

## 건강한 성인과 경미한 지적장애를 가진 성인의 보행 중 운동학적 데이터 비교

진다현 · 황영인<sup>†</sup>

호서대학교 일반대학원 물리치료학과  
<sup>1</sup>호서대학교 생명보건대학 물리치료학과

### Comparison of Kinematic Data during Walking between Healthy People and Persons with Mild Intellectual Disability

Da-Hyeon Jin, P.T., B.S. · Young-In Hwang, PT, Ph.D.<sup>†</sup>

*Department of Physical Therapy, Graduate School, Hoseo University*

*<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science,  
Smart Healthcare Convergence Research Center, Hoseo University*

Received: December 9, 2021 / Revised: January 9, 2022 / Accepted: January 17, 2022

© 2022 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

#### | Abstract |

**Purpose:** The purpose of this study was to analyze the gait patterns of adults with intellectual disability and healthy adults based on collected kinematic data on the lower extremities and to investigate the gait patterns of intellectually disabled people by comparing the differences between the two groups.

**Methods:** The participants were divided into in one group of healthy adults (n = 9) and one group with mild intellectual disabilities (n = 9). 3D motion analysis (Myomotion) was used to collect kinematic data from each group while the participants walked 3 times over 10 m. As a statistical method, each group's kinematic data during walking was analyzed and compared using an independent sample t-test.

**Results:** Comparing the kinematic data of the lower extremities during walking between the group with mild intellectual disability and the healthy group, there were significant differences between the two groups in the hip and ankle joints in the stance and swing phases.

**Conclusion:** The analysis suggests that people with intellectual disabilities have kinematic differences compared with healthy people. Based on the results of this study, it is necessary to conduct further research on rehabilitation programs for joint stabilization, exercise for increasing joint range of motion, muscle strengthening exercise, and proprioception training for people with intellectual disabilities with insufficient physical function.

**Key Words:** Gait pattern, Intellectual disability, Kinematic data

<sup>†</sup>Corresponding Author : Young-In Hwang (young123@hoseo.edu)

## I. 서론

지적장애(intellectual disability)는 뇌 구조나 기능의 이상을 원인으로 사회적, 인지적, 적응력의 발달이 현저하게 감소하는 장애로 18세 이전의 발병, 적응 능력의 결핍과 장애를 동반한 평균 이하(IQ<70)의 지적 기능을 특징으로 하는 평생질환이다(Schalock et al., 2014; Shea, 2012). 지적 기능(intellectual functioning)은 일반적으로 지능 평가를 위해 개발된 테스트를 통해 지능지수(intelligence quotient, IQ)로 측정되며 70 이하의 점수는 지적 능력의 한계를 나타낸다. 지능지수의 범위에 따라 가장 심각한(IQ<20), 심각한(IQ 20-34), 중간의(IQ 35-49), 가벼운(IQ 50-69) 수준으로 분류된다(Kolset, 2020).

지적 장애는 인지 기능 및 적응 행동과 같은 여러 발달 영역의 기능 손상이 특징이다. 기능 손상에 의한 낮은 지능은 일상생활에 필요한 적응력과 신체기능의 발달 능력을 떨어뜨린다(Choi & Roh, 2011; World Health Organization, 2007). 지적장애인들의 신경학적 문제와 장애는 불안과 자신감 부족 등의 심리적, 정신적 병리도 나타날 수 있으며(Matson, 2009) 이는 운동 기능의 결함으로 이어지고 보행에 있어 정상인과 비교되는 특성을 드러내게 된다(Sparrow et al., 1998).

Bradley (1974)는 정상인보다 지적장애인의 보행 중 보장거리(step length)가 짧고, 유각기가 짧다고 밝혔다. Lee 등(2004)에 따르면 하지의 보장거리를 짧아지게 만드는 원인은 근력의 약화와 관절의 부담 증가에 의해 야기되는 불안정성이다. Haynes와 Lockhart (2012)는 지적장애인은 보행 중 속도와 보장거리의 감소가 나타나는데 이는 저하된 균형 능력을 극복하기 위함이라고 얘기했다. 또한 지적장애인의 보행을 분석한 다른 연구에서도 지적장애인들에게 발목 관절을 발바닥압힘을 하고 걷는 침족 보행(toe walking)이 나타나기도 한다고 보고된 바 있다(Accardo & Whitman, 1989). 이러한 이상 보행을 뒷받침하듯 지적장애인이 정상인보다 느린 균형 발달을 이룬다는 연구들은 이미 많다(Almuhtaseb et al., 2014; Enkelaar et

al., 2012) Kazeminasab 등(2018)의 유전학적 연구에 따르면 지적장애와 운동 실조는 동반 이환될 수 있고 이는 인간의 인지, 움직임, 균형의 발달에 관여하므로 발병환자들에게 있어 재활의 필요성과 중요성을 알 수 있게 하며, Cimolin 등(2010)은 지적장애인들의 보행 중 운동학적 변수를 측정하였고 보행패턴을 특성화하여 재활 프로그램을 개발하고 차별화시키는 것이 중요하다고 언급한 바 있다.

이처럼 많은 선행 연구들이 지적장애인들의 기능적인 문제점을 밝혀내고자 정상인들과 비교하여 차이를 분석하는 연구를 진행해왔다. 그러나 건강한 성인들과 지적장애인들을 비교하여 보행 중 하지 관절의 움직임에 대해 분석한 연구는 거의 없었다. 그 결과로 지적장애인들의 운동 및 보행 능력 향상을 위한 재활 프로그램 또한 미흡한 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 지능 지수(IQ) 범위 50-69의 경증 지적장애인을 대상으로 하여 보행 중 하지 각 관절의 움직임을 분석하고, 지적장애 환자들의 보행에서 정상 보행 패턴과의 차이를 연구하여 지적장애인들의 보행 패턴에 대한 정보를 제공하고 지적장애인들에게 초점을 맞춘 재활 프로그램의 개발 및 발전에 기여하고자 한다.

본 연구는 지적장애인과 건강한 성인의 보행 주기별 운동학적 데이터를 비교하였을 때 지적장애인이 건강한 성인보다 관절의 불안정성이 클 것이라 예상하고 그로 인해 관절의 과운동성이 발생함으로써 관절의 가동 범위의 증가를 가설로 설정하였다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 건강한 성인으로 이루어진 그룹(Healthy group)과 지적장애인으로 이루어진 그룹(intellectual disability group, ID group)으로 선정하였으며 G\*power 프로그램(G-power software 3.1.6, Franz Faul, University of Kiel, Germany)에서 검정력(power)을 0.9, 효과크기

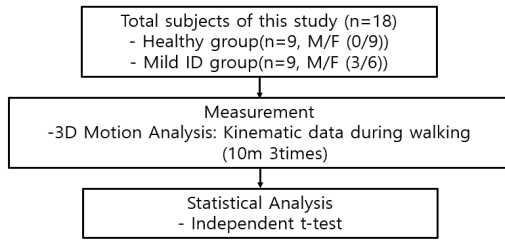


Fig. 1. Flow chart of the study.

0.6,  $\alpha$ 지수를 0.05로 설정하였을 때 각각 10명으로 산출되었다. 이에 따라 각각 10명씩의 대상자를 모집하고자 하였으나, ID 그룹의 전체대상자가 9명으로 모집되어 건강한 성인 그룹의 대상자도 9명으로 모집하여 각각 9명, 총 18명의 연구대상자들이 참여하게 되었다 (Fig. 1). 본 연구에 참여한 건강한 그룹에 포함되는 대상자는 정신적, 신체적 장애가 없는 자를 선정하였으며, 근골격계 문제로 인해 보행에 영향을 줄 수 있는 사람은 제외하도록 하였다. 본 연구에 참여한 ID 그룹은 충남의 S 센터에서 보호자에 의해 자발적으로 모집된 9명을 대상으로 하였다. 선정 기준은 다음과 같다. 첫째, 경증의 지적장애로 진단받은 자, 둘째, 간단한 지시에 따를 수 있는 자, 셋째, 보행에 문제가 없는 자를 대상으로 하였다. 또한 중증 이상의 지적장애로 진단받은 자, 하지 수술을 시행한 자, 보행에 영향을 줄 수 있는 근골격계 문제가 있는 자는 제외하도록 하였다. 모든 실험 및 절차는 헬싱키 선언의 윤리 기준에 따라 진행되었으며 모든 대상자들이 본 연구에 대해 충분한 설명을 듣고 동의한 후 연구는 실시되었다. 지적장애그룹의 대상자들의 경우 지적능력의 저하로 인해 실험의 목적 및 절차의 이해가 어려울 수 있어 보호자에게 설명한 후 동의를 받았다.

## 2. 측정 방법 및 도구

### 1) 관성 측정 센서(inertial measurement unit (IMU) sensor)

Noraxon MyoMOTION (Noraxon USA Inc., USA)을 사용하여 운동학적 변수를 분석하였으며 100Hz로 표

본이 추출되었다. 본 센서는 외부의 카메라 없이 독립적으로 사용할 수 있으며 신체 관절에 부착되어 3차원으로 관절의 각도를 추적하는 센서로 1.2도의 동적 정확도를 갖는다(Matsumoto et al., 2016). 본 연구에서는 보행 중 하지의 관절 가동범위 측정을 위해 사용되었으며 대상자의 골반, 대퇴, 하퇴, 발등에 부착하여 실험을 진행하였다.

## 3. 실험 절차

실험 시작 전 전 대상자들의 연령, 성별, 키, 몸무게, BMI를 측정하였다. 보행을 실시하기 전 측정자는 실험 과정과 동일한 직선거리 10m 보행을 총 3회 대상자에게 시연하였고 모든 대상자들은 측정 중 오류를 줄이기 위해 실험과정을 미리 한번 수행하였다. 대상자의 보행 패턴을 측정하기 위해 3차원 동작분석기 Noraxon Myomotion를 사용하였다. 골반의 움직임 측정하기 위해 천추에 한 개의 센서를 부착하였다. 양측 하지의 움직임 측정을 위해 대퇴에 2개, 하퇴에 2개, 발등에 2개의 센서를 각각 부착하였다(Fig. 2). 총 7개의 IMU센서를 사용하여 보행 시 관절의 움직임을 분석하였다. 미리 준비된 실험환경 내에서 10m 직선 보행을 실시하였다. 10m 보행을 3회 실시하였고 각 보행 측정 사이 2분의 휴게시간이 주어졌다 (Teissier et al., 2020). 결과값으로 보행 중 입각기와 유각기에서 두 그룹의 양측 하지 관절의 운동각도의 범위를 측정하고 이를 비교하기 위하여 최대값과 최소값을 수집하였으며 3회 보행의 평균값을 산출하였다. Hwang & Park (2021)은 관성 측정 센서를 사용하여 측정된 골반 및 하지관절 각도의 최대값과 최소값을 추출하였고 이를 관절의 최고각도와 최소각도로 설명한 바 있다. 이를 바탕으로 본 연구에서도 입각기와 유각기에서 측정된 각 관절의 최대값과 최소값을 관절의 최고각도와 최소각도로 표시하였다.

## 4. 자료 분석

본 연구에서는 데이터 분석을 위해 SPSS statistics (ver. 20.0)(IBM Corporation, USA)를 사용하였다. 정규

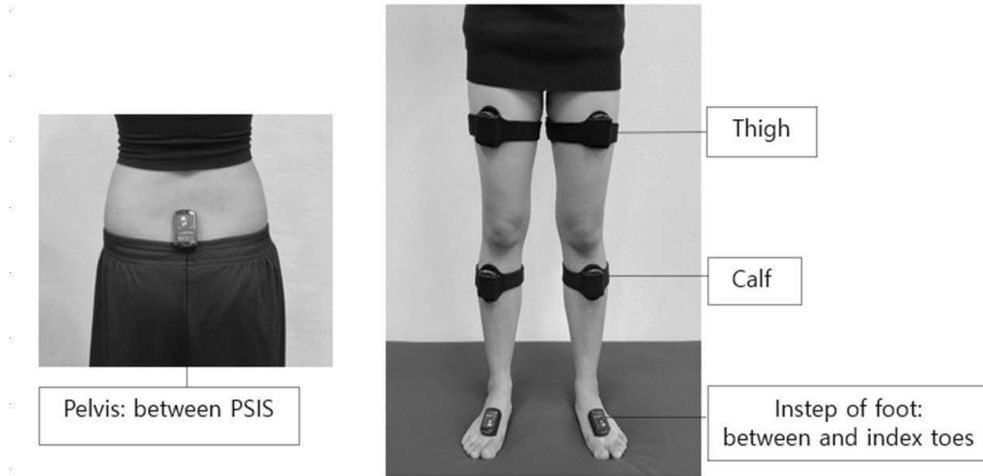


Fig. 2. Attachment of inertial measurement unit (IMU) sensors.

성 검정을 위해 Shapiro-wilks 검증을 사용하였으며 정규분포를 이뤘 독립표본 t-검정(independent sample t-test)을 사용하여 건강한 성인과 지적장애인의 보행 주기 별 관절 각도를 비교하였다. 통계적 유의수준  $\alpha$ 는 0.05로 설정하였다.

### III. 연구 결과

#### 1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자의 그룹별 일반적인 특성은 다음과 같다(Table. 1). 두 그룹간 일반적 특성의

Table 1. Characteristics of Subjects (n=18)

	Healthy group (n=9)	ID group (n=9)
Gender(M/F)	0/9	3/6
Age (years)	24.11 ± 1.54	32.22 ± 4.06
Heights (cm)	161.81 ± 5.54	158.56 ± 7.02
Weights (kg)	56.67 ± 3.71	58.28 ± 14.99
BMI (kg/m <sup>2</sup> )	21.74 ± 2.50	22.91 ± 4.36

Mean±SD: mean±standard deviation,  
ID: intellectual disability  
M/F: male/ female, BMI: body mass index

통계 결과 정상그룹과 지적장애그룹의 연령에 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p=0.00$ ).

#### 2. 입각기에서의 운동학적 움직임

##### 1) 두 그룹의 우측 하지 운동학적 움직임

보행 시 정상그룹과 지적장애그룹의 입각기에서 우측 하지의 운동학적 움직임 각도는 다음과 같다 (Table. 2). 입각기에서 우측 엉덩관절의 가쪽돌림과 발목관절의 안쪽변짐에 대한 정상그룹과 지적장애그룹의 최대값은 매우 유의한 차이가 있었다( $p<0.01$ ). 지적장애그룹의 우측 엉덩관절 가쪽돌림의 최대값은 정상그룹에 비해 유의하게 작은 것으로 나타났으며 ( $p=0.00$ ), 우측 발목관절 안쪽변짐의 최대값은 지적장애 그룹이 정상그룹보다 더 큰 것으로 나타났다 ( $p=0.00$ ).

엉덩관절 굽힘, 가쪽돌림과 발목관절 발등굽힘, 안쪽변짐의 최소값에도 유의한 차이가 있었다. 지적장애그룹의 엉덩관절 굽힘의 최소값은 정상그룹보다 유의하게 큰 것으로 나타났으며( $p=0.05$ ), 엉덩관절 가쪽돌림의 최소값은 지적장애그룹이 정상그룹보다 유의하게 작은 것으로 나타났다( $p=0.00$ ). 또한 발목관절의

Table 2. Comparison of the kinematic data in right side between healthy and intellectual disability (ID) group during stance phase

		Healthy group (n=9)	ID group (n=9)	t	p
Maximum					
Hip	Flexion (°)	20.52±4.82	20.10±6.20	0.16	0.87
	External rotation (°)	15.66±5.15	3.79±4.83	5.05	0.00**
Ankle	Dorsiflexion (°)	12.61±3.57	11.70±6.38	0.37	0.72
	Inversion (°)	5.93±4.33	16.51±7.71	-3.59	0.00**
Minimum					
Hip	Flexion (°)	-15.19±3.64	-9.81±6.57	-2.15	0.05*
	External rotation (°)	-0.65±4.41	-10.00±4.70	4.35	0.00**
Ankle	Dorsiflexion (°)	-28.89±5.65	-10.36±5.71	-6.92	0.00**
	Inversion (°)	-5.71±1.83	-8.05±2.61	2.20	0.04*

Mean±SD: mean±standard deviation

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01

발등굽힘의 최소값은 지적장애그룹이 정상그룹에 비해 유의하게 큰 것으로 나타났고(p=0.00), 발목관절의 안쪽번짐의 최소값은 지적장애그룹이 정상그룹보다 더 작은 것으로 나타났다(p=0.04).

지적장애그룹과 정상그룹간의 유의한 차이가 있었다. 지적장애그룹의 발목관절 발등굽힘의 최소값은 정상그룹보다 매우 유의하게 큰 것으로 나타났다(p=0.00).

2) 두 그룹의 좌측 하지 운동학적 움직임

보행 시 정상그룹과 지적장애그룹의 입각기에서 좌측 하지의 운동학적 움직임 각도는 다음과 같다 (Table. 3). 좌측의 발목관절 발등굽힘의 최소값에서

3. 유각기에서의 운동학적 움직임

1) 두 그룹의 우측 하지 운동학적 움직임

보행 시 정상그룹과 지적장애그룹의 유각기에서 우측 하지의 운동학적 움직임 각도는 다음과 같다

Table 3. Comparison of the kinematic data in left side between healthy and intellectual disability (ID) group during stance phase

		Healthy group (n=9)	ID group (n=9)	t	p
Maximum					
Hip	Flexion (°)	21.07±5.55	20.87±5.53	0.60	0.56
	External rotation (°)	13.55±5.36	8.91±6.50	1.70	0.11
Ankle	Dorsiflexion (°)	12.74±3.08	15.82±3.61	-1.61	0.13
	Inversion (°)	8.04±6.97	7.71±6.56	0.42	0.68
Minimum					
Hip	Flexion (°)	-13.90±4.08	-10.27±7.40	-1.30	0.22
	External rotation (°)	-2.92±4.37	-2.73±5.33	-0.82	0.94
Ankle	Dorsiflexion (°)	-28.27±7.62	-11.13±4.73	-5.73	0.00**
	Inversion (°)	-6.17±3.23	-10.93±9.81	1.38	0.19

Mean±SD: mean±standard deviation

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01

**Table 4. Comparison of the kinematic data in right side between healthy and intellectual disability (ID) group during swing phase**

		Healthy group (n=9)	ID group (n=9)	t	p
<b>Maximum</b>					
Hip	Flexion (°)	22.42±5.31	19.92±5.96	0.94	0.36
	External rotation (°)	17.57±4.89	6.95±5.33	4.41	0.00**
Ankle	Dorsiflexion (°)	0.99±4.46	9.14±10.47	-2.15	0.05*
	Inversion (°)	7.69±4.72	19.69±9.01	-3.54	0.00**
<b>Minimum</b>					
Hip	Flexion (°)	-5.58±4.63	-1.70±6.64	-1.44	0.17
	External rotation (°)	5.63±4.14	-5.12±5.96	4.45	0.00**
Ankle	Dorsiflexion (°)	-34.11±6.79	-7.12±7.81	-7.82	0.00**
	Inversion (°)	-2.45±3.16	-1.47±6.28	-0.42	0.68

Mean±SD: mean±standard deviation

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01

(Table. 4). 유각기에서 우측 엉덩관절의 가쪽돌림과, 발목관절의 발등굽힘, 안쪽번짐의 최대값에 대해 지적장애그룹과 정상그룹간의 유의한 차이가 나타났다. 지적장애그룹의 엉덩관절 가쪽돌림의 최대값은 정상그룹의 최대값과 비교하였을 때 매우 유의하게 작았으며(p=0.00), 발목관절의 발등굽힘의 최대값은 정상그룹에 비해 큰 것으로 나타났다(p=0.05). 발목관절의 안쪽번짐 최대값 또한 지적장애그룹이 정상그룹보다

매우 유의하게 컸다(p=0.00).

엉덩관절 가쪽돌림과 발목관절 발등굽힘의 최소값에서도 두 그룹간 유의한 차이가 나타났다(p=0.00). 지적장애그룹의 엉덩관절 가쪽돌림의 최소값은 정상그룹과 비교하여 매우 유의하게 작았고, 발목관절의 발등굽힘의 최소값은 지적장애그룹이 정상그룹의 최소값과 비교하면 매우 유의하게 큰 것으로 나타났다.

**Table 5. Comparison of the kinematic data in left side between healthy and intellectual disability(ID) group during swing phase**

		Healthy group (n=9)	ID group (n=9)	t	p
<b>Maximum</b>					
Hip	Flexion (°)	23.37±6.04	21.67±6.13	0.59	0.56
	External rotation (°)	14.94±6.38	10.33±5.05	1.70	0.11
Ankle	Dorsiflexion (°)	2.37±3.67	6.40±6.57	-1.61	0.13
	Inversion (°)	10.57±8.85	8.89±8.25	0.42	0.68
<b>Minimum</b>					
Hip	Flexion (°)	-4.01±5.58	-1.33±8.21	-0.81	0.43
	External rotation (°)	2.75±7.12	0.50±6.17	0.72	0.48
Ankle	Dorsiflexion (°)	-34.08±11.97	-11.22±5.93	-5.14	0.00**
	Inversion (°)	-3.87±6.01	-10.29±12.59	1.38	0.19

Mean±SD: mean±standard deviation

\* P < 0.05, \*\* P < 0.01

## 2) 두 그룹의 좌측 하지 운동학적 움직임

보행 시 정상그룹과 지적장애그룹의 유각기에서 좌측 하지의 운동학적 움직임 각도는 다음과 같다 (Table. 5). 좌측 하지의 유각기에서의 운동학적 데이터는 발목관절에서만 두 그룹간 유의한 차이가 나타났다. 지적장애그룹의 발목관절의 발바닥굽힘의 최소값은 정상그룹보다 유의하게 큰 것으로 나타났다 ( $p=0.00$ ).

## IV. 고 찰

본 연구는 정상 성인과 지적장애를 가진 성인의 보행 중 운동학적 차이를 비교하고자 진행되었다. 그 결과 두 그룹 사이의 엉덩관절의 폼과 가쪽돌림, 발목관절의 발바닥굽힘과 발등굽힘, 안쪽변짐과 가쪽변짐에 대한 움직임이 보행 중 유의한 차이를 보이는 것으로 나타났다.

보행에 있어 엉덩관절의 폼은 말기입각기(*terminal stance*)부터 전-유각기(*pre-swing*)에서 일어나며 보폭의 변화와 밀접한 관련이 있다(Hsu et al., 2003; Peterson et al., 2010). Lim 등(2017)에 따르면 엉덩관절의 폼과 보폭은 함께 증가하는 비례관계에 있다. 이는 보행 중 엉덩관절 폼 각도가 클수록 보폭 또한 큰 보행 양상을 보인다는 것을 의미한다. 본 연구에서 입각기, 유각기에서 엉덩관절 굽힘의 최소값이 음수로 측정되었는데 이는 엉덩관절 폼의 최대값을 의미한다. 지적장애그룹의 입각기에서 우측 엉덩관절 폼의 최대값은 정상그룹보다 유의하게 작았다. 이는 지적장애인의 관절 과가동성은 관절의 과도한 폼을 유발하고 보행이상을 야기한다는 선행연구(Rigoldi et al., 2012)와는 다른 결과이지만 다른 선행연구(Lim et al., 2017)에서 밝혀진 지적장애인들의 보폭 감소를 뒷받침할 수 있는 근거라 할 수 있다.

또한 입각기, 유각기에서 엉덩관절 가쪽돌림의 최소값이 음수로 측정이 되었는데 이는 엉덩관절 안쪽

돌림의 최대값을 의미한다. 우측 엉덩관절 가쪽돌림의 최대값은 지적장애그룹이 정상그룹보다 작았고 안쪽돌림의 최대값은 정상그룹보다 컸다. 보행 중 지적장애그룹이 입각기와 유각기에서 정상 그룹과 비교하여 우측 엉덩관절의 안쪽돌림의 범위는 더 컸고 가쪽돌림의 가동범위에는 제한이 있었음을 알 수 있다. O'Sullivan 등(2006)은 보행 중 엉덩관절의 안쪽돌림은 엉덩관절 굽힘에 구축이 있거나, 대퇴골의 과도한 앞경사(*femoral excessive anteversion*)의 가능성을 언급하고, 엉덩관절 가쪽돌림에 대해 가동범위 제한이 있을 수 있다고 말했다. Martin 등(2008)과 Neumann(2017)에 따르면 엉덩관절의 폼 각도가 인대와 관절주머니의 신장에 영향을 주고 가쪽돌림과 연관이 있음을 알 수 있는데 엉덩관절이 폼 될수록 엉덩넙다리인대(*iliofemoral ligament*)와 앞관절주머니는 신장되어 가쪽돌림의 큰 가동범위 또한 가능케한다. 본 연구 결과에 따르면 지적장애그룹은 보행 중 엉덩관절의 폼과 가쪽돌림이 정상그룹보다 작게 나타났는데 위의 선행연구들의 결과로 미루어 보아 지적장애그룹의 엉덩관절 폼과 가쪽돌림을 만드는 관절구조물들의 신장의 제한으로 엉덩관절의 폼과 가쪽돌림에 제한이 생겼을 것으로 사료되지만 본 연구에서 직접 근육과 인대의 긴장도에 대한 연구를 진행하지 않았으므로 추후 지적장애인의 근긴장도와 가동범위의 상관관계에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

입각기에서의 발바닥굽힘은 말기 입각기, 전유각기에서 가장 크게 나타나며 유각기로의 진행을 위한 밀기(*push-off*) 단계로 가자미근(*soleus muscle*)과 장딴지근(*gastrocnemius muscle*)이 발바닥 굽힘(*plantar flexor*)으로서 가장 활성화된다(Neumann, 2017; Perry, 1992). Aronow 등(2006)의 연구에 따르면 가자미근과 장딴지근 복합체인 종아리세갈래근(*Triceps surae*)은 발바닥굽힘에 강하게 작용하여 체중을 뒷발(*hind foot*)에서 중간발(*mid foot*) 및 앞발(*fore foot*)로 이동시키는 역할을 한다. 본 연구에서 입각기와 유각기에서 발등굽힘의 최소값은 음수로 측정이 되었는데 이는 발바닥굽힘의 최대값을 의미한다. 본 연구에서 입각기동

안 좌,우 발목관절 발바닥굽힘은 지적장애그룹이 유의하게 작았으며, 유각기 동안의 우측 발목관절의 발등굽힘은 정상그룹보다 더 큰 값을 보이기도 했다. 이는 대표적인 지적장애질환인 다운증후군의 보행 중 발목관절의 운동을 분석한 선행연구를 통해 밝혀진 지적장애를 가진 다운증후군 환자에게서 발바닥 굽힘근의 약화 때문인 것으로 주장된 바 있으며(Cioni et al., 2001), Parker 등(1980)에 따르면 발바닥 굽힘의 약화는 말기 입각기 또는 전 유각기에 나타나는 밀기(push-off)의 제한을 야기시키는 것으로 보고되었다. 본 연구에서도 발바닥 굽힘근의 약화로 인해 이러한 결과가 나타났을 것으로 추측 되지만, 발바닥 굽힘근의 근력을 측정하지 않았으므로 향후 이와 관련된 연구가 필요할 것으로 사료된다. 또한 다운증후군 아동을 대상으로 보행분석을 진행한 다른 연구에서는 발바닥 굽힘을 작게 유지하는 것은 발목관절에 의한 추진을 작게 하여 보행속도를 줄이려는 목적이고 보행 중 발등굽힘 각도는 크게 유지한다는 결과를 보였는데 이는 발목의 발등굽힘을 유지하여 발목의 구조적인 안정성을 제공하고, 관절이 보다 안정적인 상태에서 착지를 하기 위함이라고 보고된 바 있다(Oh & Yi, 2011).

본 연구에서 발목관절 안쪽변짐의 최소값이 음수로 측정되었는데 이는 가쪽변짐의 최대값을 의미한다. 보행 중 입각기에서 지적장애그룹의 우측 발목관절의 안쪽변짐 최대값은 정상그룹과 비교하였을 때 유의하게 높았다. 가쪽변짐의 최대값 또한 지적장애그룹이 유의하게 높게 측정되었다. 이는 이마면에서의 목발밀관절의 운동범위가 정상그룹보다 크다는 것으로 해석될 수 있는데, 정상인의 보행에서 첫 발꿈치 닿기 시 약 2~3도 안쪽변짐 되며 그 이후부터 체중이 부하되는 중간입각기 발목관절은 가쪽변짐이 되는 것으로 보고된 바 있다(Neumann, 2017). Monaghan 등(2006)에 따르면 만성 발목 불안정성(chronic ankle instability, CAI)를 가진 사람들은 정상그룹보다 6~7도 더 안쪽변짐 상태로 입각기를 시작한다고 하였다. 걸기 동안 과도한 안쪽변짐은 CAI뿐만 아니라 발목

위치를 감지하는 감각운동 결핍(sensorimotor deficits)이나 종아리근(peroneus longus)의 활성 지연 또는 그들의 결합이 영향을 미친 것으로 사료된다(Hopkins et al., 2012). Kachouri 등(2016)에 의하면 지적장애인들 또한 선천적인 지능 장애와 각 영역의 발달 미숙으로 인해 고유수용성감각이 정상인들과 비교하였을 때 현저히 떨어지며 그 결과 운동학적 결합이 발생한다고 하였다. 그러므로 본 연구의 이러한 결과는 선행연구에서 보고된 바와 같이 발목관절의 불안정성과 고유수용성 감각의 기능부전 때문일 것이라 사료되지만 정확한 연관성을 찾기 위한 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구에서 우측 하지의 엉덩관절과 발목관절에서 측정된 운동학적 데이터들은 입각기, 유각기에서 최대값과, 최소값 모두 유의한 차이가 나타났으나 좌측에서는 입각기, 유각기에서 측정된 최소값만 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 지적장애그룹의 보행 시 좌우 하지의 운동학적 차이를 알아내기 위한 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 연구의 제한점으로는 연구 조건을 충족하는 지적장애인의 모집이 어려워 대상자의 수가 적고 경증의 지적장애인을 대상으로 진행하였기 때문에 다양한 지능 수준의 지적장애인들에게 본 연구의 결과를 일반화하기 어렵다. 그러나, 경증의 지적장애인에게 초점을 맞춰 진행한 점은 특정 지능 수준의 대상자들의 보행 시 운동학적 움직임에 대한 정보는 제공할 수 있을 것으로 보인다. 또한 정상 그룹과 지적장애그룹의 대상자들의 일반적인 특성 중 연령에서 유의한 차이가 나타났다. 향후 넓은 범위의 지적수준으로 편성된 지적장애 그룹을 다양한 연령층과 많은 표본 수로 편성하여 보행 중 운동학적 데이터를 비교한다면 지적장애인들의 보행 패턴에 대해 보다 일반화할 수 있는 정보를 제공할 수 있을 것으로 보인다.



## V. 결론

지적장애인들의 보행 중 운동학적 움직임을 건강한 성인과 비교하였을 때 입각기에서 우측 엉덩관절의 작은 가쪽돌림과 과한 안쪽돌림 양상을 보이며 발목관절의 안쪽, 가쪽변집의 가동범위가 큰 것이 조사되었고, 유각기에서 또한 엉덩관절의 작은 가쪽돌림과 과도한 안쪽돌림 양상과 발목관절의 과도한 안쪽변집, 부족한 발바닥굽힘 등을 보이며 근력 약화, 관절 불안정성과 관련된 운동학적 차이를 보였다. 관절의 불안정성과 감소된 고유수용성 감각, 그로 인한 각종 보상작용들이 지적장애인들의 운동수행능력에 영향을 미친 것이라 예상된다. 본 연구 결과를 바탕으로 지적장애인들의 치료에 대한 연구 시 심리적, 정신적 병리뿐 아니라 엉덩관절의 가동범위 제한과 발목관절의 불안정성, 근력 약화, 고유수용성 감각의 저하 등에 초점을 맞춰 부족한 신체 기능에 대한 관절가동범위 운동, 근력 강화 운동과 고유수용성 감각 훈련을 포함한 관절 안정화를 위한 재활 프로그램 연구가 필요할 것으로 사료된다.

## Acknowledgement

본 연구는 호서대학교 대학혁신지원사업비를 지원받았습니다(221-01).

## References

- Accardo P, Whitman B. Toe walking: a marker for language disorders in the developmentally disabled. *Clinical Pediatrics*. 1989;28(8):347-350.
- Almuhtaseb S, Oppewal A, Hilgenkamp TI. Gait characteristics in individuals with intellectual disabilities: a literature review. *Research in Developmental Disabilities*. 2014;35(11):2858-2883.
- Aronow MS, Diaz-Doran V, Sullivan RJ, et al. The effect of triceps surae contracture force on plantar foot pressure distribution. *Foot & Ankle International*. 2006;27(1):43-52.
- Bradley BJH. A cinematographical analysis of walking patterns of trainable mentally retarded and normal children. Pennsylvania State University. Dissertation of Master's Degree.1974.
- Choi BK, Roh HK. The relationships among the cognitive ability and adaptive behavior development on the gross motor proficiency and gross motor development in children with intellectual disabilities. *Journal of Adapted Physical Activity & Exercise*. 2011;19(1): 15-28.
- Cimolin V, Galli M, Grugni G, et al. Gait patterns in prader-willi and down syndrome patients. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2010;7:28
- Cioni M, Cocilovo A, Rossi F, et al. Analysis of ankle kinetics during walking in individuals with down syndrome. *American Journal of Mental Retardation*. 2001;106(5):470-478.
- Enkelaar L, Smulders E, van Schrojenstein Lantman-de Valk H, et al. A review of balance and gait capacities in relation to falls in persons with intellectual disability. *Research in Developmental Disabilities*, 2012;33(1):291-306.
- Haynes CA, Lockhart TE. Evaluation of gait and slip parameters for adults with intellectual disability. *Journal of Biomechanics*. 2012;45(14):2337-2341.
- Hopkins JT, Coglianesi M, Glasgow P, et al. Alterations in evertor/invertor muscle activation and center of pressure trajectory in participants with functional ankle instability. *Journal of Electromyography Kinesiology*. 2012;22(2):280-285.
- Hsu AL, Tang PF, Jan MH. Analysis of impairments influencing gait velocity and asymmetry of hemiplegic patients after mild to moderate stroke. *Archives of Physical*

- Medicine Rehabilitation*. 2003;84(8):1185-1193.
- Hwang YI, Park DJ. Effects of elastic neutral ankle-foot orthoses on 3 dimensional parameters during gait training in patients with stroke: a pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2021;27:300-306.
- Kachouri H, Borji R, Baccouch R, et al. The effect of a combined strength and proprioceptive training on muscle strength and postural balance in boys with intellectual disability: an exploratory study. *Research in Developmental Disabilities*. 2016;53-54:367-376.
- Kazeminasab S, Najmabadi H, Kahrizi K. Intellectual disability and ataxia: genetic collisions. *Archives of Iranian Medicine*. 2018;21(1):29-40.
- Kolset SO. Intellectual disability and nutrition-related health. *EMBO Molecular Medicine*. 2020;12(10):e12899.
- Lee DH, Park HW, Hahn SB, et al. Kinematics of normal and pathological gait. *Journal of Korean Orthopaedic Research Society*. 2004;7(2):169-177.
- Lim YP, Lin YC, Pandy MG. Effects of step length and step frequency on lower-limb muscle function in human gait. *Journal of Biomechanics*. 2017;57:1-7.
- Martin HD, Savage A, Braly BA, et al. The function of the hip capsular ligaments: a quantitative report. *Journal of Arthroscopic and Related Surgery*. 2008;24(2):188-195.
- Matsumoto H, Ueki M, Uehara K, et al. Comparison of healthcare workers transferring patients using either conventional or robotic wheelchairs: kinematic, electromyographic, and electrocardiographic analyses. *Journal of Healthcare Engineering*. 2016;2016:5963432.
- Matson JL, Dempsey T, LoVullo SV. Characteristics of social skills for adults with intellectual disability, autism, and PDD-NOS. *Research in Autism Spectrum Disorders*. 2009;3(1):207-213.
- Monaghan K, Delahunt E, Caulfield B. Ankle function during gait in patients with chronic ankle instability compared to controls. *Clinical Biomechanics*. 2006;21(2):168-174.
- Neumann DA. Kinesiology of the musculoskeletal system: foundations for rehabilitation, 3rd ed. Amsterdam. In: Elsevier Health Sciences. 2017.
- Oh SG, Yi JH, A Kinematic analysis on the treadmill gait of children with Down Syndrome. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, 2011;12(9):3834-3842.
- O'Sullivan R, Walsh M, Hewart P, et al. Factors associated with internal hip rotation gait in patients with cerebral palsy. *Journal of Pediatric Orthopaedics*. 2006;26(4):537-541.
- Parker AW, Bronks R. Gait of children with down syndrome. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 1980;61(8):345-351.
- Perry J. Gait analysis: normal and pathological function. Thorofare. SLACK Incorporated. 1992.
- Peterson CL, Cheng J, Kautz SA, et al. Leg extension is an important predictor of paretic leg propulsion in hemiparetic walking. *Gait & Posture*. 2010;32(4):451-456.
- Rigoldi C, Galli M, Cimolin V, et al. Gait strategy in patients with ehlers-danlos syndrome hypermobility type and down syndrome. *Research in Developmental Disabilities*, 2012;33(5):1437-1442
- Schalock RL, Luckasson R, Tassé MJ, et al. A holistic theoretical approach to intellectual disability: going beyond the four current perspectives. *Intellectual and Developmental Disabilities*. 2018;56(2):79-89.
- Shea SE. Intellectual disability (mental retardation). *Pediatrics in Review*. 2012;33(3):110-121.
- Sparrow WA, Shinkfield AJ, Summers JJ. Gait characteristics in individuals with mental retardation: Unobstructed level-walking, negotiating obstacles, and stair climbing. *Human Movement Science*. 1998;17(2):167-187.
- Teissier V, Leclercq R, Schiano-Lomoriello S, et al. Does

eccentric-concentric resistance training improve early functional outcomes compared to concentric

resistance training after total knee arthroplasty? *Gait & Posture*. 2020;79(17):145-151.