

## 정상 성인에서 Flex-OA 기능성 신발과 일반 신발이 보행 중 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위에 미치는 효과

김 용 옥<sup>†</sup>

전주대학교 물리치료학과 교수

### Effects of the Flex-OA Functional Shoe and the Standardized Shoe on Ranges of Hip and Knee Joint During Gait in Healthy Individuals

Kim Yongwook, PT, Ph.D<sup>†</sup>

*Dept. of Physical Therapy, Jeonju University, Professor*

#### Abstract

**Purpose** : The purpose of this study was to investigate the characteristics of the Flex-OA shoe, a specific functional shoe, in terms of the range of motion (ROM) of hip and knee joint during walking when compared to a standardized shoe.

**Methods** : Twenty-six healthy adults (18 males, 6 females) participated in this study. Subjects performed 8 walking trials consisting of two different shoe conditions to evaluate the hip and knee ROM using a three-dimensional motion capture system. Visual 3D motion analysis software was finally used to coordinate the kinematic data.

**Result** : The total ROM and maximal abduction range of the hip joint in the coronal planes when wearing the Flex-OA shoe were significantly increased during walking compared to wearing a standard shoe ( $p<.05$ ). On the other hand, significantly increased ROM was observed in the sagittal plane when wearing the Flex-OA shoe in the knee joints compared to a standard shoe ( $p<.05$ ).

**Conclusion** : Although clinical application of the specific functional shoe has known clearly positive effects on knee moments, the results of this study could provide important clues to explain the background of these effects in terms of the hip and knee joints when applying a specific functional shoe.

---

**Key words** : Flex-OA, functional footwear, gait, hip, knee

<sup>†</sup> : , ptkim@jj.ac.kr

: 2018 7 27 | : 2018 8 16 | : 2018 9 7

## I. 서론

걷는 동안 무릎 관절에서 발행하는 관절모멘트 중 무릎 골관절염의 발생과 가장 밀접한 관계를 갖는 것은 무릎모음모멘트로 알려져 있다(Baliunas 등, 2002; Henriksen 등, 2010; Miyazaki 등, 2002). 증가된 무릎모음모멘트는 무릎 내측의 압박력(compression force)을 증가시키고, 무릎 내측 연부 구조물의 마찰과 변성을 일으켜 무릎관절의 정렬을 변화시킨다(Saragaglia 등, 2018). 일반적으로 증가된 무릎모음모멘트로 인한 무릎골관절염은 무릎 내반(genu varus) 변형을 일으키고, 내반 변형은 무릎모음모멘트의 증가에 기여하여 증상을 더욱 악화시키는 것으로 보고되고 있다(Kim 등, 2018; Shakoor 등, 2008). 무릎 골관절염의 치료 효과를 검증하기 위한 기존 연구들은 무릎모음모멘트를 낮추는데 초점을 맞추어 다양한 중재에 대한 효과를 검증한 보고가 대부분이며(Maly 등, 2002; Moyer 등, 2013; Shelburne 등, 2008), 이러한 보존적 치료법으로 일반신발에 삽입하는 인솔(shoe insoles), 무릎보조기, 기능성 신발보조기, 운동치료법 등이 있다(Baker 등, 2007; Kutzner 등, 2011; Shakoor 등, 2008).

많은 보존적 중재법 중, 일반 신발에 특수설계 밑창과 유연성 재질로 제작된 기능성 신발보조기(Flex-OA)는 착용에 대한 거부감이 없고 맨발(barefoot) 보행에서와 같이 무릎모음모멘트를 유의하게 감소시키는 것으로 보고되었다(Shakoor 등, 2008). Flex-OA 신발과 같이 무릎 골관절염을 위해 특별하게 설계 제작된 기능성 신발의 임상적 적용의 의의는 보행 기능을 향상시키고 환자에게 일상생활을 위한 활동에 참여하도록 동기를 부여하는 것이다(Terrier 등, 2009). 비록 Flex-OA 신발이 무릎 관절의 하중과 무릎모음모멘트를 감소시키는데 유의한 효과가 있는 것으로 보고되었으나(Kim 등, 2018; Shakoor 등, 2008; Shakoor 등, 2013), 일반 신발과 비교하여 보행 중 엉덩관절 및 무릎관절에서 발생하는 가동범위에 어떠한 효과가 있는지 또한 이를 통해 무릎관절 모멘트 발생의 기전을 고찰하는 연구는 없었다.

정상 보행의 질적 향상을 검증하는 측정 및 평가 방법은 중요하며, 이를 위해 보행 중 하지의 좌우 대칭성과

하지 관절의 가동범위를 평가하는 것이 필요하다. 임상에서의 보행 평가는 주로 검사자의 관찰을 통해 이뤄지고 보행 분석의 해석은 전문 지식이 상이한 임상 전문가의 견해에 따라 매우 광범위하다(Iijima 등, 2017; Schlachetzki 등, 2017). 따라서 보행 동작의 객관적이고 정량적인 평가는 치료적 중재의 효과를 검증하는 데 중요한 역할을 한다. 이러한 이유로 실험실 환경의 생체역학적 3차원 보행분석은 보행의 객관적, 정량적 평가방법으로 널리 사용되고 있다(Kim 등, 2018; Miu 등, 2012; Pfister 등, 2014). 따라서, 본 연구의 목적은 정상 성인을 대상으로 Flex-OA 기능성 신발과 일반 신발을 각각 적용하여 걸을 때 3차원 보행분석을 통한 세 가지 운동면에서 실시간 발생하는 엉덩관절과 무릎관절에서의 관절 가동범위의 차이를 알아보고 무릎모음모멘트를 낮추는데 효과적인 것으로 알려진 Flex-OA 기능성 신발이 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위에 미치는 운동학적(kinematics) 특성을 알아보는 것이다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상자

적정 연구대상자의 표본수를 고려하기 위해서 G\*power 3.1을 이용한 결과, 효과크기 .8, 유의수준 .05, 검정정력 .08을 유지하는데 필요한 표본 수는 22명이었으며, 탈락률을 고려하여 26명을 선정하였고, 건강한 성인 26명(남자 18명, 여자 8명)을 대상으로 시행되었다. 모든 연구대상자는 연구 내용에 대한 충분한 설명을 듣고 자발적으로 연구에 참여하였고 서면 동의를 제출하였다. 본 연구의 대상자 선정조건은 심장호흡기계, 근골격계, 신경계 등의 기저 질환이 없고 10 m 실험실 보행로(walk way)를 편안한 걸음 속도로 걸을 수 있는 자로 선정하였다. 본 연구는 헬싱키 선언의 원칙에 따라 수행되었으며, 영국 센트럴랭카셔대학교 연구윤리위원회(Ethics Committee of University of Central Lancashire)의 연구 승인(STEMH 348)하에 시행되었다.

## 2. 실험 방법

### 1) 측정도구

엉덩관절과 무릎관절에서 실시간으로 발생하는 운동학적 관절가동범위의 3차원 동작 분석을 위해 Qualisys Motion Capture System (Qualisys, Gothenburg, Sweden)을 사용하였다. 본 연구에 사용된 Qualisys System은 10대의 적외선 카메라(Oqus-7, Qualisys, Gothenburg, Sweden)와 보행로의 중간에 설치된 4대의 힘판(BP400600, AMTI, MA, U.S.A)으로 구성되었다. 카메라와 힘판(force plate)을 통해 얻어진 다양한 생체역학적 측정값은 중앙컴퓨터의 QTM 소프트웨어(Qualisys, Gothenburg, Sweden)로 보내져 저장되었으며, 적외선 카메라의 표본화 비율(sampling rate)은 100 Hz, 힘판의 표본화 비율은 500 Hz 이었다. 적외선 카메라와 힘판으로부터 수집된 운동학(kinematics) 및 동력학적(kinetics) 3차원 보행분석의 자료는 Visual 3D 동작 분석 프로그램(C-Motion, Rockville, MD, U.S.A)을 사용하여 최종 처리되었다. Visual 3D 프로그램은 카메라와 힘판 등으로부터 수집된 각 대상자의 다양한 운동학 및 동력학적 변수들을 통합, 분석하여 최종적인 통계분석자료와 그래프 등의 보고서 자료를 처리할 수 있다(김용옥과 강승묵, 2017; Kim 등, 2018). 적외선 카메라로부터 수집된 운동학 데이터는 6 Hz의 차단주파수(cut-off frequency)를 통해 저역통과 필터링(low-pass filtering) 되었고, 힘판으로부터 수집된 동력학 데이터는 15 Hz의 차단주파수로 저역통과 필터링 처리하여 보행 분석에 사용하였다. 동측 하지의 발뒤꿈치 접촉(heel strike)부터 다음 접촉까지를 1회 보행주기로 정의하고 전체 보행에 표준화하여 분석에 사용하였다(그림 1).

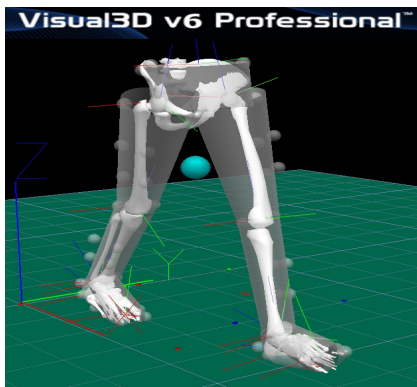


그림 1. Visual 3D 보행분석 모델

### 2) 측정방법

보행 중 엉덩관절과 무릎관절의 운동학적 관절가동범위의 측정을 위해 각 대상자는 본인의 발 크기에 맞게 준비된 Flex-OA 신발(DJO Global, Vista, CA, U.S.A)과 본인 신발을 신고 자신이 자유롭게 선택한 걷는 속도를 유지하게 하여 10 m 보행로를 걷도록 하였다. 신발을 신고 걷는 순서는 동전던지기를 통해 무작위로 결정하였으며, 보행 중 엉덩관절과 무릎관절의 3차원적 관절가동범위의 측정을 위해 옥스퍼드 하지 모형(Oxford lower extremity model)을 사용하였다(Collins 등, 2009). 이를 위해 14 mm 반사마커(reflex marker) 40개를 참가자의 하지와 신발에 부착하였으며, 부착위치는 옥스퍼드 하지 모형에 따라 양측의 골반, 넙다리, 종아리, 및 신발에 부착하였다. 구체적인 반사마커의 부착위치는 양측의 앞위엉덩뼈가시(anterior superior iliac spine), 뒤위엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine), 큰돌기(greater trochanter), 넙다리뼈의 안쪽위관절융기(medial epicondyle), 넙다리뼈의 가쪽위관절융기(lateral femoral epicondyle), 안쪽복사뼈(medial malleolus), 가쪽복사뼈(lateral malleolus), 첫 번째와 다섯 번째 발허리발가락관절(metatarsophalangeal joint), 중앙 발(midfoot), 안쪽 뒷발(rearfoot), 가쪽 뒷발이었다. 4개의 반사마커로 구성된 군집마커(cluster marker)는 양측 대퇴부 와 하퇴의 중앙부에 부착하였으며, 동작 분석 시 오른쪽과 왼쪽 군집마커들 간의 스왑(swap)을 방지하기 위해 군집마커를 양측에 비대칭적으로 부착하였다. 보행 분석의 동적 관절가동범위 자료를 처리하기 위해 같은 마커의 위치에서 움직이지 않고 서서 해부학적 정적 모형으로 활용되는 정적 자료(static data)를 각각의 신발 조건에서 먼저 획득하였다. 각 대상자마다 평균 8회의 동적인 보행 분석 자료를 수집하였으며, 필요한 경우 보행 측정 간 휴식을 취할 수 있도록 하였다. 동적인 보행 분석 실험을 하는 동안 대상자가 보행로에 설치되어 있는 힘판(force plate)에 완전히 발을 접촉을 하지 못하면 그 실험에서 얻은 보행 자료는 분석에 사용하지 않았다. 모든 대상자에 대해 보행 중 일반 신발과 Flex-OA 신발을 각각 착용하여 보행주기 별로 실시간 얻어진 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위는 Visual3D 분석 프로그램을 통해 그래프로 처리하였으며, 실선은

Flex-OA 신발 착용 시 관절가동범위이고, 점선은 일반 신발 착용 시의 나타낸다(그림 2)(그림 3).

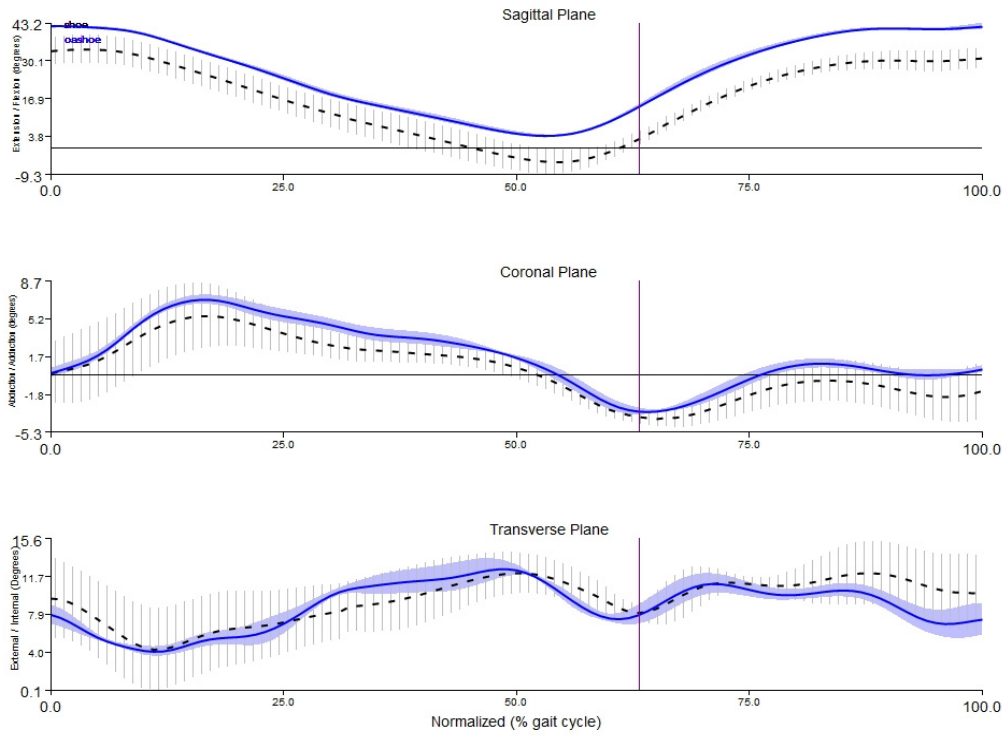


그림 2. 보행 중 두 가지 신발 착용에 따른 엉덩관절의 가동범위

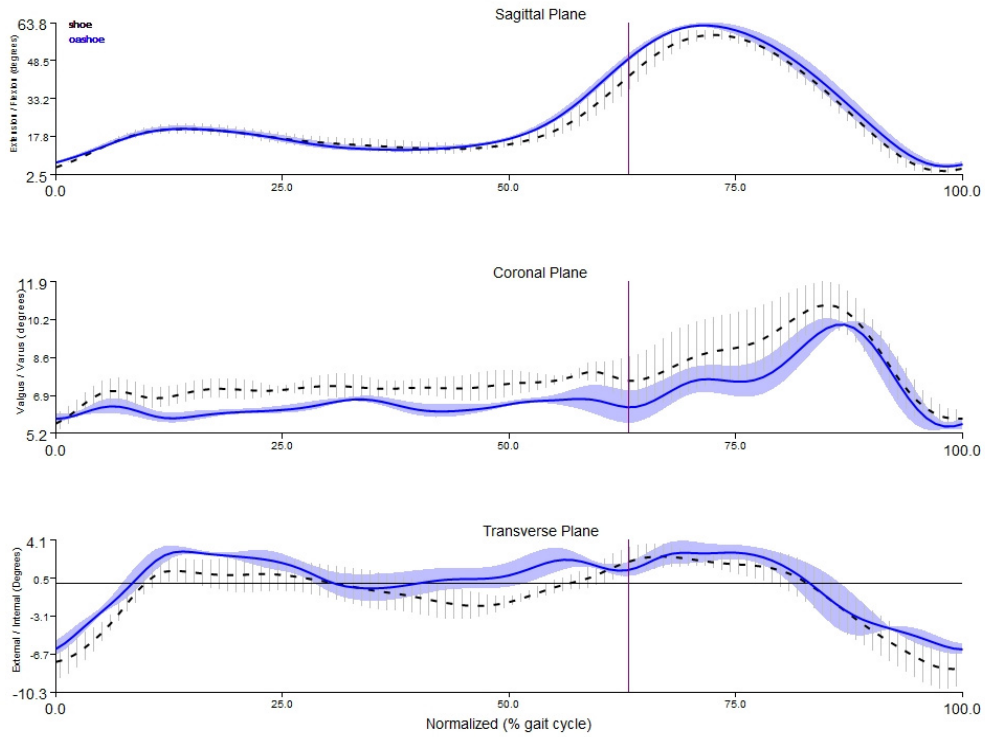


그림 3. 보행 중 두 가지 신발 착용에 따른 무릎관절의 가동범위

### 3. 분석 방법

연구대상자의 키, 몸무게, 나이, 보행 변수 등의 일반적인 특성은 평균과 표준편차를 통해 분석하였으며, 보행 중 각 신발 조건에 따른 양측 엉덩관절과 무릎관절의 가동범위 사이의 차이를 알아보기 위해 이요인 반복측정 분산분석(two way repeated measures)을 사용하였다. 본 연구의 통계 분석은 SPSS window용(version 23.0)을 사용하였으며, 유의수준( $\alpha$ )은 .05로 하였다.

## Ⅲ. 연구결과

### 연구대상자의 일반적 특성

연구대상자의 평균 연령, 신장, 체중은 각각 28.7±10.3 세, 176.8±9.1 cm, 73.7±10.4 kg이었으며, 보행 속도 등의 일반적 보행 변수는 표 1과 같다.

표 1. 연구대상자의 일반적 특성 (n=26)

Characteristics	Mean±SD
Gender (M/F)	18/8
Height (cm)	176.8±9.1
Weight (kg)	73.7±10.4
Age (year)	28.7±10.3
Gait speed (cm/s)	133.8±7.9
Cadence (steps/min)	114.2±10.7
Step length (cm)	121.2±11.7
Step width (cm)	10.8±2.7

### 2. 보행 중 두 신발 조건에서의 엉덩관절 및 무릎관절에서의 관절가동범위 특성

보행 중 연구대상자의 엉덩관절 가동범위에 대한 신발 및 양측 조건에 대한 반복측정 분산분석 결과는 다음

과 같다(표 2). 이마면(sagittal plane)에서의 발생하는 엉덩관절 가동범위 중 입각기(stance phase) 시 최대 신전(maximal extension), 유각기(swing phase) 시 최대 굴곡(maximal flexion), 전체 가동범위에서는 두 신발 조건, 양측 조건, 신발 및 양측에 대한 상호작용 효과(interaction effect)에서 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ )(표 2). 보행 중 가로면(coronal plane)에서의 발생한 엉덩관절 가동범위에서 최대 모음(maximal adduction)은 모든 조건에서 유의한 차이가 없었으나( $p>.05$ ), 두 가지 신발조건, 최대 벌림(maximal abduction) 및 전체 가동범위에서는 Flex-OA 기능성 신발을 적용하였을 때 가동범위의 유의한 증가가 나타났다( $p<.05$ )(표 2). 그 외 가로면의 엉덩관절 가동범위에서는 두 신발 조건, 양측 조건, 신발 및 양측에 대한 상호작용 효과(interaction effect)에서 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ )(표 2). 보행 중 수평면(transverse plane)에서의 엉덩관절 가동범위에서는 신발조건 및 상호작용 효과에서는 유의한 차이가 없었으나( $p>.05$ ), 보행 중 오른쪽과 왼쪽 엉덩관절의 전체 내회전 및 외회전 가동 범위는 유의한 차이가 있었으며 ( $p<.05$ ), 오른쪽 엉덩관절에서 높게 나타났다(표 2).

두 가지 신발을 적용하였을 때 보행 중 양측 무릎관절에서 실시간으로 발생하는 관절가동범위에 대한 반복측정 분산분석 결과는 표 3과 같다. 이마면에서의 무릎관절 가동범위에서는 입각기 시 최대 신전과 최대 굴곡에서 양측 무릎관절 사이 가동범위의 유의한 차이가 있었으며( $p<.05$ ), 오른쪽 무릎에서 더 큰 가동범위를 보였다(표 3). 보행 중 이마면에서의 전체 무릎관절 가동범위에서는 유의하게 Flex-OA 기능성 신발을 적용하였을 때 더 큰 관절가동범위를 보였다( $p<.01$ ). 가로면과 수평면에서의 보행 중 실시간으로 발생한 무릎관절 가동범위의 모든 가동범위에서는 두 신발 조건, 양측 조건, 신발 및 양측에 대한 상호작용 효과(interaction effect)에서 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ )(표 3).

표 2. 보행 중 두 신발 조건과 양측 조건에 따른 반복측정 분산분석의 엉덩관절 관절가동범위 차이 (n=26)

Range of motion (degree)	Level	F	p
Maximal extension in stance phase	Shoe conditions	.527	.48
	Hip sides	2.61	.12
	Conditions*sides	2.81	.11
Maximal flexion in swing phase	Shoe conditions	.57	.46
	Hip sides	1.74	.20
	Conditions*sides	.13	.73
Total range in sagittal plane	Shoe conditions	.11	.75
	Hip sides	.18	.67
	Conditions*sides	3.34	.08
Maximal adduction	Shoe conditions	.22	.64
	Hip sides	.78	.37
	Conditions*sides	.37	.55
Maximal abduction	Shoe conditions	4.44	.04*
	Hip sides	.98	.33
	Conditions*sides	2.62	.12
Total range in coronal plane	Shoe conditions	7.25	.01*
	Hip sides	.06	.84
	Conditions*sides	4.18	.05
Maximal external rotation	Shoe conditions	.50	.49
	Hip sides	9.74	.01*
	Conditions*sides	.20	.66
Maximal internal rotation	Shoe conditions	1.06	.31
	Hip sides	11.73	.00*
	Conditions*sides	.24	.63
Total range in transverse plane	Shoe conditions	.47	.50
	Hip sides	.76	.39
	Conditions*sides	.00	.97

\*Significant difference

표 3. 보행 중 두 신발 조건과 양측 조건에 따른 반복측정 분산분석의 무릎관절 관절가동범위 차이

(n=26)

Range of motion (degree)	Level	F	p
Maximal flexion in stance phase	Shoe conditions	.05	.83
	Knee sides	9.57	.01*
	Conditions*sides	2.19	.15
Maximal extension in stance phase	Shoe conditions	1.02	.32
	Knee sides	6.78	.02*
	Conditions*sides	1.75	.20
Total range in sagittal plane	Shoe conditions	14.30	.00*
	Knee sides	.20	.66
	Conditions*sides	.84	.37
Maximal adduction in stance phase	Shoe conditions	.03	.88
	Knee sides	1.19	.29
	Conditions*sides	.92	.35
Maximal abduction in stance phase	Shoe conditions	.06	.81
	Knee sides	2.74	.11
	Conditions*sides	1.78	.19
Total range in coronal plane	Shoe conditions	.05	.83
	Knee sides	1.02	.32
	Conditions*sides	1.59	.22
Maximal internal rotation	Shoe conditions	0.99	.33
	Knee sides	1.51	.23
	Conditions*sides	.00	.95
Maximal external rotation	Shoe conditions	1.09	.31
	Knee sides	1.83	.19
	Conditions*sides	.07	.79
Total range in transverse plane	Shoe conditions	.14	.71
	Knee sides	.03	.87
	Conditions*sides	.39	.54

\*Significant difference

#### IV. 고찰

본 연구는 무릎 골관절염의 완화 및 예방을 위해 설계 제작된 Flex-OA 기능성 신발이 일반 신발과 비교하여 보행 중 엉덩관절과 무릎관절의 관절가동범위에 어떠한 특성이 있는지 알아보고자 10대의 적외선 카메라 기반 3차원 동작분석 시스템을 활용하여 시행되었다. 또한 본 연구는 기존연구에서 적용된 동일한 Flex-OA 기능성 신발을 적용하여 일반신발과 비교하여 엉덩관절 및 무릎관절에서 보행 중 실시간으로 발생하는 운동학적 관절가동범위의 차이를 통해 기능성 신발의 특성을 파악하고자 시행되었다.

Flex-OA 기능성 신발과 일반 신발을 적용하여 걸을 때 엉덩관절의 관절가동범위 차이에 대한 분석 결과, 정중면에서 주로 발생하는 굴곡과 신전 및 수평면에서 발생하는 내회전과 외회전의 관절가동범위는 두 가지 신발 조건 사이에서 유의한 차이가 없었으나( $p>.05$ ), 가로면에서는 Flex-OA 기능성 신발을 신고 보행할 때 엉덩관절의 최대 벌림각과 전체 가동범위가 유의하게 증가되었다( $p>.05$ ). Shakoор 등(2008)은 일반신발을 신고 걸을 때와 비교해 맨발 보행 시 무릎모음모멘트의 유의한 감소가 있는 것을 검증하고 맨발 보행과 가장 유사한 형태의 유연성(Flex-OA) 신발을 개발하였다. 무릎내측 골관절염 환자 16명을 대상으로 한 후속 연구를 통해 일반신발을 신고 걸을 때보다 Flex-OA 신발을 적용했을 때 약 18%의 유의한 무릎모음모멘트의 감소를 보고하였다(Shakoор 등, 2013). 보행 중 고관절에서 나타난 관절가동범위의 운동학적 특성을 검증한 본 연구의 결과, Flex-OA 기능성 신발은 유의하게 증가된 엉덩관절 벌림을 일으키고 이는 걷는 동안 양발 사이 간격을 보다 넓혀 무릎내측으로 전달되는 관절 모멘트 값을 낮추는데 기여했을 것으로 사료된다.

보행 중 이마면의 전체 무릎관절 가동범위는 Flex-OA 기능성 신발을 적용하였을 때 유의하게 증가된 가동범위를 보였다. 반면에 가로면과 수평면에서의 무릎관절 가동범위의 모든 가동범위 변수에서는 두 신발 조건, 양측 조건, 신발 및 양측에 대한 상호 작용 효과에서 유의한 차이가 없었다. 구체적으로 이마면의 무릎관절 가동

범위는 입각기 시 최대 신전 각도에서 Flex-OA 기능성 신발을 적용하였을 때 유의하게 증가된 가동범위를 보였다. 무릎모음 모멘트의 변화에 직접적으로 관여하는 가로면의 벌림과 모음 관절가동범위는 두 가지 신발조건에서 유의한 차이가 없었는데 이는 본 연구에서 사용된 기능성 신발보조기가 가로면의 무릎관절 정렬에 직접 영향을 미치는 무릎보조기와 같은 형태가 아닌 특수 설계된 밑창과 유연성이 우수한 일반적인 형태의 신발이었기 때문에 사료된다. 또한 무릎관절에서 발생하는 주요 가동범위는 가로면의 벌림과 모음보다는 주로 이마면의 굴곡과 신전이라는 점도 고려되어야 한다. 일반신발과 비교해 Flex-OA 기능성 신발은 입각기 시 무릎관절을 보다 신전시켜 무릎관절로 전달되는 체중지나지면반발력을 무릎 관절면에 고루 분산하는 긍정적 역할을 했을 것으로 사료된다.

본 연구의 결과를 통해 일반신발 비교하여 무릎골관절염 환자의 무릎모음모멘트를 낮추는데 효과적인 Flex-OA 기능성 신발은 가로면에서 엉덩관절과 이마면에서 무릎관절의 가동범위를 증가시키는 특징이 있음을 알 수 있었다. 보행의 움직임 특성은 앞으로 나아가는 동작이며 이러한 움직임은 이마면에서 주로 발생한다. 보행 중 이마면에서의 하지의 주요 움직임은 굴곡과 신전이며, Flex-OA 기능성 신발의 적용을 통한 무릎관절의 증가된 굴곡과 신전 가동범위는 보행의 속도, 보폭과 보속수(cadence)를 개선하여 보행 효율을 높이는데 기여할 것으로 사료된다. 두 가지 신발의 적용과 관계없이 양쪽 엉덩관절과 무릎관절의 몇 가지 변수에서 오른쪽 가동범위의 유의한 증가가 나타났다. 본 연구에서 우세 발(dominant foot)에 대한 조사를 시행하지 않았으나, 일반인의 경우 오른쪽 상하지가 우세측으로 알려져 있으며(Gabbard와 Iteya, 1996; Horovitz 등, 2013) 이러한 특성이 본 연구에서 오른쪽 엉덩관절과 무릎관절의 관절가동범위 증가를 일으킨 것으로 사료된다.

보행 중 3차원 동작분석을 통한 기존 연구들은 주로 보행 속도, 보폭, 입각기와 유각기 비율(stance and swing phase ratio), 이중지지 시간(double lime support time)과 같은 시공간 보행 변수(McNair 등, 2018; Queen 등, 2011)와 보행 중 발 뒤꿈치 초기 접촉(initial contact)과 같은 특정 이벤트 시 엉덩이, 무릎, 발목 관절에서 발생하는



일반적인 가동범위에 대한 연구가 대부분 이었다(Kim & Kim, 2014; Mannering 등, 2017). 본 연구와 같이 기능성 신발을 적용하여 보행 중 3차원으로 실시간 발생하는 관절가동범위를 직접적으로 비교할 수 있는 기존 연구는 거의 없으나, Sinclair 등(2015)의 연구에 의하면 건강한 성인에서 맨발 보행이 일반신발 보행에 비해 엉덩관절과 무릎관절에서 유의하게 증가된 관절가동범위를 보였다고 보고되었다. 이러한 연구결과는 신발 보조기의 형태, 측정 조건 및 참가자 특성 등에서 본 연구와 차이가 있어 직접적인 비교는 어려우나 본 연구에서 적용한 Flex-OA 기능성 신발이 매우 유연한 특성을 가지고 있어 기존 연구의 맨발 보행에서와 같은 유사 효과를 보인 것으로 사료된다.

본 연구는 엉덩관절과 무릎관절 골관절염과 같은 근골격계 질환을 가진 대상자가 아닌 대부분 젊고 건강한 성인을 대상으로 실시하여 연구결과를 일반화하기 어려운 제한점이 있다. 또한 보행 중 발생한 관절가동범위에 대한 특성 이외에 다른 생체역학적 변수를 통한 Flex-OA 기능성 신발에 대한 특성을 검증하지 못한 제한점이 있다. 본 연구에서 일반인을 대상으로 한 기능성 신발의 임상적 특성을 보다 확장하여 향후 연구는 엉덩관절과 무릎관절의 근골격계 질환자를 대상으로 Flex-OA 기능성 신발과 같은 형태의 유연성 신발 보조기 적용이 하지관절의 생체역학적 변수와 임상적 변수에 어떠한 영향을 미치는 지에 대한 검증이 필요할 것이다.

## V. 결 론

본 연구는 건강한 성인 남녀 26명을 대상으로 무릎 모멘트를 낮추는데 효과적인 Flex-OA 기능성 신발이 엉덩관절과 무릎관절의 관절가동범위에 미치는 영향을 검증하여 기능성 신발의 임상적 특성을 파악하고자 시행되었다. 본 연구의 결과, Flex-OA 기능성 신발을 착용하여 걸을 때 엉덩관절의 가로면과 무릎관절의 이마면에서 발생하는 관절가동범위가 일반신발과 비교하여 유의하게 증가되었다. 이러한 결과는 엉덩관절과 무릎관절의

관절염과 같은 다양한 하지 근골격계 질환에 Flex-OA 기능성 신발과 같은 매우 유연한 형태의 신발보조기의 적용이 보행 변수를 개선하고 관절 모멘트를 낮추어 보행의 효율성 향상에 기여할 것이다.

## 참고문헌

- 김용옥, 강승묵(2017). 3차원 보행분석을 통한 무릎 모멘트와 고관절 내외회전의 임상적 특성. 대한통합의학회지, 5(4), 41-48.
- Baker K, Goggins J, Xie H, et al(2007). A randomized crossover trial of a wedged insole for treatment of knee osteoarthritis. *Arthritis Rheum*, 56(4), 1198-1203.
- Baliunas AJ, Hurwitz DE, Ryals AB, et al(2002). Increased knee joint loads during walking are present in subjects with knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 10(7), 573-579.
- Collins TD, Ghoussayni SN, Ewins DJ, et al(2009). A six degrees-of-freedom marker set for gait analysis: repeatability and comparison with a modified Helen Hayes set. *Gait Posture*, 30(2), 173-180.
- Gabbard C, Iteya M(1996). Foot laterality in children, adolescents, and adults. *Laterality*, 1(3), 199-206.
- Henriksen M, Graven-Nielsen T, Aaboe J, et al(2010). Gait changes in patients with knee osteoarthritis are replicated by experimental knee pain. *Arthritis Care Res (Hoboken)*, 62(4), 501-509.
- Horovitz SG, Gallea C, Najee-Ullah M, et al(2013). Functional anatomy of writing with the dominant hand. *PLoS One*, 8(7), e67931.
- Iijima H, Fukutani N, Yamamoto Y, et al(2017). Association of varus thrust with prevalent patellofemoral osteoarthritis: A cross-sectional study. *Gait Posture*, 58, 394-400.
- Kim WS, Kim EY(2014). Comparing self-selected speed walking of the elderly with self-selected slow, moderate, and fast speed walking of young adults. *Ann Rehabil*

- Med, 38(1), 101-108.
- Kim Y, Richards J, Lidtke RH, et al(2018). Characteristics of clinical measurements between biomechanical responders and non-responders to a shoe designed for knee osteoarthritis. *Gait Posture*, 59, 23-27.
- Kutzner I, Küther S, Heinlein B, et al(2011). The effect of valgus braces on medial compartment load of the knee joint-in vivo load measurements in three subjects. *J Biomech*, 44(7), 1354-1360.
- Maly MR, Culham EG, Costigan PA(2002). Static and dynamic biomechanics of foot orthoses in people with medial compartment knee osteoarthritis. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 17(8), 603-610.
- Mannerling N, Young T, Spelman T, et al(2017). Three-dimensional knee kinematic analysis during treadmill gait: Slow imposed speed versus normal self-selected speed. *Bone Joint Res*, 6(8), 514-521.
- McNair PJ, Boocock MG, Dominick ND, et al(2018). A comparison of walking gait following mechanical and kinematic alignment in total knee joint replacement. *J Arthroplasty*, 33(2), 560-564.
- Miu SS, Anuța C, Belibou IC, et al(2012). Disability assessment tools in psoriatic arthritis: VICON gait. *Rev Med Chir Soc Med Nat Iasi*, 116(1), 50-55.
- Miyazaki T, Wada M, Kawahara H, et al(2002). Dynamic load at baseline can predict radiographic disease progression in medial compartment knee osteoarthritis. *Ann Rheum Dis*, 61(7), 617-622.
- Moyer RF, Birmingham TB, Dombroski CE, et al(2013). Combined effects of a valgus knee brace and lateral wedge foot orthotic on the external knee adduction moment in patients with varus gonarthrosis. *Arch Phys Med Rehabil*, 94(1), 103-112.
- Pfister A, West AM, Bronner S, et al(2014). Comparative abilities of Microsoft Kinect and Vicon 3D motion capture for gait analysis. *J Med Eng Technol*, 38(5), 274-280.
- Queen RM, Carter JE, Adams SB, et al(2011). Coronal plane ankle alignment, gait, and end-stage ankle osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*, 122(11), 1338-1342.
- Saragaglia D, Sigwalt L, Gaillot J, et al(2018). Results with eight and a half years average follow-up on two hundred and eight e-Motion FP® knee prostheses, fitted using computer navigation for knee osteoarthritis in patients with over ten degrees genu varum. *Int Orthop*, 42(4), 799-804.
- Schlachetzki JCM, Barth J, Marxreiter F, et al(2017). Wearable sensors objectively measure gait parameters in Parkinson's disease. *PLoS One*, 12(10), e0183989.
- Shakoor N, Lidtke RH, Sengupta M, et al(2008). Effects of specialized footwear on joint loads in osteoarthritis of the knee. *Arthritis Rheum*, 59(9), 1214-1220.
- Shakoor N, Lidtke RH, Wimmer MA, et al(2013). Improvement in knee loading after use of specialized footwear for knee osteoarthritis: results of a six-month pilot investigation. *Arthritis Rheum*, 65(5), 1282-1289.
- Shelburne KB, Torry MR, Steadman JR, et al(2008). Effects of foot orthoses and valgus bracing on the knee adduction moment and medial joint load during gait. *Clin Biomech(Bristol, Avon)*, 23(6), 814-821.
- Sinclair J, Atkins S, Richards J, et al(2015). Modelling of muscle force distributions during barefoot and shod running. *J Hum Kinet*, 47, 9-17.
- Terrier P, Dériaz O, Meichtry A, et al(2009). Prescription footwear for severe injuries of foot and ankle: effect on regularity and symmetry of the gait assessed by trunk accelerometry. *Gait Posture*, 30(4), 492-496.