# 뇌성마비 아동의 족저압 분포의 비교연구

오태영
신성대학 작업치료과

# Comparison of Distribution of Foot Plantar Pressure between Normal and Diplegic Children

Tae-Young, Oh
*Department of Occupational Therapy, College of Shinsung*

## Abstract

Background and Purpose: The purpose of this study was to compare the distribution of foot plantar pressure between normal and diplegic children with cerebral palsy.
Subjects and Methods:. Ten subject with diplegic cerebral palsy who were able to walk independently and ten normal subject who had lived Sesan city. We had examined foot pressure by Parotec system that estimate static and dynamic foot pressure as 24 sensor. We had use 24 sensor out of 10 sensor which had positioned heel area of foot.
Results: The result of this study were as follow: (1) There were significant difference between right and left in symmetry of static foot pressure($p$ <0.05). (2) There were not significant difference between right and left in symmetry of dynamic foot pressure($p$ <0.05). (3) 10 out of , 3, 5, 7, 9 sensor had significant difference in left static foot pressure($p$ <0.05). (4) 10 out of 3, 4, 5, 7, 8, 10 sensor had significant difference in right static foot pressure($p$ <0.05). ( 5) 10 out of 3, 5, 7, 10 sensor had significant difference in left dynamic foot pressure($p$ <0.05). 10 out of 1, 2, 5, 7 sensor had significant difference in right dynamic foot pressure($p$ <0.05)
Conclusions: We could confirm that difference between normal and diplegic children with cerebral palsy in static and dynamic foot pressure especially symmetry of left and right, sensor number.

Key words: cerebral palsy, foot pressure, Parotec system,

## I. 서 론

정상인들에게 가장 기본적인 동작이며 자연스러운, 그러면서도 무의식적으로 행해지는 것이 보행이다. 보행 동작이 이와 같이 자연스럽게 일어난다고 해서 흔히 아주 단순한 운동이라고 생각하기 쉽다. 그러나 보행 동작은 신경근육계, 생체 역학적 그리고 운동 기능학적 변화의 절정으로 이루어진 지극히 복잡한 운동패턴 중의 하나이며, 보행은 머리, 목, 체간이 서로 정상적인 선열을 유지하면서 상호 교대적인 운동을 허용하는 적절한 관절의 가동범위와 안전성을 필요로 하고 부가적으로 일정한 패턴의 근육 협응, 협력 운동과 상호 신경지배에 따른 선택적인 조절과 작용을 필요로 한다.

보행에 관한 연구는 일찍이 사진기를 이용한 연구법으로 시작되어 1970년대 후반까지는 운동학적 분석이 주를 이루어 왔다(Winter et al., 1976; Wasters et al., 1973; Murray, 1964, 1967). 그 후 영상 장비와 분석 장비의 첨단화와 더불어 질병이나 사고에 의한 비정상보행에 이르기까지 여러 형태의 보행 동작에 대한 연구가 이루어져 왔다(Dale et al., 1989; Gale et al., 1986; Winter et al., 1983). 지난 십 수년간에 걸쳐 국내에서도 정상보행에 대한 연구가 활발히 진행되어 오고 있으며(김봉옥, 1994; 서국웅 등, 1993; 김상겸 등, 1992; 윤승호 등, 1992), 최근에는 뇌

성마비에 의한 비정상보행에 대한 연구도 진행되어 오고 있다(곽창수와 이경선, 2002; 허정식, 2000; 한기운과 한운교, 1999).

뇌성마비는 다양한 신체 부위에 영향을 미치는 독특한 병리적인 특성을 나타내는 것으로, 뇌성마비와 관련되어 나타나는 주요 장애는 동작과 자세조절의 손상(Gage, 1991)과, 언어조절 능력의 저하 그리고 심할 경우 정신적 지체가 나타나는 경우도 있으나 대부분 혼합된 특징을 가지고 있다(이종구와 강경숙, 1990). 이러한 뇌성마비는 태아시 또는 생후 첫 2년 이내에 일어나며, 비진행성 장애로서(Winter Gage Hicks, 1987), 뇌의 병소나 뇌성장의 이상으로 인해 여러 가지 행동이나 움직임에 장애를 일으키는 장기적인 질환이나 전염성이거나 유전성은 아니다(Batshaw and Perret, 1992).

뇌성마비는 뇌의 기능장애에 의한 신경결함 중에서도 운동신경장애에 의해 아주 심각한 운동장애로부터 경미한 운동자애에 이르기까지 다양하게 나타나 차기, 던지기, 뛰기와 같은 단순한 대근운동을 효율적으로 수행하기가 어렵게 된다(Williams et al., 1985). 특히, 뇌성마비아의 이상보행은 신경학적 손상으로 인해 환경에 따른 이차적 적응이 더욱 힘들고 결과가 복잡하고 다양해져 이상보행형태를 정확하게 파악하는 것이 중요하다.

보행분석에 관한 연구들은 포괄적인 수준에서 다양하게 이루어져 왔다. 보행분석에 관한 초기 연구들은 적합성, 수술 후의 평가, 의족의 적합성 평가에 중점을 두어 실행되었으나 현재는 모든 장애 요인을 분석하기 위해 사용되어지고 있다(Perry, 1992).

이중 뇌성마비아는 뇌손상으로 중추신경계 조절 능력이 소실되어 선택적 근육 조절 감소, 원시적 반사 패턴에 의존한 이동, 비정상적인 근 긴장도, 길항근과 주동근의 불균형, 균형 능력 감소 등으로 인해 문제로는 비정상적인 보행의 특성을 보인다(Gage, 1991).

허정식 등(1999)은 정상 아동과 뇌성마비 아동간의 보행동작의 생체역학적인 분석을 통해 신체 협응과 운동 타이밍이 뚜렷한 차이가 있음을 보여 주었다.

뇌성마비아의 보행을 분석하는 방법에는 Borelli가 최초로 기록에 의한 보고를 한 이후에 현재 임상에서는 관찰적 보행 분석(observational gait analysis), 운동 형상학적 분석(kinematic analysis), 운동역학적 분석(kinetic analysis), 동적 근전도(dynamic electromyography), 에너지 소비량 측정(energy expenditure measurement), foot-scan을 이용한 족저압 측정법 등이 이용되고 있다. 최근 개발된 foot-scan 등의 족저압 측정기는 직접적으로 발바닥의 접촉 특성을 관찰할 수 있으며 족저압 중심값을 자동으로 산출할 수 있어 균형 감각이나 이동 양식 등을 평가할 수 있다(백남종과 임민식, 1997).

따라서 본 연구에서는 정적 족저압, 동적 족저압, 발의 부위별 족저압 등을 측정할 수 있는 Parotec system을 이용하여 경직형 뇌성마비 아동의 족저압 분포 특성과 정상아동의 족저압 분포특성을 비교 분석하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구 대상자

본 연구의 대상자는 서울시 S재활병원에 내원중이며 경직형 뇌성마비 양하지 마비로 진단받은 아동으로 독립 보행이 가능한 아동 10명과 정형외과적 문제점을 가지지 않은 서산시 A주일학교에 다니는 아동 10명, 모두 20명의 아동을 선정한 후 족저압을 측정하였으며, 대상자의 일반적 특성은 [표 1]과 같다.

표 1. 대상자의 일반적 특성

| | | 전체 | 뇌성마비 아동 | 정상아동 |
|---|---|---|---|---|
| 성 별 | 남 (명) | 12 | 6 | 6 |
| | 여 (명) | 8 | 4 | 4 |
| 나 이 (세) | | 8.55 | 6.20 | 10.9 |

### 2. 연구 절차

정상 아동과 뇌성마비 아동의 족저압 분포 특성을 알아보기 위하여 먼저 길이 10m, 폭 1.5m의 보행로를 바닥에 만든 후 아동들로 하여금

2번 내지 3번을 걸어가게 한 다음, 충분히 연구의 목적과 측정 방법들을 설명하였다.

2번 내지 3번 걸을 동안 속도는 통제하지 않았으나, 보행 속도가 비슷할 수 있도록 지도하였으며, 2번 이상 유사한 속도가 나타났을 때 Parotec system의 foot insole을 착용하게 한 후 미리 준비된 보행로를 걷게 하였으며, 이는 정상 아동과 뇌성마비 아동 모두 동일하게 적용하였다.

### 3. 측정방법

Parotec-system은 압력 분포 측정 시스템으로서 정적 균형 유지 상태와 동적 보행 시에 24개의 압력 감지기(pressure sensor)에서 나타나는 값으로 족저압의 분포를 구하게 된다. 24개의 압력 감지기는 insole에 위치하며 신발 안에 삽입하여 족저부에 위치하는 insole과 이와 연결되어 정적 및 동적 상태의 평균 압력을 기록하고 저장하는 휴대용 조정기, 조정기에 저장된 자료를 계산하는 소프트웨어 및 컴퓨터로 구성되어 있다.

실험 방법은 연구 대상자의 발 크기를 측정하여 이에 맞는 insole을 대상자의 신발에 삽입한 후 신발을 착용한 후 선 자세에서 20초를 유지하고 난 뒤, 부저 소리에 맞춰 길이 10m, 폭 1.5m의 보행로를 걷게 한 후 측정치를 얻었다.

보행 속도는 통제하지 않았으며, 자료는 10Hz로 수집하였으며 모든 압력 값은 연구 대상자의 체중으로 표준화되어(단위: %BW/Cm$^2$)기록된다.

### 4. 자료 처리

본 연구의 목적에 맞도록 얻어진 정적 족저압, 동적 족저압, 부위별 정적 족저압, 부위별 동적 족저압 등의 결과치는 독립 t-test를 이용하여 정적 및 동적 족저압의 좌우 하지 대칭율, 부위별 정적, 동적 족저압을 비교하였다.

모든 통계처리는 SPSS/PC for window 11.5 version을 이용하였으며, 유의성 검정수준은 0.05로 하였다.

## III. 연구결과

### 1. 정적 및 동적 족저압의 좌우 하지 대칭율

정적 및 동적 족저압을 좌우하지의 대칭율로 비교하였다. 정적 족저압의 좌우 대칭율에서 뇌성마비 아동군은 35.3±26.71%, 정상 아동군은 72.69±10.64%로서 현저한 차이로 통계학적 유의한 차이를 보이고 있다($p<0.05$)[표 2].

동적 족저압의 좌우 대칭율에서는 뇌성마비 아동군은 62.17±17.14%, 정상 아동군에서는 72.74±15.65%로서 근사한 차이를 보이고 있지만 통계학적 유의수준에는 이르지 못하였다[표 2, 그림 1].

표 2. 정적 및 동적 족저압의 좌우 대칭율

| | 뇌성마비아동 | 정상아동 | t-값 | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| | M±SD | | | |
| 정적족저압 좌우대칭율 | 35.3±26.71 | 72.69±10.64 | -4.10 | 0.001* |
| 동적족저압 좌우대칭율 | 62.71±17.14 | 72.74±15.65 | -1.37 | 0.188 |

*$p<0.05$

(단위 : %)

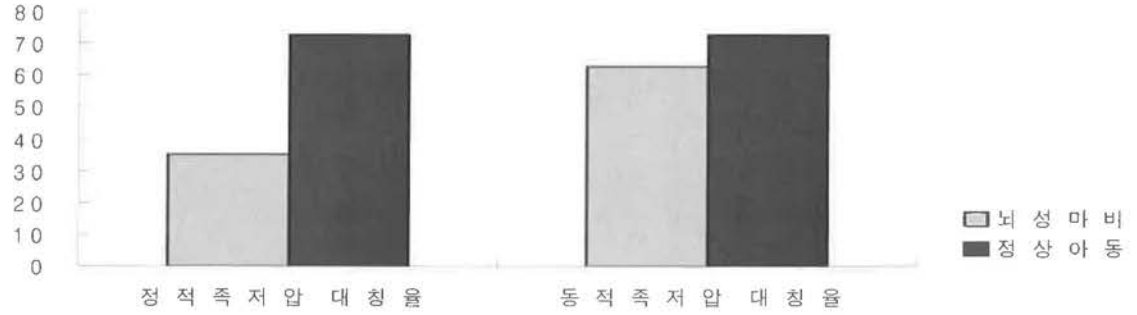


그림 1. 정적 및 동적 족저압의 좌우하지의 대칭율(단위:%)

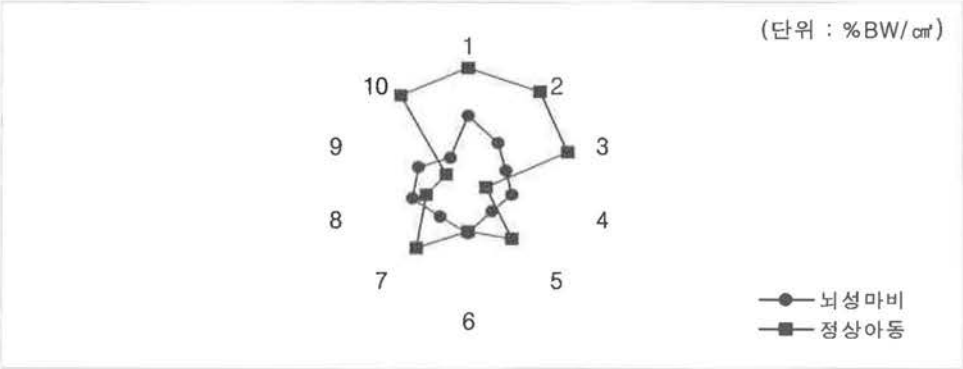


그림 2. 좌측하지의 부위별 정적 족저압 비교

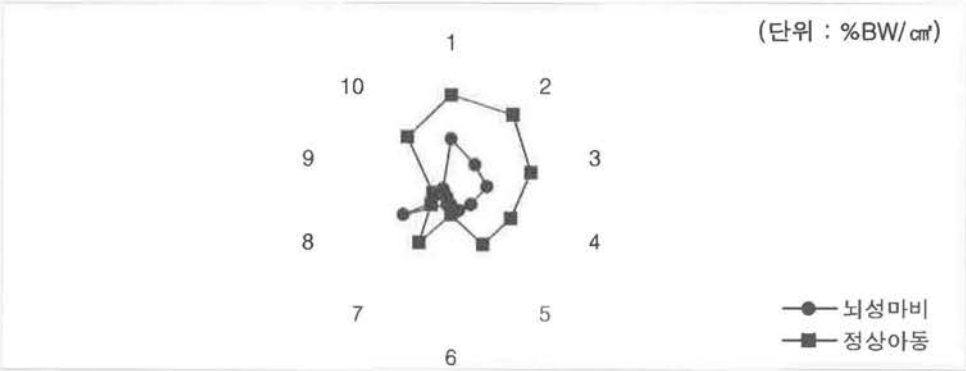


그림 3. 우측 하지의 부위별 정적 족저압 비교

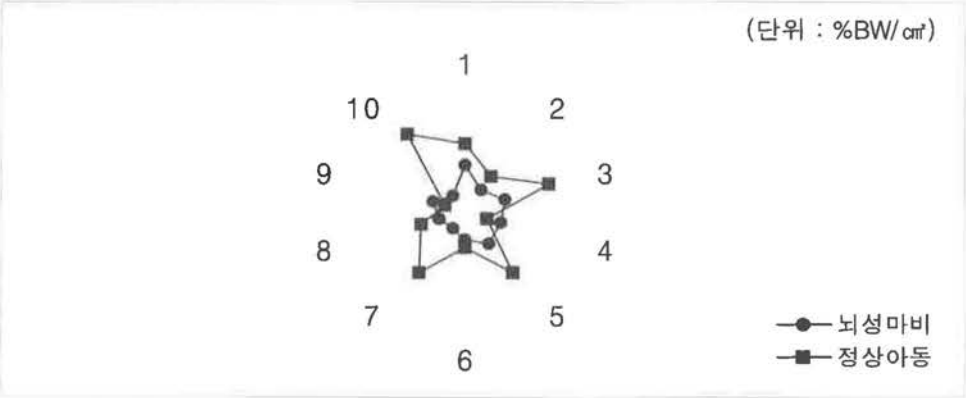


그림 4. 좌측 하지의 부위별 동적 족저압 비교

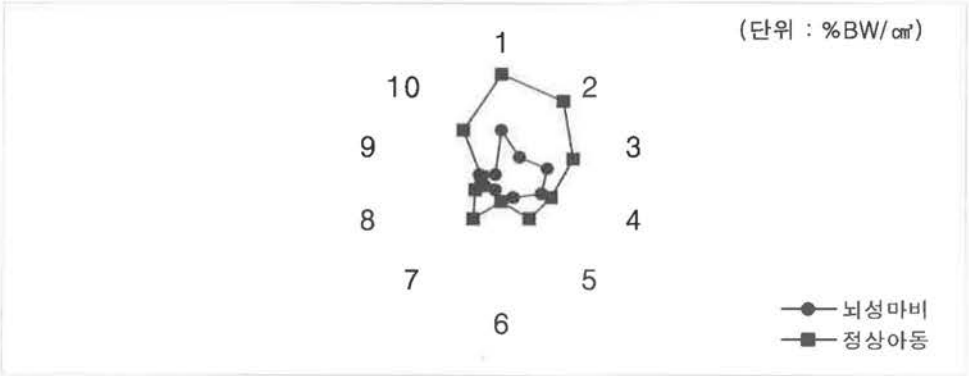


그림 5. 우측 하지의 부위별 동적 족저압 비교

2. 부위별 정적 족저압의 분포 특성

24개의 insole에서 측정된 족저압 중에서 발뒤꿈치에 해당하는 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10번을 선택적으로 비교하였다.

(1) 좌측 하지의 부위별 정적 족저압 분포 특성

좌측 하지의 부위별 정적 족저압 비교에서는 2, 3, 5, 7, 9, 10번 부위에서 현저한 차이를 나타냄으로서 통계학적 유의한 차이를 보이고 있다($p<0.05$)[표 3]. 그러나 1, 4, 6, 8번 부위에서는 통계학적 유의한 차이를 나타내지 않았으며, [그림 2]에서 그래프로 나타내고 있다.

(2) 우측 하지의 부위별 정적 족저압 분포 특성

우측 하지의 부위별 정적 족저압 분포 특성 비교에서는 3, 4, 5, 7, 8, 10번 부위에서 통계학적 유의한 차이를 보이고 있으며, 8번 부위를 제외한 나머지 부위에서 평균값의 큰 차이를 보이고 있다[표 4, 그림 3].

(3) 좌측 하지의 부위별 동적 족저압 분포 특성

좌측 하지의 부위별 동적 족저압 비교에서는 3, 5, 7, 10번에 통계학적 유의한 차이를 보였으며($p<0.05$), 다른 부위에서는 유의한 차이가 없었다[표 5, 그림 4].

(4) 우측 하지 부위별 동적 족저압 분포 특성

우측 하지의 부위별 동적 족저압 비교에서는 1, 2, 5, 7, 10번 부위의 동적 족저압이 통계학적 유의한 차이를 보이고 있다($p<0.05$)[표 6, 그림 5].

표 3. 좌측하지의 부위별 정적 족저압 (단위: %BW/Cm$^2$)

| | 뇌성마비아동 | 정상아동 | t-값 | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| | M±SD | | | |
| 1 | 0.84±0.72 | 1.46±0.83 | -1.78 | 0.09 |
| 2 | 0.60±0.48 | 1.43±0.81 | -2.81 | 0.01* |
| 3 | 0.48±0.47 | 1.25±0.65 | -3.05 | 0.01* |
| 4 | 0.55±0.62 | 0.20±0.28 | 1.60 | 0.13 |
| 5 | 0.47±0.28 | 0.89±0.45 | -2.52 | 0.02* |
| 6 | 0.65±0.27 | 0.63±0.31 | 0.12 | 0.90 |
| 7 | 0.53±0.20 | 1.03±0.29 | -4.48 | 0.00* |
| 8 | 0.69±0.44 | 0.50±0.32 | 1.07 | 0.30 |
| 9 | 0.60±0.24 | 0.29±0.13 | 3.60 | 0.00* |
| 10 | 0.37±0.34 | 1.36±0.36 | -7.05 | 0.00* |

*$p<0.05$

표 4. 우측하지의 부위별 정적 족저압 (단위: %BW/Cm$^2$)

| | 뇌성마비아동 | 정상아동 | t-값 | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| | M±SD | | | |
| 1 | 0.87±1.09 | 1.51±0.73 | -1.53 | 0.14 |
| 2 | 0.62±1.17 | 1.52±1.05 | -1.821 | 0.09 |
| 3 | 0.56±0.46 | 1.23±0.50 | -3.07 | 0.00* |
| 4 | 0.29±0.38 | 0.94±0.56 | -3.03 | 0.00* |
| 5 | 0.20±0.15 | 0.80±0.40 | -4.47 | 0.00* |
| 6 | 0.09±0.24 | 0.24±0.32 | -1.20 | 0.24 |
| 7 | 0.11±0.20 | 0.78±0.36 | -5.17 | 0.00* |
| 8 | 0.07±0.14 | 0.33±0.36 | -2.16 | 0.04* |
| 9 | 0.06±0.12 | 0.26±0.43 | -1.39 | 0.18 |
| 10 | 0.17±0.34 | 1.09±0.35 | -5.90 | 0.00* |

*$p<0.05$

표 5. 좌측하지의 부위별 동적 족저압 (단위: %BW/Cm$^2$)

| | 뇌성마비아동 | 정상아동 | t-값 | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| | M±SD | | | |
| 1 | 2.25±1.70 | 3.19±3.11 | -0.85 | 0.41 |
| 2 | 1.16±1.44 | 2.06±1.61 | -1.33 | 0.20 |
| 3 | 1.91±1.32 | 4.08±2.49 | -2.44 | 0.03* |
| 4 | 1.77±1.68 | 1.07±1.94 | 0.86 | 0.40 |
| 5 | 1.09±0.63 | 3.68±1.91 | -4.06 | 0.00* |
| 6 | 1.37±0.82 | 1.71±1.95 | -0.51 | 0.62 |
| 7 | 1.09±0.89 | 3.60±1.50 | -4.67 | 0.00* |
| 8 | 1.26±1.00 | 2.14±1.63 | -1.46 | 0.16 |
| 9 | 1.60±1.04 | 0.99±0.79 | 1.46 | 0.16 |
| 10 | 0.92±0.97 | 4.58±1.72 | -5.86 | 0.00* |

*$p<0.05$

표 6. 우측하지의 부위별 동적 족저압 (단위: %BW/Cm$^2$)

| | 뇌성마비아동 | 정상아동 | t-값 | $p$ |
|---|---|---|---|---|
| | M±SD | | | |
| 1 | 2.61±1.77 | 5.50±3·.67 | -2.24 | 0.04* |
| 2 | 1.53±1.90 | 5.07±3.68 | -2.70 | 0.02* |
| 3 | 2.38±1.24 | 3.76±1.92 | -1.91 | 0.07 |
| 4 | 2.05±1.56 | 2.60±1.87 | -0.71 | 0.49 |
| 5 | 1.00±0.56 | 2.27±0.90 | -3.80 | 0.00* |
| 6 | 1.01±1.39 | 1.02±1.24 | -0.00 | 1.00 |
| 7 | 0.45±0.54 | 2.24±0.72 | -6.27 | 0.00* |
| 8 | 0.74±0.61 | 1.41±1.84 | -1.09 | 0.29 |
| 9 | 1.18±1.60 | 0.99±1.65 | 0.27 | 0.79 |
| 10 | 0.50±0.75 | 3.21±0.84 | -7.59 | 0.00* |

*$p<0.05$

## IV. 고 찰

보행 시 압력중심은 입각기 초기에 후족부의

후외측 가장자리에서 시작하여 발의 중간영역까지 거의 선형으로 움직이며 중앙선을 기준으로 외측을 유지하게 되고, 그 다음으로 발의 볼을 향하여 내측으로 움직이며 입각기가 끝나면서 첫 번째와 두 번째 발가락으로 이동하게 된다(Norkin and Levangie, 1992).

그러나 뇌성마비 아동에서는 뇌손상으로 인한 중추신경계 조절 능력이 소실되어 첨족보행, 쭈그림 보행, 슬관절의 과신전, 고관절의 과도한 내전 및 내회전, 요추부 전만 등이 나타나는 비정상적이고 비효율적인 보행 특성을 갖게 된다(박창일 등, 1999).

Alexander 등(1990)은 족저압을 보행과 연관하여 분석하는 것이 족부의 문제를 갖고 있는 뇌성마비 아동이나 뇌졸중 환자의 치료 및 경과를 관찰하는데 유용하다고 하였는바 본 연구에서는 경직형 양하지 뇌성마비 아동과 정상아동의 족저압 특성을 비교함으로서 뇌성마비 아동의 장애 특성과 보행 특성을 알아보기 위한 것으로서 정적 및 동적 족저압의 좌우 하지 대칭율 및 부위별 족저압의 변화를 알아보았다.

경직형 양하지 마비 아동에서 가장 흔한 보행 특성 중의 하나로 첨족 보행을 말할 수 있는데(박창일 등, 1999), 이는 체중 지지면과 체표접촉면의 감소를 가져와 서기 자세의 안정성을 저하시키고 보행을 어렵게 만든다(Cooper, 1978; Gunsolus et al., 1975)고 하였다. 본 연구에서도 정적 족저압의 대칭율이 뇌성마비 아동과 정상아동이 유의한 차이를 나타났음을 알 수 있었다. 이는 좌우측의 무게중심의 변화를 알아볼 수 있는 것으로 좌우의 대칭성이 일정하지 않다면 신체의 안정성을 유지하기 위하여 신체 중심이 좌우로 더 많이 흔들린 것을 의미하며, 이러한 결과는 마비에 의해 보행이 제한을 받아 신체 중심을 진행방향으로 곧게 이동시키는데 문제가 있다(곽창수와 이경선, 1999)는 연구 결과와 유사한 결과로 볼 수 있었다.

또한 압력중심의 좌우성분 변화에서 뇌성마비 아동의 압력중심은 외측에서 나타났고, 일반아동은 외측에서 작용하여 내측으로 이동하였다는 연구결과가 있다(곽창수 등, 1999). 본 연구의 정상아동에서 좌측 부위별 정적 족저압은 발뒤꿈치의 가장 내측에서 높게 유의한 차이를 나타내었고, 그 지점을 지나 외측과 내측에서 유의한 차이를 나타내었으며, 우측 부위별 정적 족저압 또한 외측의 지점에서 내측으로 높게 유의한 차이를 나타내어 압력중심의 외측에서 내측으로 압력이 증가함을 뒷받침 할 수 있을 것이다. 그러나 뇌성마비 아동에서는 정상아동에서 좌측과 우측 부위별 동적 족저압 또한 외측이 높게 유의한 차이를 보였지만, 우측의 발뒤꿈치에서 유의한 차이를 보이며 높게 나타난 것은 초기 입각기의 발뒤꿈치 닿기시 생역학적 움직임에 의해 배측 굴근이 작용이 되었기 때문이라 해석 할 수 있을 것이다. 발뒤꿈치 부위의 족저압을 측정하게 되는 insole의 1번에서 10번 부위까지의 정적 및 동적 부위별 족저압을 측정 비교한 바에 의하면 정상 아동의 족저압 보다 현저히 낮은 체중이 부하 된 것을 알 수 있었으며, 특히 바닥에 접지하는 입각기 초기 때의 발뒤꿈치 족저압이 현저한 차이를 나타내고 있다.

그러나 정적 족저압의 좌우 하지 대칭율이 정상 아동의 좌우 하지 대칭율과는 통계학적으로 유의한 차이를 보이고 있는 반면 동적 족저압의 좌우 하지 대칭율은 정상 아동의 대칭율이 다소 높은 것으로 나타났으나 통계학적인 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다. 이는 뇌성마비 아동들에게 경직, 신체의 비대칭 및 흔들림, 관절의 변형 등이 나타나 체간 및 양측 하지의 무게 중심을 체중지지면 위에 유지하는 능력이 감소하여 대칭적인 서기 자세를 취하기 어렵다(Bobath and Bobath, 1984)는 것을 뜻하는 것으로 해석된다.

또한 동적 족저압의 좌우 하지 대칭율 비교에서는 체중이동훈련이 동적 균형과 보행에 깊은 연관을 가진다는 Liao 등(1990)의 연구 결과를 살펴볼 때, 보행의 속도, 보폭, 발걸음 등의 특성을 고려해야 만 대칭적 보행을 할 수 있다는 결론과는 무관하게 정상아동과 뇌성마비 아동 간의 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 비정상적인 체중 이동을 통제하지 못하였으며, 속도, 보폭, 발걸음 등의 보행 특성을 특별히 훈련하지 않아도 족저압의 총량은 유사한 것으로 사료된다.

향후 보행 중 동적 족저압의 비교에서는 반드시 발걸음, 보폭, 속도 등을 통제하여 보다 질적인 측정 비교가 있어야 할 것으로 사료된다.

## V. 결 론

10명의 경직형 양하지 뇌성마비 아동과 10명의 정상 아동의 족저압 분포 특성을 비교한 본 연구에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 정적 족저압의 좌우 하지 대칭율 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

둘째, 동적 족저압의 좌우 하지 대칭율 비교에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다($p<0.05$).

셋째, 부위별 정적 족저압의 비교에서 좌측 하지는 2, 3, 5, 7, 9번 부위에서는 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

넷째, 부위별 정적 족저압의 우측 하지 비교에서는 3, 4, 5, 7, 8, 10번 부위에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

다섯째, 부위별 동적 족저압의 좌측 하지 비교에서는 3, 5, 7, 10번 부위의 족저압이 통계학적 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

여섯째, 부위별 동적 족저압의 우측 하지 비교에서는 1, 2, 5, 7, 10번 부위에서 동적 족저압의 통계학적 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

## 참고문헌

김봉옥, 임상보행분석의 방법. 대한재활의학회지. 1994;18(2):191-202.

김상겸, 김기형, 김명화 등. 보행동작의 운동역학적 분석방법 연구. 고려대학교 스포츠과학연구소 논총 제2집. 1992.

서국웅, 윤양진, 이종숙. 보행동작의 생체역학적 분석. 체육과학연구소 논문집. 제9호. 1993.

윤승호, 김봉옥, 이제윤 등. 3차원 동작분석기를 이용한 정상보행분석. 대한재활의학회지. 1992;16(4).

곽창수, 이경선. 일반아동과 뇌성마비아동의 보행형태에 대한 운동역학적 분석. 한국특수체육학회지. 1999;7(2):20-34.

박창일, 박은숙, 신지철, 김성우, 김덕용, 서혜정. 뇌성마비 환아에서 전기자극이 족저굴곡근 경직에 미치는 영향. 대한재활의학회지, 1999;20:848-857.

백남종, 임민식. 보행시 족저압 중심의 이동 경로에 관한 연구. 대한재활의학회지. 1997;21(4):762-771

이종구와 강경숙 역. 뇌성마비와 언어치료. 서울: 경운출판사. 1990.

한기운, 한운교. 경직성 양측 뇌성마비아의 보행특성에 관한 연구. 인하대학교 스포츠과학연구소 논문집. 제11호. 1999.

허정식. 뇌성마비 아동과 정상 아동의 보행 동작의 운동학적 분석. 한국스포츠리서치, 2000;11(2):127-137.

Alexander IJ, Campell KR. Dynamic assessment of foot mechanics as an adjunct to orthotic prescriptlon in appendix of the biomechanics of the foot and ankle. Philadelphia: FA Davis. 1990.

Bobath B, Bobath K. Motor development in the different types of CP. Butterworth-Heliemann Ltd, Oxford. 1984.

Batshaw ML, Perret YM. Children with disabilities. A Medical Primer(3rd), Paul H. Brooks Publishing Company. 1992.

Cooper L. The pathomechanics of progressive crouch gait in spastic diplegia. Orthopaedic Clinics of North America. 1978.

Dale S, Marlene A, Peter P. Effects of heel lifts on ground reaction force patterns in subjects with structural leg-length discre-pancies. *Phys Ther.* 1989;69.

Gage JR. Gait analysis in cerebral palsy. New York, Cambridge University Press. 1991.

Gale G, Karen B, Nikki A, Donald W, Michael S, Arnold C. Gait characteristics in multiple sclerosis: Progressive change and effects of exercise on parameters. *Arch Phys Med Rehabil.* 1986;67.

Gunsolus P, Welsh C, Houser C. Equilibrium

reactions in the feet of children with spastic cerebral palsy and normal children. *Develop Med Child Neurolo.* 1975;7: 580-591.

Liao HF, The development of gross motor patterns in spastic diplegics and the treatment approaches based in Bobath concept. *J Phys Ther Association of the Republic of China.* 1990;15:63-71.

Norkin CC, Levangie PK, Joint structure and function. Philadelpia: F.A Davies. 1992.

Murray MP, Drought AB, Cory RC. Walking patterns of normal men. *J Bone and Joint Surg.* 1964;46A:335-360.

Murray MP. Gait as a total pattern of movement. *Am J Phys Med.* 1967;46: 290-333.

Perry J. Gait analysis: Normal and pathological function. Slack Thorofare NJ. 1992.

Waters RL, Morris J, Perry J. Transition motion of the head and trunk during normal walking. *J Biomech.* 1973;6:167-172.

Williams HG, McClenghan B, Ward DS. *Am J Phys Med.* 1985;64:171-189.

Winter DA, Quanbury AO, Reimer GD. Analysis of instantaneous energy of normal gait. *J Biomech.* 1976;9:253-257.

Winter DA. The biomechanical pattern normal walking. *J Motor Behav.* 1983;15:302-330.

Winter TF, Gage JR, Hicks R. *J Bone Joint Surg.* 1987;68-A(3):437-441.