http://dx.doi.org/10.5627/KACE.2012.10.1.023

경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용에 따른 체 중심및 보행속도에 의한 보행인자 변화연구

▮박미숙, 김용성[1], 황태연[2], 김용남[1]

남부대학교 대학원 물리치료학과, [1]남부대학교 물리치료학과, [2]전남과학대학교 물리치료과

A Study on Change in Gait Parameters Related to the Cop and Velocity Resulting from the Use of Ankle Foot Orthosis in Spastic Diplegia

Mi-Sook Park, PT, MS; Yong-Seong Kim, PT, PhD[1]; Tae-Yeon Hwang, PT, PhD[2]; Yong-Nam Kim, PT, PhD[1]

Department of Physical Therapy, Graduate School, Nambu University; [1]Department of Physical Therapy, Nambu University; [2]Department of Physical Therapy, Chunnam Techno University

Purpose : The objectives of this study were to examine changes in gait parameters related to the COP and gait velocity resulting from the use of ankle foot orthosis, and to provide information for the prescription of ankle foot orthosis and gait rehabilitation training.

Methods : We sampled a control group of 14 normal children of the same age as the spastic diplegia (spastic diplegia used ankle foot orthosis) and measured their COP at barefoot gait and their gait parameters at three gait velocities. Change in the COP according to the use of ankle foot orthosis measured one-way ANOVA and Gait parameters according to gait velocity used repeated measures ANOVA.

Results : As a result of analyzing change in the COP it became close to that of normal children, and changes in gait parameters such as step width, stride length and stride time also became close to those of normal children.

Conclusion : In conclusion, when spastic diplegia used ankle foot orthosis, their balancing ability was improved as a result of decreased change in the COP, and their changes in gait parameters also became close to those of the control group. These results show that the use of ankle foot orthosis improves spastic diplegia gait functions.

Key words : Spastic diplegia, Ankle foot orthosis, COP, Gait parameters

논문접수일 : 2012년 5월 23일
수정접수일 : 2012년 5월 25일
게재승인일 : 2012년 5월 31일
교신저자 : 김용남, kyn0231@nambu.ac.kr

Ⅰ. 서론

인간이 태어나면서부터 오랜 기간에 걸쳐 일어나는 신경근육학적, 생체역학적, 운동기능학적 변화의 절정으로 이루어진 복잡한 운동패턴 중의 하나인[1] 보행은 선 자세의 안정성을 유지하면서 신체를 앞으로 이동시키는 사지동작의 반복적인 과정이며,[2] 일상생활의 대부분을 직립 상태로 활동하는 인간에게 가장 기본적인 신체 이동수단이 되는 동작이다. 그러나 뇌성마비의 경우에는 뇌 손상으로 인하여 65% 이상이 반사나 운동능력 및 전정기관과 고유수용성감각에 이상을 나타내고 있고, 그로 인해 보행기능에 장애를 보인다.[3] 또한 뇌성마비아는 선택적인 근육 조절의 상실, 원시반사패턴에 의한 보행, 비정상적 근 긴장도, 길항근과 주동근간의 상대적 불균형, 균형반응의 결함 등으로 비정상적 보행패턴과 체중지지 패턴을 가지게 된다.[4]

뇌성마비아는 자세긴장도와 상호지배에 따라 경직형(spastic type), 불수의 운동형(athetoid type), 운동실조형(ataxia type), 저긴장형(hypotonic type)으로 분류되며,[5] 이 중 경직형(spastic type)은 뇌성마비아의 50~60%를 차지하면서 가장 많이 나타나

는 양상이다.[6]

경직성 양하지마비아는 하지의 경련성 및 근 위약과 근 수축의 부조화 · 관절변형 등으로 인하여, 다양한 형태의 비정상적인 보행양상을 보이기 때문에 경직성 양하지마비아의 보행특성을 분석하고 치료계획을 세우는데 있어 보행분석이 널리 이용되고 있으며, 자세조절의 기본요소인 균형의 정도와 발의 이상을 평가하기 위해 체 중심 측정 및 체중심의 이동경로 검사가 실시되고 있다.[7]

체 중심 이동경로는 보행주기 동안 발의 움직임에 따른 압력분산의 전진이동을 나타내며,[8] Paik과 Im[9]은 체중심의 전 · 후 이동 폭은 체중심의 진행 정도를 반영하고, 체중심의 좌 · 우 이동 폭은 내외측의 불안정성을 대변하며, 기울기는 체중심의 진행방향을 대변한다고 가정하였다. 체중심에서 기립균형을 유지하는 능력은 일상생활동작 수행을 위한 중요한 요소 중의 하나로, 정상아는 기립자세에서 균형조절의 상호작용이 자동적으로 일어나지만, 뇌성마비 아동들에게는 보행장애의 중요한 요소가 된다.[10,11]

뇌성마비아의 기능적 재활을 위한 이상적 목표는 가능한 정상보행을 하는데 있으며, 이들의 보행능력을 개선하기 위해서 뇌성마비아가 가지고 있는 기능적 측면의 비대칭을 감소시키는 것이 필요하고,[12] 비대칭적인 특성을 줄이기 위해 양측으로 체중이동이 이루어질 수 있도록 운동을 통해 아동의 능력을 증진시켜야 하며, 체중이동 훈련과 더불어 다양한 보조기를 사용하는 방법이 있다.[13] 보조기 중에서도 발목 보조기(ankle foot orthosis)는 적절한 균형감각과 엉덩관절에 안정성은 있지만 발목의 발등쪽굽힘이 부족하고 무릎의 안정성이 필요한 환자에게 도움을 주어 비대칭적인 보행능력을 향상시키기 위해 사용된다.[14] 이러한 장점 때문에 경직성 양하지마비아의 하지 경직에 의한 발바닥쪽 굽힘을 방지하기 위해서도 발목 보조기를 적용하여 선 자세 및 보행기능을 유지시켜 줄 수 있다.

Powell 등[15]은 경직성 뇌성마비아들에게 발목 보조기 착용 전 · 후의 분속수, 보행속도, 보폭을 비교한 결과, 별다른 차이를 보이지 않았다고 보고하였지만, Thomas 등[16]은 경직성 뇌성마비아들이 발목 보조기 착용 시 보행 중에 발목관절의 움직임이 증진되었다고 보고하였다. 이와 같이 발목 보조기의 착용이 뇌성마비아의 보행에 미치는 영향들에 대한 연구들이 진행되고 있다.

발목 보조기의 착용에 따른 뇌성마비아의 보행분석에 관한 연구들은 포괄적인 수준의 내용으로 이루어지고 있으나, 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용 유 · 무에 따른 체중심과 보행속도에 의한 보행인자 변화와 정상아 보행에 대한 비교 연구는 미비한 실정이다.[17-20]

따라서 본 연구는 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용에 따라서 자세조절과 보행에 영향을 미치는 체 중심 및 보행인자의 변화를 알아보고, 임상에서 발목 보조기의 처방과 보행재활훈련을 위한 물리치료의 기초 자료로 활용하기 위함이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 경직성 양하지마비아로 진단 받은 14명으로 정하였으며, 경직성 양하지마비아와 연령이 같은 정상아 14명을 대조군으로 정하였다.

경직성 양하지마비아의 선정기준은 경직성 양하지마비로 의학적 진단을 받은 아동, 연구자가 지시하는 내용을 이해하고 수행이 가능한 아동, GMFCS (gross motor function classification) level Ⅰ~Ⅱ인 아동, 수술 등 의학적 처치가 6개월 이상 경과한 아동, 6개월 이상 플라스틱 발목 보조기를 착용하고 보행하는 아동으로 정했으며, 정상아들은 이상보행의 과거력 및 현 병력이 없는 아동으로 선정하였다.

참여하는 아동들의 보호자들에게 연구에 참여한다는 동의를 받은 후에 본 연구를 진행하였으며, 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 대상자들의 일반적 특성

(n=28)

특성	대조군(n=14)	경직성 양하지마비아군(n=14)
나이(개월)	117.4±33.8	117.7±33.4
신장(cm)	127.1±16.4	136±15.1
체중(kg)	31.6±12.6	35.6±11.0

평균±표준편차

2. 실험방법

1) 측정방법

트래드밀은 지면반발력과 발바닥압 분포측정이 가능한 트래드밀(Zebris platform, Zebris medical gmbh, 독일)을 사용하였다. 보행워밍업을 5분 동안 실시하여 트래드밀 보행에 적응할 수 있도록 한 후에 측정을 실시하였으며, 보행워밍업 동안 대상자가 가장 자연스러운 속도라고 표현할 때를 표준걸음으로 정하였고, 30% 증가한 속도를 빠른 걸음, 30%를 감한 속도를 느린 걸음으로 정하였다.

대조군은 맨발인 상태에서 실시하였으며, 경직성 양하지마비아군은 플라스틱 발목 보조기를 사용하여 보조기 착용 전과 착용 후로

2번을 걸쳐 체중심(COP)의 변화와 보행속도에 의한 보행인자 변화를 측정할 수 있도록 하였다.

먼저 경직성 양하지마비아군에서 발목 보조기를 착용하기 전과 후에 보행분석 트래드밀 위에 10초간 서 있는 자세에서 체중심(COP)의 변화를 측정하고, 그 평균 값을 체중심 변화값으로 사용하였다. 느린 걸음, 표준 걸음, 빠른 걸음에서 트래드밀 보행을 실시하여 보행인자 변화를 30초간 측정한 평균값을 사용하였다. 대조군에서도 같은 방법으로 측정하였다.

3. 자료분석

모든 자료는 SPSS 12.0 프로그램으로 분석하였다. 대조군과 경직성 양하지마비아군의 발목 보조기 착용에 따른 전·후 비교에서 체중심의 변화는 일원분산분석(one-way ANOVA)을 사용하고, 보행인자의 변화는 연구변수의 특성에 따라 반복측정분산분석(repeated measures ANOVA)을 사용하였다. 통계학적 유의성을 검정하기 위해 유의수준 α는 0.05로 하였다.

Ⅲ. 결과

1. 발목 보조기 착용에 따른 보행변화

1) 체중심의 변화

대조군과 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용에 따른 전?후 비교에서 체중심의 변화는 다음과 같으며(표 2), 경직성 양하지마비아의 보조기 착용 전보다 착용 후와 대조군에서 체중심의 변화가 크게 감소된 것을 알 수 있었다.

일원 분산분석 결과 그룹간에 유의한 차이를 나타냈으며($p<0.01$), 사후분석 결과 착용 전과 대조군, 착용 후와 대조군 사이에서 차이가 있었다.

표 2. 체중심의 변화

(단위: mm)

그룹	체중심
착용 전	397.69±171.45
착용 후	276.95±99.41
대조	274.46±112.99

평균±표준편차
착용 전: 발목 보조기 미착용 / 착용 후: 발목 보조기 착용 / 대조군: 정상아

1) 보행속도에 의한 보행인자 변화

(1) 양발너비의 변화

대조군 및 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용에 따른 전·후 비교에서 보행속도에 의한 양발너비의 변화 결과는 다음과 같다(표 3). 보행속도에 의한 양발너비의 변화를 반복측정 분산분석을 한 결과, 시기와 그룹 간의 교호작용에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 3. 양발너비의 변화

(단위: cm)

그룹	느린 걸음	표준 걸음	빠른 걸음
착용 전	9.71±4.29	9.71±4.36	9.79±4.42
착용 후	9.00±3.80	9.07±4.86	9.43±4.64
대조군	9.86±2.51	8.86±2.07	9.07±1.86

평균±표준편차
착용 전: 발목 보조기 미착용 / 착용 후: 발목 보조기 착용 / 대조군: 정상아

(2) 보폭의 변화

대조군 및 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용에 따른 전·후 비교에서 보행속도에 의한 보폭의 변화 결과는 다음과 같으며(표 4), 보행속도에 의한 보폭의 변화를 반복측정 분산분석을 한 결과, 시기와 그룹간의 교호작용이 유의한 차이를 나타냈다($p<0.05$).

표 4. 보폭의 변화

(단위: cm)

그룹	느린 걸음	표준 걸음	빠른 걸음
착용 전	56.79±13.78	60.07±12.03	61.86±13.77
착용 후	62.14±15.03	61.5±11.97	66.07±12.87
대조군	66.71±17.97	75.79±20.37	87.79±25.19

평균±표준편차
착용 전: 발목 보조기 미착용 / 착용 후: 발목 보조기 착용 / 대조군: 정상아

(2) 보행시간의 변화

대조군 및 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용에 따른 전·후 비교에서 보행속도에 의한 보행시간의 변화 결과는 다음과 같다(표 5). 보행속도에 의한 보폭의 변화를 반복측정 분산분석을 한 결과, 시기와 그룹간의 교호작용에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

표 5. 보행시간의 변화

(단위: sec)

그룹	느린 걸음	표준 걸음	빠른 걸음
착용 전	3.20±2.29	2.06±0.49	1.71±0.47
착용 후	3.19±1.33	2.14±0.62	1.81±0.56
대조군	1.33±0.31	1.11±0.22	1.02±0.17

평균±표준편차
착용 전: 발목 보조기 미착용 / 착용 후: 발목 보조기 착용 / 대조군: 정상아

Ⅳ. 고찰

뇌성마비아에게 있어 체중심을 유지하는 균형조절능력은 임상적으로 매우 중요하며,[21] 그 중에서도 일상생활동작을 수행할 때 선자세에서의 균형조절능력은 삶의 변화에 매우 중요한 부분을 제공할 수 있다.[22-24] Guskiewicz와 Perrin[23]의 연구에서 대상자는 보조기 착용 후에 안정감을 느껴 체중심 변화의 값이 감소하였다고 보고하였으며, Moon[25]은 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용 유·무에 따른 체중분포 비교에서, 발목 보조기 착용하지 않을 때보다 착용하였을 때 통계학적으로 유의한 변화를 보였다고 하였다.

본 연구에서도 발목 보조기를 착용하지 않았을 때보다 착용하였을 때의 체중심의 변화 값이 대조군과 유의한 변화가 나타났다. 이는 발목 보조기 착용이 경직성 양하지마비아에게 안정성을 증가시켜 주었다는 선행논문과 일치하였으며, 경직성 양하지마비아의 발목 보조기를 착용했을 때가 착용하지 않을 때보다 신체중심조절력이 높아지는 것을 알 수 있었다.

보행특성의 변화를 측정하기 위한 방법들은 다양하게 연구되어 오고 있는데, Murray 등[26]은 photograph를 이용한 보행분석을 하였으며, Perry[27]는 foot switch와 동적 근전도로 한발 짝의 특성을 분석했고, Sutherland와 Hagy[28], Winter와 Kuryliak[29]는 시네 필름(Cine film)과 컴퓨터(computer)를 보행분석에 사용하였다. 보행분석 시 보행의 시간과 거리변인들은 객관적인 보행평가를 하는데 있어 가장 단순한 형태이며, 이 변인으로는 분속수(cadence), 보폭(stride length), 한발짝(step length), 양발너비(step width), 보행시간(stride time), 보행주기(gait cycle)가 해당되며, 성숙한 보행평가의 기본요인들이 된다.[21]

경직성 뇌성마비아의 양발너비에 대해 Shin 등[18]은 발가락 벌림 보조기가 양하지 뇌성마비 아동의 보행에 미치는 영향에 대한 연구에서는 양발너비의 변화는 보조기 착용 유·무에 따라 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였지만, Lee[30]는 뇌성마비아의 양발너비가 정상아에 비해 크게 나타나는데, 이는 뇌성마비아가 불안정한 자신의 보행을 의도적으로 안정성을 유지하기 위함이라고 보고하였다.

본 연구에서 양발너비의 변화는 경직성 양하지마비아가 발목 보조기를 착용 하기 전이 착용한 후와 대조군보다 양발너비가 크게 나타났으며, 보행속도에 의한 양발너비의 변화는 다소 차이가 있었으나 통계학적 의미는 없었다. 이는 선행논문이 보고한 바와 같이 경직성 양하지마비아가 신체의 안정성을 확보하기 위해 의도적으로 양발너비를 넓히는 것으로 생각된다.

보폭에 대한 선행연구들에서 Shin 등[18]은 발가락 벌림 보조기 착용 전·후에 따른 보폭의 변화가 나타나지 않았다고 보고하였다. 또한, Heo와 Park[31]은 정상아에 비해 뇌성마비아의 보폭이 좁고, 정상아와 뇌성마비아 모두에서 느린 보행속도에서의 보폭이 보통의 속도에서의 보폭보다 긴 것으로 나타났다. 그러나 빠른 보행속도에서의 보폭은 보통의 속도보다 길었다고 보고하였고, 정상아의 경우 보행속도가 빨라짐에 따라 그 비율이 현저히 낮았으나, 뇌성마비아의 경우에 감소하는 비율 미미하다고 보고하였다.

본 연구에서는 발목 보조기 착용 전·후와 상관없이 경직성 양하지마비아의 보폭이 대조군보다 작은 것을 알 수 있었다. 또한 보행속도에 의한 보폭의 변화에서 대조군은 표준걸음에 비하여 빠른 걸음에서 보폭이 증가하고, 느린 걸음에서 보폭이 감소하는 경향이 크게 나타났으며, 경직성 양하지마비아도 발목 보조기 착용 전의 표준 걸음에 비하여 빠른 걸음에서 보폭이 증가하였고, 느린 걸음에서 보폭이 감소하였으나 그 변화가 적은 것을 알 수 있었다.

그러나 발목 보조기 착용 후에서는 표준 걸음에 비하여 느린 걸음과 빠른 걸음 모두에서 보폭이 증가되는 것을 알 수 있었다. 따라서 표준 걸음일 때는 발목 보조기 착용 전·후에 따른 변화는 적으나 보행속도에 의해서는 발목 보조기 착용 후에 대조군에 가깝게 증가되는 것으로 보아 발목 보조기 착용이 편안한 걸음에서는 그 효과가 미비하나 보행속도가 변화함에 따라 그 효과가 더 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

보행시간과 관련된 Norlin와 Odenrick[32]의 연구에서는 경직성 양하지마비아의 보행시간이 발목 보조기의 착용 전·후 모두 대조군에 비해 길게 나타났다. 이는 한발짝 횟수가 줄어들어 한 한발짝에 걸리는 시간이 연장되어, 무게중심의 이동변화가 크기 때문이라고 보고하였다.

본 연구에서도 경직성 양하지마비아의 보조기 착용 전·후와 상관없이 정상아에 비해 2배에 가깝게 보행시간이 길었으며, 보행속도에 의한 보행시간은 발목 보조기 착용 전·후의 차이는 없는 것을 알 수 있었다.

따라서, 이러한 선행연구들과 본 연구의 결과를 통해 발목 보조기

의 착용이 경직성 양하지마비아에게 신체중심조절력과 보행속도와 관련된 보행인자들을 향상시켜, 보행 시 안정성을 줄 수 있는 것으로 알 수 있었다. 그러므로 경직성 양하지마비아의 보행개선을 위해 주로 사용되는 발목 보조기 착용은 임상에서 보행개선을 위한 효과적인 방법이라 생각되며, 제작하기 전에 근력검사 · 운동범위 검사 · 신경학적 검사 · 보행검사 등을 실시하여 대상 아동의 증상과 사용 목적에 따라 서로 다른 발목 보조기를 처방하도록 하여 발목 보조기 착용이 경직성 양하지마비아의 체중심과 재활보행훈련에 효과적인 변화를 줄 것으로 생각된다.

본 연구의 제한점은 경직성 양하지마비아만을 대상으로 하였기 때문에 모든 뇌성마비아를 대변하기 어려우며, 보행분석을 양발너비, 보폭, 보행시간으로 한정한 운동학적 분석에만 중점을 둔 점이다. 따라서, 향후 연구에서는 근전도 분석이나 힘과 관련된 운동역학적 분석 등과 같은 다양한 측면에서의 보행분석이 필요할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 경직성 양하지마비아의 발목 보조기 착용유무에 따른 체중심의 변화값이 보조기를 착용 하기 전보다 착용 후의 값이 대조군과 비슷하게 나타남으로써, 발목 보조기의 착용이 자세조절을 위한 균형조절능력을 향상시키는 것을 알 수 있었다. 또한, 보행인자의 분석에서는 발목 보조기를 착용하였을 때의 보폭?보행시간이 대조군과 비슷한 변화를 보여 발목 보조기 착용이 경직성 양하지마비아의 안정성을 증가시켜 보행기능의 향상이 있다는 것을 알 수 있었다.

따라서 경직성 양하지마비아의 균형조절능력과 보행기능 향상을 위한 물리치료적 중재에 있어서 적절한 발목 보조기의 처방 및 착용에 따른 재활보행훈련이 필요하다고 생각된다.

Acknowledgement
본 논문은 박미숙의 석사학위 논문으로 수행되었음.

참고문헌

1. Beck RJ, Andriacchi TP, Kuo KN et al. Changes in the gait patterns of growing children. J Bone and Joint Surgery. 1981;63(9):1452-9.
2. Perry J. Gait analysis: Normal and pathological function. Thorofare, NJ, Slack, 1992:352-489.
3. Torok T. Amphetamines and locomotor activity. Act Nerv Super. 1972;14(4):302-3.
4. Murray MP. Gait as a total pattern of movement. AMJ Phys Med. 1967;46:290-333.
5. Hagberg B, Hagberg G, Olow I. The changigng panotama of cerebral palsy in sweden 1954-1970. I. Analysis of the general changes. Acta Paediatr Scand. 1975;64:187-92.
6. Nelson KB, Ellenberg JH. Epidemiology of cerebral palsy. Adv Neurol. 1978;19:421-35.
7. Park ES, Park CI, Kim JY. 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.
8. Young CR. The f-scan system of foot pressure analysis. Clin Podiatr Med Surg. 1993;10:455-61.
9. Paik NJ, Im MS. The path of center of pressure(cop) of the foot during walking. J Korean Acad Rehab Med. 1997;21(4):762-71.
10. Berger W, Altenmueller E, Dietz V. Normal and imparied development of children's gait. Hum Neurobiol. 1984;3:163-70.
11. Bleck EE. The sense of balance. Dev Med Child Neurol. 1994;36:377-8.
12. Wall JC, Turnbull GI. Gait asymmetries in residual hemiplegia. Arch Phys Med Rehabil. 1986;67: 550-3.
13. Lehmann JF, Condon SM, Price R et al. Gait abnormalities in hemiplegia:Their correction by an ankle-foot orthoses. Arch Phys Med Rehabil. 1987;68:763-71.
14. Kwon BS. Pediatric rehabilitation. Seoul, Koonja, 2006;187-210.
15. Powell MM, Silva PD, Grindeland T. Effects of two types of ankle-foot orthoses on the gait of children with spastic diplegia. Dev Med Child Neurol. 1989;31:8-9.

16. Thomas SS, Mazur JM, Wright N. Quantitative assessment of ankel-foot orthoses for children with cerebral palsy. Dev Med Child Neurol. 1992;34:547-55.

17. Song CH, Lee SW. Effects of foot orthotic on postrual sway. J Kor Soc Phys Ther. 2004;16(2):99-107.

18. Shin HK, Ko MS, Kim DH et al. The immediate effects of the toe spreader on the gait of children with spastic diplegic cerebral palsy. Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists. 2003;10(4):77-83.

19. Lim HY, Ahn YJ, Kim YR et al. A study on effect in hemiplegic patients in the hinged plastic ankle foot orthoses and solid plastic ankle foot orthosis. J Kor Soc Phys Ther. 2004;16(3):161-75.

20. Park ES, Park CI, Lee HJ et al. Comparison of gait characteristics with dynamic and solid ankle-foot orthoses in children with spastic cerebral palsy. J Korean Acad Rehab Med. 2000;24(4):663-71.

21. Rose SA, Ounpuu S, Duluca PA. Strategies for the assessment of pediatric gait in the clinical setting. Phys Ther. 1991;71:93-112.

22. Carlberg EB, Hadders AM. Postural dysfunction in children with cerebral palsy: Some implications for therapeutic guidance. Neural Plast. 2005;12(2-3):221-8.

23. Guskiewicz KM, Perrin DH. Effect of orthotics on postural sway following inversion ankle sprain. J Orthop Sports Phys Ther. 1996;23:326-31.

24. Van der Heide JC, Fock JM, Otten B et al. Kinematic characteristics of postural control during reaching in preterm children with cerebral palsy. Pediatr Res. 2005;58(3):586-93.

25. Moon JG. The effect of ankle foot orthosis on muscle activity and weight distribution in standing position of children with spastic diplegia. Yongin University. Dissertation of Master's Degree. 2006.

26. Murray MP, Drought AB, Kory RC. Walking patterns of normal man. Bone joint Surg Am. 1964;46:335-60.

27. Perry J. Kinesiology of lower extremity bracing. Clin Orthop Relat Res. 1974;102:18-31.

28. Sutherlalnd DH, Hagy JL. Measurement of gait movements from motion picture film. J Bone Joint Surg Am. 1972;54(4):787-97.

29. Winter DA, Kuryliak WM. Dynamic stabilization inhuman gait. Biomechanics. 1974;2:280-6.

30. Lee KS. Biomechanical analysis of the gait pattern differences between in normal children and children with cerebral palsy. Hallym University. Dissertation of Master's Degree. 1998.

31. Heo CS, Park BL. Coordination and timing control capabilities in children with cerebral palsy. Korean journal of sport psychology. 1999;10(2):21-44.

32. Norlin R, Odenrick P. Development of gait in spastic children with cerebral palsy. J of Pediatric Orthopedics. 1986;6:674-80.