

## 자폐성 장애 아동의 시공간 및 압력분포 변인을 통한 장애물보행 분석

김미영<sup>1</sup> · 최범권<sup>2</sup> · 임비오<sup>3</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 의과대학 의과학연구소 · <sup>2</sup>한국체육대학교 특수체육교육학과 · <sup>3</sup>중앙대학교 사범대학 체육교육학과

### Analysis of Obstacle Gait Using Spatio-Temporal and Foot Pressure Variables in Children with Autism

Mi-Young Kim<sup>1</sup> · Bum-Kwon Choi<sup>2</sup> · Bee-Oh Lim<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Inha Research Institute for Medical Sciences, Medical School, Inha University, Incheon, Korea

<sup>2</sup>Department of Adapted Physical Education, Korea National Sport University, Seoul, Korea

<sup>3</sup>Department of Physical Education, College of Education of Chungang University, Seoul, Korea

Received 31 October 2011; Received in revised form 14 December 2011; Accepted 19 December 2011

#### ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze of obstacle gait using spatio-temporal and foot pressure variables in children with autism. Fifteen children with autism and fifteen age-matched controls participated in the study. Spatio-temporal and foot pressure variables was investigated using GAITRite pressure sensor system. Each footprint was divided into 12 equal trapezoids and after that the hindfoot, midfoot and forefoot analysis was developed. Independent *t*-test was applied to compare the gait variables between the groups. The results showed that the autism group were significantly decreased in velocity, cadence, cycle and swing time compared to the control group. The autism group were significantly increased in step width and toe out angle compared to the control group. The autism group were significantly increased at midfoot and forefoot of lateral part of footprint and forefoot of medial part of footprint in the peak time compared to the control group. The autism group were significantly increased at midfoot and hindfoot in P\*<sub>t</sub>, at midfoot in active area, and at hindfoot in peak pressure compared to the control group. In conclusion, the children with autism showed abnormal obstacle gait characteristics due to muscle hypotonia, muscle rigidity, akinesia, bradykinesia and postural control impairments.

**Keywords** : Obstacle Gait, Foot Pressure, Autism, GAITRite System

## I. 서 론

자폐성 장애 아동은 사회적 상호작용과 의사소통에 결함이 있고, 제한적이고 반복적인 활동에 관심을 보인다(APA, 1994).

자폐성 장애는 생후 3개월 이내에 나타나는 경우가 많으며, 유전적인 요인보다는 환경문제나 중추신경계의 이상으로 발생

한다(Lee & Park, 2006). 발병 비율에서 남아가 여아보다 4-5배 더 높고, 이들 가운데 약 75-80%는 정신지체이며, 약 25%는 간질을 동반한다(Lee & Park, 2006). 자폐성 장애 아동은 운동발달 시기의 변화(Calhoun, Longworth & Chester, 2011; Provost, Lopez & Heimerl, 2007), 근육긴장저하(hypotonia), 근육강직(muscle rigidity), 운동불능(akinesia), 운동완만(bradykinesia) (Kohen-Raz, Volkmar & Cohen, 1992; Damasio & Maurer, 1978), 자세조절손상(postural control impairments)(Calhoun et al., 2011; Kohen-Raz et al., 1992)과 같은 운동장애 증상으로 인하여, 일상생활에서 가장 기본이 되는 이동기술인 보행에서 비정상적인 패턴을 보인다(Calhoun et al., 2011).

Corresponding Author: Bee-Oh Lim  
Department of Physical Education, College of Education,  
Chungang University, 84 Heukseok-ro, Dongak-gu, Seoul, Korea  
Tel : +82-2-820-5382 / Fax : +82-2-812-2729  
E-mail : bolim@cau.ac.kr

자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 걸을 때 보폭이 더 짧고, 상체가 더 많이 흔들린다(Vernazza-Martin, Martin, Vernazza, Lepellec-Muller, Rufo & Massion, 2005). 또한, 지지구간은 더 길며, 발앞꿈치가 지면에 닿을 때 엉덩이가 더 많이 구부러지고, 무릎은 덜 펴진다(Vilensky, Damasio & Maurer, 1981). 최근에 Calhoun 등(2011)은 22명의 비장애 아동들(5.0~9.0세, 평균 6.2세, 평균 신장 119.42 cm, 평균 체중 28.66 kg)에 비해 12명의 자폐성 장애 아동(5.0~9.0세, 평균 6.3세, 평균 신장 121.03 cm, 평균 체중 29.31 kg)들은 걸을 때 발의 저측굴곡(신전) 모멘트가 더 작고, 배측굴곡(굴곡) 각도가 더 크게 나타났는데, 이는 근육긴장저하(muscle hypotonia)와 관련이 있다고 하였다. 또한, 엉덩 신전 모멘트가 더 작게 나타났는데, 그 의미는 임상적으로 밝힐 수 없었다고 보고하였다. 자폐성 장애 아동들에게서 나타나는 비정상적인 보행 패턴은 근골격계에 스트레스를 증가시키고, 통증과 피로를 유발해서 운동기능을 저하시키고, 결국에는 삶의 질에도 영향을 미친다(Calhoun et al., 2011).

자폐성 장애 아동들을 대상으로 한 보행연구는 여러 편 보고된 바 있다. 그러나 신체활동의 균형 잡힌 발달을 위해서는 성장기에 있는 장애 아동들을 대상으로 한 보행분석 뿐만 아니라, 일상생활 중 매일 경험(문턱 넘기, 장난감 넘기, 도로의 연석 오르기, 계단 오르고 내리기 등)하고 반복되는 움직임인 장애물보행에 대한 분석도 필요한 실정이다. 특히, 학령기에 있는 자폐성 장애 아동의 장애물 보행을 분석하는 것은, 운동발달 측면 및 운동발달의 경향성을 파악하는 측면에서 중요한 의미를 갖는다. 장애물 보행은 걷다가 상대적으로 불안정한 장애물을 넘는 자세로의 전환이 포함되며, 하지와 몸통 근육의 조화로운 수축이 요구된다(Mak, Levin, Mizrahi & Hui-Chan, 2003).

현재까지 장애물 보행과 관련된 연구들은 젊은이를 대상으로 한 연구(Han, Lee & Kim, 2008; Austin, Garrett & Bohannon, 1999), 노인들을 대상으로 한 연구(Chung, Yoon, Yoo & Choi, 2004; Chen, Ashton-Miller, Alexander & Schultz, 1991; Mcfadyen & Prince, 2002), 여성노인들을 대상으로 한 운동프로그램의 효과를 규명한 연구(Yoon, 2007; Kim & Yoo, 2009), 파킨슨 노인환자들을 대상으로 한 연구(Lim & Kim, 2007; Kim & Lim, 2008), 다운증후군 아동들을 대상으로 한 연구(Lim, 2005) 등이 진행되어 왔다. 이 가운데 장애 아동들을 대상으로 한 Lim(2005)의 연구에서, 다운증후군 아동의 장애물 보행은 평지 보행과 매우 다른 특성을 보였으며, 15.2 cm 높이의 장애물에서 시도를 포기하거나 장애물을 밟는 등 다운증후군 아동들에게는 다소 버거운 높이라고 하였다. 특수체육지도자들은 이러한 연구결과를 토대로 하여 신체활동 프로그램에서 장애물넘기 훈련과 장애물에 걸려서 넘어지거나 장애물을 넘은 후 자세의 불안정성으로 인한 넘어짐을 예방하는 프로그램을 추가해야 한다고 보고하였다. 위에서 살펴본 바와 같이 장애물 보행과 관련된 연

구는 여러 편 진행되어 왔다. 그러나 자폐성 장애 아동들을 대상으로 한 장애물 보행분석 연구는 전무한 실정이다.

현재까지 보고된 장애물 보행연구들은 3차원 영상분석 시스템을 사용하여 운동학 및 운동역학적 변인들을 산출하였다. 3차원 영상분석 시스템을 사용하여 장애물 보행 변인을 계산하기 위해서는 인체 모델링을 설정한 후 옷을 탈의한 후 해당 신체 부위에 마커를 부착하여야 하며, 지면반력 자료를 획득하기 위해서는 지면반력기 위를 걸어가야 한다. 대부분의 이러한 실험들은 편의를 위해 실험실에서 이루어진다. 이러한 외부 실험 환경의 변화는 일반인에게는 영향을 미치지 않을 수 있으나, 자폐성 장애 아동들에게는 두려움과 불편함을 초래하여 장애물 보행 패턴을 변화시킬 수 있다(Rinehart, Tonge, Bradshaw, Iansek, Enticott & McGinley, 2006). 본 연구에서 사용한 GAITRite 보행분석 시스템은 휴대용이기 때문에 자폐성 장애 아동들이 평소에 생활하는 장소에서 측정이 가능하다. 또한 마커나 전극의 부착 없이 편한 복장 그대로 수행하면 되기 때문에 안정적으로 장애물 보행 동작을 획득할 수 있게 된다. GAITRite 보행분석 시스템은 시공간적(temporal-spatial) 변인 뿐만 아니라 발의 압력 분포도 측정이 가능하다.

운동기능을 회복하고 삶의 질을 향상시키기 위해서는 자폐성 장애 아동들을 대상으로 한 장애물 보행연구가 필요한 실정이다. 운동기능과 실생활에 문제가 있는 자폐성 장애 아동들은 운동치료를 필요로 한다. 최상의 운동기능 치료를 위해서는 장애물 보행의 메카니즘을 명확히 이해할 필요가 있다. 또한, 효과적인 운동치료 프로그램은 장애물 보행 같은 이동운동 기술이 포함이 되어야 하고, 그 효과를 규명하기 위해서도 장애물 보행 분석이 필수적이다.

본 연구의 목적은 자폐성 장애 아동들을 대상으로 시공간 및 압력분포 분석을 통해 장애물보행 동작을 규명하는 것이다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 실험집단(자폐성 장애 아동 15명)과 통제집단(비장애 아동 15명)으로 나누었다. 본 연구의 실험집단인 자폐성 장애아동은 의료기관의 (소아)정신과 전문의에게 전반적 발달장애 및 자폐성 장애로 진단 받은 학령기 아동 21명으로, 자폐성 장애 아동의 장애 등급에 따른 선정 기준은 세계 보건기구(WHO)의 질병분류 체계인 ICD-10의 진단기준에 의해 2-3급에 해당하는 아동들로 한정하였다. 자폐성 장애 아동은 총 21명을 대상으로 실험하였다. 그러나 6명은 실험이 불가능하여, 분석에서는 제외 하였다.

Table 1. Subject demographics

	Number (N=30)	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)	Shoe Size (cm)	Leg Length(left) (cm)	Leg Length(right) (cm)
Experiment	male(13)	11.2 ±	150.9 ±	48.06 ±	243.66 ±	76.93 ±	76.76 ±
	female(2)	2.80	11.26	14.12	18.07	9.42	9.89
Control	male(7)	9.77 ±	139.33 ±	33.6 ±	221 ±	70.28 ±	70.46 ±
	female(8)	2.89	11.93	10.01	17.74	7.97	7.86

본 연구에서 남녀 구분을 두지 않은 이유는 성별이나 연령에 따른 차이를 규명하기 위한 목적이 아닌, 학령기 자폐성 장애아동의 전반적인 보행 특성을 알아보기 위해서이다. 따라서 남녀 구분 없이 대상자를 선정하여 실험에 착수하였다. 실험집단과 통제집단의 신체적 특성은 <Table 1>과 같다. 실험을 위해 연구자가 소속된 기관에 IRB를 제출하여 승인을 받았으며, 연구대상자의 학부모에게 실험 동의서를 받아 수행하였다.

## 2. 실험 장비

본 연구의 종속변인인 시공간 및 압력분포 자료를 획득하기 위하여 GAITRite system(CIR Systems Inc. Peekskill, NY)을 사용하였다<Figure 1>. GAITRite system은 총 길이 488 cm, 센서가 받아들이는 길이 366 cm와 폭 61 cm인 전자식 보행매트이다. 직경 1.27 cm당 48×384개의 센서가 배열되어 있으며, 총 18,432개의 감지 센서로 구성되어 있다. 보행자가 장애물보행 매트 위를 걸으면, 감지 센서가 발의 압력에 반응하게 되고, 이들 정보를 직렬 인터페이스 케이블을 통해서 컴퓨터로 보내게 된다.

## 3. 실험 절차

실험을 위해 평소 자폐성 장애 아동들이 운동하는 체육관을 방문하여 GAITRite system을 설치하였다. 실험 전에 본 연구의 공동연구자인 특수체육 전문가로 하여금 연구대상자와 학부모를 대상으로 면접을 통해 기본 인적 사항과 신체적 특성 등을 조사하였다. 마틴식 인체 분절 계측기(Martin co., Japan)로 대상자의 발의 길이, 발의 폭, 신발의 길이, 신발의 폭 및 다리 길이를 측정하였다. 다리 길이는 큰둔기(greater trochanter)에서 가측 복사뼈(lateral malleolus)까지이다. 실험 과정에 대하여 설명을 하고, 시스템 환경에 적응하기 위해 장애물 보행 연습을 충분히 시켰다. 연구자들은 장애물보행 매트 시작 지점으로부터 5 m 떨어진 지점에서 출발하여 장애물보행 매트의 끝 지점에서 5 m 떨어진 지점까지 신발을 벗고 걷게 하였다.

높이 15.2 cm, 0 cm 및 5.2 cm, 의 장애물을 제작하여 보행로의 5m 지점에서 순서대로 각각 86.5 cm 떨어진 지점에 설치하



Figure 1. GAITRite systems and experimental situation

였다<Figure 1>. 각 높이는 Chen 등(1991)의 연구에서 사용되었으며, 일상생활에서 접하기 쉬운 높이이다. 장애물 높이 5.2 cm는 목욕실의 문턱에 해당되는 높이이며, 15.2 cm는 도로의 턱 및 장난감 등의 일반적인 높이이다. 0 cm는 5 cm 폭의 테이프를 붙여서 밟지 말고 넘어가도록 하였다.

특수체육 전문가는 연구대상자들이 평소의 걸음걸이 동작으로 가장 편안한 장애물보행 속도를 유지할 수 있게 구두로 독려하였다. 평소의 걸음걸이 패턴을 보이지 않는 대상자들은 장애물보행에 영향을 미치지 않는 범위 내에서 옆에서 나란히 걷기도 하고, 가볍게 손을 잡아주기도 하였다. 특수체육 전문가는 자폐성 장애아동의 대상자 특성을 정확히 파악하고 있어, GAITRite 처치로 인해 발생 가능한 문제행동에 대해 사전에 대비하고 낯설음에 대한 부적응을 최소화하기 위해 전체적인 실험 환경을 통제하였다. 또한, 대상자들의 수준을 고려한 개념적 설명과 적절한 시범을 통해 아이들의 평상 시 보행수행을 이끌어내도록 유도하였다. 장애물 보행 동작을 3회 실시하여 평균을 계산하였다.

## 4. 자료 분석

장애물보행 동작을 통해 얻은 시공간 및 압력분포 변인에 대한 자료는 GAITRite 소프트웨어(Ver. 3.2b)로 처리하였다. 분석 구간은 15.2 cm의 장애물을 넘기 전 1보(왼발)에서 15.2 cm의 장애물을 넘은 발(오른발)과 스윙 발(왼발), 0 cm를 넘은 발(오른발)과 스윙 발(왼발), 5.2 cm의 장애물을 넘은 발(오른발)과 스윙 발(왼발)까지 총 7보를 대상으로 하였다.

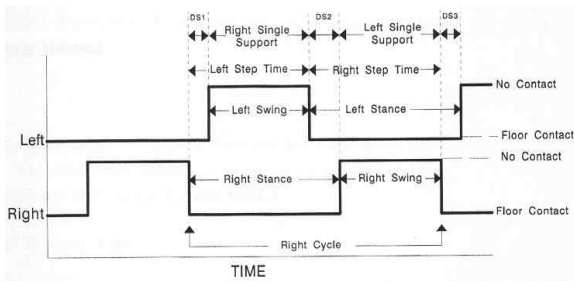


Figure 2. Temporal definitions

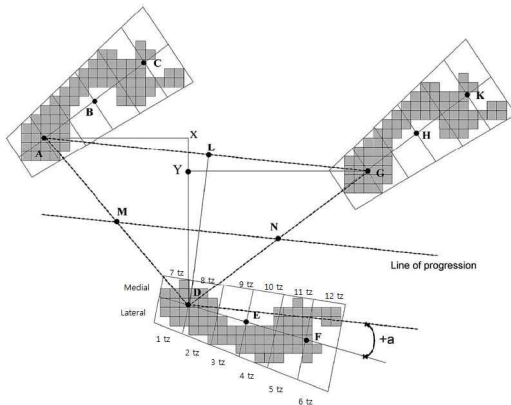


Figure 3. Spatio-temporal measurements of GAITRite system are based on three footprints. The grey squares represent the pressure sensors and the trapezoids (non-squares) of each foot are the technical basis for footprint calculations. Points A, D and G are the geometric centers of the heel for each footprint. The line AG represents the stride length of the left foot, the line AX-the step length of the right foot, the line YG-the step length of the second left footprint, the line DL shows the step width. The line of progression connects midpoint M of the line AD with the midpoint N of the line DG. Toe-in/out angle is between the geometric mid-line of the right footprint and the line of progression. The angle is zero if the geometric mid-line of the footprint is parallel to the line of progression; positive when the mid-line of the footprint is outside the line of progression; and negative if inside the line of progression.(Titianova, Mateev & Tarkka, 2004)

시간 보행 변인의 측정은 왼발과 오른발의 지지기와 체공기를 기반으로 측정하였다(Figure 2). 보폭 시간(초)은 한 발이 지면에 접촉한 순간부터 반대편 발이 지면에 접촉한 순간까지 걸린 시간이다. 사이클 시간(초)은 한 발이 지면에 접촉한 순간부터 동일한 발이 지면에 접촉한 순간까지 걸린 시간이다. 한 발 지지시간(초)은 한 발이 지면에 접촉한 순간부터 동일한 발이 지면에서 떨어지는 순간까지 걸린 시간이다. 이중지지 시간(초)은 두 발이 동시에 지면에 접촉해 있는 시간이다. 스윙 시간(초)은 한 발이 지면에서 떨어진 순간부터 동일한 발이 지면에 접촉할 때까지 걸린 시간이다. 지지 시간(초)은 한 발이 지면에 접촉하여 떨어질 때까지의 시간이다. 이동 시간(ambulation time, 초)은 첫 번째 발이 지면에 접촉한 순간부터 분석구간의 마지막 발이 지면에 접촉한 순간까지 걸린 시간이다.

공간 보행 변인의 측정은 3개의 연속적인 발자국의 발뒤꿈치 중심을 기반으로 한다(Figure 3). 거리(cm)는 첫 번째 발의 발뒤꿈치 중심에서 분석 구간의 마지막 발의 발뒤꿈치 중심까지의 거리이다. 보폭(보/분)은 분당 보수이다. 속도(cm/s)는 거리를 이동 시간으로 나눈 값이다. 표준화된 속도(LL/s)는 속도를 다리 길이로 나눈 값이다. 활보 속도(m/s)는 활보장을 활보 시간으로 나눈 값이다. 보폭(cm)은 한발의 발뒤꿈치 중심에서 반대편 발의 발뒤꿈치 중심까지의 거리이다(A-X). 활보장(cm)은 한 발의 발뒤꿈치 중심에서 동일한 발의 발뒤꿈치 중심까지의 거리이다(A-G). 보간(cm)은 양발 사이의 수직 거리이다(D-X). 토 아웃 각도(°)는 진행선과 발의 중앙선과의 각도이다(+α). 보/하지 비율은 보폭을 다리 길이로 나눈 값이다.

압력 분포와 관련된 변인은 <Figure 3>의 맨 아래쪽 발에 나타났다. GAITRite 시스템에 따라, 지면에 닿은 발을 12조각(trapezoids)으로 나누었다. 12조각은 내측 6조각과 외측 6조각으로 구성된다. 외측 발뒤꿈치 부분부터 발앞꿈치까지 순서대로 1조각에서 6조각으로 지정되었으며, 내측 발뒤꿈치 부분부터 발앞꿈치까지 순서대로 7조각에서 12조각으로 지정되었다. 보행 시 발의 어느 부위에 압력이 가해지느냐와 같은 변인을 분석하기 위해 3지역으로 나누었다. 1, 2, 7, 8조각을 후족(hindfoot) 지역, 3, 4, 9, 10조각을 중족(midfoot) 지역, 5, 6, 11, 12조각을 전족(foot) 지역으로 나누었다. 이러한 조각과 지역을 기반으로 압력분포 변인을 계산하였다. 최대 시간(peak time)은 12조각에서 각각 최대값이 나타난 시간을 의미하며, P\*<sub>t</sub>는 전체 면적에 대한 각 지역의 면적비율(전체시간에 대한 전 지역의 압력의 합, %로 표현)이다. 이는 시간과 압력 그래프의 면적이며, 압력의 양을 의미한다. 활동 지역(active area)은 각 지역내 활동 센서의 면적의 합을 의미하며, 최대 압력(peak pressure)은 전체 최대값에 대한 각 지역 최대값의 비율을 의미한다.

### 5. 통계 처리

SPSS 18.0을 사용하여 본 연구의 종속변인인 보행의 시공간 변인 및 압력분포 변인에 대한 평균과 표준편차를 계산하였다. 본 연구의 독립변인인 실험집단과 통제집단(2집단)의 평균 차이를 검증하기 위하여 독립 t 검정(Independent t-test)을 실시하였다. 이때 유의 수준은 α=.05로 설정하였다.

## III. 결과

### 1. 장애물보행의 시공간적 변인

장애물보행의 시공간적 변인은 <Table 2>와 같다. 시간적

변인 중에 Cycle time( $p=0.023$ ), Swing time( $p=0.041$ ), Stance time( $p=0.038$ ), Ambulation time( $p=0.014$ )에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 길게 나타났다. 공간적 변인 중에 Cadence( $p=0.013$ )에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 적게 나타났다. 또한, Velocity( $p=0.048$ ), Normal Velocity( $p=0.027$ ), Stride Velocity( $p=0.012$ )에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 느리게 나타났다. 마지막으로, Step width( $p=0.000$ )와 Toe out angle( $p=0.046$ )에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 넓게 나타났다.

Table 2. Temporal and spatial gait variables

Parameters	Experimental group	Control group
Step time (s)	0.57±0.92	0.48±0.01
Cycle time (s)	1.11±0.10	0.96±0.55*
Single support time (s)	0.43±0.04	0.39±0.03
Double support time (s)	0.21±0.05	0.05±0.01
Swing time (s)	0.48±0.06	0.41±0.01*
Stance time (s)	0.64±0.06	0.52±0.09*
Ambulation time (s)	3.32±0.30	2.84±0.12*
Distance (cm)	315.8±16.76	304.3±26.06
Cadence (steps/min)	109.24±10.85	127.05±5.62*
Velocity (cm/s)	95.66±9.08	107.17±6.39*
Normalized Velocity (LL/s)	1.36±0.28	1.73±0.09*
Stride Velocity (m/s)	0.92±0.07	1.06±0.09*
Step length (cm)	51.8±16.04	55.29±6.06
Stride length (cm)	102.21±7.25	101.76±11.43
Step width (cm)	12.32±2.97	5.86±1.04*
Toe out angle (°)	13.31±6.41	5.59±5.16*
Step/extremity ratio (cm/LL)	0.73±0.21	0.89±0.09

Note. \* $p<.05$ 

## 2. 장애물보행의 압력 분포 변인

장애물보행의 압력분포 변인은 <Table 3>과 <Table 4>와 같다. 압력이 최대로 나타난 시간(peak time) 중에 발의 가측(lateral footprint) 4지역(4 trapezoid) ( $p=0.008$ ), 5지역(5 trapezoid) ( $p=0.004$ ) 및 6지역(6 trapezoid) ( $p=0.019$ )에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 크게 나타났다. 발의 내측(medial footprint) 11지역(11 trapezoid) ( $p=0.007$ ) 및 12지역(12 trapezoid) ( $p=0.032$ )에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 크게 나타났다(Table 3).

시간에 대한 각 지역의 압력의 합( $p^*$ )은 발의 중족( $p=0.037$ )과 후족( $p=0.041$ )에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 크게 나타났다. 활동 지역(active area)은 발의 중족에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 크게 나타났다( $p=0.035$ ). 최대압력(peak pressure)은 발의 전족에서 실험집단은 통제집단에 비해 통계적으로 유의하게 더 크게 나타났다( $p=0.046$ ) (Table 4).

Table 3. Peak time of pressure sensor activation in footprint partitioned into 12 trapezoids of gait (unit: sec)

Parameters	Peak time	
	Experimental group	Control group
Lateral footprint 1 trapezoid	0.32±0.28	0.26±0.18
2 trapezoid	0.10±0.03	0.09±0.02
3 trapezoid	0.08±0.03	0.05±0.00
4 trapezoid	0.09±0.02	0.06±0.00*
5 trapezoid	0.10±0.01	0.07±0.02*
6 trapezoid	0.09±0.02	0.06±0.01*
Medial footprint 7 trapezoid	0.52±0.12	0.44±0.08
8 trapezoid	0.09±0.02	0.07±0.02
9 trapezoid	0.03±0.02	0.02±0.01
10 trapezoid	0.03±0.02	0.01±0.02
11 trapezoid	0.10±0.01	0.07±0.01*
12 trapezoid	0.10±0.01	0.07±0.02*

Note. \* $p<.05$

Table 4. The distribution of the integrated pressure over time ( $p^*$ ), the active area and the peak pressure between the hindfoot, midfoot and forefoot.

Parameters	Experimental group	Control group
$P^*t$ (%)	hindfoot	34.40±12.74 41.85±8.01
	midfoot	27.75±7.72 19.28±7.67*
	forefoot	43.91±9.96 38.95±8.98*
Active Area (cm <sup>2</sup> )	hindfoot	40.73±5.10 40.65±3.46
	midfoot	28.54±4.30 21.43±6.86*
	forefoot	36.78±2.70 35.48±4.17
Peak Pressure (%)	hindfoot	29.46±10.33 39.75±5.31
	midfoot	24.24±4.36 18.48±8.68
	forefoot	48.35±8.64 41.93±7.04*

Note. \* $p < .05$

## IV. 논 의

본 연구의 목적은 자폐성 장애 아동들을 대상으로 시공간 및 압력분포 분석을 통해 보행 동작을 규명하는 것이다. 본 연구는 기존의 3차원 동작분석 시스템이 아닌 새로운 GAITRite 보행분석 시스템을 사용하였다. GAITRite 보행분석 시스템의 타당도와 신뢰도는 McDonough, Batavia, Chen, Kwon & Ziai(2001)에 의해 매우 높은 것으로 보고되었다.

장애물 보행의 공간적 변인에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 장애물 보행 속도가 더 느리게 나타났다. 속도가 느린 이유는 거리보다는 이동시간에 더 의존한 것으로 나타났다. 보행속도의 감소는 보율(cadence)의 감소로 이어졌다. 또한, 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 보간(step width)과 보각(toe out angle)이 더 크게 나타났다. 장애물을 넘는 속도는 느리고, 보간과 보각을 크게 하는 것은 근력 및 균형 능력이 떨어진 노인들에게서 관찰되는 특징인데(Blanke & Hageman, 1989), 본 연구의 자폐성 장애 아동들도 이러한 경향이 관찰되었다. 이는 Shumway-Cook & Woollacott(1985)이 지적한 대로 자세조절의 안정성, 평형성, 협응성 등의 문제로 인해 걷기와 같은 이동운동기술 상의 문제가 나타난 것으로 판단된다. 추후 이러한 요인이 운동치료를 반영되어야 할 것이다.

장애물 보행의 시간적 변인에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 싸이클 시간(Cycle time)과 스윙 시간(Swing

time)이 더 느리게 나타났다. 촬영된 비디오 영상을 통한 정성적 분석 결과 자폐성 장애 아동들은 장애물을 넘을 때, 발을 높이 들거나 장애물 높이가 부담스러워 발을 장애물 옆으로 타넘는 동작을 보이는 경우가 관찰되었다. 즉, 이러한 동작을 통해 싸이클 시간과 스윙 시간이 더 느리게 나타난 것이다.

자폐성 장애 아동들에 대한 발의 압력분포와 관련된 선행연구는 전무한 실정이다. 본 연구에서 발의 압력을 12지점으로 나누어 각 지역에서의 압력 양의 비율, 최대 압력이 나타난 시간, 각 지역내 압력의 면적, 최대 압력 비율을 계산하였다. 최대 압력이 나타난 시간에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해서 발의 바깥쪽 4, 5 및 6지점과 발의 안쪽 11 및 12지점에서 더 늦게 나타났다. <Figure 3>에서 이 지점은 발의 전족 부위이다. 이는 최대 압력이 나타난 시간이 발의 전족 부위라는 것을 의미한다. 전체 면적에 대한 각 지역의 면적비율( $p^*$ )에서는 발의 중족과 후족에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 통계적으로 유의하게 더 많은 비율로 나타났다. 또한, 활성 지역(active area)의 발의 중족에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 통계적으로 유의하게 더 큰 면적이 나타났다. 마지막으로, 최대압력(peak pressure)의 발의 후족에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 통계적으로 유의하게 더 큰 비율로 나타났다. 이는 자폐성 장애 아동들은 장애물을 넘은 후에는 전족 착지를 하며, 0 cm의 장애물을 넘을 때에는 터벅터벅(footflat) 넘는 특징을 보여주는 것이다.

Titianova et al.(2004)은 체중이 무거운 피험자는 최대 압력분포에 도달하는 시간이 더 늦고, 발의 중족 부위에서 활성 지역이 더 넓고, 발의 후족 부위에서 최대 압력은 더 크게 나타났다고 하였다. 본 연구에서는 자폐성 장애 아동들이 비장애 아동들에 비해 체중이 더 무거웠는데, 최대 압력분포가 나타나는 시간과 발의 중족 부위에서의 활성지역은 선행연구와 일치된 결과를 보였지만, 발의 후족부위에서는 반대된 결과가 나타났다. 이는 몸무게의 차이보다 자폐성 장애 아동들의 장애물을 넘는 보행 특성, 즉 전족 착지가 결과에 더 반영된 것으로 판단된다.

장애물 보행은 지면에 지지하는 발이 신체 균형을 유지하는 동안에 스윙하는 다리가 섬세한 조절을 하는 매우 조화된 관절 운동이 필요한 복잡한 동작이다(Han et al., 2008; Han, Paik & Im, 1999; Chesnin, Selby-Silverstein & Besser, 2000). 자폐성 장애 아동은 근육긴장저하, 근육강직, 운동완만(Kohen-Raz et al., 1992; Damasio & Maurer, 1978) 및 자세조절손상(Calhoun et al., 2011; Kohen-Raz et al., 1992)과 같은 운동장애 증상을 가지고 있다. 이러한 운동장애 증상으로 인하여 장애물 보행 시 전족 착지, 터벅터벅 보행, 8자 걸음, 장애물을 넘는 다리를 필요이상으로 높게 들어 급격하게 내려놓는 것과 같은 비정상 패턴을 보였다.

## V. 결론

본 연구의 목적은 자폐성 장애 아동들을 대상으로 시공간 및 압력분포 분석을 통해 장애물 보행 동작을 규명하는 것이다.

장애물 보행의 공간적 변인에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 장애물 보행 속도가 더 느리게 나타났다. 보행속도의 감소는 보울의 감소로 이어졌다. 또한, 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 보간과 보각이 더 크게 나타났다. 장애물 보행의 시간적 변인에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 사이클 시간과 스윙 시간이 더 느리게 나타났다. 최대 압력이 나타난 시간에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해서 발의 바깥쪽 중족 및 전족부위와 발의 안쪽 전족 부위에서 더 늦게 나타났다. 전체 시간에 대한 전체 면적에 대한 각 지역의 면적비율에서는 발의 중족과 후족에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 더 많은 비율로 나타났다. 또한, 활성 지역의 발의 중족에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 더 큰 면적이 나타났다. 마지막으로, 최대압력의 발의 후족에서 자폐성 장애 아동들은 비장애 아동들에 비해 더 큰 비율로 나타났다. 이러한 결과를 토대로 자폐성 장애 아동들은 장애물 보행 시 근육긴장저하, 근육강직, 운동 완만 및 자세조절 손상과 같은 운동장애 증상으로 인하여 비정상적인 장애물 보행 특징을 보였다.

후속연구에서는 자폐성 장애 아동을 대상으로 영상분석을 통해 하지(발목, 무릎, 엉덩, 골반) 및 상지(목통, 팔 등)의 운동학 및 운동역학적 변인들의 관계를 규명하는 연구를 진행할 계획이다. 본 연구에서 제시된 결과들은 자폐성 장애아동의 보행 개선에 필요한 중재 프로그램 개발을 위한 기초자료로 활용할 수 있다. 특히 자폐성 장애아동의 비정상적인 보행특성을 개선할 수 있는 중재 프로그램의 개발을 위해 자폐성 장애아동의 심동적 특성과 보행변인과의 관계를 규명하는 후속연구가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

## 참고문헌

- American Psychiatric Association(1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders*, 4th Edition. American Psychiatric Press, Washington, DC.
- Austin, G. P., Garrett G. E., & Bohannon R. W.(1999). Kinematic analysis of obstacle clearance during locomotion. *Gait & Posture*, 10, 109-120.
- Blanke, D. J., & Hageman, P. A.(1989). Comparison of gait of young men and elderly men. *Physical Therapy*, 69(2), 144-148.
- Calhoun, M., Longworth, M., & Chester, V. L.(2011). Gait patterns in children with autism. *Clinical Biomechanics*, 26(2), 200-206.
- Chen, H., Ashton-Miller, J. A., Alexander, N. B., & Schultz, A. B.(1991). Stepping over obstacles: gait patterns of healthy young and old adults. *Journal of Gerontology*, 46(6), M196-203.
- Chesnin, K. J., Selby-Silverstein, L., & Besser, M. P.(2000). Comparison of an in-shoe pressure measurement device to a force plate: Concurrent validity of center of pressure measurements. *Gait & Posture*, 12(2), 128-133.
- Chung, C. S., Yoon, T. J., Yoo, Y. J., & Choi, C. S.(2004). Analysis of Kinematics and EMG on stepping over obstacles in elderly persons. *The Korean Journal of Physical Education*, 43(5), 423-436.
- Damasio, A. R., & Maurer, R. G.(1978). A neurological model for childhood autism. *Archives of Neurology*, 35, 777-786.
- Han, J. T., Lee, M. H., & Kim, K.(2008). The Study of Plantar Foot Pressure Distribution during Obstacle Crossing with Different Height in Normal Young Adults. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(2), 1-9.
- Han, T. R., Paik, N. J., & Im, M. S.(1999). Quantification of the path of center of pressure(COP) using an F-scan in-shoe transducer. *Gait & Posture*, 10(3), 248-254.
- Kim, M. Y., & Lim, B. O.(2008). The Effects of Obstacle Height on the Stepping Over Gait in Parkinson's Patients. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 18(2), 11-17.
- Kim, S. B., & Yoo, Y. J.(2009). The Characteristics of Obstacle Gaits in Female Elders after 12 Weeks of an Aquatic Exercise Program. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 19(3), 539-547.
- Kohen-Raz, R., Volkmar, F. R., & Cohen, D. J.(1992). Postural control in children with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 22(3), 419-432.
- Mak, M. K. Y., Levin, O., Mizrahi, J., & Hui-Chan, C. W. Y.(2003). Joint torques during sit-to-stand in health subjects and people with parkinson's disease. *Clinical Biomechanics*, 18, 197-206.
- McDonough, A. L., Batavia, M., Chen, F. C., Kwon, S., & Ziai J.(2001). The validity and reliability of the GAITRite system's measurements: A preliminary evaluation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 82(3), 419-425.
- Lee, S. H., & Park, E. H.(2006). *Special Children's Education*. Seoul : Hakjisa.

- Lim, B. O.(2005). The Difference between Level Walking and Stepping over Gait in Children with Down Syndrome. *Korean Journal of Sport Science*, 16(4), 51-59.
- Lim, B. O., & Kim, M. Y.(2007). Lower Extremity Muscle Activity on the Obstacle Gait in Older Parkinson Diseases. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 17(4), 141-148.
- McFadyenK, B. J., & Prince, F.(2002). Avoidance and accommodation of surface height changes by healthy, community-dwelling, young, and elderly men. *Journal of Gerontology. Series A Biological Sciences Medical Sciences*, 57(4), B166-174.
- Provost, B., Lopez, B. R., & Heimerl, S.(2007). A comparison of motor delays in young children: autism spectrum disorder, developmental delay, and developmental concerns. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 37(2), 321-328.
- Rinehart, N. J., Tonge, B. J., Bradshaw, J. L., Iansak, R., Enticott, P. G., & McGinley, J.(2006a). Gait function in high-functioning autism and Asperger's disorder. *Child & Adolescent Psychiatry*, 15(5), 256-264.
- Shumway-Cook, A., & Woollacott, M. H.(1985). Dynamics of postural control in the children with Down syndrome. *Physical Therapy*, 65, 1315-1332.
- Titianova, E. B., Mateev, P. S., & Tarkka, I. M.(2004). Footprint analysis of gait using a pressure sensor system. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14, 275-281.
- Vernazza-Martin, S., Martin, N., Vernazza, A., Lepellec-Muller, A., Rufo, M., & Massion, J.(2005). Goal directed locomotion and balance control in autistic children. *Journal of Autism & Developmental Disorders*, 35(1), 91-102.
- Vilensky, J. A., Damasio, A. R., Maurer, R. G.(1981). Gait disturbances in patients with autistic behavior: a study. *Archives of Neurology*, 38(10), 646-649.
- Yoon, S. H.(2007). The effects of a 24-week walking exercise on obstacle negotiation in older women. *The Korean Journal of Physical Education*, 46(4), 485-493.