

뇌졸중 환자의 단하지 보조기 착용 유무에 따른 보행 양상의 변화

Change of gait pattern by ankle foot orthosis in stroke patients with foot drop

오재건, 박기연, 정병준¹, 이일석, 최산호, 이상관, 성강경*

원광대학교 한의과대학 광주한방병원 심계내과학교실, ¹원광대학교 광주병원 양방재활과

Jaegun Oh, Kee-eon Park, Byongjun Jung¹, Ilsuk Lee, Sanho Choi, Sangkwan Lee, Kang-keyng Sung*

Department of internal medicine and neuroscience, College of Korean medicine, Wonkwang University

¹Department of Rehabilitation Medicine, Gwang-ju Waonkwang University hospital

■ **Objectives** This study was designed to investigate the effects of an ankle foot orthosis(AFO) on gait of two hemiparetic stroke patients with foot drop.

■ **Methods** Gait of two hemiparetic stroke patients were analyzed during walking on the treadmill without or with AFO application. The spatiotemporal and center of pressure(CoP) intersection parameters of gait analysis were measured using a treadmill gait analysis system.

■ **Results** The AFO had positive effects on hemiparetic gait parameters; increasing cadence, increasing step length, decreasing step time, stride time, and lateral symmetry.

■ **Conclusion** Hemiparetic gait was improved by ankle foot orthosis.

■ **Key words** Stroke, Gait analysis, Ankle foot orthosis

□ 서론

뇌졸중 환자들은 뇌 손상 부위와 정도에 따라 운동장애, 언어장애, 연하장애, 대소변 장애, 감각장애, 인지장애 등 다양한 증상이 발생하여 일상생활을 하는데 많은 제약이 따른다^{1, 2)}. 뇌졸중 환자들이 가장 많이 불편을 호소하는 증상은 보행 장애인데, 이는 독립적인 생활을 위해 보행이 가장 필요하기 때문이다. 따라서 뇌졸중 환자에게 운동기능 중 보행 능

력 회복이 중요하며 치료의 주안점이다. 특히 족하수(foot drop)가 있는 뇌졸중 환자는 입각기(stance phase)의 초기 닿기(initial contact) 시기에 발뒤꿈치보다 발바닥이나 발가락이 먼저 닿게 되면서 입각기가 짧아지고, 유각기(swing phase) 시기에 발끝이 지면에 닿게 된다³⁾. 그러므로 환자는 보상운동으로서 회선보행(circumduction gait)을 하게 된다³⁾.

족하수를 가진 환자들은 단하지 보조기(Ankle foot orthosis, AFO)를 착용하는데, AFO는 발목을 들어주면서 관절의 안정성을 확보하고, 지면 반발력에 대한 충격 흡수를 통해 슬관절의 안정성을 확보

* 교신저자: 성강경

전화: 062 670 6412, E-mail : sungkk@wonkwang.ac.kr

하는데 도움이 된다⁴⁾. 그러므로 족하수 환자가 AFO를 착용하고 보행하게 되면, 에너지 소모량이 줄고 보행속도가 증가한다⁴⁾. AFO 착용에 따른 보행주기 변화는 초기 입각기와 유각기 동안 족관절의 저축 굴곡(plantar flexion)을 방지하고⁵⁾, 유각기동안 불충분한 배측 굴곡(dorsi flexion)과 입각기동안 거골하관절(subtalar joint)의 내외측 불안정성을 보상해주어 균형 능력을 증가시키는 역할도 하게 된다⁶⁻⁸⁾.

임상적으로도 많은 환자들에게 AFO를 사용하고 있는데^{2, 7, 9, 10)}, 국내 한방임상 분야에서는 AFO착용이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향에 대한 연구가 많지 않은 실정이다. 이에 본 연구에서는 뇌졸중 환자를 대상으로 플라스틱 AFO 착용유무에 따른 보행의 시공간적, 운동역학적 지표 변화를 측정하여 AFO 착용이 뇌졸중 환자의 보행에 미치는 영향을 파악하고자 한다.

□ 재료 및 방법

1. 연구대상

Brain CT상 뇌출혈로 진단받고 족하수 증상을 갖는 환자 2명을 대상으로 하였다(Fig. 1). 환자 2명 모두 발목 변형, 편측 무시(hemi neglect), 의사소통장애(한국판 간이 정신상태 검사(MMSE-K)에서 24 점 이하), 고유감각장애(proprioception disorder), 신경학적 질환에 대한 과거력, 발목의 정형외과적 문제(아킬레스건 구축과 내반족 등)를 보이지 않았다. 환자1(Table 1)은 후방형 플라스틱 AFO를 착용(Fig. 2)하였고, 환자2(Table 1)는 전방형 플라스틱 AFO(Fig. 2)를 착용하였다.

2. 족하수 판정

발목과 발가락을 족배굴곡시키는 근육의 자율적인 조절이 부족하여 보행 주기의 유각기동안 족배굴곡이 충분하지 않을 때를 족하수로 판정하였다.

3. 보행분석 방법

뇌졸중 후 족하수를 보이는 환자 2명의 마비된 하지측에 AFO착용 전과 착용 직후에 Treadmill Gait analysis 장비(ZebrisCo.Ltd FDM-T)를 이용하여

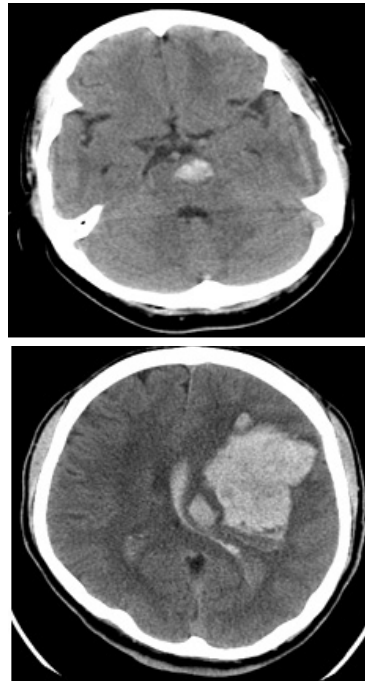


Fig. 1. Brain CT images of case 1(top) and 2(bottom) with cerebral hemorrhage.



Fig. 2. Ankle foot orthosis(AFO) type for case 1(top) and 2(bottom) with foot drop.

Table 1. Personal and Medical Information of Two Patients with Cerebral Hemorrhage.

| | 환자1 | 환자2 |
|----------------------|-------------|---------------|
| 성별/나이 | 여/36 | 남/54 |
| 뇌졸중 종류 | 뇌내출혈 | 뇌내출혈, 뇌실내 출혈 |
| 뇌출혈 부위 | 좌측 교뇌 | 좌측 중대뇌동맥 |
| 하지마비 부위 | 우측 | 우측 |
| 발병일 | 2013년 4월 6일 | 2012년 10월 10일 |
| 보행분석 측정일 | 2013년 7월 3일 | 2013년 8월 6일 |
| 보행관련 정형외과적 문제 | 무 | 무 |
| 도수근력검사 (마비측상지/하지) | 4+ / 4+ | 2+ / 3 |



Fig. 3. Treadmill gait analysis system and unloading walker system.

보행 분석하였다. 환자가 트레드밀 위에서 1분간 걷는 동안 0.05초마다 데이터를 획득하였다. 보행 관련 데이터는 시공간적인 보행변수(Temporal or spatial gait parameter)와 압력중심(Center of pressure)관련 변수를 측정하였다(Table 2). 낙상을 대비하여 환자에게 안전벨트를 착용 시켰으나 보행에 방해되지 않게 탈부하시키지는 않았다(Fig. 3). AFO의 족배굴곡 각은 90도로 고정하였으며, 두 환자들은 모두 보행 분석을 하기 전에 AFO에 충분히 적응하도록 하였고, 다른 치료효과에 대한 영향을 배제하기 위해 AFO 착용 전과 후의 데이터를 3시간 간격을 두고 획득하였다.

□ 결과

1. AFO 착용 전후 보행관련 시간적인 변수(Temporal parameter)의 변화

AFO의 효과를 확인하기 위해 측정한 보행의 시

간적인 변수들로 1분간 보행 수, 보행속도, 보행주기의 입각기와 유각기, 양하지 지지기, 한 발짝 시간과 한 걸음 시간 등을 측정하였다(Fig. 4-7).

환자 1의 AFO 착용 전과 AFO 착용 후에 1분간 보행 수(step/min)는 61.79 ± 2.67 , 65.61 ± 3.43 , 보행속도(km/h)는 0.42 ± 0.06 , 0.43 ± 0.07 , 비마비된 하지 입각기(%)는 87.70 ± 2.56 , 85.30 ± 1.65 , 마비된 하지 입각기(%)는 78.36 ± 2.73 , 78.23 ± 2.16 , 비마비된 하지 유각기(%)는 12.30 ± 2.56 , 14.70 ± 1.65 , 마비된 하지의 유각기(%)는 21.64 ± 2.73 , 21.77 ± 2.16 , 양하지 지지기(%)는 65.95 ± 3.74 , 63.48 ± 2.41 , 비마비된 하지의 한 발짝 시간(sec)은 1.06 ± 0.06 , 0.98 ± 0.09 , 마비된 하지의 한 발짝 시간(sec)은 0.88 ± 0.05 , 0.85 ± 0.07 , 한 걸음 시간(sec)은 1.95 ± 0.08 , 1.83 ± 0.10 이었다(Fig. 4-7).

환자 2의 AFO 착용 전과 AFO 착용 후에 1분간 보행 수(step/min)는 75.33 ± 2.72 , 78.41 ± 2.89 , 보

Table 2. Measured Gait Parameters and Their Definitions.

| 시간관련 보행 변수(Temporal gait parameter) | |
|---|---|
| 1분간 보행수(Cadence, step/min) | Step frequency |
| 보행속도(Velocity, km/h) | Average gait speed |
| 입각기(Stance phase, %) | The phase of a gait cycle in which the foot has contact with the ground |
| 유각기(Swing phase, %) | The phase of a gait cycle during which the foot has no contact with the ground |
| 양하지 지지기(Double support, %) | The phase of contact time of the feet on the ground |
| 한 발짝 시간(Step time, sec) | Time of the phase within a gait cycle between the heel contact of one side of the body and the heel contact of the contralateral side |
| 한 걸음 시간(Stride time, sec) | Time span of a stride |
| 공간관련 보행변수(Spatial gait parameter) | |
| 한 발짝 길이(Step length, cm) | The distance between the heel contact of one side of the body and the heel contact of the contralateral side |
| 한 걸음 길이(Stride length, cm) | The distance between two heel contacts on the same side of the body |
| 압력중심 변수(Center of Pressure parameters, CoP) | |
| 전후위치(Ant./Post, Position, mm) | The shift forwards or backwards of the CoP Intersection Point in chronological sequence in the cyclogram display |
| 좌우대칭성(Lateral symmetry, mm) | The left or right shift of the CoP Intersection Point in chronological sequence in the cyclogram display |

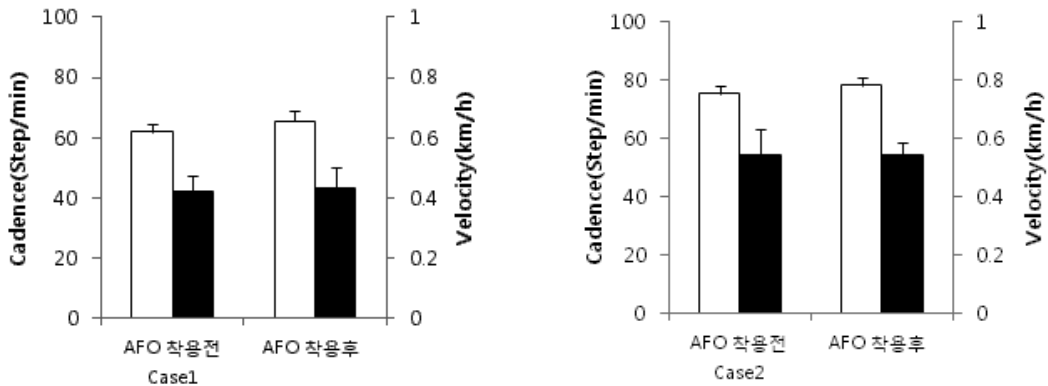


Fig. 4. Cadence and velocity before and after ankle foot orthosis(AFO) application to case 1 or 2. White and black bar represent cadence(left scale) and velocity(right scale), respectively.

행속도(km/h)는 0.55 ± 0.09 , 0.54 ± 0.05 , 비마비된 하지 입각기(%)는 83.96 ± 1.74 , 85.81 ± 1.34 , 마비된 하지 입각기(%)는 54.36 ± 2.27 , 53.41 ± 2.34 , 비마비된 하지 유각기(%)는 16.04 ± 1.74 , 14.19 ± 1.34 , 마비된 하지의 유각기(%)는 45.64 ± 2.27 ,

46.59 ± 2.34 , 양하지 지지기(%)는 38.37 ± 3.16 , 39.23 ± 2.90 , 비마비된 하지의 한 발짝 시간(sec)은 0.62 ± 0.02 , 0.56 ± 0.03 , 마비된 하지의 한 발짝 시간(sec)은 0.98 ± 0.05 , 0.97 ± 0.05 , 한 걸음 시간(sec)은 1.60 ± 0.06 , 1.53 ± 0.06 이었다(Fig. 4-7).

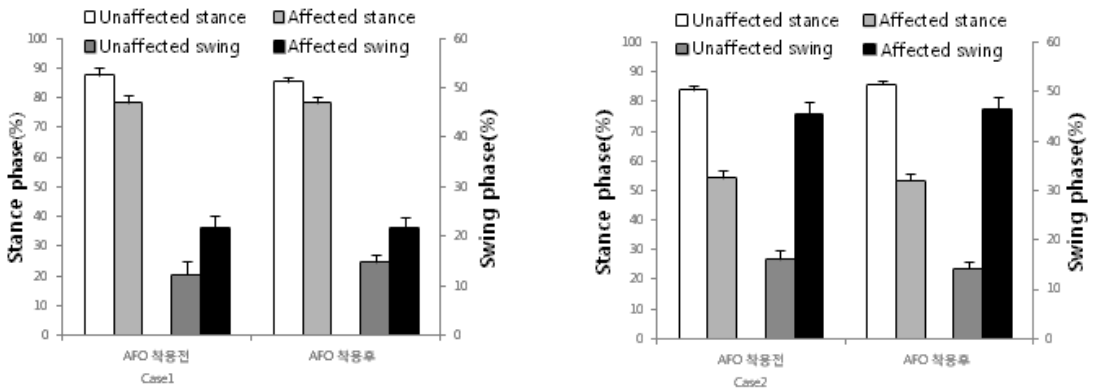


Fig. 5. Stance(left scale) and swing phase(right scale) Before and After ankle foot orthosis(AFO) application to case 1 or case 2.

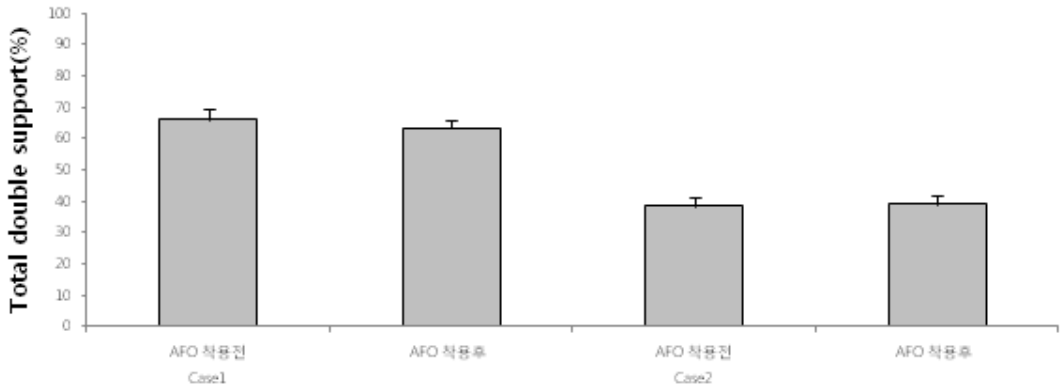


Fig. 6. Total double support Before and After ankle foot orthosis(AFO) application to case 1 or case 2.

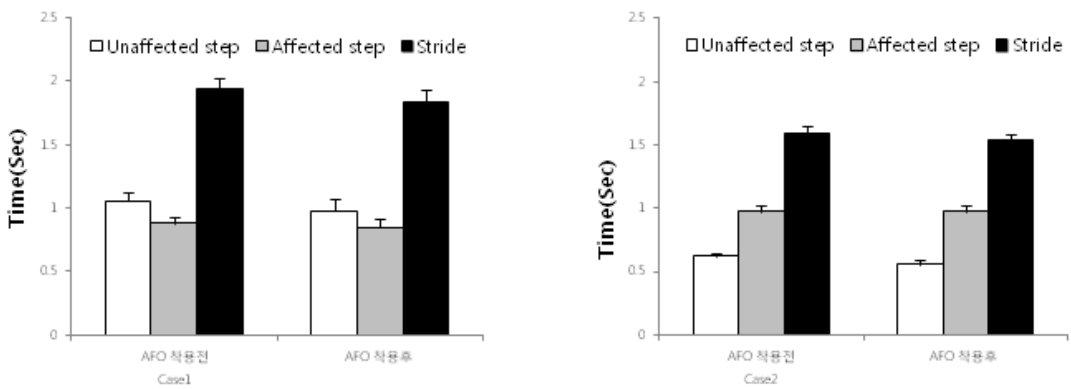


Fig. 7. Step and stride time of unaffected or affected limb Before and After ankle foot orthosis(AFO) application to case 1 or case 2.

2. AFO 착용 전후 보행관련 공간적 변수 (spatial parameter) 변화

AFO의 효과를 확인하기 위해 측정된 보행의 공간적인 변수들로 한 발짝 길이(Step length)와 한 걸음 길이(Stride length)를 측정하였다.

환자 1의 AFO 착용 전과 AFO 착용 후에 비마비된 하지의 한 발짝 길이(cm)는 7.91 ± 2.69 , 8.46 ± 3.33 , 마비된 하지의 한 발짝 길이(cm)는 14.69 ± 2.82 , 13.15 ± 2.07 , 한 걸음 길이는 22.71 ± 3.04 , 21.88 ± 3.54 이었다(Fig. 8).

환자 2의 AFO 착용 전과 AFO 착용 후에 비마비된 하지의 한 발짝 길이(cm)는 -5.66 ± 3.3 , -6.59 ± 2.17 , 마비된 하지의 한 발짝 길이(cm)는 29.74 ± 2.06 , 29.78 ± 1.71 , 한 걸음 길이는 $24.12 \pm$

3.68 , 23.14 ± 2.11 이었다(Fig. 8).

3. AFO 착용 전후 보행 중 압력중심의(CoP parameter) 변화

AFO의 효과를 확인하기 위해 측정된 보행의 압력중심의 변수로는 공간적인 변수들로 전후위치(Ant./Post. Position)와 좌우대칭성(Lateral symmetry)을 측정하였다.

환자 1의 AFO 착용 전과 착용 후에 전후위치(mm)는 149 ± 17 , 140 ± 14 , 좌우대칭성(mm)은 27 ± 30 , 11 ± 31 이었다(Fig. 9).

환자 2의 AFO 착용 전과 착용 후에 전후위치(mm)는 147 ± 9 , 146 ± 13 , 좌우대칭성(mm)은 146 ± 13 , 57 ± 21 이었다(Fig. 9).

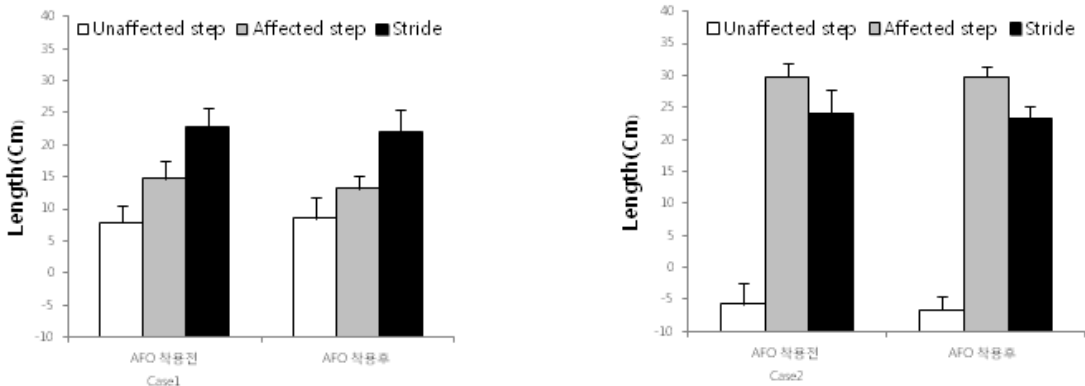


Fig. 8. Step and stride length of unaffected or affected limb Before and After ankle foot orthosis(AFO) application to case 1 or case 2.

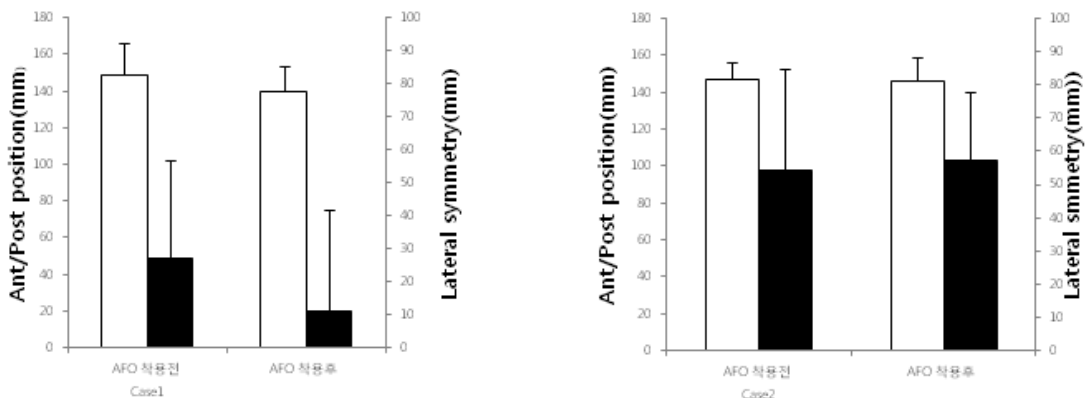


Fig. 9. Ant./Post. position and lateral symmetry of center of pressure(CoP) during walking before and after AFO application to case 1 or case 2.

□ 고찰 및 결론

본 연구에서는 입원 재활치료 중인 우측 편마비와 함께 족하수 증상을 가지고 있는 뇌졸중 환자 2명을 대상으로 AFO의 착용이 보행에 미치는 즉시효과를 파악하기 위해 보행분석을 시행하였다.

환자1은 AFO 착용 후 1분간 보행 수, 보행속도, 양하지의 유각기, 마비된 하지의 한 발짝 길이 등이 증가하였고, 나머지 변수들에서는 감소하는 경향을 보였다. 환자 2는 AFO 착용 후 1분간 보행 수, 마비된 하지의 유각기, 양하지 지지기, 마비된 하지의 한 발짝 길이, 한 걸음 길이, 좌우 균형 등에서 증가하였고, 나머지 변수들에서는 감소하는 경향을 보였다 (Table 3).

환자 1과 2의 일치된 결과는 1분간 보행 수, 마비된 하지의 입각기와 유각기, 양하지의 한 발짝 시간, 양하지의 한 발짝 길이, 압력중심의 전후 위치 등이었다(Table 3).

편마비 보행의 특징은 정상보행에 비해 보행 속도가 느려지고⁴⁾, 1분간 보행수가 감소된다¹¹⁾. 유각기와 입각기도 변하게 되는데, 비마비된 하지에서 유각기 비율은 감소되고, 입각기 비율이 증가되며¹¹⁾, 양하지 지지기는 상승하게 된다¹³⁾. 또한 한 걸음 시간은 증가되고¹⁴⁾, 한 발짝 길이는 감소된다¹⁵⁾.

AFO 착용은 편마비 환자에게서 보행 속도^{3, 16)}, 한 발짝 길이³⁾, 한 걸음 길이¹⁶⁾를 증가시킨다는 결과도 있지만, 다른 연구들⁶⁻⁸⁾에서는 일관된 결과를 보이지 않고 있다. 본 연구에서 두 환자의 일치된 결과에서도 한 발짝 길이와 한 걸음 길이는 증가되었다. 다만, 보행 속도는 환자 1은 증가하였고, 환자 2는 감소하였다. 그 이유는 환자 2는 상하지 운동성이 상대적으로 낮아 일관된 보행패턴을 보이지 못하고, AFO 착용 후 적응하는 능력이 저하되었기 때문으로 사료된다.

Table 3. AFO 착용 후 보행에 대한 즉시효과(immediately effect).

| | case 1 | case 2 | 결과 일치 |
|--|--------|--------|-------|
| 시간관련 보행 변수(Temporal gait parameter) | | | |
| 1분간 보행수(step/min) | 증가(↑) | 증가(↑) | 일치 |
| 보행속도(km/h) | 증가(↑) | 감소(↓) | |
| 입각기(마비된 하지)(%) | 감소(↓) | 감소(↓) | 일치 |
| 입각기(비마비된 하지)(%) | 감소(↓) | 증가(↑) | |
| 유각기(마비된 하지)(%) | 증가(↑) | 증가(↑) | 일치 |
| 유각기(비마비된 하지)(%) | 증가(↑) | 감소(↓) | |
| 양하지 지지기(%) | 감소(↓) | 증가(↑) | |
| 한 발짝 시간(마비된 하지)(sec) | 감소(↓) | 감소(↓) | 일치 |
| 한 발짝 시간(비마비된 하지)(sec) | 감소(↓) | 감소(↓) | 일치 |
| 한 걸음 시간(sec) | 감소(↓) | 감소(↓) | 일치 |
| 공간관련 보행변수(Spatial gait parameter) | | | |
| 한 발짝 길이(마비된 하지)(cm) | 증가(↑) | 증가(↑) | 일치 |
| 한 발짝 길이(비마비된 하지)(cm) | 감소(↓) | 감소(↓) | 일치 |
| 한 걸음 길이(cm) | 감소(↓) | 증가(↑) | |
| 압력중심 변수(Center of pressure parameter) | | | |
| 전후 위치(mm) | 감소(↓) | 감소(↓) | 일치 |
| 좌우 균형(mm) | 감소(↓) | 증가(↑) | |

환자 1과 2를 비교하면, 동일한 Treadmill 속도에서 두 환자 모두 1분간 보행 수가 증가하는 것은 정상보행에 가까워진 것이므로 긍정적인 효과라고 할 수 있다. 입각기와 유각기의 비율을 기준으로, 환자 1에서는 입각기는 감소하고 유각기가 증가하면서 양하지 지지기의 비율도 감소한 것은 정상보행에 가까워진 것이므로 긍정적인 효과라고 할 수 있다. 그러나 환자 2에서는 이러한 보행양상의 긍정적인 변화를 보이지 않았다. 보행시간 변수를 기준으로 두 환자 모두 한 발짝 시간은 감소하고, 한 발짝 길이가 증가한 것은 정상 보행에 가까워진 것이므로 긍정적인 효과라고 할 수 있다.

압력중심의 위치를 기준으로 환자 1은 전후 위치 변동과 좌우 비대칭성도 감소하여 보다 균형 있는 보행변화를 보였는데, 환자 2는 전후 위치 변동은 감소하였으나 좌우 비대칭은 도리어 증가하였다. 그 이유는 두 환자의 운동 능력 차이 때문일 것으로 생각된다. 왜냐하면, 편측 마비는 보행 중에 전후 균형 보다는 좌우 균형에 더 영향을 줄 수 있기 때문이다.

결과적으로 AFO 착용에 의해 환자 1은 다양한 보행변수에서 긍정적인 즉시 효과가 보였으나, 환자 2는 환자 1에 비해 긍정적인 즉시 효과가 적다고 할 수 있다. 그 이유는 환자 1과 2의 운동성 차이에 기인한 것으로 사료된다.

그러나 보다 정확하고 일관된 결과를 위해서는 향후 의학적 상태가 균질화된 보다 많은 뇌졸중 환자를 대상으로 본 연구를 시행하는 것이 필요하다.

참고문헌

1. Olsen TS. Arm and leg paresis as outcome predictors in stroke rehabilitation. *Stroke*. 1990 February 1, 1990;21(2):247-51.
2. Pohl M, Mehrholz J. Immediate effects of an individually designed functional ankle-foot orthosis on stance and gait in hemiparetic patients. *Clinical Rehabilitation*. 2006;20(4):324-30.
3. Bohannon RW. Walking after stroke: comfortable versus maximum safe speed. *International Journal of Rehabilitation Research*. 1992;15(3):246-8.

4. Brandstater M, De Bruin H, Gowland C, Clark B. Hemiplegic gait: analysis of temporal variables. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1983;64(12):583.
5. Geboers JF, Janssen-Potten YJ, Seelen HA, Spaans F, Drost MR. Evaluation of effect of ankle-foot orthosis use on strength restoration of paretic dorsiflexors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2001;82(6):856-60.
6. Esquenazi A, Ofluoglu D, Hirai B, Kim S. The Effect of an Ankle-Foot Orthosis on Temporal Spatial Parameters and Asymmetry of Gait in Hemiparetic Patients. *PM&R*. 2009;1(11):1014-8.
7. Fatone S, Gard SA, Malas BS. Effect of Ankle-Foot Orthosis Alignment and Foot-Plate Length on the Gait of Adults With Poststroke Hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2009;90(5):810-8.
8. Nolan KJ, Savalia KK, Lequerica AH, Elovic EP. Objective Assessment of Functional Ambulation in Adults with Hemiplegia using Ankle Foot Orthotics after Stroke. *PM&R*. 2009;1(6):524-9.
9. Churchill AJ, Halligan PW, Wade DT. Relative contribution of footwear to the efficacy of ankle-foot orthoses. *Clinical Rehabilitation*. 2003;17(5):553-7.
10. Wang R-Y, Yen L-L, Lee C-C, Lin P-Y, Wang M-F, Yang Y-R. Effects of an ankle-foot orthosis on balance performance in patients with hemiparesis of different durations. *Clinical Rehabilitation*. 2005 January 1, 2005;19(1):37-44.
11. Lehmann JF, Condon SM, Price R, DeLateur B. Gait abnormalities in hemiplegia: their correction by ankle-foot orthoses. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1987;68(11):763.
12. Burdett RG, Borello-France D, Blatchly C, Potter C. Gait comparison of subjects with hemiplegia walking unbraced, with ankle-foot orthosis, and with Air-Stirrup® brace. *Physical Therapy*. 1988;68(8):1197-203.
13. Gaviria M, D'Angeli M, Chavet P, Pelissier J, Peruchon E, Rabischong P. Plantar dynamics of hemiplegic gait: a methodological approach. *Gait & Posture*. 1996;4(4):297-305.

14. Trueblood PR, Walker JM, Perry J, Gronley JK. Pelvic exercise and gait in hemiplegia. *Physical Therapy*. 1989;69(1):18-26.
15. Wagenaar R, Beek W. Hemiplegic gait: a kinematic analysis using walking speed as a basis. *Journal of biomechanics*. 1992;25(9):1007-15.
16. Leung J, Moseley A. Impact of Ankle-foot Orthoses on Gait and Leg Muscle Activity in Adults with Hemiplegia: Systematic literature review. *Physiotherapy*. 2003;89(1):39-55.