

하반신마비환자를 위한 하이브리드 보행시스템 연구 Research of Hybrid Gait Orthosis Analysis for paraplegics

*강성재¹, 류제청¹, 김규석¹, 송동진², 문무성¹
#S. J. Kang(kang@korec.re.kr)¹, J. C. Ryu¹, C. Y. Kwon¹, M. S. Mun¹
¹ 재활공학연구소, ² 중원대학교

Key words : Hybrid Gait Orthosis, paraplegics, FES

1. 서론

하반신 마비환자의 보행을 보조하기 위한 시스템에 관한 많은 연구가 진행되고 있다. 하반신마비환자의 보행은 착용자의 건강상태에 개선이 있으며, 재활을 위하여 반드시 필요한 기능이다. 대부분의 하반신 마비환자는 운동기능의 상실로 인하여 근력의 약화, 감각기능의 소실, 방광 및 장 기능 통제 소실, 자율 신경의 이상 등의 증상을 나타낸다. 이들의 재활치료를 위하여 보조기를 이용한 보행훈련은 하지관절의 구축방지 및 강직의 감소, 피부 욱창방지 효과뿐만 아니라 일상생활 동작 및 이동을 스스로 유지할 수 있도록 향상시킨다.

대표적인 보행보조기는 Douglas[1] 등이 고안한 교차 보행보조기가 있으며, 이는 골반과 고관절에 연결된 밴드의 기계적 작동에 의해 고관절 굴곡 또는 신전을 유도하였다. Solomonow[2]는 기능적 전기자극장치(FES)와 보행보조기를 결합한 최초의 혼합형 보행보조장치[3]를 만들어 척수손상 환자를 대상으로 근육의 반응도, 훈련조건, 비용, 근육의 강직도 감소 등을 연구하였다. 클리블랜드 FES 센터와 케이스 웨스턴 리저브대학 연구팀은 임플란트 일렉트로드를 가진 16개월 전기자극장치와 보행기를 이용하여 하반신 마비환자를 8분 동안 서있게 하고 20m를 보행하게 하였다. 그러나 전기 자극을 이용한 하이브리드 보행보조기는 운동신경 손상이면서 적당한 강직이 있는 경우만 보행이 가능했으며 전기 자극으로 인한 근육의 피로 및 과다한 에너지 소모의 문제점이 있었다.

따라서 기능적 전기자극장치의 장점과 보행보조기의 장점을 접목하는 하이브리드 시스템의 필요성이 대두되고 있다. 본 연구에서 제안하는 하이브리드 보행보조기는 고관절의 제어는 공압 근육으로, 무릎관절의 제어는 전기 자극 시스템을 이용하도록 하여, 기존의 동력보행보조 시스템의 단점인 무릎관절의 제어를 구현하고자 한다.

2. 실험방법

하이브리드 보행보조기구성

전기자극기를 동력보행보조기를 착용한 환자의 무릎관절



Fig. 1 Hybrid Gait Orthosis

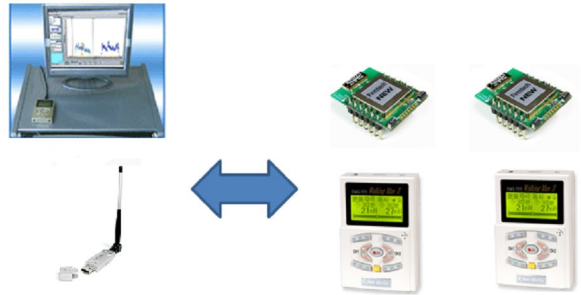
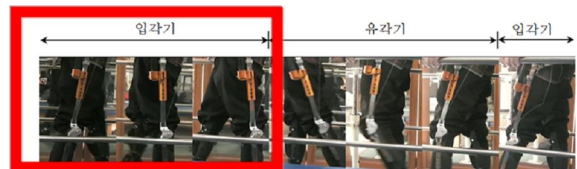


Fig. 2 Wireless FES control System

굴곡/신전근에 부착하여 유각기 무릎관절 굴곡을 제어하였다. 고관절의 제어[4]는 인공근육 및 골반밴드를 이용한 제어하며 위커에 부착된 스위치로 동작 시점을 제어하였다.

무선 전기 자극 시스템(한국, 사이버메디)은 동력 보행보조기의 보행 중 작동시키는 스위치의 신호를 전기자극기의 on/off 제어신호로 사용한다. 표면전극을 사용하여 환자보행의 스윙단계에서 환자의 근육이나 신경을 전기로 자극하여 다리를 드는 동작을 유발하여 보행이 가능하게 하였다. 환자 개개인에 적합한 자극 위치(motor point) 찾고, 전기 자극에 의해 무릎 굴곡 및 신전을 유발할 수 있도록 전기 자극 훈련 프로그램 실행하여 전기 자극에 의한 근력을 강화하였다. 이때 주파수 및 자극강도를 Labview 프로그램을 이용하여 모니터링 및 제어할 수 있도록 구성하였다(그림2).

보행분석을 위해 4개의 힘측정판(forceplate, 600mm ; 900 mm, Kistler, UK), 적외선 카메라 8대(Eagle4, Motion Analysis, USA), 10mm 반사마커, CCD 카메라 2대, 데이터 처리장치, PC 등으로 구성되어 있는 3차원 동작분석기(Motion Analysis, USA.)를 사용하였다. 보행분석을 위한 마커 셋팅은 Helen Hayes marker set을 사용하여 해부학적 위치에 총 19개의 마커를 부착하고 정적검사(static pose)를 시행하였고, 내측 4개의 마커를 제거한 후 동적 검사(dynamic pose)를 실시하였다. 본 연구는 재활공학연구소에 내원한 하반신마비환자 1명을 대상으로 실시하였다. 대상자에게 연구의 목적과 방법을 설명하고 연구 동의서에 서명한 후 실험을 실시하였다.



하중부하 Oneway 클러치 브레이크를 이용한 입각기 무릎 잠금

Fig. 3 Knee joint Brake System in Stance Phase

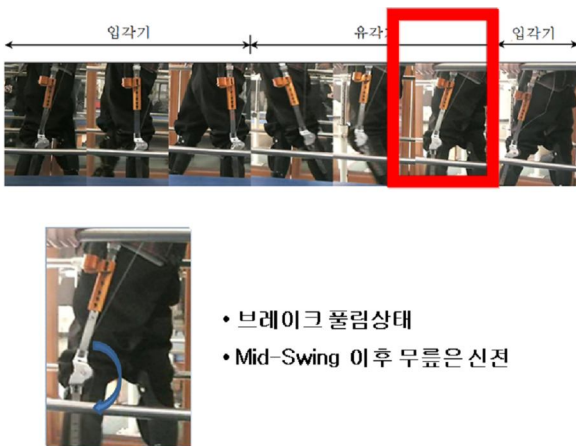


- 유각기 브레이크 풀림상태
- FES자극을 이용한 무릎 굴곡

Fig. 4 Knee joint Flexion in Initial Swing Phase

3. 결과

하이브리드 보행시 입각기의 제어는 하중부하 클러치 브레이크를 이용하였다. 발뒤축 접지가 되면 체중에 의한 하중부하로 무릎관절의 브레이크가 작동되어, 입각기에 체중을 지지한다. 이때 하반신 마비환자는 어떠한 동력원도 필요하지 않다(그림3). 하이브리드 보행보조 보행의 유각기에서는 하중부하가 없어지므로 무릎관절의 브레이크가 풀리게 되며, 무릎관절의 굴곡을 위해 전기자극기를 이용하여 근육을 수축시켰다. 정상 보행의 유각기는 는 하중부하가 없어지므로 무릎관절의 브레이크가 풀리게 되며, 무릎관절의 굴곡을 위해 전기자극기를 이용하여 근육을 수축시켰다(그림 4). 중간유각기 이후에 무릎관절은 신전을 하여 발뒤축접지가되어 다시 브레이크가 잠길 수 있도록 된다(그림 5).



- 브레이크 풀림상태
- Mid-Swing 이후 무릎은 신전

Fig. 5 Knee joint Extension in Mid Swing Phase

4. 토의

기능성 전기 자극장치를 이용한 하반신 마비환자의 보행보조기법에 관한 연구는 기능성 전기 자극장치 사용에 따른 근피로와 부족한 근력에 의하여, 특정 마비환자를 대상으로만 성공되었다. 본 연구에서 제안하는 하이브리드 보행보조기는 무릎관절의 유각기에서 무릎의 굴곡과 신전을 제어하기만 하면 되기 때문에 기능성 전기자극장치의 장점과 보행보조기의 단점을 개선할 수 있는 대안이다. 모터를 이용한 무릎관절제어는 동력보행보조시스템의 무게를 증가시키고, 부착할 공간이 부족한 무릎관절의 부피를 크게 만든다. 전기 자극을 이용한 무릎관절의 유각기 굴곡 및 신전제어는 60kg의 대상자가 2Nm 이하의 작은 힘으로 무릎관절의 굴곡을 가능하게 해준다. 전기 자극 또한 작은 전류로 가능하고 입각기에는 브레이크에 의해 휴식을 취하고 동력보행보조기 보행시 유각기 비율이 30%정도 이므로 한 보행주기의

15%기간에서만 근 수축을 해주면 된다. 따라서 전기 자극 장치를 사용할 때의 문제인 근피로도 문제가 없다.

5. 결론

하반신 마비환자를 위한 하이브리드 보행보조기를 제안하고 무릎관절에 적용하여 보았다. 기존의 기능성전기자극장치 보행 또는 하이브리드 시스템에 비하여 무릎관절의 굴곡과 신전만을 제어함으로써 근피로가 없고 자연스러운 보행을 유발할 수 있다. 또한 하이브리드 보행보조기는 마비환자의 잔존 하지근육을 이용하여 보행하기 때문에 근력강화등의 재활치료 효과도 있다.

후기

본 논문은 보건복지부 의료공학융합기술개발사업(과제번호: 02-PJ3-PC6-EV03-0004)의 지원으로 이루어 졌습니다.

참고문헌

1. Douglas R, Larson PF, D'Ambrosia R, McCall RE. "The LSU reciprocation gait orthosis", Orthopedics.,Vol.6,pp 834-839, 1983
2. Solomonow M, Best R, Aguilar E, et al. "Reciprocating gait orthosis powered with electrical muscle stimulation (RGO II): Part I. Performance evaluation of 70 paraplegic patients.", Orthopedics., Vol 20, pp315-324, 1997.
3. Marsolais EB, Polando G, Lehneis HR, Tashman S., "Der gang von paraplegikern mit dem hybrid system aus FNS/orthesen Paraplegic walking with hybrid FNS/Orthotic system", Orthopadie Technik, Vol. 49, pp 372-376, 1998.
4. 강성재, 류제청,김규석, 김영호, 문무성, ;하반신 마비환자를 위한 동력보행보조기의 피드제어 기법 개발, 제어 로봇 시스템 학회, Vol 15, No 2, pp 163-168