

Kinetic Analysis of Foot Balance and Gait Patterns in Patients with Adult Spinal Disease

성인 척추질환자의 발균형 및 보행형태에 대한 운동역학적 분석

Jae Soung Park¹, Joong Sook Lee²

¹Department of Physical Education, Graduate School, Kyungsoo University, Busan, South Korea

²Department of Kinesiology, Silla University, Busan, South Korea

Received : 27 February 2019

Revised : 12 March 2019

Accepted : 26 March 2019

Objective: The aim of this study was to provide kinematic data on the characteristics of spinal disease patients by comparing and analyzing kinematic variables related to foot balance and gait pattern of spinal disease.

Method: The subjects of the study included 40 adult men and 60 adult women who visited the hospital in Busan. Patients who were diagnosed with spinal disease by a physician through X-ray examination were selected as subjects for the diagnosis of vertebral disc herniation, spinal stenosis, spinal disease diagnosed with spinal disease and the general public. Left and right foot pressure and contact area were checked by Gaitview pro meter. X-ray photographs were taken with a Zen-2090 mobile fluoroscopy under physicians' direct participation. One-way ANOVA was performed to compare the differences between the kinematic variables and post-hoc was performed by the Duncan method.

Results: The difference in contact area between the left foot and the right foot was $115.30 \pm 14.15 \text{ cm}^2$ in the left side and $124.25 \pm 13.65 \text{ cm}^2$ in the left side in the spinal disease patients. The difference in pressure between the left and right side of the spinal disease patients was wider than that of the general people. Especially, the right side of the spinal disease patients showed a larger area of left foot contact than the general population.

Conclusion: Spinal disease patients have wider contact area of the left foot than those of the general population. In the case of right spinal disease, the left foot support area is widened due to pain. In the gait, women showed slightly more posterior body center than men, and the upper body muscle imbalance and immobilization due to the spinal disease caused imbalance of the muscles moving to the lower limb, It was analyzed to inhibit movement.

Keywords: Spinal disease, Foot balance, Kinematics, Gait pattern, Contact area, Gait

Corresponding Author

Joong Sook Lee

Department of Kinesiology /
Silla University, Busan, 46958,
South Korea

Tel : +82-10-8554-5064

Fax : +82-51-999-5576

Email : jslee@silla.ac.kr

INTRODUCTION

다양한 연령층에서 척추질환이 나타나고 있으며, 주변에서 흔히 보고 들을 수 있을 정도로 흔한 증상이지만 정확히 왜, 무엇 때문에 통증에 시달리는지에 대한 정확한 지식을 가지고 있지 않으며, 잘못된 정보를 통해서 오류를 범하기 쉬운 것이 현실이다. Lee (2000)는 건강생활이란 "건강을 유지하고 향상시키는 데에 필요한 생활환경"이라고 정의하였다. 하지만 신체활

동이 많아지는 현실에 따른 억압된 사무환경, 자세변형, 잘못된 생활습관, 안전사고 등에 의해서 많은 사람들이 척추질환이 나 통증에 시달리고 있다. National Health Insurance Service (2016) "종합병원급 이상 비급여 발생 유형별 구성과 현황" 발표에 따르면 매년 척추질환으로 진료하는 인원이 증대하고, 한 해 약 800만명 이상이 척추질환으로 고통받고 있다고 하였다. Jin (2008)은 성인병이 사회적인 문제로 대두되고 있지만, 생활 주변에서 전혀 인식되지 않는 생활습관병 중에 하나가 척추질환

환이다. 척추질환은 전문의사의 진단이 필요하지만 척추질환자 대다수가 잘못된 일반지식과 정보에 따르는 경우가 많다. National Health Insurance Service (2016)는 다양한 연령층에서 척추질환이 나타나고 있으며, 주변에서 흔히 보고 들을 정도로 흔한 증상이지만, 정확히 왜, 무엇 때문에 통증에 시달리는지에 대한 정확한 지식을 가지고 있지 않으며 잘못된 정보를 통해서 오류를 범하기 쉬운 것이 현실이다. 신생대 초기부터 진화되어 오면서 인간은 두발로 일어서는 순간부터 의식적으로 또는 무의식적으로 온몸의 체중을 허리로 지탱하게 되면서 많은 체중의 부담을 등뼈가 받게 되었다. Choi (2001)는 "척추는 인간의 신체 하중을 지탱하는 기둥 역할을 하면서 가장 인체의 위에 있는 뇌로부터 뻗어 나온 신경통로인 척수를 외부의 환경으로부터 안전하게 보호하는 역할"을 한다고 보고했다.

척추질환을 정의하고자 할 때 주로 해당하는 부분은 경추 1C, 2C 천골인 천추 1, 미골 1을 제외한 22개의 척추뼈 위치에서 발생하는 것을 주로 척추 디스크라고 한다(Choi, 2001). 그러나 우리가 말하는 척추 디스크란 용어는 잘못된 용어로 국립국어원 표준국어대사전에는 검색되지 않는 말이다. 척추 디스크를 사전적 용어로 추간판 헤르니아를 일반적으로 디스크라고 한다. 그러므로 이 논문에서는 척추 디스크란 용어 대신 추간판탈출증으로 기술하고자 한다.

Korea Centers for Disease Control and Prevention (2017)가 정의한 추간판탈출증은 "척추에서 추간판은 척추뼈와 척추뼈 사이의 물질이며, 관절연골의 한 종류로 척추와 척추 사이의 충격을 흡수하여 완충작용을 하며 휘어지는 것을 가능하게 하는 역할을 담당한다. 추간판의 성분은 섬유륜과 수핵으로 구성되어 있다. 섬유륜은 추간판의 외부로 나무 테두리처럼 원형으로 둘러싸고 있는 질긴 섬유조직이며, 수핵은 추간판의 내부에 위치하며 젤라틴의 성분조직이다. 일상생활에서 잘못된 습관에 의한 고정, 퇴행성 변화, 외부환경에 의한 사고 등에 의해 섬유륜이 찢어지거나 충격에 의해 파손되면서 섬유륜 사이를 통해 수핵이 섬유륜을 빠져나오거나 섬유륜을 압박하면서 척추 주위조직을 압박하여 통증 등의 증상을 발생시키는 현상"이다.

척추에 자극을 주는 것은 자세의 변형, 잘못된 생활습관, 안전사고 등에 있을 것으로 추정되는데 여기서 접근하고자 하는 방법은 척추질환자가 건강생활에서의 좌·우 발 균형과 보행형태에 의해 척추의 움직임이 어떤 영향을 주는가에 대해 알아보고자 한다. Jahss & Melvin (1991)은 "인간 특유의 발은 인체의 균형 정도와 보행상태를 측정하고 반영하는 하나의 지표"이며, Kwon & Byeon (1999)은 "이동운동으로 체중을 지탱하고 몸 전체의 균형을 유지하며, 양측 하지를 교대로 움직여 신체를 한 지점에서 다른 지점으로 옮겨 몸의 무게중심을 전방으로 이동시키는 몸체의 율동적이며 교대로 일어나는 일련의 운동"이라고 하였다. Winter (1990)는 "보행은 100여 개의 골격근이 상지와 하지의 여러 관절과 협응을 이루는 복합적인 동작

이며 상지와 하지의 각 운동에 의하여 신체가 병진운동을 한 결과"라고 했다. Perry (1992)는 "보행형태가 나쁜 경우에는 신체중심의 불안정성으로 인하여 신체균형 및 신체내부 활동에 영향을 미쳐 신체활동에 쓰이는 에너지가 증가할 것이며 이에 피로가 증가하여 보행조건이 계속 축적될 경우 신체에 상당한 영향을 미치게 되며 보행동작에서 척추 기립근의 요추와 흉추 부분은 동시에 활동한다".

따라서 인간보행에 관한 연구는 운동역학이라는 학문분야의 연구가 진행되면서 영상기법을 사용한 보행형태의 운동역학적 분석이 현재까지 주종을 이루고 있으며, 최근 논문을 통해서 "연령별 보행특성을 통한 고령화의 생체역학적 평가"(Yoo, 2009), "수중과 지상의 트레드밀 훈련이 편마비 환자의 보행과 신체적 기능에 미치는 효과 비교"(Park, 2010), "발목 관절 고유 수용성 운동조절 프로그램이 뇌졸중 환자의 균형 및 보행에 미치는 효과"(Park, 2009), "보행의 속도·방향 변화에 따른 운동학 및 하지근 활성화도 분석"(Choi, 2008), "슬관절 운동형상학적 특성에 따른 편마비 보행의 분류"(Cho, 2008), "3차원 컴퓨터 보행분석을 이용한 정상 성인 여성에서의 보행특성"(An, 2008), "다운증후군 아동과 비장애 아동의 보행형태 분석"(Park, 2008), "편마비 보행의 생체역학적 요인 비교"(Kim, 2008), "가방 끈 길이에 따른 보행자세의 운동학적 분석"(Kim, 2007), "다이어트 신발과 일반 운동화 착용 시 보행 비교"(Cho, 2006), "보행의 운동역학적 분석"(Jeong, 1995) 등 성인부터 아동, 남·여, 연령별, 장애·비장애에 이르기까지 다양한 형태로 연구하고 있다.

척추를 중심으로는 연구되어진 국내선행논문은 주로 사체시편의 해부학적 데이터를 근거로 하여 3차원 영상촬영 및 임상적 고찰을 기반으로 "카이로프랙틱을 이용한 디스크 환자의 임상적 고찰: 척추 디스크 중심"(Kim, 2008), "척추유합술이 시술된 인체모델을 통한 Dynamic Stabilization System에 대한 운동학적 연구"(Yang, 2008), "3차원 비선형 유한요소법을 이용한 임플란트 삽입 요추의 생체역학적 연구"(Jeon, 2007), "3차원 비선형 유한요소법을 이용한 인공 척추 디스크의 해석"(Jeong, 2005), "재활운동이 추간판탈출증 수술 환자의 요부근력 및 통증 점수에 미치는 영향"(Jeong, 2005) 등을 발표하였다.

상기 선행연구들을 살펴보면 하지중심의 보행동작에 관한 논문과 상지를 중심으로 한 유한요소법을 활용한 수학적인 계산에 의한 논문이 대부분으로 상하지가 연계된 연구가 이루어지지 않고 있다. 하지만 신체는 하지와 연관해서 상지에도 많은 영향을 주고 있다. 따라서 바로 선 자세와 보행형태를 통해 상지에 관한 연구를 하는 것이 필요하지만 현재 하지와 상지를 연계한 연구나 척추질환자 관련 연구는 미비한 실정므로 바로 선 자세와 보행형태를 통해 상지 연구 중 척추질환자의 발 균형과 보행형태에 대한 운동역학적 변인을 분석하여 바로 선 자세 및 보행형태의 근거자료를 제시해 줄 수 있는 연구가 필요하다. 특히 척추질환자의 발 균형(foot balance) 연구는 발

Table 1. Physical characteristics of subjects

Items	N	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)	Shoe size (mm)
Male	40	51.95±13.82	173.25±16.62	71.42±9.32	263±9.04
Female	60	57.13±14.33	158.58±5.16	59.47±7.28	239.41±5.97

M±SD: mean±standard deviation

Table 2. Classification of spinal diseases according to gender

Items	N	Normal	Spinal disc herniation	Spinal canal stenosis	Sprain of lumbar spine
Male	40	6	3	19	12
Female	60	19	5	24	12
Total	100	25	8	43	24

Table 3. Type classification of left and right spinal diseases subjects

Items	N	Spinal disc herniation	Spinal canal stenosis	Sprain of lumbar spine
Left	43	3	30	10
Right	32	5	13	14
Total	75	8	43	24

Left: left spinal diseases, Right: right spinal diseases

압력, 발 비율, 발 면적, 발 각도를 모두 포함하는 의미로 사용할 수 있지만 연구범위가 너무 방대하여 본 연구에서는 발 압력과 발 면적중심으로 다음과 같은 연구문제를 설정하였다. 첫째, 척추질환 유·무와 성별에 따라 바로 선 자세에서의 좌·우 발 균형과 접촉면적에 차이가 있는가? 둘째, 척추질환 유·무와 성별에 따라 보행동작 시 좌·우 발 균형과 접촉면적에 차이가 있는가?에 대하여 성인 남녀를 대상으로 척추질환 유·무와 성별에 따른 정적인 자세와 보행동작 시 운동역학적인 변인들을 비교분석하여 척추질환자들의 특성에 관한 운동역학적인 기초자료를 제공하는데 목적이 있다.

METHODS

1. 연구대상

연구대상은 부산 소재 K병원에 내원한 성인 남성 40명, 성인 여성 60명의 연구참가자들에게 연구목적과 연구방법을 충분히 설명한 후 자발적 연구참여동의서에 서명한 후 실험을 실시하였다. X-ray 검사를 통해 의사로부터 척추질환 진단을 받은 환자 중 추간판탈출증, 척추협착증, 척추염좌가 있는 환자

를 대상으로 실험을 실시하였으며 연구대상자들의 신체적 특성, 연구대상의 성별에 따른 척추질환, 연구대상의 좌·우 척추질환별 분류표는 (Table 1~3)과 같다.

2. 측정분석장비

본 연구에 사용된 측정장비는 (Table 4)와 같고 연구대상자에게 실험 유의사항을 설명하고, 개인정보가 논문자료에 활용된다는 동의를 구한 후 자발적 연구참여자를 대상으로 실험을 실시하였다. 개인의 일반적인 신체특성 작성, 의사의 X-ray 진단을 받고 체성분 측정을 하였다. Gaitview pro 측정기에서는 신발을 벗은 후 발 균형검사와 보행검사를 실시하였다. Gaitview pro는 기립 자세, 보행의 발 균형과 지면 접촉시간, 압력분포를 측정할 수 있으며, Gaitview system은 International quality system PTY 및 CE, FCC 등의 해외 기준에서 인증된 의료기기이다(Kim, 2008). 발 균형 분석(좌·우 발 압력, 접촉면적), 보행 분석(좌·우 발 비율, 압력, 전족부, 후족부 비율, 접촉면적, 각도) 등을 측정할 수 있는 장비이다. 실험한 데이터가 정상적으로 나타난 것을 확인하고 피험자에게 측정결과에 대해 설명하였다. 실험장소는 부산 동래구에 소재하는 K병원에서 실시하였

Table 4. Measuring tools

Items	Device name (manufacturer)	Usage
X-ray inspection	Zen-2090 ZERNESSE CORPORATION	Portable X-ray fluoroscopy device
Foot balance analyzer	Gaitview pro AFA-50 alfoots, Korea	Foot balance, gait
Body composition analyzer	Inbody J10 Bio Space, Korea	Body composition analyzer analyzer
Notebook computer	Lenovo ThinkPad Edge	Gaitview pro program

며 X-Ray 촬영은 의사의 직접 참여 아래 Zen-2090 이동 투시 촬영기로 촬영하였다. 촬영 시 정확한 부위 촬영을 위해 실험자는 환복하고, 의료진의 안내에 따라 검사기기 위에 누운 자세를 취하였다. 숨을 들이 마신 상태에서 촬영을 실시하였으며, 후면과 측면을 각각 1~2회 촬영하였고, 촬영결과를 의사가 영상분석을 통하여 척추질환 여부를 진단하였다.

Gaitview pro 측정은 발 균형과 보행형태로 구분하여 실시한 후 분석을 실시하였다. Gaitview pro 프로그램에 피험자의 인적 사항과 체중을 입력하고, 신발을 벗고 Gaitview pro 측정기 위에 편안한 자세로 올라서게 한 후 시선은 정면을 쳐다보고 움직이지 않은 상태에서 정적인 자세로 10초간 측정하였다. 동적인 동작은 편안한 자세에서 시선은 정면을 쳐다보고 보행동작을 실시하게 하였으며, Gaitview pro 측정기 위를 왼발로 밟고 지나가도록 하였으며, 뒤로 돌아서 오른발로 똑같은 위치에 발로 밟고 지나가도록 하였다. Gaitview pro 측정기를 의식하지 않도록 평상시 걸음걸이로 자연스럽게 2회 걷도록 하였으며, 좌·우측 발 압력을 2회 측정하여 보다 정확하게 발 압력이 나타난 자료를 분석하였다.

3. 자료처리방법

이 연구의 자료처리방법은 척추질환자의 X-ray 검사결과를 의사가 진단하였으며, Gaitview pro 실험을 통해서 발 균형과 보행형태를 분석하였다. 통계처리는 척추질환 유·무와 척추질환에 따른 성별, 체형별, 좌·우 척추질환에 따른 발 균형과 보행형태 검사에 대한 운동학적·운동역학적 변인들을 비교분석하기 위하여 SPSS Version 23.0 통계프로그램을 이용하여 다음과 같은 방법으로 처리하였다. 기술통계를 사용하여 집단별 평균(M)과 표준편차(SD)를 사용하였으며, 운동역학적인 변인들의 차이를 비교분석하기 위하여 일원분산분석(one-way ANOVA)을 실시하였고, 사후검정(post-hoc)은 Duncan 법을 실시하였다. 모든 통계적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 수준으로 설정하였다.

RESULTS

1. 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 발 압력과 발 접촉면적 차이

(Table 5)에서와 같이 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 좌측발과 우측발의 발압력차는 척추염좌, 좌측발 추간판탈출증, 척추협착증 질환자 모두 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았다.

(Table 6)에서와 같이 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 좌측발 접촉면적의 경우 척추염좌 남성 $107.58 \pm 9.92 \text{ cm}^2$, 여성 $85.40 \pm 32.54 \text{ cm}^2$ 로 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .034$). 우측발 척추협착증 질환자의 접촉면적의 경우 남성 $103.68 \pm 9.53 \text{ cm}^2$, 여성 $94.96 \pm 16.68 \text{ cm}^2$ 로 통계적 검정결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으며($p < .038$), 우측발 척추염좌 질환자의 경우 남성 $112.37 \pm 10.99 \text{ cm}^2$, 여성 $83.96 \pm 31.09 \text{ cm}^2$ 로 통계적 검정결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .007$). 좌측발 추간판탈출증과 척추협착증 질환자의 경우 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았다. 우측발 추간판탈출증과 척추협착증 질환자의 경우 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았다.

2. 척추질환과 성별에 따른 보행동작시 발 압력과 발 접촉면적 차이

(Table 7)에서와 같이 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 좌측발 압력은 척추협착증 질환자의 경우 남성 $77.33 \pm 10.14 \text{ kgf}$, 여성 $66.70 \pm 12.69 \text{ kgf}$ 로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .005$). 척추질환과 성별에 따른 좌측발 압력은 척추염좌 질환자의 경우 남성 $82.23 \pm 14.73 \text{ kgf}$, 여성 $65.94 \pm 13.19 \text{ kgf}$ 로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .009$).

척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 우측발 압력은 척추협착증 질환자 남성의 경우 $76.00 \pm 9.57 \text{ kgf}$, 여성 $66.43 \pm 13.31 \text{ kgf}$ 로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다(p

Table 5. Differences in postural foot pressure according to spinal disease (unit: kgf)

	Items	Male (n=34)	Female (n=41)	t-value (p)	
		M±SD	M±SD		
Pressure	Left foot	Spinal disc herniation (n=8)	56.91±6.81	50.67±11.62	.832 (.437)
		Spinal canal stenosis (n=43)	53.51±8.66	49.18±7.87	1.712 (.094)
		Sprain of lumbar spine (n=24)	53.58±9.14	48.79±17.51	.841 (.410)
	F-value (p)		.204 (.816)	.045 (.956)	
	Post-hoc		ns	ns	
Right foot	Spinal disc herniation (n=8)	56.91±6.11	50.67±5.72	1.225 (.267)	
		Spinal canal stenosis (n=43)	56.79±6.89	52.69±7.52	1.839 (.073)
		Sprain of lumbar spine (n=24)	55.68±6.02	52.03±18.02	.664 (.513)
	F-value (p)		.112 (.895)	.067 (.935)	
	Post-hoc		ns	ns	

Table 6. Differences in postural foot contact area according to spinal disease (unit: cm²)

	Items	Male (n=34)	Female (n=41)	t-value (p)	
		M±SD	M±SD		
Area	Left foot	Spinal disc herniation (n=8)	102.14±6.89	99.03±9.77	.344 (.743)
		Spinal canal stenosis (n=43)	100.96±9.61	94.84±14.47	1.583 (.121)
		Sprain of lumbar spine (n=24)	107.58±9.92	85.40±32.54	2.259* (.034)
	F-value (p)		1.789 (.184)	1.044 (.362)	
	Post-hoc		ns	ns	
Right foot	Spinal disc herniation (n=8)	108.60±8.56	97.74±25.40	.698 (.512)	
		Spinal canal stenosis (n=43)	103.68±9.53	94.96±16.68	2.153* (.038)
		Sprain of lumbar spine (n=24)	112.37±10.99	83.96±31.09	2.984** (.007)
	F-value (p)		2.799 (.076)	1.115 (.338)	
	Post-hoc		ns	ns	

*p<.05, **p<.01

<.012). 척추질환자의 성별에 따른 보행동작 시 우측발 압력은 척추염좌 남성 85.10±13.70 kgf, 여성 63.63±11.67 kgf로 통계적 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.001). 척추질환자의 성별에 따른 보행동작 시 발 압력에서 추간판탈출증 질환자의 경우 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았다.

(Table 8)에서와 같이 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 좌측발 접촉면적에서 척추협착증 남성의 경우 129.70±11.35 cm², 여성 119.81±11.38 cm²로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다(p<.007). 좌측발 접촉면적 척추염좌

남성 132.28 ±7.71 cm², 여성 115.12±17.73 cm²로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다(p<.008). 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 우측발 접촉면적에서는 척추협착증 남성의 경우 128.00±13.70 cm², 여성 116.70±12.90 cm²로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다(p<.008). 우측발 접촉면적 척추염좌 남성 136.71±10.78 cm², 여성 112.91±15.98 cm²로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다(p<.001). 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 좌측·우측 발 접촉면적에서 추간판탈출증 질환자의 경우 통계적 검정

Table 7. Differences in foot pressure during gait according to spinal disease (unit: kgf)

	Items	Male (n=34)	Female (n=41)	t-value (p)	
		M ± SD	M ± SD		
Left foot	Spinal disc herniation (n=8)	91.97±9.88	71.04±11.07	1.391 (.214)	
	Spinal canal stenosis (n=43)	77.33±10.14	66.70±12.69	2.971** (.005)	
	Sprain of lumbar spine (n=24)	82.23±14.73	65.94±13.19	2.853** (.009)	
	F-value (p)	.691 (.509)	.302 (.741)		
Pressure	Post-hoc	ns	ns		
	Right foot	Spinal disc herniation (n=8)	79.15±19.11	69.42±11.07	.934 (.386)
		Spinal canal stenosis (n=43)	76.00±9.57	66.43±13.31	2.636* (.012)
		Sprain of lumbar spine (n=24)	85.10±13.70	63.63±11.67	4.133*** (.001)
F-value (p)	2.127 (.136)	.409 (.667)			
	Post-hoc	ns	ns		

*p<.05, **p<.01, ***p<.001

Table 8. Difference in foot contact area during gait according to spinal disease (unit: cm²)

	Items	Male (n=34)	Female (n=41)	t-value (p)	
		M ± SD	M ± SD		
Left foot	Spinal disc herniation (n=8)	137.07±15.86	121.42±12.77	1.543 (.174)	
	Spinal canal stenosis (n=43)	129.70±11.35	119.81±11.38	2.831** (.007)	
	Sprain of lumbar spine (n=24)	132.28±7.71	115.12±17.73	3.073** (.008)	
	F-value (p)	.712 (.499)	.590 (.559)		
Area	Post-hoc	ns	ns		
	Right foot	Spinal disc herniation (n=8)	129.65±31.77	121.28±14.35	.527 (.617)
		Spinal canal stenosis (n=43)	128.00±13.70	116.70±12.90	2.774** (.008)
		Sprain of lumbar spine (n=24)	136.71±10.78	112.91±15.98	4.276*** (.001)
F-value (p)	1.312 (.284)	.675 (.515)			
	Post-hoc	ns	ns		

p<.01, *p<.001

결과 유의한 차이가 나타나지 않았다.

(Table 9)에서와 같이 좌측 척추질환에 따른 바로 선 자세에서의 추간판탈출증 질환자들의 좌측발 압력은 47.06±7.49 kpa, 우측발 압력은 62.64±2.02 kpa로 통계적 검정결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.013). 좌측 척추협착증과 척추염좌 질환자들의 바로 선 자세의 발 압력에서는 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 우측 척추질환자의 좌측·우측 발 압력에서도 통계적 검정결과 유의한 차이는 나

타나지 않았다.

DISCUSSION

1. 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 발 압력과 발 접촉면적 차이

선행연구에 따르면 요통 환자의 기립 시 양하지에 실리는

Table 9. Differences of foot pressure in direct posture due to left & right vertebra disease (unit: kpa)

	Items	Left foot	Right foot	t-value (p)	
		M ± SD	M ± SD		
Pressure	Left (n=43)	Spinal disc herniation (n=3)	47.06±7.49	62.94±2.02	-3.488* (.013)
		Spinal canal stenosis (n=30)	50.66±7.81	52.10±9.94	-.508 (.614)
		Sprain of lumbar spine (n=10)	50.09±8.05	51.53±17.26	-.233 (.818)
	F-value (p)		.455 (.638)	.897 (.420)	
	Post-hoc		ns	ns	
	Right (n=32)	Spinal disc herniation (n=5)	50.00±6.23	57.02±2.18	-1.831 (.117)
Spinal canal stenosis (n=13)		55.07±7.79	53.18±6.69	.759 (.452)	
Sprain of lumbar spine (n=14)		56.26±5.54	52.41±16.92	.657 (.518)	
F-value (p)		1.290 (.286)	.166 (.848)		
Post-hoc		ns	ns		

*p<.05

체중지지율을 비교한 연구에서 체중지지율은 통증이 없는 쪽보다 통증 측 하지에서 높게 나타났고(Yoon & Bae, 1999), 통증이 없는 쪽으로 주로 체중지지를 하는 것은 통증이 있는 하지로 서 있을 때 요추 주위와 골반의 근육수축으로 인해 통증이 심해지는 것을 줄이기 위한 것으로 나타났다(Mientjes & Frank, 1999). 척추질환이 있는 사람들은 정상인에 비해 힘의 중심을 후방으로 유지하려는 경향이 강하므로 체간의 근육이 이완되고 척추 만곡선이 증가하면서 신경에 가해지는 압박이 증가하여 척추 자극이 증가한다. 또한 척추의 근육·건·인대가 불균형한 형태로 발달되면서 척추가 비대칭적으로 변형되어 척추질환의 원인이 된다(Shin, 2002). 인체의 골격은 척추를 중심으로 하여 대칭적으로 배열하고 있고, 총체적인 모양을 유지하도록 이루어져 있으므로 인체의 관절 하나라도 이상이 생기게 되면 다관절의 활동에 영향을 주게 되며, 발뼈 각 부위의 배열이 정확하지 않으면 발뒤가 틀어지고, 다리에 있는 뼈들의 균형이 무너짐으로써 체중이 무릎, 발목을 통해 발바닥으로 고루 분산되지 않게 되어 다른 많은 증상들을 야기하게 된다(Ferber, Davis, & Willams, 2005). 척추의 측만 정도가 클수록 좌우 신체의 불균형은 커져 족저압에도 영향을 미치며 발의 균형은 자세의 균형과 밀접한 관련을 보이고 무게 중심의 비정상적인 이동은 척추변형 및 자세불균형에 영향을 미친다(Lim, 2014). 선행연구와 본 연구결과를 비교분석 결과 일반인과 척추질환자의 바로 선 자세에서 발 압력이나 발 접촉면적에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 본 연구결과 편안한 자세로 Gaitview pro에 올라서게 한 후 시선은 정면을 쳐다보게 하고, 움직이지 않은 정적인 자세일 때 일반인과 척추질환자 모두 바로 선 자세에서 안정성을 나타냈

다. 따라서 바람직한 교정처치는 바른 신체정렬을 유지하고, 자세에 따라 족저압 좌·우 균형을 유지하는 것이 효과적(Koo, 2013)이라는 선행연구결과와 본 연구결과가 유사한 것으로 분석되었다.

경남 일부지역 중, 고교생의 성별에 따른 시상면상 척추, 골반정렬의 특성 비교연구에서 성별간의 척추, 골반에서 차이가 없었고(Kim, 2014), 성별, 신장, 체중에 따른 균형적응능력에도 차이가 없었다(Koo, 1995). 척추질환과 성별에 관한 선행연구가 부족하여 바로 선 자세와 보행형태에 관한 연구결과를 통해서 논의하였다. 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 발 압력에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았지만 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 좌측발 접촉면적의 경우 척추염좌 질환 남성의 경우 107.58±9.92 cm², 여성 85.40±32.54 cm²로 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.034).

척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 발 접촉면적에서는 우측발 척추협착증 남성 103.68±9.53 cm², 여성 94.96±16.68 cm²로 통계적으로 유의한 차이가 나타났으며(p<.038), 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 발 접촉면적에서는 우측발 척추염좌 남성 112.37±10.99 cm², 여성 83.96±31.09 cm²로 통계적으로 유의한 차이가 나타났다(p<.007). 하지만 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세의 발 접촉면적에서 좌측발 추간판탈출증과 척추협착증에서는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 우측발 추간판탈출증에서도 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

선행연구에 따르면 남성과 여성 모두 체중별로 족저압의 전·후, 좌·우 이동변위와 정적균형에서도 남성과 여성 모두 체

중에 따른 차이가 있었다(Kim & Park, 2005). 선행연구와 본 연구결과를 종합적으로 분석한 결과 남성과 여성의 발 압력에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 척추질환 유·무와 성별에 따른 정적인 자세에서의 발 압력과 보행형태에 관한 분석 결과 척추질환자들이 일반인들 보다 좌측발 면적이 넓게 나타났다는 것은 우측 척추질환자의 경우 통증으로 인하여 좌측발 지지면적을 넓게 하는 것으로 분석되었다. 바로 선 자세의 성별에 따른 발 압력에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 원인은 남성이 여성보다 신장, 체중, 발 접촉면적에서는 넓게 나타났지만 남성과 여성은 척추질환 형태에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았으므로 성별에 따른 차이는 아닌 것으로 분석되었다.

2. 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 발 압력과 발 접촉면적 차이

척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 좌측발 압력은 척추협착증의 경우 남성 77.33 ± 10.14 kgf, 여성 66.70 ± 12.69 kgf로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .005$). 척추질환과 성별에 따른 좌측발 압력은 척추염좌의 경우 남성 82.23 ± 14.73 kgf, 여성 65.94 ± 13.19 kgf로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .009$). 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 우측발 압력은 척추협착증 남성의 경우 76.00 ± 9.57 kgf, 여성 66.43 ± 13.31 kgf로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .012$). 척추질환자의 성별에 따른 보행동작 시 우측발 압력은 척추염좌 남성 85.10 ± 13.70 kgf, 여성 63.63 ± 11.67 kgf로 통계적 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .001$). 척추질환자의 성별에 따른 보행동작 시 발 압력에서 추간판탈출증 질환자의 경우 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았다. 본 연구결과에서는 남성들이 여성보다 일반적으로 신장, 체중, 발 면적이 넓기 때문에 척추질환과 성별에 따른 바로 선 자세에서의 발 압력이 남성이 높게 나타난 것으로 분석되었다.

신경학적 측면에서 보면, 많은 결합조직과 관절조직으로 상호 연결된 하지의 관절들은 내인성, 외인성의 근육들과 마찬가지로 자기수용체 신경 말단이 풍부하게 분포해 있다. 발과 발목 관절의 기계적 감각수용기는 근육방추와 동일하게 양성 지지 반사와 다양한 자율 반사 반응을 담당한다(Freeman & Wyke, 1966). 균형 조절능력은 단순히 국소 흥분성 변화로 일어난 것이 아니라 중추신경계의 감각처리와 운동명령의 변화로 일어나는 것이다(Polönyová & Hlavacka, 2001). 정적으로 선 자세에서 올바른 자세를 유지하기 위해서 신체에 가해지는 중력을 최소화하고 적절한 근육긴장과 함께 몸 감각수용기와 안뜰달팽이 시스템의 정상적인 감각입력이 중추로 전달되어 통합 처리되어야 한다(Basmajian, Joha, Luca, & Carlo, 1985)는 선

행연구를 바탕으로 본 연구결과에서는 좌측 척추질환에 따른 바로 선 자세에서의 추간판탈출증 질환자들의 좌측발 압력은 47.06 ± 7.49 kpa, 우측발 압력은 62.64 ± 2.02 kpa로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($p < .013$)는 것은 좌측 추간판탈출증에 의해 척추 기립근이 바른 자세를 유지하기 힘들기 때문에 상체근력이 우측으로 의존하여서 우측발 압력으로 높게 나온 것으로 판단된다. 좌측 척추협착증과 척추염좌 질환자들의 바로 선 자세의 발 압력에서는 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 우측 척추질환자의 좌측·우측 발 압력에서는 통계적 검정결과 유의한 차이는 나타나지 않았다. 우리 신체를 균형 있게 유지시켜주고 바른 자세를 잡아주는 척추 기립근에서 비정상적인 활성상태가 만들어져서 하지 근육의 피로와 허리 근육의 불균형으로 인해 하지 관절 부상과 허리의 통증을 유발할 소지가 충분하다는 것을 증명하는 것이다(Kang, 2013). 하지만 척추의 불안정성이란 중립지대라고 불리는 척추 분절의 중립자세 주위의 느슨함을 일컫는 말로서 큰 변형이나 신경학적 이상, 통증으로 인한 기능부전 없이 생리학적인 한계 내에 척추 중립지대를 유지하는 척추 안정화체계의 유의한 능력감소라 할 수 있고, 이 부위는 척추가 안정성을 유지하는데 임상적으로 매우 중요하다(Kim & Baeg, 2003). 측면 방향의 골반부 방사선 영상에서 좌우 전상장골극과 치골 결합면을 이은선이 중력선과 평행감각하고, 전상장골극과 후상장골극이 수평선상에 위치할 경우를 올바른 자세로 정의하였다(Cummings & Crowel, 1988). 선행연구와 본 연구결과에서는 척추협착증, 척추염좌에서 척추질환에 따른 비정상적인 척추 근력상태가 만들어졌지만, 편안한 자세로 올라서게 한 후 시선은 정면을 쳐다보고 움직이지 않은 정적인 자세가 척추질환자에게도 바로 선 자세의 안정화를 준 것으로 판단된다.

보행동작 시 하지근력의 약화로 인해 균형능력이 낮아지며, 균형능력의 약화는 보행에 문제를 나타내게 한다(Lee et al., 2011)는 선행연구와 본 연구결과에서 일반인과 척추질환자의 발 압력 분석결과에서는 통계적으로 유의미한 차이는 나타나지 않았지만 척추질환자들의 경우에도 일반인들과 유사하게 인체 무게중심을 하지에서 상지로 자연스럽게 이동시켜 보행동작을 효과적으로 수행하는 것으로 분석되었다. 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 좌측발 접촉면적에서 척추협착증 남성의 경우 129.70 ± 11.35 cm², 여성 119.81 ± 11.38 cm²로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .007$). 좌측발 접촉면적 척추염좌 남성 132.28 ± 7.71 cm², 여성 115.12 ± 17.73 cm²로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .008$). 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 우측발 접촉면적에서는 척추협착증 남성의 경우 128.00 ± 13.70 cm², 여성 116.70 ± 12.90 cm²로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .008$). 우측발 접촉면적 척추염좌 남성 136.71

$\pm 10.78 \text{ cm}^2$, 여성 $112.91 \pm 15.98 \text{ cm}^2$ 로 나타났으며, 통계적 검정결과 유의한 차이가 나타났다($p < .001$). 척추질환과 성별에 따른 보행동작 시 좌측·우측 발 접촉면적에서 추간판탈출증 환자의 경우 통계적 검정결과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 선행연구에서는 성별에 따른 균형적응능력에는 별 차이가 나타나지 않는다고 하였다(Koo, 1995). 하지만, 본 연구 결과에서는 남성들이 여성들보다 신장, 체중, 발 면적 차이에 따라 추간판탈출증>척추협착증>척추염좌 질환자 순으로 발 접촉면적이 넓게 나타났으며, 척추협착증과 척추염좌 질환자의 경우 발 접촉면적에서 보다 큰 차이를 둔 것으로 판단되어지며, 이는 척추질환의 통증에 따라서 상지의 불균형으로 초래하여 하지에 의존하는 발의 접촉면적이 넓어졌다. 성별에 따른 신장, 체중, 발 면적에서 차이가 있으며, 균형적응능력에 차이가 나타나지 않는다는 선행연구와 상반된 결과로 판단된다.

CONCLUSION

본 연구의 목적은 성인 남녀를 대상으로 척추질환 유·무에 따른 발 균형과 보행형태 관한 운동역학적인 변인을 분석하기 위하여 성인 남성 40명과 성인 여성 60명을 대상으로 X-ray 검사, Gaitview pro를 측정하여 비교분석한 결과 아래와 같은 결론을 얻었다.

1) 척추질환 유·무와 성별에 따른 정적인 자세에서의 발 균형과 보행형태에 관한 분석결과 척추질환자들이 일반인들 보다 좌측발 면적이 넓게 나타났다는 것은 우측 척추질환자의 경우 통증으로 인하여 좌측발 지지면적을 넓게 하는 것으로 판단된다. 바로 선 자세의 성별에 따른 발 압력에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 남성이 여성보다 신장, 체중, 발 접촉면적에서는 넓게 나타났지만 남성과 여성은 척추질환 형태에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았으므로 성별에 따른 차이는 아닌 것으로 판단된다.

2) 척추질환 유·무와 성별에 따른 보행동작 시 발 균형과 보행형태에 관한 분석결과 보행동작 시 척추질환자도 인체 무게중심을 상지에서 하지로 이동하는데 있어 효과적으로 분배하여 보행동작을 수행할 수 있었다. 특히 보행동작 시 여성들은 남성들보다 신체중심을 약간 뒷부분에 두고 있는 것으로 분석되었으며 척추질환에 따른 상체의 근육불균형 및 고정화로 하지로 이동하는 근육에도 불균형을 초래하여 바른 보행동작을 저해하는 것으로 분석되었다.

ACKNOWLEDGEMENT

This study was excerpted from Ph.D. Jae Soung Park's Dissertation.

REFERENCES

- An, J. H. (2008). *Gait Characteristics of Healthy Women by 3-D Computerized Motion Analysis*. Unpublished Master's Thesis. University of Chonnam.
- Cho, S. K. (2008). *Gait pattern classification of hemiplegic patients focused on knee kinematic analysis*. Un-published Master's Thesis. University of Yonsei.
- Cho, Y. K. (2006). *A comparison of gait pattern between diet shoes and running shoes*. Unpublished Master's Thesis. University of Yonsei.
- Choi, H. (2001). *Diagnosis and treatment of pain of vertebral origin*. Seoul: Koonja.l therapy, 5(1), 59-74.
- Cummings, G. S. & Crowell, R. D. (1988). Source of error in clinical assessment of innominate rotation. *Physical Therapy*, 68(1), 77-85.
- Ferber, R., Davis, I. M. & Willams, III. D. S. (2005). Effect of foot orthotics on rearfoot and tibia joint coupling patterns and variability. *Journal of Biomechanics*, 38(3), 477-483.
- Freeman, M. A. & Wyke, B. (1966). Articular contributions to limb muscle reflexes. The effects of partial neurectomy of the knee-joint on postural reflexes. *British Journal of Surgery*, 53(1), 61-69.
- Ghoi, Y. E. (2008). *The EMG analysis on leg muscle's activity in accordance with change of gait velocity and direction*. Un-published Master's Thesis. University of Konkuk.
- Jahss & Melvin, H. (1991). *Disorders of the foot & ankle: Medical and surgical management*. Philadelphia: Saunders.
- Jeon, C. U. (2007). *Biomechanical Study of Lumbar Spine with Interspinous Device using Three-dimensional Nonlinear Finite Element Method*. Un-published Master's Thesis. University of Hanyang.
- Jeong, J. H. (2005). *Analysis of spinal artificial disc using 3-dimensional nonlinear finite element method*. Unpublished Master's Thesis. University of Seoul National.
- Jeong, M. R. (1995). *Kinetic Analysis of Walking: Focusing on the Wearing of Barefoot sneakers and shoes*. Un-published Master's Thesis. University of Busan Women.
- Jeong, S. H. (2005). *The effect of rehabilitative exercises on lumbar strength and pain scale scores in hernia-operated patients*. Un-published Master's Thesis. University of Dankook.
- Jin, C. G. (2008). *Study on healthcare for prevention from a habit forming illness*. Unpublished Master's Thesis. University of Kyung Hee.

- Kang, M. S. (2013). *Change in gait pattern and the Erector Spinae activity according to a change in shoe outsoles*. Unpublished Master's Thesis. University of Seoul National.
- Kim, J. T. & Park, S. H. (2005). The displacement of center of pressure during adult female gait based on the body mass. *Gyeongnam Physical Education Research*, 10(1).
- Kim, K. Y. (2007). *Kinematic Analysis of School Bag Strings on Gait*. Un-published Master's Thesis. Chungnam National University.
- Kim, S. Y. & Baeg, I. H. (2003). Effects of Transversus Abdominal Muscle Stabilization Exercise to Spinal Segment Motion on Trunk Flexion-Extension. *Korean Research Society of Physical Therapy*, 10(1), 63-76.
- Kim, S. R. (2014). Differences in Male and Female Spinopelvic Alignments in Middle School and High Schools Students of Gyeongnam Areas in Korea: a Three Dimensional Analysis Using Rasterstereography. *Korean Society of Industrial Technology*, 15(2), 962-969.
- Kim, S. W. (2008). *Clinical Investigation of The Disc Patient which Utilize Chiropractic (Vertebral Disc in Center)*. Un-published Master's Thesis. University of Sangmyung.
- Kim, W. S. (2008). *Comparison of Adult Hemiplegia Gait Parameters*. Un-published Doctor's Dissertation. University of Korea National Sport.
- Kim, Y. J., Ji, J. G., Kim, J. T., Hong, J. H., Lee, J. S., Lee, H. S. & Park, S. B. (2004). A comparison study for mask plantar pressure measures to the difference of shoes in 20 female. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 14(3), 83-98.
- Koo, B. O. (1995). *The characteristics of the postural balance and adaptation according to bilateral leg discrepancy in normal subjects*. Unpublished Master's Thesis. University of Taegu.
- Koo, M. K. (2013). *Effects that chiropractic manipulation on posture by measuring foot pressure*. Unpublished Master's Thesis. University of Hanseo.
- Korea Centers for Disease Control and Prevention (2017). *Korea health Information Portal*. <http://health.cdc.go.kr/health/Main.do>
- Kwon, Y. G. & Byeon, S. N. (1999). *Introduction to new biomechanics*. Seoul: Cheong Moon Gak.
- Lee, G. C., Kim, C. H., Kwak, S. Y., Kim, S. B., Lee, G. A., Jung, S. H., Hea, E. J., Han, J. H. & Bae, W. S. (2011). About Sex and Weight by Foot Pressure Distribution of Normal Twenties Men and Women Research. *Journal of Korean Society of Sports Physical Therapy*, 7(1), 43-52.
- Lee, T. S. (2000). *The Encyclopedia of physical athletics*. Seoul: Minjung Seguang.
- Lim, E. J. (2014). *The effect of lower limb strengthening exercise and gait training on body balance, Foot pressure and Cobb's angle in high school female scoliosis patients with pelvic malignment syndrom*. Unpublished Master's Thesis. University of Korea National Sport.
- Mientjes, M. I. V. & Frank, J. S. (1999). Balance in chronic low back pain patients compared to healthy people under various conditions in upright standing. *Clinical Biomechanics*, 14(10), 710-716.
- National Health Insurance Service (2016). *Composition and status by type of occurrence not delivered from general hospital level or higher*.
- Park, H. J. (2008). *The gait patterns of the children with down syndrome compared to the children without disabilities*. Un-published Master's Thesis. University of Yongin.
- Park, S. E. (2010). *Comparison of Effect of Underwater and Land Treadmill Exercise on The Stroke Patient's Gait and Physical Function*. Un-published Master's Thesis. University of Yongin.
- Park, Y. H. (2009). *The Effects of Ankle Proprioceptive Control Program on the Balance and Walking in the Persons with Stroke*. Unpublished Master's Thesis. University of Samyook.
- Perry, J. (1992). *Gait analysis: normal and pathological function*. Thorofare, New Jersey: Slack.
- Polönyová, A. & Hlavacka, F. (2001). Human postural responses to different frequency vibrations of lower leg muscles. *Physiological Research*, 50(4), 405-410.
- Shin, J. H. (2002). *The Effect of Exercise on the LBP & Scoliosis Treatment after the TuiNa care*. Unpublished Master's Thesis. University of Kyunghee.
- Winter, D. A. (1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. New York: Wiley.
- Yang, I. C. (2008). *Study of Kinematic Behavior of Dynamic Stabilization System through Human Body Model with Lumbar Fusion*. Unpublished Master's Thesis. University of Konkuk.
- Yoo, C. H. (2009). *Biomechanical analysis of comfort shoes based on gait characteristic in relation to age*. Unpublished Master's Thesis. University of Inje.
- Yoon, H. L. & Bae, S. C. (1999). A Study on the Characteristics of Lower Extremity Weight Bearing in Patients with Low Back Pain. *Journal of Korean Academy of Orthopaedic Manual Therapy*, 5(1), 59-74.