A., Lenz, M. E., Dunlop, D. D., Schnitzer, T. J., KirwanMellis, G., & Thomas, P. A. (1997). Knee adduction moment, serum hyaluronan level, and disease severity in medial tibiofemoral osteoarthritis. *Arthritis & Rheumatism*, 41(7), 1233-1240.
- Son, H. H. (2011). *A Biomechanical Analysis of the Patients with Knee Osteoarthritis with Different Gait Conditions*. Unpublished Doctoral Dissertation, Graduate School of Daegu University.
- Whittle, M. (1996). *Gait Analysis : An Introduction*, 2nd ed. Oxford, Butterworth-Heinemann. Ltd.