

경직형 뇌성마비아동과 정상아동의 족저압 특성과 균형 비교

전수진¹, 황병용², 이경보³, 이상호^{*4}

¹용인대학교 재활복지 대학원 물리치료전공, ²용인대학교 물리치료학과, ³성빈센트병원 물리치료실, ^{*4}서남대학교 물리치료학과

Comparison of Foot Pressure Distribution and Balance Between Children with Cerebral Palsy and Normal Children

Su-Jin Jeon¹, Byoung-Yong Hwang, PT, Ph.D²,
Kyoung-Bo Lee, PT, Ph.D³, Sang-Ho Lee, PT, Ph.D^{*4}

¹Department of Physical therapy, Graduate School of Rehabilitation Welfar, Yongin University,

²Department of Physical Therapy, Yongin University, ³Department of Physical Therapy, St.Vincent Hospital,

^{*4}Department of Physical Therapy, Seonam University

Purpose The foot pressure distribution and balance of a normal child are compared to those of a child with spastic cerebral palsy in this study. **Subjects** The subjects of study were 10 normal children and 10 children diagnosed with spastic cerebral palsy. **Methods** The foot pressure was measured with Gaitviewpro(Alfoots) and the body balance was measured using Balance System (Biodex, USA). **Results** The weight load factor between the normal children and the children with the condition showed a significant difference in both dominant and non-dominant sides ($p<.05$). There was a clear difference between the pressure in the rear-foot pressure ($p<.01$). The pressure in the medial calcaneus of only the non-dominant side was significantly different between the two groups ($p<.05$) and the pressure in the lateral calcaneus also showed difference between the two groups ($p<.01$). There was difference between the foot movement of the normal children and the children with spastic cerebral palsy in every direction ($p<.05$). **Conclusion** We found that unstable weight support is one of the most important factors that contribute to the decrease in balance control ability. These findings will be resourceful in proving various clinical impacts in actual treatments.

Key words Spasticity, Cerebral palsy, Balance

책임 저자 Sang-Ho, Lee(petor07@hanmail.net)

논문 접수일 2015년 8월 31일

수정 접수일 2015년 9월 30일

게재 승인일 2015년 10월 20일

I. 서론

미성숙 뇌의 비진행성병변 혹은 손상으로 움직임과 자세의 장애를 보이는 임상 증후군을 뇌성마비라 하며, 대부분의 뇌성마비 아동은 경직과 같은 비정상 근긴장도 근력 약화 운동실조 협응장애 등의 문제를 갖는다.¹⁾ 이러한 뇌성마비의 운동 장애는 감각, 지각, 인지, 의사소통, 행동양식, 간질, 그리고 이차적인 근 골격계의 문제와 함께 흔히 수반되어 일어난다. 뇌성마비의 운동장애는 몸통 부위의 저긴장도로 인한 자세안정성과 운동성 결여 및 하지의 경직을 초래하여 하지의 운동능력을 떨어뜨린다.²⁾ 몸통의 안정성과 하지 운동성의 부족은 뇌성마비아동들이 기능적인 활동을 할 때 많은 보상작용을 하게 되며, 이러한 보상작용의 양상은 신체의 다른 분절, 특히 경부, 상지, 상부체간에서 균형감각조절의 형태로 나타난다.³⁾ 이러한 운동

학적 문제로 인해 앉기, 서기, 선 자세에서 무게중심의 이동, 걷기와 균형조절능력의 저하가 발생하며, 좋지 않은 자세를 보이게 된다.⁴⁾ Bobath는 신체 좌우의 비대칭성을 감소시키고 보행 능력을 회복하기 위해서는 균형적인 서기 자세를 유지할 수 있어야 하고 양측 하지로 체중 이동이 가능하여야 한다고 하였다.⁵⁾ Arcan 등은 환측 하지에 체중부하 운동과 양측 하지로의 체중 이동훈련은 균형조절을 증진시킨다고 하였으며, Hamrin등과 Dettmann 등은 정적인 기립균형과 보행 기능간의 높은 순 상관관계가 있음을 보고하였다.⁶⁻⁸⁾ Alexander 등은 족저압을 보행과 연관하여 분석하는 것이 족부의 문제를 갖고 있는 뇌성마비 아동이나 뇌졸중 환자의 치료 및 경과를 관찰하는데 유용하다고 하였다.⁹⁾ 특히 Winter 등은 서기 자세의

안정성 향상이 보행 특성에 매우 큰 영향을 미치는데 이러한 서기 자세의 균형능력은 족저압 중심의 변화의 측정을 통해 평가할 수 있다고 하였다. 균형조절은 중력을 향해서 근·골격계를 조절하며, 체중 중심의 이동 시 요구되는 평형을 조절하는 능력으로 자세의 안정성 즉, 평형감각 조절로 정의될 수 있다.^{10,11)} 모든 동작 수행에 영향을 주며, 지지하는 지면 위에 체중을 유지하기 위해 관절의 위치나 근육의 활동을 조절하고, 수의적인 동작이나 외부동요(perturbation)에 적절하게 반응하여 자세를 유지하는 복합적인 과정이다. 균형은 자세안정성을 유지하는 과정으로 지지 기저면에 대하여 무게중심을 조절하고 유지하는 능력이며, 선 자세에서의 안정성 유지, 체중부하 조절, 보행능력 등의 동작 수행에 중요한 영향을 미치게 된다.¹²⁾ 뇌성마비 아동의 선 자세는 정상 아동에 비해 균형조절 능력이 저하되어 있으며 눈을 뜨고 서 있을 때보다 감고 서 있을 때 자세동요가 더 크고, 자세의 시각적 되먹임을 제공하였을 때 자세 동요가 감소하여 시각 의존도가 높다.^{13,14)} 균형 조절을 위해서는 신경학적인 요소 외에도 비신경학적인 요소가 적절히 결합되어야 한다. 미리 예측하여 준비하는 능력 여러 감각기관으로부터의 정확한 정보 통합작용, 충분한 자세 긴장도, 전 관절 가동범위 그리고 항중력 활동에 충분한 근력 등과 같은 요소들의 복잡한 상호작용이 필요하다.¹⁵⁾ 경직성 뇌성마비 아동에 있어 가장 흔한 비정상적인 보행특성이다. 이러한 족관절의 변형 및 구축은 체중지지면과 체표접촉면의 감소를 가져와 서기 자세의 안정성을 저하시키고 보행을 어렵게 만든다.¹⁶⁾ 지금까지 뇌성마비아동에 대한 족저압과 균형에 대한 많은 선행 연구가 있었고 여러 가지 치료적 중재들이 뇌성마비아동의 족저압과 균형에 영향을 끼친다는 연구결과는 있었으나 이 두 가지에 대한 정상아동과 뇌성마비아동간의 비교 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 뇌성마비아동과 정상아동의 족저압과 균형의 비교연구를 통해 임상에서 경직성 뇌성마비아동의 특징을 정량적으로 분석하고 치료적 중재 후 효과를 쉽게 비교할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

II. 연구방법

본 연구의 대상자는 신경학적, 발달적, 근골격계 질환이 없는 7~13세의 아동으로 부모로부터 동의를 얻은 10명의 정상아동과 대전시 서구 둔산동에 소재한 병원에서 외래 물리치료를 받는 경직성 뇌성마비아동 중 경직성 뇌성마비로 의사의 진단을 받은 7~13세 아동, 혼자 서는 것이 가능한 아동, 치료사의 지시를 따른 수 있는 아동, 최근 6개월 이내에 주사요법 또는 수술력이 없는 아동으로 선정조건을 충족하고 본 연구의 참가에 부모로부터 참여 동의를 받은 15명을 대상으로 하였다. 본 연

Table 1. The general Characteristics

	Normal children	Cerebral Palsy children
Age(year)	9.80±1.93	10.00±1.81
Height(cm)	138.40±12.81	134.46±13.20
Weight(kg)	36.70±7.73	31.60±5.46

구에 참여한 아동의 조건은 다음과 같다(Table 1). 연구대상자는 정상아동 10명, 뇌성마비아동 15명으로 25명 이었다. 성별은 정상아동 남아 5명, 여아 5명, 뇌성마비아동은 남아 9명, 여아 6명이었다.

연구군과 대조군의 동질성 검증은 독립 t-검정을 이용하여 성별, 키, 체중에 유의한 차이가 없다는 것을 확인하였다. 족저압의 압력분포를 측정하기 위해 정적 및 보행을 하는 동안에 발바닥에 가해지는 압력의 분포를 측정하는 Gaitview pro(Alfoots사)를 이용하여 측정하였다. Gaitview system은 International Quality System 등 해외 기준에서 인정된 의료기기이다. Gaitview system은 전체크기가 550×480×35mm이며, 압력센서의 두께는 0.15mm, 센서크기는 0.73cm², 센서의 수수는 2,304(48×48)개, 최대압력은 100N/cm²이다. 균형능력은 생체역학에 기준하여 중심으로부터 벗어난 평균 각도를 측정하여 이를 안정지수(stability index)로 보여줌으로써 환자의 상태를 파악하는 장비인 Balance system(Biodex, USA)을 이용하여 측정하였다. 이 장비는 체중의 이동에 따라 발판이 최고 20°까지 모든 방향으로 움직일 수 있도록 되어있으며, 전체 안정지수(overall stability index)는 전체적인 움직임의 변화를 알 수 있고, 전·후 안정지수(anterior/posterior stability index)는 시상면에서의 변화를 알 수 있으며, 마지막으로 내/외 안정지수(medial/lateral stability index)는 관상면에서의 변화를 알 수 있다. 즉, 안정지수는 발판의 이동 변화를 의미하며, 수치가 높을수록 측정 중에 많은 움직임이 있었다는 것을 말한다. 족저압 측정방법은, 시선은 정면을 향하게 하고 편안한 자세로 직립하여 30초간 측정하였다. 두 번째 발가락 끝에서 발뒤꿈치까지의 길이를 측정 한 후 중앙부를 측정기계의 앞뒤 길이를 양분하는 지점에 위치시켰다. 정적 또는 동적인 발의 정렬상태, 발에 가해진 부하 정도 등이 측정되고, 연결된 컴퓨터 화면으로 결과가 보여 진다. 판위에서 있는 상태에서 양 쪽 발에 가해진 부하정도에 따라 색깔 및 상대적 수치로 표시되기 때문에 측정뿐만 아니라 발에 가해지는 체중 분배를 위한 되먹임훈련이 가능하다. 본 연구에서는 정상아동은 임의로 오른발과 뇌성마비아동은 비우세측과우세측으로 나누어, 발의 접촉 면적, 좌우, 전후 측의 체중의 치우침, 발의 접촉 부위별 압력, 발의 앞/뒤, 좌/우의 움직임을 측정하였다. 균형능

력 측정방법은, 측정시작 전에 아동으로 하여금 고정된 발판에 올라가 양 발로 서도록 한 다음 장비에 적응할 수 있도록 3번의 준비연습을 한 후 측정을 시작하였다. 측정은 30초 동안 진행되며, 발판의 측정 적용 레벨은 1부터 8까지 있는데, 1은 가장 많이 움직인 것을 말하며, 8을 가장 적게 움직인 것을 말한다. 본 연구에서는 중추신경계 손상 아동을 대상으로 했기 때문에 움직임과 위험 요소가 가장 적은 레벨인 8에서 측정을 실시하였다. 수집된 자료의 분석은 SPSS for windows(Ver. 12.0)를 사용하였으며 이때 통계적 유의성을 검정하기 위해 유의수준은 0.05로 하였다. 각각의 상태에서 족저압력값을 정상아동과 뇌성마비아동간의 차이를 비교하기 위해 일원분산분석(One-way ANOVA)을 사용하였고, 유의한 경우 사후검정은 Bonferroni법으로 실시하였다. 정상아동과 뇌성마비아동의 균형을 비교하기 위해 독립표본 t-검정(Independent t-test)를 실시하였다. 또한 족저압과 균형의 상관관계는 피어슨 상관계수(Pearson correlation coefficient)를 실시하여 분석하였다.

III. 결 과

1. 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 족저압 분포 비교

1) 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 비우세측과우세측의체중부하율

정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 선 자세에서 좌우측의체중부하율을비우세측과우세측으로 나누어 분석한 결과 정상아동의 비우세측 47.37±3.81%, 우세측은 52.63±3.81%로 통계적으로 유의한 차이를 보였으며(p<.01), 뇌성마비 아동 또한 비우세측 41.48±12.36%, 우세측 58.51±12.36%로 유의한 차이를 보였다(p<.01).

정상아동과 경직형 뇌성마비아동간의 비우세측의체중부하율은 정상아동보다 뇌성마비 아동이 감소되어 있으나 통계적으로 유의한 차이는 없었으며(p>.05), 우세측의체중부하율은 정상아동보다 뇌성마비 아동이 증가되어있으나 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05)(Table 2).

2) 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 발바닥 전체 접촉면적

발바닥 전체의 접촉 면적은 정상아동이 86.10±18.88 cm², 경직형 뇌성마비아동의 비우세측이 93.91±22.83cm², 우세측이 100.32±19.26 cm²으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05)(Table 3).

3) 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 발 접촉 부위에 따른 압력

정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 비우세측과우세측의 발 접촉 부위에 따른 압력은 전족부의 압력은 정상아동 65.59±22.91kpa, 뇌성마비아동의 비우세측 65.59±22.91kpa, 우세측 79.43±17.24kpa으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05). 후족부 압력은 정상아동 122.17±15.50kpa, 뇌성마비아동의 비우세측 61.91±33.94kpa, 우세측 82.63± 30.70kpa으로 유의한 차이를 보였다(p<.01). 중족부 압력은 정상아동 38.58±21.60kpa, 뇌성마비아동의 비우세측 35.10± 22.10kpa, 우세측 44.21±23.91kpa으로 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05).

내측 종골부 압력은 정상아동 125.51 ±14.65kpa, 뇌성마비아동 비우세측 71.43±43.70kpa, 우세측 96.31±40.30kpa으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 외측 종골부 압력은 정상아동 131.72±10.31kpa, 뇌성마비 아동 비우세측 62.10±40.48kpa, 우세측 91.28±39.30kpa으로 유의한 차이를 보였다(p<.01)(Table 4)(Figure 1).

Table 2. The weight load factor compared to normal children with spastic cerebral palsy

(unit: %)

	non-dominant side	dominant side	t
Normal	47.37±3.81 ^a	52.63±3.81 ^a	-3.08**
Cerebral palsy	41.48±12.36	58.51±12.36	-3.77**
t	1.45	-1.45	

*p<.05; **p<.01; ^aMean± SD

Table 3. Compared to normal children with spastic plantar contact area full of children with cerebral palsy (unit: cm²)

	Normal	ND	D	F
Surface	86.10±18.88 ^a	93.91±22.83	100.32±19.26	1.43

*p<.05; **p<.01; ^aMean±SD; ND, Non-dominant side; D, Dominant side.

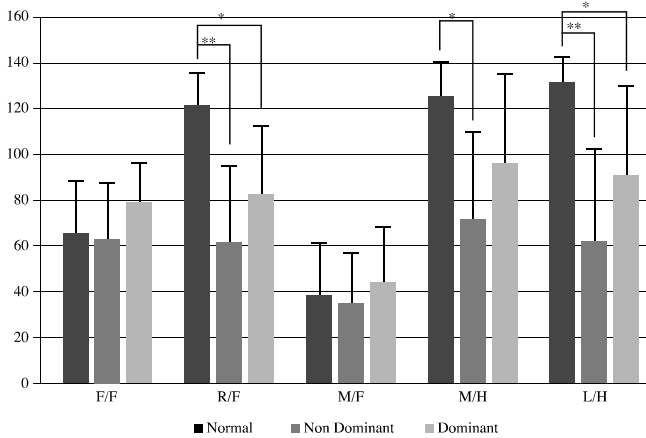


Figure 1. The pressure according to the foot contact

4) 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 발의 움직임 면적

정적 기립 자세에서 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 발의 움직임 측정시 전방 움직임은 정상아동 5.78±4.17mm, 뇌성마비 비우세측 5.78±4.17mm, 뇌성마비 우세측 12.71±10.04mm으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 후방 움직임은 정상아동 8.92±7.27mm, 뇌성마비 비우세측 8.92±7.27, 뇌성마비 우세측 8.92±7.27mm으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 좌측 움직임은 정상아동 1.28±1.24mm, 뇌성마비 비우세측 4.83±3.97mm, 뇌성마비 우세측 3.75±2.56mm으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 우측 움직임은 정상아동 1.22±1.24mm, 뇌성마비 비우세측 4.01±2.77mm, 우세측 2.51±1.41mm으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p<.01)(Table 5).

2. 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 균형능력 비교

정상아동과 경직형 뇌성마비 아동의 균형능력 비교에서 전체 안정지수는 정상아동 1.28±0.38도, 뇌성마비아동 2.34±0.80도로 유의한 차이를 보였고(p<.01), 전/후 안정지수는 정상아동 1.08±0.40도, 뇌성마비아동 1.76±0.84도로 유의한 차이를 보였다(p<.05). 내/외 안정지수는 정상아동 0.9±0.2도, 뇌성마비아동 1.71±0.60도로 유의한 차이를 보였다(p<.01). 정상아동의 전체 안정지수와 전/후 안정지수, 내/외 안정지수에서의 유의한 차이는 보이지 않았고(p>.05), 뇌성마비아동의 전체 안정지수, 전/후 안정지수, 내/외 안정지수에서도 유의한 차이를 보이지 않았다(p>.05)(Table 6)(Figure 2).

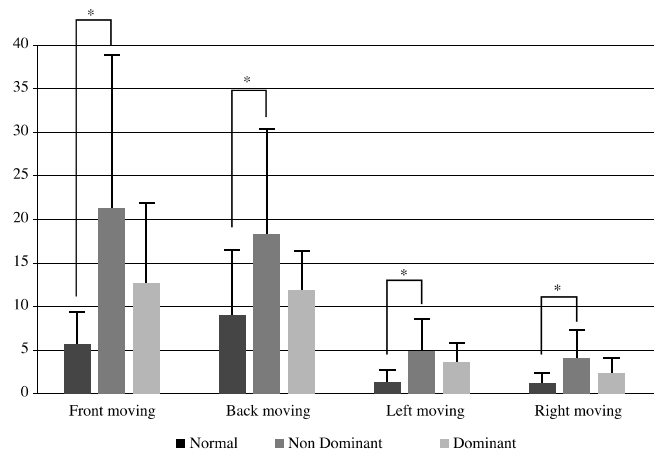


Figure 2. The comparisons of the movement for children and spastic cerebral palsy

Table 4. Normal children with spastic cerebral palsy loads of weight compared to the non-dominant side and the dominant side of children (unit:kpa)

	Normal	ND	D	F
F/F pressure	65.59±22.91 ^a	63.30±24.72 ^a	79.43±17.24 ^a	2.33
R/F pressure	122.17±15.50	61.91±33.94	82.63±30.70	12.86**
M/F pressure	38.58±21.60	35.10±22.10	44.21±23.91	0.61
M/H pressure	125.51±14.65	71.43±43.70	96.31±40.30	6.35*
L/H pressure	131.72±10.36	62.10±40.48	91.28±39.30	11.82**

*p<.05; **p<.01; mean±SD; ND, Non-dominant side; D, Dominant side; F/F pressure, forefoot pressure; R/F pressure, rear-foot pressure; M/F pressure, mid-foot pressure; M/H pressure, medial heel pressure; L/H pressure, lateral heel pressure

Table 5. Comparisons of balance between children with cerebral palsy and normal children (unit:degree)

	Normal	Cerebral palsy	t
Overall	1.28±0.38	2.34±0.80	-3.87**
A/P	1.08±0.40	1.76±0.84	-2.68*
M/L	0.9±0.2	1.71±0.60	-4.05**

*p<.05; **p<.01; mean±SD, Standard deviation; n, Number; Overall, Overall stability; A/P, Anterior/posterior stability; M/L, Medial/lateral stability

Table 6. Compare the normal movement of the foot area for children and spastic cerebral palsy

	Normal	N	D	F
Front moving	5.78±4.17 ^a	21.35±18.33 ^a	12.71±10.04 ^a	4.45*
Back moving	8.98±7.27	18.35±12.16	11.96±4.27	3.91*
Left moving	1.28±1.24	4.83±3.97	3.75±2.56	4.34*
Right moving	1.22±1.24	4.01±2.77	2.51±1.41	5.94**

* $p < .05$; ** $p < .01$; ^a mean±SD, Standard deviation; unit=mm; ND, Non-dominant side; D, Dominant side

Table 7. Relationship between non-dominant side of foot pressure and the balanced of children with cerebral palsy

	Overall	A/P	M/L
Surface	-0.39	-0.28*	-0.27
F/F ratio (%)	-0.27	-0.40*	-0.18
R/F ratio (%)	-0.36	-0.37*	-0.03
Moving area(mm)			
Front moving	-0.36	-0.49*	-0.11
Back moving	-0.29	-0.23*	-0.05
Left moving	-0.46	-0.59*	-0.22
Right moving	-0.40	-0.54*	-0.31
Pressure(kpa)			
F/F pressure	-0.00	-0.02*	-0.17
R/F pressure	-0.27	-0.19*	-0.02
Midfoot pressure	-0.12	-0.19*	-0.01
M/heel pressure	-0.34	-0.24*	-0.06
L/heel pressure	-0.28	-0.21*	-0.01

* $p < .05$; ** $p < .01$; F/F pressure, forefoot pressure; R/F pressure, rear-foot pressure; M/F pressure, midfoot pressure; M/H pressure, medial heel pressure; L/H pressure, lateral heel pressure; Overall, Overall stability; A/P, Anterior/posterior stability; M/L, Medial/lateral stability

3. 경직형 뇌성마비아동의 족저압과 균형의 상관관계

1) 경직형 뇌성마비아동의 비우세측의족저압과 균형의 상관관계
경직형 뇌성마비아동의 비우세측의족저압과 균형의 상관관계에서 전/후 안정지수와 발의 좌, 우측의 움직임에서 유의한 양의 상관관계를 보였다($p < .05$)(Table 7).

2) 경직형 뇌성마비아동의 우세측의족저압과 균형의 상관관계

경직형 뇌성마비아동의 우세측의족저압과 균형의 상관관계에서 발의 전방 체중부하율이 전체 안정지수, 전/후 안정지수와 유의한 양의 상관관계를 보였다($p < .05$)(Table 8).

IV. 고 찰

뇌성마비는 족부 근육 수축의 부조화, 경직 및 근력 약화 등으로 인하여 족부의 이상을 초래하고 이러한 족부 이상은 성장하면서 연부조직 및 근 골격계의 변형을 유도하여 영구적인 족부

변형을 초래하여 체간의 균형 유지 및 보행 양상에 변화를 가져오는 것으로 보고되고 있다.¹⁷⁾ 인간의 발의 발달 과정을 살펴보면 출생 시에는 인간의 발은 주로 연조직으로 이루어져 있으며 출생 후 첫 해 동안에 디디고 서거나 걷는 등의 물리적인 힘의 자극을 발에 받으면서 연골 조직의 골화가 일어나게 되며 5세 이전의 아동에서는 생리적으로 정상적인 편평족 상태이고 내측 아치의 형성이 5세에서 6세에 형성이 된다.¹⁸⁾ 배하석 등의 연구에서도 발바닥의 접촉양상이 접촉 면적, 접촉 길이, 전족부와 후족부의 접촉너비는 연령의 증가에 따라 의미 있게 커졌으나, 중족부의 접촉너비는 오히려 감소하는 양상을 보였으며, 전족부의 접촉너비에 대한 중족부의 접촉너비의 비율이 5~6세 군에서 의미있게 감소한 소견은 내측 종아치의 완성이 5~6세 경에 주로 이루어지기 때문이라고 하였다.¹⁹⁾ 본 연구에서는 내측 종아치가 형성되어 성인의 족부와 같은 특성을 가지게 되는 7세 이상의 어린이를 대상으로 뇌성마비아동과 정상아동으로 나누어 족저압 분포의 특성을 연구하였다. 박창일 등의 연구에서처럼 발바닥 전체의 접촉 면적은 정상아동이 86.10±

Table 8. Relationship between dominant side of foot pressure and the balanced of children with cerebral palsy

	Overall	A/P	M/L
Surface	-0.05**	-0.09**	-0.22
F/F ratio (%)	-0.69**	-0.68**	-0.01
R/F ratio (%)	-0.00**	-0.11**	-0.11
Moving area(mm)			
Front moving	-0.17**	-0.13**	-0.03
Back moving	-0.04**	-0.09**	-0.24
Left moving	-0.01**	-0.01**	-0.00
Right moving	-0.37**	-0.34**	-0.19
Pressure(kpa)			
F/F pressure	-0.05**	-0.03**	-0.12
R/F pressure	-0.24**	-0.00**	-0.46
Mid-foot pressure	-0.00**	-0.08**	-0.11
M/heel pressure	-0.31**	-0.01**	-0.49
L/heel pressure	-0.20**	-0.02**	-0.32

p*<.05; *p*<.01; F/F pressure, forefoot pressure; R/F pressure, rear-foot pressure; M/F pressure, mid-foot pressure; M/H pressure, medial heel pressure; L/H pressure, lateral heel pressure; Overall, Overall stability; A/P, Anterior/posterior stability; M/L, Medial/lateral stability

18.88cm², 경직형 뇌성마비아동의 비우세측이 93.91±22.83cm², 우세측이 100.32±19.26cm²으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 박은숙 등의 연구에서는 발바닥의 접촉양상이 뇌성마비 환아가 정상 대조군에 비해 총 접촉면적과 중족부의 접촉너비가 의미 있게 증가되어 있다고 보고하였는데 이는 연구 대상자의 대부분이 양하지 마비였기 때문이라고 하였다.^{20,21} 뇌성마비 아동의 족부는 편마비 환자의 경우에는 94%가 외반(varus)변형이 있는데 반하여, 경직형 양하지마비 및 사지마비 아동의 64%가 내반(valgus) 변형이 있다고 하였다.³ 따라서 추후 경직형편마비 아동과 양하지마비 아동의 족부에 대한 비교 연구가 필요하리라 사료된다. 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 선 자세에서 좌우측의 체중부하율을 비우세측과 우세측으로 나누어 분석한 결과 정상아동의 비우세측 47.37±3.81%, 우세측은 52.63±3.81%로 통계적으로 유의한 차이를 보였으며 뇌성마비 아동 또한 비우세측 41.48±12.36%, 58.51± 12.36%로 유의한 차이를 보였다. 정상아동과 경직형 뇌성마비아동간의 비우세측과 우세측의 체중부하율은 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았으나 뇌성마비 아동에서 우세측으로의 체중지지율은 정상아동보다 증가되어 있으며 이는 비대칭적인 하지의 체중지지가 뇌성마비아동에서 크게 나타나는 것으로 생각된다. 정상인이 서 있는 상태에서 발에 가해지는 압력의 분포 양상에 대해서는 전족부와 종골부에 압력이 동일하게 가해진다고 보고한 연구자들도 있고 5대 3의 비율로 종골부에 압력이 더 분포한다고 보고한 연구자도 있었다.²² 문재호 등의 정상 어린이의 족저압 분포에 대한 연구에서 발의 부위별 평균 압력은 서 있

는 상태에서는 제2, 제3 중족골 두부가 가장 높고, 그 다음은 내측 종골부라는 연구결과가 있었다.²³ 본 연구에서는 정상아동과 경직형 뇌성마비아동의 비우세측과 우세측의 발 접촉 부위에 따른 압력은 전족부의 압력은 정상아동 65.59±22.91kpa, 뇌성마비아동의 비우세측 65.59± 22.91kpa, 우세측 79.43± 17.24kpa으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 후족부 압력은 정상아동 122.17±15.50kpa, 뇌성마비아동의 비우세측 61.91 ±33.94kpa, 우세측 82.63 ±30.70kpa으로 유의한 차이를 보였다. 중족부 압력은 정상아동 38.58±21.60kpa, 뇌성마비아동의 비우세측 35.10±22.10kpa, 우세측 44.21±23.91kpa으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 내측 종골부 압력은 정상아동 125.51±14.65kpa, 뇌성마비아동 비우세측 71.43 ±43.70kpa, 우세측 96.31±40.30kpa으로 유의한 차이를 보였다. 외측 종골부 압력은 정상아동 131.72±10.31kpa, 뇌성마비 아동 비우세측 62.10±40.48kpa, 우세측 91.28 ±39.30kpa으로 유의한 차이를 보였다. 기립자세에서 정상아동은 외측 종골부에서 가장 높은 압력을 나타내며 경직형 뇌성마비아동과 압력분포의 차이를 보였다.

정상 성인에서 보행 시 최고 압력을 나타낸 부위는 Soames는 후종골부에, Rose 등은 외측 종골부에 최고 압력이 걸린다고 주장하였고, 소아를 대상으로 한 문재호 등의 연구에서 정상아동의 보행 시 부위별 평균압력은 외측 종골부에 해당하는 부분에서 가장 높은 압력이 가해졌고 그 다음은 내측 종골부로 나타났다.²³⁻²⁵ 그러나 뇌성마비 아동을 대상으로 연구한 박은숙 등의 연구에서는 보행 시 종골부에서의 비례 추진력

감소되어 있고, 무지부에서의 비례 추진력이 증가되어 있다고 하였다.²⁶⁾ 따라서 추후 뇌성마비 아동에서의 기립자세와 보행에 관한 족저압의 연구가 필요할 것으로 사료된다. 족부의 안정성 확보와 불안정성으로부터 회복에 있어서 중요한 요인 중 하나는 족부 아치가 낮아지거나 회복되지 않는 것에 대한 문제점을 해소시키는 것이며, 또한 기립 시 후족부 압력이 전족부보다 높을수록 신체의 안정성을 보이고 이러한 후족부의 압력이 낮을수록 불안정성을 보이므로 후족부의 압력의 상대적 증가가 신체의 안정성을 조절하는 또 하나의 요인이다.^{27,28)} 따라서 뇌성마비아동의 후족부의 압력을 증가시키는 치료적 중재들이 필요할 것으로 사료된다. 또한 Bennett²⁹⁾ 등은 뇌성마비의 유형별 족부의 형태를 보고하였는데 편마비는 내반점족이, 경직형 양하지마비와 사지마비는 외반점족이 많았다 따라서 추후 경직형 양하지마비와 경직형편마비의족저압 비교 연구가 필요할 것으로 사료된다. Arcan 등은 환측 하지에 체중 부하운동과 양측 하지로의 체중 이동 훈련은 균형조절을 증진시킨다고 보고하였고, 체중 이동훈련은 보행을 위한 초기적 발달단계라고 생각할 수 있으며 지속적인 보행을 위하여 좌, 우측 하지의 균등한 체중부하는 2차적 변형을 예방하고 신체적 장애에 따른 보상적이며 비정상적인 패턴을 방지하는데 중요하다고 보고하였다.⁶⁾ Winter등은 이중 힘판을 이용한 압력중심점의 측정을 통해 발목관절의 움직임 전략과 고관절 부위의 움직임 전략을 반영하는 지표를 계산해 내었으며 이를 이용하여 정적 기립 시의 균형조절 기전을 보고하였다.³⁰⁾ 즉 양 발을 좌우로 벌리고 선 상태에서의 좌우 균형조절에는 고관절 부위의 움직임 전략이 주로 사용되는데 이것은 고관절의 내밎(protraction)/뒤당김(retraction) 움직임을 이용하여 좌우 다리의 체중 부하 정도를 조절하는 것이며, 전후 균형조절에는 발목관절의 움직임 전략이 주로 사용되는데 이는 발목관절의 저굴(plantarflexion)/배굴(dorsiflexion) 움직임을 이용하는 것이라고 설명하였다. 정상 소아의 좌우 균형조절에 있어 발목관절의 내전(inversion)/외전(eversion) 전략이 중요한 기립균형 조절의 기전으로 사용되고 있음을 의미한다. 뇌성마비아동에서는 이러한 발목관절의 내전/외전 전략이 좌우 균형조절에 기여하는 정도가 현저히 감소하였다. Ferdjallah 등은 뇌성마비 아동에서 전후 균형조절에 기여하는 발목관절의 저굴/배굴 전략이 감소함을 보고하고 뇌성마비 아동들은 발목관절의 경직과 선택적 움직임 조절의 장애로 전후 균형조절을 위해 고관절 부위의 움직임 전략이나 몸통 회전 전략 등을 상대적으로 많이 사용한다고 설명하였다.³¹⁾ 나동욱 등의 연구에서는 이중 힘판에서 측정된 압력 데이터를 분석한 결과 뇌성마비아동에서 압력중심점의 좌우 및 전후의 이동범위가 증가하여 균형조절 능력의 저하가 관찰되었으며 균형조절의 기전은 뇌성마비 아동에서 정상아동과 동일하게 좌우 균형조절에는 고관절의 움직임 전략이 전후 균형조절에는 발목관절의

움직임 전략이 주로 사용되었으나, 좌우 균형조절을 위한 발목관절 움직임의 기여도가 감소되어 발목관절의 효율적인 움직임의 장애가 경직형 양하지 뇌성마비 아동에서 관찰되는 정적 기립 시 균형조절능력 저하의 주요한 기전 중의 하나임을 확인하였다.³²⁾ 본 연구에서는 서 있는 자세 동안 균형능력을 안정지수로 측정된 결과 정상아동과 뇌성마비 아동의 전체 안정지수, 전/후 안정지수, 그리고 내/외 안정지수 모두 유의한 차이를 보였다. 뇌성마비 아동은 발목 조절 능력의 저하로 인하여 선 자세 조절 능력이 저하되어 있다고 하였다.³¹⁾ 뇌성마비 아동의 비우세측에서는 좌·우측의 움직임과 전/후 안정지수와 상관성을 나타내었고, 우세측에서는 전방 체중부하율이 전체 안정지수와, 전/후 안정지수와 상관성은 나타내었다. 뇌성마비아동의 발의 좌·우측의 움직임은 체중부하율이 높은 우세측보다 체중부하율이 낮은 비우세측에서 증가된 것으로, 이는 뇌성마비아동에서 다리의 경직으로 인한 비대칭적인 체중지지와 그로 인한 불안정성이 발목관절의 효율적인 움직임을 저하시켜 균형에 영향을 미치는 것으로 생각된다. 또한 우세 측으로의 전방 체중지지율이 높기 때문에 균형에 있어서 우세측의 전방으로의 이동이 증가되어 있다고 생각된다. 뇌졸중 환자의 경우 정적인 상황에서 압력중심은 균형조절에서 전방외측현상(anterior-lateralized phenomena)이 두드러지게 나타나는데 이러한 현상은 마비측 하지에서의 체중지지 능력의 부족 또는 근육 조절의 장애 때문으로 설명되고 있다.³³⁾ 하지만 본 연구에서는 정상아동 10명과 뇌성마비아동 15명의 적은 연구대상을 선정하여 연구하였기 때문에 결과를 일반화하여 해석하기 어렵다는 제한점이 있다. 향후 연구에서는 뇌성마비 아동의 비대칭적 자세조절을 감소시키기 위한 효율적인 치료 프로그램에 대한 연구가 필요하며, 정적 선 자세 이외에 동적인 자세와 보행 시에 관한 족저압과 균형의 연구 등 뇌성마비의 자세조절에 관한 활발한 연구가 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. Maruishi M, Mano Y, Sasaki T, et al. Cerebral palsy in adults: Independent effects of muscle strength and muscle tone. Arch Phys Med Rehabil. 2001;82(5):637-41.
2. Woollacott MH, Burtner P, Jensen J, et al. Development of postural responses during standing in healthy children and children with spastic diplegia. Neurosci Biobehav Rev. 1998;22(4):583-9.
3. Bennett C. The effectiveness of early intervention of infants at increased risk. Academic Press. 1987; 79-112.
4. Stackhouse C, Shewokis PA, Pierce SR, et al. Gait initiation in children with cerebral palsy. Gait Posture.

- 2007;26(2):301-8.
5. Bobath B, Bobath K. Motor development in the different types of cerebral palsy. Butter worth-Heinemann Ltd, Oxford. 1984.
 6. Arcan M, Brull MA, Najenson T, et al. Assessment of postural disorder during process of rehabilitation. *Scand J Rehabil Med.* 1997;9(4):165-68.
 7. Hamrin E, Eklund G, Hillgren AK, et al. Muscle strength and balance in post- stroke patients. *Ups J Med SCI.* 1982;87:11-26.
 8. Dettman MA, Linder MT, Sepic SB. Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessment of the hemiplegic patient. *Am J Phys Med.* 1987;66:77-90.
 9. Alexander IJ, Campell KR. Dynamic assessment of foot mechanics as an adjunct to orthotic prescription in appendix of the biomechanics of the foot and ankle. Philadelphia FA Davis. 1990:148-52.
 10. Winter DA, Patla AE, Frank JS. Assessment of balance control in humans. *Med Prog Technol.* 1990;16(1-2): 31-51.
 11. Gallahue D, Ozmun J. Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults. (5th ed). New York. 2002.
 12. Geurts AC, Ribbers GM, Knoop JA. Identification of static and dynamic posture instability following traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(7): 639-44.
 13. Rha DW, Park CI, Chung HI, et al. Comparison of postural control mechanisms during quiet standing between healthy children and children with spastic diplegic cerebral palsy. *Korean Acad Rehab Med.* 2006;30:468-74.
 14. Donker SF, Ledebt A, Roerdink M, et al. Children with cerebral palsy exhibit greater and more regular postural sway than typically developing children. *Exp Brain Res.* 2008;184(3):363-70.
 15. Shumway-Cook A, Woollacott MH. Motor control theory and practical applications. 2nd ed. Lippincott Williams & Wilkins, Inc. 2001;182:386-536.
 16. Cooper L. The pathomechanics of progressive crouch gait in spastic diplegia. *Orthopaedic Clinics of North America.* 1978;9:143-54.
 17. O'Connell PA, D'Souza L, Dudeney S, et al. Foot deformities in children with cerebral palsy. *J Pediatr Orthop.* 1998;18(6):743-47.
 18. Hennig EM, Rosenbaum D. Pressure distribution patterns under the feet of children in comparison with adults. *Foot Ankle.* 1991;11:567-77.
 19. Bae HS, Park CI, Shin JC, et al. The changes of plantar pressure and pathway of center of pressure in Foot during the gait in Normal preschool children with Age. *J. of Korean Acad. of Rehab. Med.* 2001;25(6):1041-47.
 20. Park CI, Park ES, Shin JC, et al. Effects of botulinum toxin a therapy on gastrocnemius in spastic cerebral palsied children. *J Korean Acad Rehab. Med.* 1999;23: 504-15.
 21. Park ES, Rha DW, Choi JE, et al. The changes of foot pressure distribution in spastic cerebral palsy with equinus deformity following corrective surgery. *J Korean Acad Rehab Med.* 2005;29(5):507-12.
 22. Lord M, Reynolds DP, Hughes JR. Foot pressure measurement: a review of clinical findings. *J Biomed Eng.* 1986;8:283-94.
 23. Moon JH, Lee HS, Kim MY, et al. Foot pressure distribution of normal children. *J Korean Acad Reha Med.* 1997;21(4): 755-61.
 24. Soames RW. Foot pressure patterns during gait. *J Biomed Eng.* 1985;7:120-6.
 25. Rose NE, Feiwel LA, Cracchiolo A. A method for measuring foot pressures using a high resolution, computerized insole sensor: the effect of heel wedges on plantar pressure distribution and center of force. *Foot Ankle.* 1992;13:263-70.
 26. Park ES, Park CI, Kim JY, et al. Foot pressure distribution and path of center of pressure (COP) of foot during ambulation in the children with spastic cerebral palsy. *J Korean Acad Rehab Med.* 2002;26(2):127-32.
 27. Dowling AM. Does obesity affect foot structure and function, foot sensation and plantar pressure distribution in children? Wollongong, NSW, Australia; University of Wollongong, thesis. 2001.
 28. Guskiewicz KM, Perrin DH. Research and clinical applications of assessing balance. *J Sport Rehabil.* 1996;5(3):45-63.
 29. Bennet G, Rang M, Jones D. Valgus and varus deformities of the foot in cerebral palsy. *Dev Med Child Neurol.* 1982;24:499-503.
 30. Winter DA, Prince F, Frank JS, et al. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol.* 1996;75:2334-43.

31. Ferdjallah M, Harris GF, Smith P, et al. Analysis of postural control synergies during quiet standing in healthy children and children with cerebral palsy. ClinBiomech (Bristol, Avon). 2002; 17:203-10.
32. Rha DW, Park CI, Chung HI, et al. Comparison of postural control mechanisms during quiet standing between healthy children and children with spastic diplegic cerebral palsy. J Korean Acad Rehab Med. 2006;30(5): 468-74.
33. De Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, et al. Recovery of standing balance in post acute stroke patients: a rehabilitation cohort study. Arch Phys Med Rehabil. 2000;85(6):886-95.