

# 경도의 경직형 양하지 뇌성마비의 내측 종아치 형성과 관련된 족저압 특성

연세대학교 의과대학 재활의학교실 및 재활의학연구소

박창일 · 배하석 · 고영훈 · 김용욱 · 박지웅 · 이진우

## The Characteristics of Foot Pressure in Children with Mild Spastic Diplegic Cerebral Palsy Related to Medial Arch Formation

Chang-Il Park, M.D., Ha Suk Bae, M.D., Young Hoon Ko, M.D., Yong Wook Kim, M.D., Ji Woong Park, M.D. and Jin Woo Lee, M.D.

Department of Rehabilitation Medicine and Research Institute of Rehabilitation, Yonsei University College of Medicine

**Objective:** To find out the characteristics of foot pressure in children with mild spastic diplegic cerebral palsy over 7 years old compared with those of normal children.

**Method:** Twenty children with mild spastic diplegic cerebral palsy and fourteen normal children over 7 years old participated in this study. The foot was divided into 7 portions and then foot contact area, pressure of each foot portion and pathway of center of pressure (COP) were measured and analyzed by F-scan system (Tekscan Inc., USA)

**Results:** In children with cerebral palsy, first metatarsal area (MET1) showed the highest relative impulse followed by MET2/3, hindfoot and hallux. Relative impulse of hallux,

MET1 and medial midfoot were significantly higher in cerebral palsied than in normal children, while that of hindfoot was significantly lower in cerebral palsied than in normal children. Anteroposterior ratio of COP and gait velocity were significantly lower in cerebral palsied than in normal children. **Conclusion:** The characteristics of foot pressure distribution and the pathway of COP in children with mild spastic diplegic cerebral palsy were identified by quantitative analysis by F-scan system. Foot scan could be used for evaluating the foot pathology in children with cerebral palsy during gait. (J Korean Acad Rehab Med 2003; 27: 33-37)

**Key Words:** F-scan system, Cerebral palsy, Foot pressure, Center of pressure, Medial arch

### 서 론

어린이의 족부에 대한 생역학적 특징은 초기에 생리적으로 평발 양상을 보이다가 점차 연령이 증가함에 따라 내측 종아치가 형성되어 족저압의 분포나 족저압 중심이동 경로에 변화가 오는 것으로 알려져 있다. Henning과 Rosenbaum<sup>8)</sup>에 의하면 5세경까지는 생리적 평발의 상태에서 점차적으로 내측 종아치가 형성되어, 6세경까지 완성된다고 보고하였다. 그러나 경직형 뇌성마비 환아들에서는 이러한 정상적인 족부의 생역학적 발달이 하지의 경직, 근 위약 및 근수축의 부조화 등으로 인하여 제대로 이루어지지 않고 족부의 변형을 보이는 것으로 알려져 있다.<sup>5,9,14,16)</sup> 이러한 족부의 변형은 양하지 및 체간의 균형 유지에 영향을 미치게 되어 전반적인 보행 양상의 변화와 족부 통증뿐 아니라 전체 체간의 생역학적 변화를 초래할 수 있다. 따라서 이러한 경직

형 뇌성마비 아동의 족부변형을 분석하고 그에 따른 치료 계획을 수립하기 위하여 보행시의 족부 이상을 평가할 수 있는 객관적이면서 신뢰성이 높은 검사법이 필요하다.

여러 가지 질환에서 족저압 측정에 대한 여러 연구들이 최근 활발하게 진행되고 있고,<sup>10,13)</sup> 이러한 족저압의 측정에 F-scan system은 신뢰도가 높은 검사로 알려져 있다.<sup>11)</sup> 최근 박 등<sup>2)</sup>의 연구에서도 이를 이용하여 경직형 뇌성마비 환아의 족저압을 측정하여 그 특성을 보고하기도 하였으나 대상이 6세 이하의 환아로 아직 내측 종아치 형성이 불완전한 족부에 관련된 내용으로, 내측 종아치가 형성된 족부의 족저압에 관련된 보고는 없는 실정이다. 이에 본 연구에서는 F-scan system을 이용하여 이미 내측 종아치가 형성된 것으로 생각되는 나이인 7세 이상의 경직형 양하지 뇌성마비와 정상 아동에서 보행주기 동안 족저압과 족저압 중심의 이동 경로의 변화를 비교해 보고자 하였다.

### 연구대상 및 방법

#### 1) 연구대상

2000년 3월부터 8월까지 연세대학교 세브란스병원 재활의학과에 내원한 7세 이상의 경직형 양하지 뇌성마비 환아

접수일: 2002년 9월 13일, 게재승인일: 2002년 11월 25일

교신저자: 고영훈, 서울시 서대문구 신촌동 134

☎ 120-752, 연세대학교 의과대학 재활의학교실

Tel: 02-361-7553, Fax: 02-363-2795

E-mail: kovaa@hanmail.net

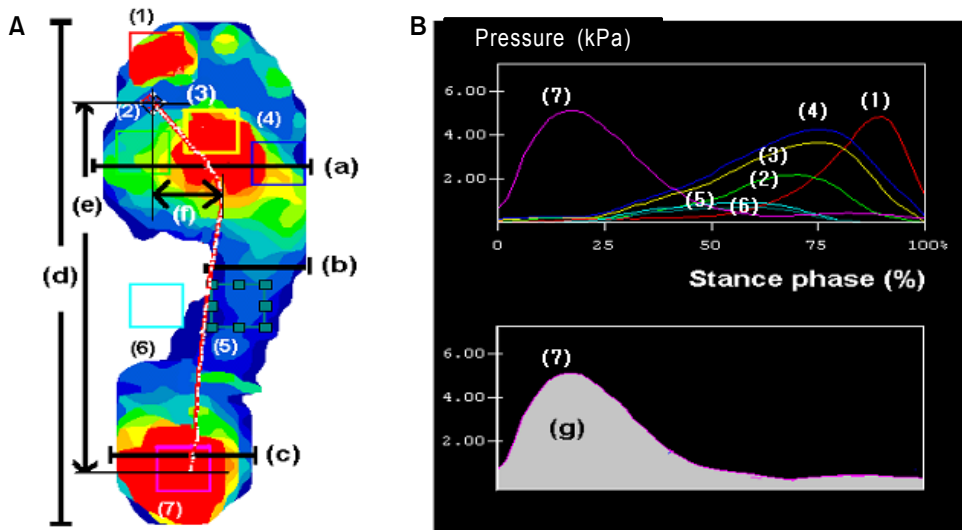
20명과 정상 아동 14명을 대상으로 하였다. 경직형 뇌성마비 환아는 보조기구 없이 독립적인 보행이 가능한 환자로 보행 시 heel touch가 되는 비교적 경미한 환자를 대상으로 하였으며 다른 신경학적 이상이 동반되어 있거나 지시를 잘 이해할 수 없는 환아는 제외하였다. 정상 아동은 근골격계 및 신경계에 이상이 없고 가족력이나 출생력에 유전적 소인이 없으며, 질병이나 발모양에 특이 소견이 없는 아동 14명을 대상으로 하였다. 정상 발의 기준은 Schwarz 등<sup>12)</sup>이 제시한 첫째, 파행 보행 등과 같은 외형상 걸음걸이의 이상이 없고 둘째, 다리나 발의 구조적인 이상이 없고, 셋째, 티눈이나 압박종이 없으며, 넷째, 장시간 걷거나 서있을 때 과도한 통증이나, 불편감, 피로 등의 장애가 없어야 하는 조건을 적용하였다.

2) 연구방법

족저압 및 족저압 중심의 이동경로는 압력 탐색자, 다리에 부착할 수 있는 변환 장치, 변환 장치와 컴퓨터를 연결하는 케이블, 족저압 분석을 위한 소프트웨어와 컴퓨터로 구성되어 있는 F-scan system (Tekscan, USA)을 이용하여 측정하였다. 압력 탐색자는 두께가 0.18 mm로 얇고 잘 구부러지며 960개의 압력 감지점이 5 mm 간격으로 격자형식으로 균일하게 분포되어 있어 연구 대상자의 발 크기에 맞게 재단하였으며 이를 뒷굽이 1 cm 높이로 arch support에 의한 오차를 줄이기 위해 arch support가 없는 실내화(Attix, China)로 통

일하여 장착하였다. 족저압 측정장치를 장착한 후 압력 탐색자의 보정을 실시한 후 피검자가 충분히 적응이 되도록 하였다. 검사는 연구 대상자가 단단하고 고른 바닥에서 자연스러운 속도로 직선 방향으로 걷도록 하였으며, 중간 걸음부터 시작하여 1초당 100 Hz로 6초 동안 좌우 양측을 합하여 10~12 걸음이 될 때까지 기록하였다.

족저압의 측정을 위해 족저를 무지부, 첫 번째 중족골두에 해당하는 내측 전족부, 두 번째·세 번째 중족골두에 해당하는 중앙 전족부, 네 번째·다섯 번째 중족골두에 해당하는 외측 전족부, 내측 중족부, 외측 중족부, 그리고 종골부의 7부위로 나누었으며 각 부위는 4×4 unit으로 통일하였다. 또한 입각기 동안 발의 전체 접촉 면적(cm<sup>2</sup>)를 구하였으며 접촉 길이(cm) 및 전족부, 중족부 및 후족부에서의 접촉 너비(cm)를 구하였다. 족저압의 측정은 보행주기 가운데 입각기의 전기간에 걸쳐 발바닥의 각 부분이 지면과 접촉되어지는 시기에 측정하였으며 각 부위의 압력 탐지자에서 측정된 족저압의 합을 전체 발의 압력으로 하였다. 자료 분석은 모두에서 임의로 우측 발을 선택하였고, 처음과 마지막을 제외한 3걸음을 선택하여 전체 발의 압력-시간 적분값에 대한 각 부위별 압력-시간 적분값인 비례추진력(relative impulse: %)을 구하여 차이를 분석하는데(Fig. 1), 이는 발의 특정 부위에 가해지는 압력뿐만 아니라 그 압력이 가해진 시간도 족부의 병변을 초래하는 데 중요한 요소이기 때문에 비례 추진력의 측정이 단순 압력의 측정보다 임상적



**Fig. 1.** A. The seven pressure boxes were placed on each anatomical area of plantar foot. The dashed line represents the trajectory of center of pressure (COP). (1) Hallux, (2) 1st metatarsal head, (3) 2nd & 3rd metatarsal head, (4) 4th & 5th metatarsal head, (5) Lateral mid foot, (6) Medial mid foot, (7) Calcaneal region, (a) Forefoot contact width, (b) Mid foot contact width, (c) Hind foot contact width, (d) Contact length, (e) Anteroposterior distance of center of pressure, (f) Mediolateral distance of center of pressure, (g) Pressure-time integral of condyle. B. The upper graph was the pressure-time curves of each anatomical area of plantar foot in stance phase. In lower graph, the gray colored area (g) represents the pressure-time integral of the calcaneal region. The relative impulse (%) can be calculated by the ratio of each pressure-time integral per the pressure-time integral of total foot.

으로 중요하며 족부의 병태생리를 좀 더 반영하는 지표이기 때문이다.<sup>6,7,15)</sup>

족저압의 중심(center of pressure)은 한 시점에서 압력탐색자(insole)의 transducer에서 측정된 압력과 그 좌표값의 곱을 전체 압력의 합으로 나눈 것으로 발바닥 내에서 한 위상으로 표시되며 이러한 족저압 중심값을 아스키 값으로 전환한 후, 족저압 중심의 전후, 좌우의 이동거리(cm) 및 기울기, 이동 속도(cm/sec) 등을 구하였다. 족저압 중심의 전후, 좌우의 이동거리는 각각 발의 접촉 길이 및 너비에 대한 백분율로 환산하였으며, 족저압 중심의 기울기는 발의 장축(longitudinal axis)에 대한 각도(degree)로 환산하였다(Fig. 1).

통계처리는 뇌성마비 환아와 정상 대조군의 차이를 비교하기 위해서 independent t-test를 이용하였으며, p<0.05를 통계학적으로 유의한 수준으로 채택하였다.

## 결 과

### 1) 일반적 특성

뇌성마비 환아의 성별은 남아 10명, 여아 10명이며, 정상 대조군은 남아 8명, 여아 6명이었다. 뇌성마비 환아의 평균 연령은 9.05세(7~14세), 정상 대조군이 9.14세(7~13세)로 두 군간의 연령은 유의한 차이는 없었다. 또한 신장과 몸무게에 있어서도 뇌성마비 환아는 133.45 cm와 31.40 kg으로 정상 대조군의 134.71 cm와 32.86 kg에 비해 두 군 간에 통계학적으로 의미있는 차이를 보이지 않았다(Table 1).

### 2) 발바닥 접촉 양상

보행 시 발바닥 전체의 접촉 면적은 뇌성마비 환아의 경우 평균 75.28 cm<sup>2</sup>, 정상 대조군은 평균 68.37 cm<sup>2</sup>로 유의한 차이를 보이지 않았다. 접촉 길이에 있어서도 뇌성마비 환아가 평균 19.67 cm, 정상군은 평균 20.55 cm로 의미있는 차이를 보이지 않았다. 접촉 너비에 있어서는 뇌성마비 환아에서 중족부가 평균 2.71 cm로 정상군의 평균 2.03 cm에 비하여 통계적으로 유의하게 컸으나(p<0.05), 전족부와 종골부에서는 의미있는 차이를 보이지 않았다(Table 2).

Table 1. General Characteristics of Subjects

	Cerebral palsy group	Control group
No. of subjects (numbers)	20	14
Male : female (numbers)	10 : 10	8 : 6
Mean age (years)	9.05±2.11	9.14±1.79
Height (cm)	133.45±14.41	134.71±11.58
Weight (kg)	31.40±8.64	32.86±6.67

Values are mean±SD.

### 3) 비례 추진력

뇌성마비 아동의 경우 비례 추진력은 내측 전족부에서 평균 26.65%로 가장 높았으며 그 외 중앙 전족부, 종골부와 무지부의 순으로 나왔으며 이는 정상 아동의 비례 추진력이 종골부에서 평균 31.64%로 가장 높고 그 외 중앙 전족부, 내측 전족부, 외측 전족부의 순으로 높게 나온 것과 다른 양상을 보였다. 뇌성마비 아동의 무지부, 내측 전족부와 내측 중족부에서의 비례 추진력이 각각 평균 16.34, 26.65, 2.02%로 정상 대조군의 각각 11.10, 18.33, 0.09%에 비하여 통계학적으로 유의하게 높았으나, 종족부에서의 비례추진력은 평균 18.94%로 정상 대조군 31.64%에 비하여 유의하게 낮았다(p<0.05)(Table 3).

### 4) 족저압 중심의 이동 경로 및 속도

족저압 중심의 전후 이동 거리는 뇌성마비 아동의 경우 평균 12.65 cm로 발바닥 접촉길이의 64%에 해당되었고, 정

Table 2. Foot Contact Parameters in Children with Cerebral Palsy and Normal Children

	Cerebral palsy group	Control group
Total contact area (cm <sup>2</sup> )	75.28±15.28	68.37±10.59
Contact length (cm)	19.67±1.84	20.55±1.33
Contact width (cm)		
Fore foot	6.30±0.73	6.41±0.59
Mid foot	2.71±0.65*	2.03±0.70
Hind foot	4.39±0.73	4.65±0.40

Values are mean±SD.

\*p<0.05, compared with control

Table 3. Relative Impulse (%) in Children with Cerebral Palsy and Normal Children

	Cerebral palsy group	Control group
Hallux	16.34±2.68*	11.10±3.62
MET1 <sup>1)</sup>	26.65±6.24*	18.33±3.65
MET2/3 <sup>2)</sup>	21.33±6.45	22.33±3.55
MET4/5 <sup>3)</sup>	11.12±6.49	13.46±4.22
Mid foot lateral	3.60±1.99	3.06±2.19
Mid foot medial	2.02±2.44*	0.09±0.26
Hind foot	18.94±7.47*	31.64±7.22

Values are mean±SD.

1. MET1: 1st metatarsal head, 2. MET2/3: 2nd & 3rd metatarsal head, 3. MET4/5: 4th & 5th metatarsal head

\*p<0.05, compared with control

**Table 4.** Parameters of Center of Pressure in Children with Cerebral Palsy and Normal Children

	Cerebral palsy group	Control group
Anteroposterior distance (cm)	12.65±1.61*	15.26±0.85
Mediolateral distance (cm)	1.41±0.59	1.36±0.29
Slope of center of pressure	11.07±6.69 (5°)	11.77±2.73 (4°)
Velocity (cm/sec)	19.08±3.85*	24.64±3.33

Values are mean±SD.

\*p<0.05, compared with control

상 대조군의 경우 평균 15.26 cm로 75%에 해당되어 두 군 간에 유의한 차이를 보였다(p<0.05). 좌우 이동 폭은 뇌성마비 아동군의 경우 평균 1.41 cm로 전족부 접촉 너비의 23%를 보였으며, 정상 대조군의 경우는 평균 1.36 cm로 21%를 보여 두 군 간에 의미있는 차이는 보이지 않았다. 입각기 동안 족저압 중심의 기울기는 뇌성마비군은 평균 11.07, 정상 대조군은 평균 11.77로 이를 각도로 환산 시 각각 5도와 4도로 두 군 간의 유의한 차이를 보이지 않았다. 그리고 보행 시 입각기 동안의 족저압 중심 이동 속도는 뇌성마비 환자의 경우 평균 19.08 cm/sec로 정상 대조군의 평균 24.64 cm/sec보다 의미있게 저하되어 있었다(p<0.05)(Table 4).

## 고 찰

뇌성마비는 족부 근육 수축의 부조화, 경직 및 근력약화 등으로 인하여 족부의 이상을 초래하고 이러한 족부 이상은 성장하면서 연부조직 및 근골격계의 변형을 유도하여 영구적인 족부 변형을 초래하여 체간의 균형 유지 및 보행양상에 변화를 가져오는 것으로 보고되고 있다.<sup>4,5,11</sup> 따라서 이런 뇌성마비의 족부 이상에 대한 문제점을 파악하여 보조기를 처방하거나 기타 치료 계획을 수립하는 것이 중요하다고 하겠다.

족저압의 측정은 일반적으로 신발을 신고 생활하게 되므로 신발을 신고 측정하는 족저압이 피검자의 보행 시의 문제점을 보다 정확하게 평가할 수 있으므로,<sup>15</sup> 본 연구에서는 신발 속에 압력 탐색자를 삽입한 후 족저압을 측정하는 F-scan 시스템을 이용하였다.

최근 박 등<sup>2</sup>은 6세 이하의 경직형 뇌성마비 환아를 대상으로 한 족저압 분포에 대한 연구에서 비례추진력이 뇌성마비 환아에서는 정상 아동에 비해 무지부와 내측 중족부에서 각각 유의하게 증가하였고 종골부에서는 유의하게 감소하였으며, 가장 높은 비례추진력도 뇌성마비 환아에서는

무지부로 나타나 정상 대조군의 종골부와 다른 분포를 보임을 보고하였다. 본 연구에서는 내측 종아치가 형성되어 성인의 족부와 같은 특성을 가지게 되는 7세 이상의 어린이를 대상으로 뇌성마비 환아군과 정상 아동군으로 나누어 족저압 분포의 특성을 연구하였다.

발바닥의 접촉양상을 보면 뇌성마비 환아에서 중족부의 접촉너비가 정상 대조군에 비해 의미있게 증가되어 있었다. 이는 뇌성마비 환아에서 성장하면서 형성되는 내측 종아치의 형성 부전과 함께 경직형 뇌성마비 환아에서 흔한 변형인 족관절의 회내로 인한 것으로 생각된다. 반면에 총 접촉 면적 및 접촉 길이는 두 군 간에 의미있는 차이를 보이지 않았는데 이는 본 연구에서 대상을 보조기구 없이 독립적인 보행이 가능하고 보행 시 지면과 종골부의 접촉이 가능한 비교적 경도의 뇌성마비 환아로 한정하였기 때문인 것으로 생각된다.

각 부위별 힘-시간 적분값을 전체 발의 힘-시간 적분값으로 나눈 비인 비례추진력(relative impulse; %)<sup>6,7</sup>은 7~12세 연령에서 외측 종골부의 족저압이 가장 높게 나온 문 등<sup>1</sup>의 연구와 마찬가지로 본 연구에서도 정상 아동에서는 종골부에서의 비례추진력이 가장 높고 그 다음 중앙 전족부, 내측 전족부와 외측 전족부의 순으로 나타났으며, 이에 반해 뇌성마비 환아에서는 내측 전족부가 가장 높고 그 다음으로 중앙 전족부, 종골부와 무지부 순으로 나왔다. 그리고 뇌성마비 환아에서 정상 대조군에 비해 무지부, 내측 전족부 및 내측 중족부에서의 비례추진력은 의미있게 증가한 데 반해 종골부에서는 통계학적으로 의미있게 감소하였다. 이는 뇌성마비 환아에서는 족저 굴곡근의 경직으로 인해 상대적으로 족저 굴곡된 상태와, 족관절의 회내로 내측 중족부의 접촉 면적이 증가된 상태로 족부의 침족외반(equinovagus)으로 인한 것으로 생각되며 이는 O' Conell 등<sup>11</sup>이 뇌성마비의 족부 변형은 편마비 환자의 경우 침족내반(equinovarus)이 24%로 가장 많이 나타나는 데 반하여 양하지마비 및 사지마비 환자의 경우는 침족외반이 각각 42%와 68%로 가장 흔히 나타난다고 보고하였듯이 본 연구의 대상이 양하지마비라는 점에서 일치하는 결과로 볼 수 있다.

족저압 중심의 이동 경로는 보행주기 동안 족부가 움직임에 따른 압력 분산의 전진 이동을 보여주는 것으로써,<sup>17</sup> 족저압 중심의 전후 이동폭은 족저압 중심의 진행 정도를 반영하고, 족저압 중심의 좌우 이동폭은 내외측의 불안정성을 반영하며, 기울기는 족저압 중심의 진행방향을 대변한다고 가정하였다.<sup>3</sup> 보행 시 전후이동거리 비가 정상대조군은 75%인 데 비해 뇌성마비 환아에서는 64%로 통계학적으로 의미있게 감소되어 있었다. 이는 뇌성마비 환아의 보행에서 족저굴곡근의 경직으로 인해 유각기 초기의 종골부 접촉시 접촉력의 감소로 인한 것으로 생각된다. 이는 앞의 결과에서 종골부의 비례추진력이 정상 대조군에 비해 감소되어 있는 것과 같은 이유로 생각된다. 뇌성마비군과 정상

군 모두에서 족저압 중심경로의 기울기가 모두 내측을 향했는데 이를 각도로 환산하면 발의 장축에 대해 뇌성마비 환아에서는 5도 정상대조군에서는 4도로 두 군 간에 유의한 차이는 없었다. 또한 보행 시의 안정성을 반영하는 족저압 중심의 내외측 이동경로는 두 군 간에 유의한 차이는 없었는데, 이는 본 연구 환자군의 대상이 경도의 뇌성마비 아동이었기 때문인 것으로 생각된다. 족저압 중심의 이동속도는 뇌성마비 환아가 정상대조군보다 통계학적으로 의미 있게 감소되어 있었는데, 이는 뇌성마비의 보행 속도가 느려진다는 이전의 보고와 일치하는 결과로 보인다.

경직형 뇌성마비 아동의 보행 시 족저압 및 족저압의 이동경로를 측정하고, 발의 접촉 면적, 길이와 너비 및 발의 각 부위에서의 비례추진력에 대한 정량적 분석을 통해 정상아동과 다른 족부의 변형과 특성을 파악하는데 객관적인 자료를 얻을 수 있었다. 그러나 본 연구에서는 경도의 경직형 양하지 뇌성마비 환아를 대상으로 하였기 때문에 심한 족부의 변형이 있는 뇌성마비 환아나 편마비, 사지마비나 불수의 운동형 뇌성마비 환아 등에서의 족부 특성을 파악하는 데에는 한계가 있다. 따라서 향후 다양한 환아들을 대상으로 연구가 필요한 실정이며, 나아가서는 조기 진단에 따른 치료적 중재 후의 변화에 대한 연구가 필요하리라고 생각된다.

### 결 론

본 연구에서 7세 이상의 경직형 양하지 뇌성마비 환아 20명과 정상 대조군 14명을 대상으로 보행 시 신발을 착용한 상태에서 족저압 및 족저압 중심의 이동경로를 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 뇌성마비 환아에서 비례추진력은 내측 전족부에서 가장 높았고 다음으로 중앙 전족부, 종골부 그리고 무지부의 순으로 나타났다. 둘째, 뇌성마비 환아의 비례추진력은 무지부, 내측 전족부와 내측 중족부에서는 정상 아동보다 의미 있게 높았으나 종골부에서는 의미 있게 낮았다. 셋째, 족저압 중심의 전후 이동 폭의 비나 속도는 뇌성마비 환아군에서 의미 있게 낮았다.

본 연구 결과는 경직형 양하지 뇌성마비 환아에서 보행 시 족부 특성을 파악하는 데 객관적이며, 정량적인 자료를 제공하여 줄 수 있을 것이라고 생각되며, 보행 족압검사는 임상적으로는 잘 관찰되지 않는 발의 변형을 발견하여 보조기 처방 등을 통한 교정 및 예방에 유용할 것이라 생각된다.

### 참 고 문 헌

- 1) 문재호, 이한수, 김민영, 김성원, 정광익: 한국 정상 어린이의 족저압 분포에 대한 연구. 대한재활의학회지 1997; 21: 755-761
- 2) 박은숙, 박창일, 김중연, 박지웅, 김은주: 경직형 뇌성마비 환아의 보행 시 족저압 분포 및 족저압 중심의 이동경로. 대한재활의학회지 2002; 26: 127-132
- 3) 백남중, 임민식: 보행 시 족저압 중심의 이동 경로에 관한 연구. 대한재활의학회지 1997; 21: 762-771
- 4) Bennet G, Rang M, Jones D: Valgus and varus deformities of the foot in cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1982; 24: 499-503
- 5) Bly L: The components of normal movement during the first year of life and abnormal development, Chicago: Neuro-developmental Treatment Association, 1983, pp1-51
- 6) Duckworth T, Betts RP, Franks CI, Burke J: The effects of pressure under the foot. Foot Ankle 1982; 3: 130-141
- 7) Franks CL, Betts RP, Duckworth T: Microprocessor based image processing system for dynamic foot pressure studies. Med Biol Eng Comput 1983; 21: 566-572
- 8) Hennig EM, Rosenbaum D: Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults. Foot Ankle 1991; 11: 306-311
- 9) Leonard CT, Hirschfeld H, Forssberg H: The development of independence walking in children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1991; 33: 567-577
- 10) Lord M, Hosein R: Pressure redistribution by molded inserts in diabetic footwear: a pilot study. J Rehabil Res Dev 1994; 31: 214-221
- 11) O'Connell PA, D'Souza L, Dudendy S, Stephens M: Foot deformities in children with cerebral palsy. J Ped Ortho 1998; 18: 743-747
- 12) Schwarz RP, Health AL, Morgan DW, Towns RC: A quantitative analysis of recorded variables in the walking pattern of normal adults. J Bone Joint Surg Am 1964; 46: 324-334
- 13) Sharma M, Dhanendran M, Hutton WC, Corbett M: Changes in load bearing in the rheumatoid foot. Ann Rheum Dis 1979; 38: 549-552
- 14) Skrotzky K: Gait analysis in cerebral palsied and nonhandicapped children. Arch Phys Med Rehabil 1983; 64: 291-295
- 15) Soames RW: Foot pressure patterns during gait. J Biomed Eng 1985; 7: 10-16
- 16) Sutherland DH: Gait analysis in cerebral palsy. Dev Med Child Neurol 1978; 20: 807-813
- 17) Young CR: The F-scan system of foot pressure analysis. Clin Podiatr Med Surg 1993; 10: 455-461