한국BOBATH학회지 제5권 제1호
J Korean Acad Bobath Vol. 5. No. 1, 2000

체중부하이동훈련과 관절운동범위증진훈련이 뇌성마비환아의 보행특성과 족저압중심의 변화에 미치는 영향에 관한 연구

임선규
연세의료원 재활병원 물리치료팀

Changes in Gait Parameters and Foot Contact Area, and Center of Pressure of Foot after Mobile Weight Bearing Exercise and Range of Motion Exercise in the Children with Cerebral Palsy

Sun-Kyu Lim
Department of Physical Therapy, Yonsei Rehabilitation Hospital

Abstract

The purpose of this study was to determine the immediate effect of mobile weight bearing exercise and range of motion exercise in the children with cerebral palsy(CP) affect on gait patterns and center of pressure of foot. Twenty-four children with spastic cerebral palsy participated in this study. All have been treated with regular physical therapy in the Yonsei Rehabilitation Hospital. These subjects were randomly assigned into two groups; mobile weight bearing exercise group and range of motion exercise group. Each group consisted of twelve patients; eight diplegic CP and four hemiplegic CP. Gait characteristics were evaluated using ink-foot print method and the center of pressure(COP) of foot was assessed by F-scan(Tecscan, USA). The repeated measure ANOVA and independent t-test and paired t-test were used for statistical analysis. The results of this study are as follows; 1. The area of foot contact was significantly increased after mobile weight bearing exercise. Stride length, base of support, and foot angle were not significantly changed after mobile weight bearing exercise. 2. Gait velocity was significantly decreased, but stride length, foot angle, base of support and area of foot contact were not significantly changed after range of motion exercise. 3. There were statistical significant differences in a symmetricity of stride length, step length and area of foot contact between both groups after exercise. 4. There were statistical significant decrease in the anteroposterior and mediolateral displacement of COP and total pressure area after mobile weight bearing exercise. 5. There were no statistical significant changes in the anteroposterior and mediolateral displacement of COP and total pressure area after range of motion exercise. 6. There were no statistical significant differences in the anteroposterior and mediolateral displacement of COP and total pressure area between either group after exercise. Conclusively, this study suggests that mobile weight bearing exercise have positive effects on improving the area of foot contact and COP of foot changes in standing and simultaneously enhancing symmetricity in regards to stride length, step length and area of foot contact.

Key Words: C.P, Mobile weight bearing exercise, ROM exercise, Center of pressure

I. 서 론

뇌성마비란 미성숙한 뇌의 병변이나 발달의 결함으로 인하여 운동 및 자세 기능 이상을 초래하는 비진행적인 증후군으로서 인지기능, 경련, 사시, 청력 장애 등의 다양한 장애가 수반될 수 있다 (Deaver, 1967; Perlstein, 1949).

이러한 뇌성마비아는 비정상 근 긴장도 및 이상 반사, 비정상 중추자세조절기전, 감각운동정보 통합작용 손상 등으로 인하여 경직, 신체의 비대칭 및 흔들림, 관절의 변형 등이 나타나며 몸통 및 양측 하지의 무게중심을 체중지지면 위에 유지하는 능력 등이 감소하여 대칭적인 자세유지에 필요한 정위반응과 평형 반응 및 체중부하 이동이 어렵게 되고 이러한 영향으로 보행 등의 일상생활동작에 심각한 기능장애를 야기하게 된다(Bobath, 1984; Marks, 1974).

따라서 뇌성마비아의 기능적 재활에 있어 이상적 목표는 가능한한 정상 보행을 유도하는 데 있다.

정상 보행이란 협응, 균형, 운동감각, 고유수용성 감각, 관절 및 근육의 통합작용 등이 요구되는 고도의 조화를 이루는 복합 운동으로(Norkin & Levangie, 1982), 특히 공간에서 머리나 몸의 신체 위치를 바로 세우고자 하는 정위 반응과 이러한 정위 반응이 무너졌을 때 다시 회복하려는 평형 반응 등이 필수적으로 요구된다(Bobath, 1991).

Bobath(1984)는 신체 좌우의 비대칭성을 감소시키고 보행 능력을 회복하기 위해서는 균형적인 서기 자세를 유지할 수 있어야 하고 양측 하지로 체중 이동이 가능하여야 한다고 했다. Alcan 등(1997)은 환측 하지에 체중부하 운동과 양측 하지로의 체중 이동 훈련은 균형조절을 증진시킨다고 보고하였으며, Hamrin 등(1982)과 Dettmann 등(1987)은 정적인 기립균형과 보행 기능간의 높은 순 상관관계가 있음을 보고하였다. 오태영(1998)은 시각 및 청각 되먹임을 이용한 체중이동 훈련을 연구한 결과 대칭적인 서기자세의 균형향상에 도움을 주고 보행특성이 개선되었다고 하였다. Hocherman 등(1982)은 정적인 대칭적 기립 서기보다는 움직이는 판(platform)을 이용하여 체중이동 훈련을 시행하였을 때 환측 하지의 체중 부하가 증진되었다고 보고하였고, Liao 등(1997)은 정적인 서기자세 훈련보다는 동적인 균형훈련이 보행기능을 증진시킬 수 있다고 하였다. 또한 뇌성마비아는 경직 등의 비정상적인 근긴장도로 인하여 관절의 변형이 발생하기 쉬우므로 일반적으로 관절운동범위증진훈련이 매우 필요하다고 하였다(Perlstein, 1949; Phelps, 1948). Murray(1967)는 관절운동범위증진훈련이 관절의 변형을 예방하여 향후 보행에 도움이 된다고 하였다. 그러나 단순한 관절운동범위증진훈련이 서기자세 유지 및 보행에 직접 영향을 미친다는 보고서는 매우 드문 실정이고 또한 올바른 보행과 체중의 균등 분배를 위해 양측 하지의 체중부하 능력을 증진시키는 방법에 대한 많은 연구들이 보고되고 있으나(Bobath, 1984 ; 오태영, 1996) 뇌성마비아의 능동적 점진적인 체중부하이동훈련과 관절운동범위증진훈련이 보행 특성에 미치는 영향에 관한 비교 연구는 매우 드문 실정이다. 또한 뇌성마비아의 서기 및 보행의 문제점을 보면 단순히 움직이는 균형판(platform)을 이용한 하지의 체중이동 훈련은 체간이나 상지 등의 보상작용을 야기할

수 있으며, 관절의 정렬상태에 부정적인 영향을 주어 관절의 변형 구축이 더 증가될 수도 있다(Richard, 1986). 따라서 치료사가 도수 치료를 통해 몸의 최적의 정렬상태를 유지시켜주고 뇌성마비아의 능동적인 체간과 하지의 조절능력의 향상을 통한 체중부하이동훈련이 바람직한 운동법이라고 할 수 있다. 또한 소아의 특성상 장난감을 이용하여 흥미를 유발하고 자신의 신체 도식을 이해할 수 있게 감각정보를 줄 수 있다면 뇌성마비아의 서기자세 유지 및 보행에 많은 도움이 될 것이다(Shumway, 1988). 이러한 도수적이고 점진적인 체중부하이동훈련이 보행특성에 미치는 영향을 분석함에 있어서 객관적이며 정량적인 평가방법의 선정이 필요한데 보행특성의 분석법으로는 동작분석을 통한 운동형상학적 및 운동역학적 방법과 보행의 시공간적 변수의 측정 등이 있으며 족부의 체중지지에 대한 검사로는 족문검사, foot-scan을 이용한 족저압 측정법 등이 있다. 이러한 장비를 이용한 검사법을 함께 사용하면 객관적이며 신뢰성이 높은 반면에 검사비용 및 검사시간 등이 많이 걸리는 단점이 있어 분석 대상과 여러 여건에 따라 적절한 분석방법을 선택하는 것이 필요하다.

이규환 등(1996)은 족저압 측정을 보행과 관련지어 분석하는 것이 환자의 족부의 문제를 정확하게 분석하는 것뿐만 아니라 여러 가지 치료의 경과를 보는 지표로서 유용하다고 했고(Alexander, 1990), 백남종 등(1997) 은 족저압중심(center of pressure, COP)에 대한 지표를 이용하면 검사자의 측정 기준과 상관없이 일정한 값을 얻을 수 있어 표준화 및 정량화가 용이하다고 했다.

특히 최근 개발된 foot scan등의 족저압 측정기는 직접적으로 발바닥의 접촉 특성을 관찰할 수 있으며 족저압 중심 값을 자동으로 산출할 수 있어 균형 감각이나 이동양식 등을 평가할 수 있다. 따라서 본 연구자는 foot scan을 이용하여 치료 전·후의 입각기에서의 족저압 중심 지표의 변화를 측정하여 서기자세의 조절능력을 분석하고 ink foot print를 이용하여 뇌성마비아 보행의 시공간적 변수를 측정하여 체중부하이동훈련 및 관절운동범위 증진훈련 후 보행 특성에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 연구기간

본 연구의 대상은 조산, 가사분만, 혹은 외상성 뇌손상 등으로 인하여 뇌성마비로 진단받고 연세대학교 의과대학 재활병원에서 재활을 받고 있는 경직형 하지마비, 편마비아 24명을 대상으로 두 군으로 나누어 제1군은 체중부하이동훈련을 제 2군은 관절운동범위 증진훈련을 실시하고 치료 전·후의 보행특성 및 족저압 중심의 변화를 비교하였다.

본 연구에 참여한 대상자의 설정 조건은 다음과 같다.

1) 뇌성마비로 인한 운동장애를 의학적으로 진단 받은 환아

2) 타인의 물리적 도움 없이 독립적 서기 및 보행이 가능한 환아

3) 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 협조할 수 있을 정도의 환아

4) 연구에 자발적으로 참여한 환아

본 연구의 기간은 1999년 12월 13일부터 12월 15일까지 위의 조건에 합당한 3명을

대상으로 예비 연구를 실시한 후 2000년 4월 17일부터 5월 4일까지 연구 대상자 전원에 대하여 본 실험을 실시하였다.

2. 연구 방법

본 연구는 체중부하이동훈련 전후와 관절운동범위 증진훈련 전·후의 보행특성 및 COP의 변화를 비교하기 위하여 부분거리 측정법 중 하나인 ink foot-print와 미국의 Tecscan사의 F-scan version 4.12F를 이용하였다.

보행특성을 측정하는 ink foot-print를 이용하는 방법을 다음과 같이 실시하였다.

1) 평평한 물리치료실 바닥에 길이 800 cm, 폭 80 cm의 흰색 벽지를 깔고 테이프로 바닥에 고정시킨다.

2) 보행전 검사자는 피검사자에게 "편안하게 걸으세요" 라고 말한다.

3) 검사시 대상자의 주위에 가족과 검사자 이외에는 없도록 하며, 검사 도중 가족은 말하지 않도록 한다.

4) 연구대상자를 맨발인 걸음으로 2회 왕복하게 하여 상황에 익숙하게 한다.

5) 그 다음 양발의 뒤꿈치 부분과 발가락 부위에 빨간색 잉크를 묻힌다.

6) 맨발로 바로 선 자세에서 피검사자에게 처음 지시한 사항과 동일하게 "편안하게 걸으세요" 라고 말한다. 이때 보행속도를 전자초시계(digital stop watch)로 처음 150 cm 거리에 표시한 선을 통과한 첫 번째 걸음의 뒤끝 닿기(heel-strike)때부터 끝부분 150 cm 마지막 걸음의 발끝 떼기(toe-off)까지로 한다. Ink foot-print를 하여 종이에 찍힌 발자국 가운데 처음 150 cm와 마지막 150 cm를 제외한 중간부분 500 cm의 거리에서 측정된 속도와 걸음 수를 계산하였으며, 중간부분 3쌍의 발자국을 가지고 걸음, 보폭, 발각도 그리고 체중지지면과 체표접촉면을 측정한다.

7) 각 군별로 30분간 치료를 한 후 다시 잉크를 묻혀 6)의 방법을 반복한다.

COP를 측정하는 F-scan을 이용하는 방법

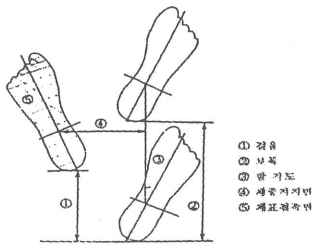

그림 1 발자국으로 보행요소를 측정하는 방법

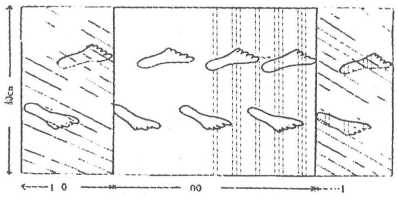

그림 Ink foot print를 통한 보행분석방법

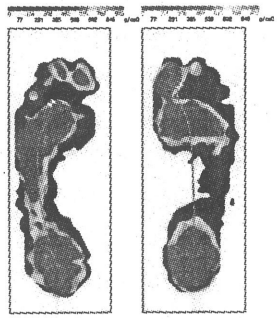

그림3. F-scan을 이용 측정한 족저압 분포

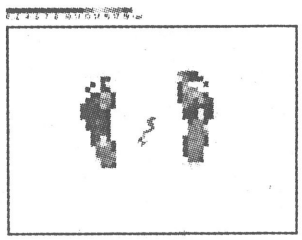

그림4. F-scan을 이용 측정한 족저압 중심궤적

을 다음과 같이 실시하였다.

1) 치료전에 환아들을 foot mat에서 양발을 어깨넓이로 서게 하여 COP를 측정한다.

2) 30분간 치료한 후 다시 foot mat에서 COP를 측정한다.

초당 1000 frame을 기록하여 전후 200 frame씩 제외하고 600 frame을 합산하여 COP궤적의 앞뒤 길이, 좌우 너비를 측정하고 면적을 측정하였다.

3. 분석 방법

평가검사 시 각 항목별 내용을 SAS (Statistical Analysis System)를 이용하여 통계처리 하였다. 체중부하 이동 훈련군과 관절운동범위 증진 훈련군과의 차이와 치료 전후의 각 군간의 차이 또한 대상자의 특성별 차이와 교호작용을 비교하기 위하여 독립된 t-검정과 짝비교 t-검정, 반복측정 분산분석(repeated measure ANOVA)을 이용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha < 0.05$로 하였다.

III. 연구 결과

표 1. 연구 대상자의 일반적 특성 및 마비형태(n=24)

변수	구분	체중부하이동훈련군		관절운동범위증진훈련군	
		명수	백분율	명수	백분율
성별	남	7	58.3	5	41.7
	여	5	41.7	7	58.3
연령	~5세	3	25.0	5	41.7
	6~10세	7	58.3	7	58.3
	11세이상	2	16.7	0	0.0
	($\bar{x}$±SD)*	7.2±3.04		6.3±2.01	
키(cm)	80~90	1	8.3	1	8.3
	91~100	1	8.3	5	41.7
	101~110	6	50.0	2	16.7
	111~120	2	16.7	1	8.3
	120이상	2	16.7	3	25.0
	($\bar{x}$±SD)*	113.5±21.70		104.4±12.22	
몸무게 (kg)	10~15	3	25.0	6	50.0
	16~20	3	25.0	2	16.7
	21~25	4	33.3	2	16.7
	26이상	2	16.7	2	16.7
	($\bar{x}$±SD)*	23.6±14.10		18.2±6.38	
마비형태	하지마비	8	66.7	8	66.7
	편마비	4	33.3	4	33.3
계		12	100.0	12	100.0

두 군간의 연령, 키, 몸무게의 t-test결과 차이가 없었다

1. 연구 대상자의 일반적 특성 및 마비 형태

1) 연구 대상자 24명중 체중부하이동훈련군은 남자가 7명, 여자가 5명이었고, 관절운동범위증진훈련군은 남자가 5명, 여자가 7명이었다. 연령 분포는 3세에서 13세 까지였으며 체중부하이동훈련군의 평균연령은 7.2세이고 관절운동범위증진훈련군은 6.3세였다. 키는 86 ㎝에서 159 ㎝ 까지였고 체중부하이동훈련군의 평균은 113.5 ㎝, 관절운동범위증진훈련군의 평균은 104.4 ㎝였다. 몸무게는 11 kg 에서 58 kg 까지였으며 체중부하이동훈련군의 평균은 23.6 kg, 관절운동범위증진훈련군의 평균은 18.2 kg 이었다. 마비형태 별로 보면 하지 마비 16명(66.7%, 체중부하이동훈련군 8명) 편마비 8명(33.3%, 체중부하이동훈련군 4명)이었다(표 1).

2. 치료전의 체중부하이동훈련군 · 관절운동범위증진훈련군간의 보행특성의 차이

치료전의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 보행특성의 차이를 살펴보면 보폭, 발걸음, 체표접촉면, 체중지지면, 발각도, 속도 등 모든 요소에서 유의한 차이가 없었다 (표 2).

3. 치료후 체중부하이동훈련군 · 관절운동범위증진훈련군간의 보행 특성의 차이

치료후의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 보행특성의 차이를 살펴보면 체표접촉면에서 통계학적으로 유의

표 2. 치료전의 체중부하이동훈련군 · 관절운동범위증진훈련군간의 보행특성의 차이

	평균±표준편차		p-value
	체중부하이동훈련군(n=12)	관절운동범위증진훈련군(n=12)	
보폭(㎝)	48.7±19.82	47.4±21.18	0.818
발걸음(㎝)	26.3±10.01	24.0±10.79	0.585
발각도(°)	9.5±7.70	12.1±9.22	0.475
체표접촉면(cm^2)	64.7±20.11	63.0±8.60	0.460
체중지지면(㎝)	17.0±4.27	14.0±3.76	0.077
걸음수(보행수/분)	94.6±37.97	102.7±51.80	0.666
속도(㎝/초)	46.3±27.04	51.5±27.85	0.491

표 3. 치료후의 체중부하이동훈련군 · 관절운동범위증진훈련군간의 보행 특성의 차이

	평균±표준편차		p-value
	체중부하이동훈련군(n=12)	관절운동범위증진훈련군(n=12)	
보폭(㎝)	50.6±17.67	44.0±11.78	0.299
발걸음(㎝)	26.7± 8.79	21.2± 7.14	0.107
발각도(°)	10.8± 6.53	10.3± 7.63	0.623
체표접촉면(㎝2)	70.4±20.23	61.2±13.86	0.029
체중지지면(㎝)	18.2± 3.80	16.9± 3.63	0.416
걸음수(보행수/분)	84.6±36.92	98.1±64.68	0.534
속도(㎝/초)	39.7±26.15	30.1±21.95	0.339

한 차이를 보였고, 보폭, 발걸음, 속도, 체중지지면 등에서는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(표 3).

4. 체중부하이동훈련군에서의 치료전후의 보행특성의 변화

체중부하이동훈련군에서의 치료전·후의 보행특성의 변화를 살펴보면 체표접촉면에서 5.7㎠가 늘어 통계학적으로 유의하였고 보폭과 체중지지면은 대칭적으로 늘어났으며 걸음수, 속도 등은 감소했으나 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(표 4)

5. 관절운동범위증진훈련군에서의 치료전후의 보행특성의 변화

관절운동범위증진훈련군에서 치료전과 후의 보행특성의 변화를 살펴보면 보행속도에서 통계학적으로 유의하게 감소한 소견을 보였다. 보폭, 발걸음, 발각도, 체표접촉면, 체중지지면 등은 변화를 보였지만 통계학적으로 유의하지는 않았다(표 5).

6. 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 치료전후 보행특성 차이값 비교

체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 치료전후의 보행특성의 변화를 살펴보면 속도에서 관절운동범위증진훈련군이 체중부하이동훈련군보다 유의하게 속도가 감소되었던 반면에 체표접촉면은 체중부하이동훈련군이 관절운동범위 증진훈련군보다 더 증가된 결과를 보여 통계학적으로 유의하였다. 보폭, 발걸음, 발각도, 체중지지면,

표 4. 체중부하이동훈련군에서의 치료전후의 보행특성의 변화 (n=12)

	평균±표준편차		p-value
	치료 전	치료 후	
보폭(㎝)	48.7±19.82	50.6±17.67	0.712
발걸음(㎝)	26.3±10.01	26.7±8.79	0.338
발각도(°)	9.5±7.70	10.8±6.53	0.528
체표접촉면(㎠)	64.7±20.11	70.4±20.23	0.002
체중지지면(㎝)	17.0±4.27	18.2±3.80	0.295
걸음수(보행수/분)	94.6±37.97	84.6±36.92	0.271
속도(㎝/초)	43.6±27.04	39.7±26.15	0.387

표 5. 관절운동범위증진훈련군에서의 치료전후의 보행특성의 변화 (n=12)

	평균±표준편차		p-value
	치료 전	치료 후	
보폭(㎝)	47.4±21.18	44.0±11.78	0.516
발걸음(㎝)	24.0±10.79	21.2± 7.14	0.297
발각도(°)	12.1± 9.22	10.3± 7.63	0.545
체표접촉면(㎠)	63.0± 8.60	61.2±13.86	0.260
체중지지면(㎝)	14.0± 3.76	16.9± 3.63	0.063
걸음수(보행수/분)	102.7±51.80	98.1±64.68	0.858
속도(㎝/초)	51.5±27.85	30.1±21.95	0.007

걸음수 에서는 차이를 보였지만 통계학적으로 유의하진 않았다(표 6).

7. 치료전의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 대칭성 비교

치료전의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군에서의 좌우 대칭성을 살펴보면 보폭, 발걸음, 발각도 및 체표접촉면 모두에서 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(표 7).

8. 치료후의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 대칭성 비교

치료후의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군에서의 좌우 대칭성을 살펴보면 보폭, 발걸음과 체표접촉면에서 통계학적으로 유의한 차이를 보여 체중부하이동훈련군에서 관절운동범위증진훈련군보다 대칭성이 향상됐음을 알 수 있었다(표 8).

표 8. 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 치료전후의 보행특성의 차이값의 비교

	평균±표준편차		p-value
	체중부하이동훈련군(n=12)	관절운동범위증진훈련군(n=12)	
보폭(cm)	1.9±16.20	-3.4±16.99	0.479
발걸음(cm)	0.4± 6.29	-2.8± 8.82	0.434
발각도(°)	1.4± 7.03	-1.7± 7.22	0.488
체표접촉면(cm^2)	5.7± 4.46	1.9± 4.85	0.005
체중지지면(cm)	1.1± 3.60	2.9± 4.26	0.278
걸음수(보행수/분)	-10.0±29.89	-4.5±85.81	0.838
속도(cm/초)	-3.9±15.05	-21.4±22.81	0.037

표 6. 치료전의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의대칭성 비교

	평균±표준편차		p-value
	체중부하이동훈련군(n=12)	관절운동범위증진훈련군(n=12)	
보폭(cm)	7.3±7.21	3.2±3.94	0.103
발걸음(cm)	7.4±7.45	3.8±2.25	0.115
발각도(°)	6.3±6.92	11.0±7.71	0.133
체표접촉면(cm^2)	8.0±8.08	6.0±6.04	0.499

표 7. 치료후의 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 대칭성 비교

	평균±표준편차		p-value
	체중부하이동훈련군(n=12)	관절운동범위증진훈련군(n=12)	
보폭(cm)	1.4±4.17	4.2±4.93	0.023
발걸음(cm)	2.9±5.16	6.5±3.11	0.037
발각도(°)	7.6±6.35	10.2±7.47	0.371
체표접촉면(cm^2)	1.6±6.01	1.0±8.77	0.031

9. 치료전에서의 양 군간의 족저압 중심의 차이 비교

치료전의 양 군에서의 족저압 중심 궤적 차이를 비교해 보면 관절운동범위증진훈련군에서 앞뒤 길이 및 내외 너비가 약간 크고 체중부하이동훈련군에서 총 압력면적이 다소 컸으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(표 9).

10. 체중부하이동훈련군에서의 치료전후의 족저압 중심의차이 비교

체중부하이동훈련군에서의 치료전후의 족저압 중심의 차이를 살펴보면 앞뒤 길이, 내외 너비 및 면적이 적어져 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈다(표 10).

11. 관절운동범위증진훈련군에서의 치료전후의 족저압 중심의 차이 비교

관절운동범위증진훈련군에서의 치료전의 족저압 중심의 차이를 살펴보면 앞뒤 길이, 내외 너비 및 면적에서 모두 감소했으나 통계학적으로 유의하지는 않았다(표 11)

표 9. 치료전에서의 양 군간의 족저압 중심의 차이 비교

변 수	구 분	평균±표준편차	p-value
앞뒤(cm)	체중부하이동훈련군 (n=12)	2.8±0.90	0.976
	관절운동범위증진훈련군 (n=12)	2.9±1.67	
내외(cm)	체중부하이동훈련군 (n=12)	2.6±1.28	0.477
	관절운동범위증진훈련군 (n=12)	3.3±3.19	
면적(cm^2)	체중부하이동훈련군 (n=12)	133.8±33.30	0.220
	관절운동범위증진훈련군 (n=12)	116.7±31.99	

표 10. 체중부하이동훈련군에서의 치료전후의 족저압 중심의 차이 비교(n=12)

변수	구분	평균±표준편차	p-value
앞뒤(cm)	치료 전	2.8±0.90	0.0003
	치료 후	2.1±4.84	
내외(cm)	치료 전	2.6±1.28	0.005
	치료 후	2.0±1.05	
면적(cm^2)	치료 전	133.8±34.30	0.029
	치료 후	125.9±38.17	

표 11. 관절운동범위증진훈련군에서의 치료전후의 족저압 중심의 차이 비교 (n=12)

변수	구분	평균±표준편차	p-value
앞뒤(cm)	치료 전	2.9±1.67	0.075
	치료 후	2.2±1.05	
내외(cm)	치료 전	3.3±3.19	0.106
	치료 후	2.4±1.73	
면적(cm^2)	치료 전	116.7±31.99	0.182
	치료 후	112.7±32.36	

표 12. 두 치료군간의 족저압 중심의 차이 비교

변수	구분	평균±표준편차	p-value
앞뒤(cm)	체중부하이동훈련군 (n=12)	0.7±0.49	0.878
	관절운동범위증진훈련군 (n=12)	-0.7±1.21	
내외(cm)	체중부하이동훈련군 (n=12)	-0.6±0.63	0.574
	관절운동범위증진훈련군 (n=12)	-1.0±1.90	
면적(cm^2)	체중부하이동훈련군 (n=12)	-7.9±10.92	0.353
	관절운동범위증진훈련군 (n=12)	-3.9±9.55	

12. 두 치료군간의 족저압 중심의 차이 비교

두 치료군간의 차이를 살펴보면 내외 너비 및 면적에서 체중부하이동훈련군에서 더 많은 변화가 있었으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(표 12).

IV. 고 찰

1. 연구방법에 대한 고찰

정상 보행이란 잘 조화된 사지의 운동을 통해 최소한의 에너지를 소모하면서 부드럽고 효과적으로 신체의 무게중심을 앞쪽으로 이동시키는 것을 말한다(김미정 등, 1994). 이러한 효과적인 보행을 위해서는 입각기에서의 안정성이 유지되어야 하고 유각기때 발이 바닥에 끌리지 않아야 하며 유각기 말기에는 접지 전에 적절한 발의 위치가 선정되어야 하며 적절한 보폭과 무게중심의 움직임이 적어야 한다(Gage, 1991).

그러나 뇌성마비아에서는 뇌손상으로 인한 중추신경계 조절 능력이 소실되어 첨족보행, 쭈그림 보행, 슬관절의 과신전, 고관절의 과도한 내전 및 내회전, 요추부 전만 등이 나타나는 비정상적이고 비효율적인 보행특성을 갖게 되는데 특히 족저 굴근의 경직으로 인한 첨족보행은 경직형 뇌성마비 환아에있어 가장 흔한 비정상적인 보행 특성이다(박창일 등, 1999). 이러한 족관절의 변형 및 구축은 체중지지면과 체표접촉면의 감소를 가져와 서기 자세의 안정성을 저하시키고 보행을 어렵게 만든다(Gunsolus, 1975; Cooper, 1978). 이러한 비정상적인 보행 특성의 개선을 위한 치료로서는 보존적인 물리치료와 Botox 등의 약물 치료, 정형외과적 수술, 선택적 후근 절제술등의 수술요법등이 있다(Joel, 1993). 보존적인 물리치료는 근긴장도 및 자세반응을 가능한 정상화시킴으로써 기능을 향상시키는데 목적이 있으며 단순한 수동적 관절운동범위증진운동보다는 환아의 능동적인 참여를 유도해 다양한 기능적인 동작에 대한 치료가 더 효과적이다(Bobath, 1991). 따라서 본 연구는 점진적인 체중부하이동훈련이 뇌성마비아의 서기자세의 안정성 향상 및 보행특성의 향상에 얼마나 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 단순 관절운동범위증진훈련군을 대조군으로 하여 보행특성의 시공간적 요소와 족저압 중심의 변화를 비교 연구하였다. 이러한 보행 특성의 변화 여부를 측정키 위한 시도들은 기존의 여러 연구들에서 꾸준히 있어 왔는데 Karpovich 등(1960)은 Electrogoniometer 등을 관절운동범위 측정에 사용하였고 Murray 와 Drought(1964)가 photograph를 이용한 보행 분석을 하였으며 Perry 등(1968)은 foot switch와 동적근전도

로 보폭의 성격을 분석했고 Sutherland와 Hagy(1971) 및 Winter와 Kuryliak 등(1974)은 Cine film과 computer를 보행 분석에 사용하였다. 1980년대 중반 이후 동작 분석기를 도입 뇌성마비아의 보행 특성을 3차원으로 분석할 수 있는 좋은 방법을 갖게 되었지만 분석 자료의 부족, 고가의 장비, 보상작용 관찰 미비, 나이 어린 환아의 적용의 어려움 등으로 보행 특성의 비교 분석의 정확도에 문제점을 안고 있는 실정이다(권도윤 등, 1998). 따라서 임상에서는 반복적으로 용이하게 이용할 수 있는 방법 중의 하나로 속도나 보폭, 발각도, 체표접촉면, 체중지지면등을 측정하는 부분거리측정법을 많이 사용하고 있다(김종만, 1995 ; Corcoran 등, 1970 ; Boenig, 1977 ; Blanke, 1986). Boenig(1977)은 부분거리 측정 방법이 물리치료의 결과를 평가하고 양적인 정보를 얻는데 유익하다고 하였으며 Shores(1980)는 부분거리 측정법이 비용 면에서 저렴하고 쉽게 적용할 수 있는 장점을 가졌다고 하였고 이러한 부분거리 측정법을 이용한 보행 분석들 중 정확하고 신뢰성 있는 방법으로는 ink-foot print 방법 등이 있다고 하였다(김종만 1995; Boenig, 1977 ; Holden 등, 1984). 또한 Alexander 등(1990)은 족저압을 보행과 연관하여 분석하는 것이 족부의 문제를 갖고 있는 뇌성마비아나 뇌졸중 환자의 치료 및 경과를 관찰하는데 유용하다고 하였다. 특히 Murray(1975)와 Winter 등(1990)은 서기 자세의 안정성 향상이 보행 특성에 매우 큰 영향을 미치는데 이러한 서기 자세의 균형 능력은 족저압 중심의 변화의 측정을 통해 평가할 수 있다고 하였다. 그러나 기존의 족저압 측정의 경우 측정하고자 하는 부위의 면적을 지정하는 범위에 따라 그 절대치가 변하므로 통일된 방법으로 정량화하기가 어려웠으나 족저압 중심에 대한 지표를 이용하면 검사자의 측정 기준과 상관없이 표준화 및 정량화가 가능해 임상적으로 유용하고 특히 족저압 중심궤적(center of trajectory, COF)의 범위 측정을 통해 서기 자세의 안정성의 정도를 확인할 수 있다.

이에 본 연구자는 부분거리 측정법 중 신뢰성이 높은 ink-foot print를 이용하여 체중부하이동훈련과 관절운동범위증진훈련 전후의 보행 특성의 변화와 양 군 사이의 변화 차이를 분석하고 또한 Tecscan사의 F-scan version 4.12 F 를 이용하여 서기자세에서의 족저압 중심을 초당 1000 frame을 측정하여 앞뒤 200frame을 버리고 600 frame을 합산하여 양 군간의 치료 전후의 족저압 중심궤적의 길이와 너비, 그리고 압력의 면적을 측정하였다. 특히 ink-foot print와 F-scan 측정시 환아를 맨발로 측정한 것은 신발의 크기나 굽높이에 따른 조건의 변화를 줄이기 위해서였고 Shores가 제시한 보행 요소에 체표접촉면을 더한 이유는 대부분의 경직형 뇌성마비 환아에 있어 고관절 및 족관절의 경직 및 변형으로 충분한 족부의 체표접촉이 어려워 이의 증가가 보행을 위한 안정성 향상에 주요 요소가 된다고 보기 때문이었다.

2. 연구결과에 대한 고찰

Bobath개념에 준한 체중부하이동훈련과 수동적인 관절운동범위증진훈련 전후의 보행 특성의 변화와 족저압 중심의 변화 또 양 치료군간의 효과차이를 알아본 이 연구에서는 체중부하이동훈련군의 치료이후 보

행에서는 체표접촉면에서 5.7 cm^2 가 늘어나 통계학적으로 유의하였고 보폭은 1.9 cm 늘어났으며 걸음수는 10 보행수/분 감소하였고 속도는 0.9 cm/초 감소하였고 체중지지면은 1.2 cm 증가되었으며 발각도에서는 유의한 차이가 없는 것으로 나타나 오태영(1996)의 platform을 이용한 체중이동훈련이 보행특성에 미치는 영향에 대한 보고와 비슷한 결과를 얻었다. 또한 족저압 중심궤적의 변화를 보면 앞뒤 길이가 0.7 cm 감소되고, 내외 너비가 0.6 cm 감소되어 통계학적으로 유의하였고 압력면적도 7.9 cm^2 적어져 통계학적으로 유의하였다. 이는 정상인의 경우 서기자세의 족저압 중심의 궤적 변화가 상당히 적어, 이것은 흔들림이 없이 신체 안정성을 갖고 있는 것을 의미한다고 할 수 있는데 이러한 통계학적으로 유의한 감소를 보인 것은 체중부하이동훈련이 서기자세의 안정성 향상에 크게 영향을 미친 것으로 보여지며 Liao 등(1997)의 체중부하이동훈련이 서기자세의 안정성 향상을 가져왔다는 보고와 비슷한 결과이다. 또한 관절운동범위증진훈련 후 보행 특성의 변화를 살펴보면 체중지지면은 2.9 cm 증가되고 보폭은 3.4 cm 감소하였고 발각도는 1.8° 체표접촉면도 1.8 cm2 감소하였으나 통계학적으로 유의하지 못해 별다른 영향을 미치지 못한 것으로 나타났다. 또한 치료이후 속도는 21.4 cm/초 가 늦어져 통계학적으로 유의한 변화가 있었으나 이러한 현저히 늦어진 속도는 관절운동범위증진훈련이후 부정적 효과라기 보다는 환아의 나이를 고려해보면 나이어린 뇌성마비아의 보행속도는 환경에 따라 가변성이 많다는 Gage(1991)의 보고와 같이 부모의 요구도, 집중력 결여 및 동기부여 저하 등이 주원인으로 보여져 큰 의미는 없을 것 같다. 다만 고관절, 슬관절 및 발목관절의 수동적인 관절운동범위증진훈련이 보폭, 속도, 체중지지면이나 체표접촉면 증가 등의 보행 특성의 요소들과는 직접적인 연관성이 없어 단순한 관절운동범위증진훈련이 보행 특성을 개선시키기는 어렵다는 것을 암시한다. 단순비교는 어렵지만 박은숙 등(1999)의 단하지 보조기 착용후 보행양상의 변화에서 보면 맨발보행과 보조기 착용이후 보행간의 시공간적 지표의 변화차이가 보이지 않았다는 보고와 박창일 등(1999)의 경직형 뇌성마비아의 Botox 주사후 족관절의 경직은 줄었으나 보행양상의 변화에서 보폭, 걸음수, 보행속도에는 별 차이가 없었다는 전례의 연구에서 보여준 바와 같이 발목관절이나 슬관절, 고관절 등의 관절운동범위증진으로는 보행특성을 개선하기는 어렵다는 것을 보여준다.

또한 두 군간의 보행특성의 차이를 살펴보면 체중부하이동훈련군에서 체표접촉면이 9.2 cm^2 의 차이를 보여 통계학적으로 유의하였는데 이러한 차이는 보행시 체중부하이동훈련군 환아에 있어 족부의 체표접촉면(foot contact area) 의 증가로 인한 보행안정성 이 더 많이 확보됐다는 것을 의미 할 수 있는데 5세 이후의 정상아의 경우 보행에서 보면 종족척궁(longitudinal arch) 및 횡족척궁(transverse arch)부위를 제외한 발바닥 전면이 모두 지지되나 경직형 뇌성마비아인 경우 비복근 등의 경직으로 인한 첨족보행을 주로 하여 충분한 체표접촉에 의한 기저면 확보가 어렵기 때문에 이러한 체표접촉면의 증가는 보행 안정성 향상이라고 해석될 수 있다(Cooper, 1978; Crenna, 1998). 관절운동범위증진훈련이후에서의 보행수는 평균 6.6보 이상 증가되어 보행속도

가 16.5㎝/초 이상 늦어진 결과를 보였다. Wong 등(1983)에 의하면 뇌성마비아의 보행 속도는 손상정도와 밀접한 관계가 있다고 하였으며, 편마비 환자에 있어 속도는 치료 효과를 측정하는 좋은 기준점이라고 했다. 그러나 어린 환아인 경우 나이에 따른 변수와 또한 측정환경에 따른 변수가 많이 작용하여 동일 기준을 갖기는 어렵다. 즉, Perry(1992) 보고에 의하면 5세에서 17세사이의 하지 뇌성마비의 평균 보행속도가 64 ㎝/초 라고 했고 편마비의 속도는 50 ㎝/초라고 했으며 Gage(1991)의 보고에 의하면 정상인 경우 평균 보행속도가 119 ㎝/초, 뇌성마비인 경우 72~83 ㎝/초라고 하였다. 본 연구에서는 평균 보행속도가 35~43.6 ㎝/초로 매우 느렸는데 이는 환경, 연령, 습성, 손상정도에 따른 차이에 의한 것으로 짐작된다. 이번 연구에서도 체중부하이동훈련군에서 관절운동범위증진훈련군보다 보행특성의 상대적 우위를 보여주었고 특히 경직형 편마비는 물론 하지마비아인 경우도 똑같이 두 다리의 긴장도 및 기능이 같지 않다는 것을 고려해 보면 체중부하이동훈련군에서 보폭, 발걸음, 체표접촉면 등의 좌우 대칭성이 매우 개선됐다는 것을 보여준 것이 이 연구의 의미있는 결과로써 Bobath(1991)가 좌우 대칭성의 개선은 보행상태에서의 신체 정렬상태를 개선시켜 보다 효율적인 보행을 할 수 있게 한다는 결과와 부합된다. 족저압 중심의 변화를 살펴보면 체중부하이동훈련군에서 치료후 앞뒤 길이값이 0.9 ㎝ 짧아졌고 내외 너비값은 0.6 ㎝ 짧아져 통계학적으로 유의한 차이를 나타냈고 압력을 받는 면적 또한 7.9 $㎝^2$가 적어져 유의했다. Kuan 등(1999)은 서기자세에서 안정성을 측정하는 방법으로는 족저압 중심을 측정하는 것이 여러 방법 중 좋은 방법이라는 것과 족저압 중심의 궤적이 넓다는 것은 서기자세에서의 안정성이 떨어진다는 것을 의미한다고 하였다. 따라서 본 연구 결과에서 보여준 결과는 체중부하이동훈련이 서기자세의 안정성의 향상에 유용했음을 나타낸 것이다. 관절운동범위증진훈련군에서의 치료 이후의 족저압 중심의 변화를 살펴보면 앞뒤 길이 및 내외 너비, 면적에서 다소 감소했으나 통계학적으로 유의하지 못했다. 이는 상대적으로 서기자세의 안정성 향상에도 체중부하이동훈련이 관절운동범위증진훈련보다 효율적으로 작용한다라는 의미일 것으로 해석될 수 있다. 또한 손상부위별 양군간의 보행 특성의 변화를 살펴보면 보행속도만이 관절운동범위증진훈련군에서 현저히 지연된 것 이외에는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 관절운동범위증진훈련군에 속한 환아의 연령이 6.3세로 다소 체중부하이동훈련군보다 어리고 또한 부모의 요구에 부응하여 잘 걸으려고 하는 환아의 의도에서 비롯된 결과로 생각되어 손상 부위별 보행특성에서의 지연 여부의 의미가 있을 것이라고는 생각지 않는다.

본 연구에서는 체중부하이동훈련 전후의 뇌성마비아의 보행 특성 및 족저압 중심의 변화를 측정하여 의의있는 서기자세의 안정성 향상 및 보행 시 체표접촉면 증가, 보폭과 발걸음 등의 좌우 대칭성 향상의 양상을 볼 수 있었고 관절운동범위증진훈련의 경우 수동적인 관절운동범위는 증가되지만 이의 효과가 직접적으로 대칭적 보행 및 서기자세의 안정성과는 연관성이 없으며 뇌성마비아에 있어 체중이동훈련이 동적균형과 보행에 깊은 연관이 있다는 Liao 등(1997)의 연구와 동일한 결과를 보였다.

3. 연구의 제한점

본 연구는 연세대학교 의과대학 재활병원에서 입원 또는 외래를 받고 있는 환아 중 본 연구의 선정기준에 충족하는 일부만을 대상으로 연구를 하였다. 따라서 본 연구의 결과를 모든 뇌성마비아에게 일반화하여 해석하는데는 제한점이 있겠다.

또한 본 연구에서 사용된 ink-foot print를 이용한 부분거리 측정법이 검사-재검사 신뢰도 계수와 검사자간 신뢰도 계수가 높게 나왔으나 보행의 질적인 요소 및 보상작용 등을 분석할 수 없다는 제한점을 갖고 있다.

이 연구에는 직접적인 치료효과를 보기 위해 치료전후의 상황을 설정 측정한 관계로 치료의 이월효과(carry over) 및 장기적 추적관찰을 통한 변화를 관찰하지 못했고 특히 짧은 거리(8m)와 안정된 장소에서 실험을 실시하여 두 가지 방법의 치료가 보행특성 및 족저압중심에 미치는 영향을 측정하는데 제한이 있었다.

앞으로 체중부하이동훈련이 보행특성 및 좌우의 대칭성, 서기자세의 안정 등에 미치는 효과에 관한 연구에 좀더 정교한 시스템을 이용하여 운동형상학적 분석 및 에너지 소모율 등의 보행 효율성, 치료의 이월효과 여부, 상지의 보상작용 정도와 같은 다른 각도에서의 요소를 통한 장기적 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

연세대학교 재활병원에서 재활을 받고 있는 뇌성마비로 진단받은 경직형하지마비, 편마비아 24명을 대상으로 두 군으로 나누어 한 군은 체중부하이동훈련을 시행하고 다른 군은 관절운동범위증진훈련을 시행하였을 때의 보행특성 및 족저압 중심에 미치는 영향을 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 체중부하이동훈련이후 보행 시 양쪽발의 체표접촉면이 통계학적으로 유의하게 증가하였다.

2. 치료이후 체중부하이동훈련군과 관절운동범위증진훈련군간의 보행특성에서는 좌우대칭성, 체표접촉면, 속도에서 유의한 차이를 보여 체중부하이동훈련이 뇌성마비아의 보행에 보다 효과적인 것으로 사료된다.

3. 체중부하이동훈련이후 족저압 중심궤적의 길이, 너비, 면적이 치료 전에 비해 유의하게 감소하여 서기자세의 안정성에 유의한 보였다.

이상과 같은 결과를 보아 뇌성마비아에서의 체중부하이동훈련은 보행양상 및 서기자세에서의 안정성 향상에 도움을 주며 또한 수동적인 관절운동범위증진훈련보다도 효과적인 것으로 나타났다.

참고 문헌

권도윤, 성인영, 유종윤, 하상배. 한국 성인의 3차원적 보행 분석. 대한재활의학회지 1998;22:1107-1113

김미정, 이수아, 김상규, 성인영. 뇌졸중 환자의 보행 속도에 관한 연구. 대한재활의학회지 1994;18:736-741

김봉옥. 임상 보행 분석의 방법. 대한재활의학회지 1994;418:191-202

김종만. 시각 및 청각 되먹임을 통한 하지 체중이동훈련이 편마비환자 보행특성에 미치는 효과에 관한 연구. 연세대학교 보건대학원, 석사학위 논

문, 1995

박은숙, 박창일, 이홍재, 김종연, 박종률. 경직형 뇌성마비아에서 고정 및 관절형 단하지 보조기 보행의 특성. 대한재활의학회지 2000; 미발행

박준민, 최경효, 전민호. 단하지 보조기의 족관절 각도에 따른 보행 양상의 변화. 대한재활의학회지 1998;22:1129-1135

박창일, 박은숙, 신지철, 김성우, 김덕용, 안재기. 경직성 뇌성마비 환아의 비복근내 보툴리늄 독소 주사 후 경직 및 보행 양상의 변화. 대한재활의학회지 1999;23:504-515

박창일, 신지철, 김유철, 김성우, 김덕용, 서혜정. 뇌성마비 환아에서 전기자극이 족저굴곡근 경직에 미치는 영향. 대한재활의학회지 1996;20:848-857

박창일, 박은숙, 신지철, 김성우, 최은희. 뇌성마비환아와 발달장애아의 조기치료 효과. 대한재활의학회지 1999;23:1127-1133

백남종, 임민. 보행시 족저압 중심의 이동 경로에 관한 연구. 대한재활의학회지 1997;21:762-771

오태영. 시각 및 청각되먹임 균형 장치가 뇌성마비 아동의 하지 체중지지 향상에 미치는 영향. 대구대학교 재활과학대학원 석사학위 논문. 1996

이규한, 박시복, 이상건, 이강목. 족저압 측정에 의한 정상인 Stance Phase의 분석. 대한재활의학회지 1996;20:524-531

이정원. 편마비 환자의 골반운동이 하지 체중부하율과 보행특성에 미치는 효과에 관한 연구. 연세대학교 보건대학원 석사학위 논문. 1997

조상현, 박창일, 박은숙, 김유철, 신지철, 박진석. 한국 소아에서 보행발달 과정의 삼차원 동작분석 특성. 대한재활의학회지 1998;22:1206-1218

홍대종, 박시복, 이상건, 이강목. 족저압 측정에 의한 편마비 환자의 입각기의 분석. 대한재활의학회지 1998;22:1123-1128

Abel FM, Marks F. Strategies for increasing walking speed in diplegic cerebral palsy. J Pediatr Orthop 1996;16:753-758

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, 1st ed, Philadelphia: FA Davis, 1990, 148-152

Arcan M, Brull MA, Najenson T, et al. FGP assessment of postural disorder during process of rehabilitation. Scand J Rehabili Med 1977;9:165-168

Barbara. P. Physical therapy for the children with cerebral palsy. In Stephen J Pediatr Phys Ther 1989;68-105

Bobath B, Bobath K. Motor development in the different types of cerebral palsy. Butterworth-Heinemann Ltd, Oxford, 1984

Bobath B. Abnormal postural reflex activity caused by brain lesions. 3rd ed., Butterworth-Heinemann

Ltd, Oxford, 1991

Bobath B. A neuro-developmental treatment of cerebral palsy. Physiother 1963;49:242-244

Boenig DD. Evaluation of a clinical method of gait analysis. Phys Ther 1977;57:795-798

Burtner PA, Qualls C, Woollacott MH. Muscle activation characteristics of stance balance control in children with spastic cerebral palsy. Gait Posture 1998;8:163-174

Carr JH, Shepherd RB. Physiotherapy in disorders of the brain. London: Heinemann, 1980

Cherng RJ, Su FC, Kuan TS, et al. Performance of static standing balance in children with spastic diplegic cerebral palsy under altered sensory environments. Am. J. Phys. Med. Rehabil 1999;78:336-343

Conti FS, Martin LR, Chaytor RE, et al. Plantar pressure measurements during ambulation in weight bearing conventional short leg casts and total contact casts. Foot & Ankle International 1996;17:464-469

Cooper L. The pathomechanics of progressive crouch gait in spastic diplegia. Orthopaedic Clinics of North America 1978;9:143-154

Crenna P. Spasticity and 'spastic' gait in children with cerebral palsy. Neurosci Biobehav Rev 1998 ; 22:571-578

Daleiden S. Weight shifting as a treatment for balance deficits a literature review. Physiother Canada 1990; 42(2):81-87

Damiano LD, Kelly EL, Vaughn LC. Effects of quadriceps-femoris muscle strengthening on crouch gait in children with spastic diplegia. Phys Ther 1995;75: 658-671

Davids RJ, Foti T, Dabelstein J, et al. Voluntary (Normal) versus obligatory (cerebral palsy) toe -walking in children :A kinematic, kinetic, and electromyographic analysis. J Pediatr Orthop 1999;19:461-469

Deaver GG. Cerebral palsy methods of evaluation and treatment. The Medical Center, New York. 1967;3-7

Deluca PA. Gait analysis in the treatment of the ambulatory child with cerebral palsy. Clin Orthop 1991; 264:65-75

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

Donaghue MV, Veves A. Foot pressure measurement. Orthopaedic Phys Ther Clin North Amer 1997;1-16

Duckworth T, Betts RP, Franks CI, et al.

The measurement of pressure under the foot. Foot Ankle 1982;3:120-141

Frederick EC, Exeter Research Inc., Hartner KP, et al. The evolution of foot pressure measurements. SENSORS 1993;30-35

Gage RJ. Gait Analysis in Cerebral Palsy. New York: Cambridge University Press, 1991

Grundy M, Tosh PA, McLeish RD, et al. An investigation of the centers of pressure under the foot while walking. J Bone Joint Surg 1975;57(B):98-103

Gunsolus P, Welsh C, Houser C. Equilibrium reactions in the feet of children with spastic cerebral palsy and of normal children. Develop. Med. Child Neurolo. 1975;17:580-591

Hagberg B, Hagberg G, Olow. I. The changing panorama of cerebral palsy in Sweden 1954-1970. I. Analysis of the general changes. Acta Paediatr Scand 1975a;64: 187-192

Hagberg B, Hagberg G, Olow. I. The changing panorama of cerebral palsy in Sweden 1954-1970. II. Analysis of the various syndromes. Acta Paediatr Scand 1975b;64:187-192

Hamman RG, Mekjavic I, Mallinson AI, et al. Training effect during repeated therapy session of balance training using visual feedback. Arch Phys Med Rehabil 1992;73:738-744

Hamrin E, Eklund G, Hillgren AK, et al. Muscle strength and balance in post-stroke patients. Ups J Med Sci 1982;87:11-26

Harris SD. Commentray on "The effects of Physical therapy on cerebral palsy;a controlled trial in infants with spastic diplegia". Phys Occup Ther in Pediatrics 1989; 9(3):1-4

Hicks JH. 'The three weight-bearing mechanism of the foot.' In Evans, F. G.(Ed.) Biomechanical studies of the musculo-skeletal system. Springfield, Ill.:Charles C Thomas. 1961

Hocherman S, Dickstein R, Pillar T. Platform training and postural stability in hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil 1984;65:588-592

Holden MK, Gill KM, Magliozi MR. Gait assessment for neurologically impaired patients: standards for outcome assessment. Phys Ther 1986;66:L 1530-1539

Holden MK, Gill KM, Magliozzi MR, et al. Clinical gait assessment in the neurologically impaired: reliability and meaningfulness. Phys Ther 1984;64:35-40

Howorth B. 'Dynamic posture in relation to the feet.' Clin Orthop 1960;16, 74.

Hughes J, Kriss S, Klenerman L. A clinician's view of foot pressure: A comparison of three different methods of measurement. Foot Ankle 1987;7:277-284

Jennifer B. Test-retest reliability of two tilt board tests in children. Phys Ther 1993;73:618-625

Joel A. Delisa. JB. Rehabilitation Medicine: Principles and Practice. Philadelphia: Lippincott Co., 1993; 122-130

Kottke FJv, Lehmann JF. Krusen's Handbook of Physical Medicine and Rehabilitation. 4th ed. Philadelphia: WB Saunder's Co., 1990

Liao HF. The development of gross motor patterns in spastic diplegics and the treatment approaches based on Bobath concepts. Journal of the Physical Therapy Association of the Republic of China 1990; 15:63-71

Liao HF, Jeng SH, Lai JS, et al. The relation between standing balance and walking function in children with spastic diplegic cerebral palsy. Develop. Med. Child Neurolo 1997;39:106-112

Mayo NE :Effect of physical therapy for children with motor delay and cerebral palsy; A randomized clinical trial. Am J Phys Med Rehabil 1991;70:258-267

Montgomery J. Assessment and treatment of locomotor deficits. Year Book Medical, 1987

Mulder TW. The learning of motor control following brain damage: Experimental and clinical studies. Catholic University of Nijmegen, 1985

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

Murray MP, Seireg AA, Sepic SB. Normal postural stability and steadiness: quantitative assessment. J Bone Joint Surg Am 1975;57:510-515

Nashner LM, Shumway CA, Marin O. Stance posture control in selected groups of children with cerebral palsy: deficits in sensory organization and muscular coordination. Exp Brain Res 1983;49:393-409

Nordin R. Oderrick P. Development of gait in spastic children with cerebral palsy. J Ped Orthop 1986;6: 674-680

Norkin CC, Levangie PK. Joint structure and function. Philadelphia; FA Davis Co., 1992

Perry J. Gait Analysis:normal and pathological function. New York: McGraw-Hill Inc., 1992

Perstein MA. Medical aspects of cerebral palsy. Nervous child. 1949;8: 125-151

Richard W, Bohannon. Effectiveness of a rolling board treatment for improving gait. Phys Ther

1985;66:349-350

Ricks RN, Eilert ER. Effects of inhibitory casts and orthoses on bony alignment of foot and ankle during weight-bearing in children with spasticity. Develop. Med. Child Neurolo 1993;35:11-16

Robinson JL, Smidt GL. Quantiative gait evaluation in the clinic. Phys Ther 1981;61:351-353

Shores M. Footprint analysis in gait documentation: an instructional sheet format. Phys Ther 1980;60:1163-1167

Shumway CA, Anson D, Haller S. Postural sway feedback: Its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. Arch Phys Med Rehabil 1988;69:395-400

Sutherland DH, Olshen RA, Biden EN. The development of mature walking, Philadelphia: JB Lippincott, 1988;3-23, 55-64

Tekscan, Inc. F-Scan User's Manual: Pressure Assessment System. 1998

Turnbull GI, Charteris J, Wall CJ. Deficiencies in Standing weight shifts by ambulant hemiplegic subjects. Arch Phys Med Rehabil 1996;77:356-362

Wannstedt GT, Herman RM. Use of augmented sensory feedback to achieve symmetrical standing. Phys Ther 1978;58:553-559

Westcott SL, Lowes LP, Richardson PK. Evaluation of postural stability in children: current theories and assessment tools. Phys Ther 1997;77:629-645

Wheel wright EF, Minns RA, Law HT, et al. Temporal and spatial parameters of gait in children. I: Normal control data. Develop. Med. Child Neurolo 1993;35: 102-113

Winter DA, Kuryliak WM. Dynamic stabilization in human gait. Biomechanics 1974;2-A:280-286

Wong MA, Simon S, Olshen RA. Statistical analysis of gait patterns of persons with cerebral palsy. Statistics in Medicine 1983;2:345-354

Woollacott MH, Burtner P. Neural and musculoskeletal contributions to the development of stance balance control in typical children and in children with cerebral palsy. Acta Paediatr Suppl 1996;416:58-62

Young RC. The F-Scan System of Foot Pressure Analysis. Clinics in Podiatric Medicine and Surgery 1993;10:455-461