

Haptic 시스템을 이용한 뇌졸중 환자의 상지 재활 훈련 (제 2보) Upper Limb Rehabilitation Training of Stroke Patients Using Haptic System(2)

*송민석¹, #김영택¹, 이호규², 이순재¹

*M. S. Song¹, #Y. T. Kim(robokim@cau.ac.kr)², H.K.Lee², S.T.Lee¹

¹ 중앙대학교 기계공학부, ²Shibaura Institute of Technology

Key words : Haptic, Stroke, Rehabilitation, Upper limb, Robot-aided

1. 서론

사회의 고령화에 수반해, 노화에 의한 뇌혈관 장애와 교통사고 등에 의한 인지 기능 장애자의 증가로 인해 재활 훈련의 중요성이 더해지고 있다. 종래의 운동기능 훈련이나 기능 회복 평가의 방법은 의사나 치료사의 관찰에 의한 평가가 대부분을 차지하였다. 이로 인하여 객관적인 평가 방법의 확립이 요구 되고 있다. 본 연구에서는 운동 기능 장애 및 운동 능력이 저하된 장애인이 일상생활 동작(Activities of daily living:ADL)을 수행할 수 있도록 회복하는 것을 목표로 하며, 더 나아가 발병 이전의 건강 상태로 회복시켜 직장생활을 비롯한 사회생활을 무리 없이 수행하여 사회의 한 구성원으로서 제 몫을 찾고 삶의 질을 향상시킬 수 있는 기회를 제공 및 지원하는 것이다.

즉, 뇌졸중 피험자의 상지 재활 훈련은 환자가 식사, 세면, 옷을 갈아입는 동작 등 일상생활 동작(ADL)을 수행하기 위한 상지(Upper limb)의 기능적 재활에 초점을 맞추었다. 훈련 프로그램을 수행할 때, 피험자의 상지 운동의 특성(동작속도, 수행 오차, 표면 근전도(EMG) 등)을 파악하여 객관적인 평가를 하였고 개발한 상지재활 훈련 장치의 유효성을 검토하였다.

2. 시스템 개요

2.1 시스템의 구성

본 시스템은 크게 Haptic 장치, EMG 측정 장치, 디스플레이, 퍼스널 컴퓨터 및 훈련 프로그램으로 구성되어 있다. Haptic 장치 본체는 AC 서보모터, 링크, 손잡이, 힘 센서, 조작판 등으로 이루어져 있다. Fig.1는 실험에 사용한 Haptic 장치를 나타냈다.¹⁾

2.2 훈련 프로그램

본 실험에 사용되는 프로그램은 기초 훈련 프로그램 중 상지 동작의 가장 기본이 되는 것으로서, 2차원 평면 위에서 운동을 하는 프로그램이다. 2차원으로 운동 범위를 좁혔기 때문에 프로그램을 수행할 때 사용되는 근육의 종류가 적으며 기능 또한 평가하기 수월하기 때문에 직선운동으로 정했다. Fig.2는 직선 동작 훈련 방법과 표면 근전도(EMG)의 장착 위치를 나타냈다. 직선 운동의 행정은 200[mm]이고 폭이 20[mm]인 가이드라인으로 컴퓨터 화면에 표시된다. 가이드라인의 중심에는 붉은 선을 표시하여 피험자가 훈련에 임할 때 보다 더 집중력을 갖고 훈련을 수행 할 수 있도록 했다.²⁾

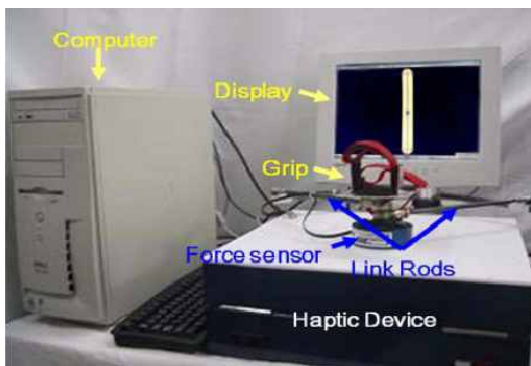


Fig.1 Haptic device system for upper limb rehabilitation

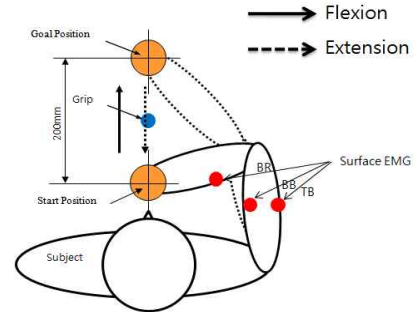


Fig.2 Method of experiment

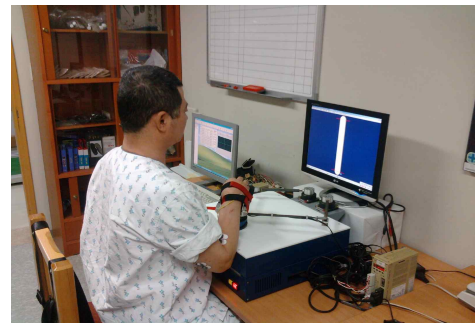


Fig.3 Patient was seated in front of the haptic device.

3. 실험

3.1 실험 환경

본 실험은 중앙대학교 병원 재활의학과에서 뇌졸중 환자를 대상으로 한 임상 실험을 실시했다. 실험을 위한 이상적인 장소는 외부 자극이 완전히 차단된 장소이다. 사람이 한가지에 집중하려 할 때는 작은 소리에도 민감하게 반응하게 되며 이것은 행동에 큰 영향을 미치게 된다. 직선 동작 프로그램은 피험자의 심리 상태 및 컨디션이 정확도에 영향을 미칠 정도로 정밀한 작업을 요구하는 프로그램이며, 상당한 집중력을 요구하게 된다. 그러므로 가급적 외부의 자극 및 인구의 이동이 적은 곳을 택하였다.

3.2 실험 방법

피험자는 Haptic 장치 앞에 앉아 직선 운동 프로그램을 시행했다. 직선 운동 프로그램의 시행 시간은 30초간 3회를 실시했으며, 몸은 움직이지 않고 상지만으로 동작을 시행하도록 구두로 요청했다.²⁾ 피험자가 훈련 동작을 수행할 때, 표면 근전도(EMG) 계측을 위해 전극을 장착했는데 그 위치는 완요골근(Brachioradialis : BR), 상완이두근(Biceps Brachii : BB), 상완삼두근(Triceps Brachii : TB) 3곳이다. EMG 측정 장치를 이용하여 각 각의 근 운동량을 계측했다.

3.3 실험 대상

본 연구에 참가한 피험자는 뇌졸중의 남성 1명, 여성 2명이었다. 피험자 3명의 성별, 장애정도 등의 프로필을 Table 1 에 나타냈다. 오른손 편마비 환자 3명으로 구성되었으며 편마비 회복단계(Brunstrom stage)는 3과 4였고 Fig.3는 뇌졸중 환자의 실제 실험 모습을 나타낸다.

Table 1 Profile of Patients

Name of disease	Age	Sex distinction	Hand of training
Stroke Patient A	62	woman	right
Stroke Patient B	54	man	right
Stroke Patient C	39	woman	right

피험자에게는 실험 의의에 대해 충분히 설명했고 동의를 받았으며, 중앙대학교병원 재활의학과에 임상실험 승인을 받았다.

4. 실험 결과

본 실험에 참가한 뇌졸중 환자 3명은 장애 정도가 달랐으며, 발병후 훈련에 입했던 시기 또한 달라, 일률적으로 평가하기가 쉽지 않아서 피험자별로 분석하였다. 지면이 부족하여 여기서는 피험자C에 대한 분석결과만 나타냈다. Fig.4과 Fig.5는 피험자C가 Haptic 장치로부터 힘 제시가 없는 직선 동작 훈련을 한 것이다.

Fig.4는 직선 동작훈련의 손잡이의 궤적과 속도를 나타낸다. Fig.4 (a)는 신전(Extension)과 굴곡(Flexion)을 타나낸 궤적이다. 첫 번째 신전(Extension1)에서는 평균오차가 1.4[mm], 굴곡(Flexion1)은 2.4[mm]로 피험자C는 신전운동보다 굴곡 운동에서 오차가 큰 것을 알 수 있었다. Fig.4 (b)는 속도를 나타냈다. Extension1의 평균속도는 24.3[mm/sec], Flexion1는 32.4[mm/sec]로 신전운동보다 굴곡운동에서 속도가 큰 것을 알 수 있었다.

Fig.5는 훈련 프로그램을 수행할 때, BR, BB, TB의 표면 근전도(EMG)를 나타낸다. 표면 근전도(EMG)의 측정값은 전압(V)으로 근육의 움직인 양을 나타냈다. Fig.5를 보면, 처음에서 15초까지는 신전(Extension1)의 운동을 나타내며 15초에서 20초까지는 굴곡(Flexion1)의 운동을 나타낸다. 피험자는 굴곡 보다 신전운동을 할 때 근육의 운동량이 많았다. Fig.4와 대비하여 보면, 신전운동을 할 때 근육의 운동량이 많은 것은 오차를 줄이기 위한 것임을 알 수 있었다.

Fig.6는 피험자C의 첫날과 10일째 날의 표면 근전도(EMG)의 결과를 나타낸다. BR의 평균 전압 값이 첫날에는 0.04[V]에서

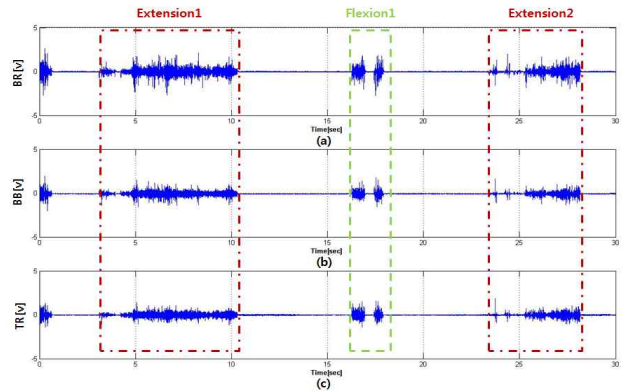


Fig.5 EMG of one subject. (a)BR, (b)BB, (c)TR

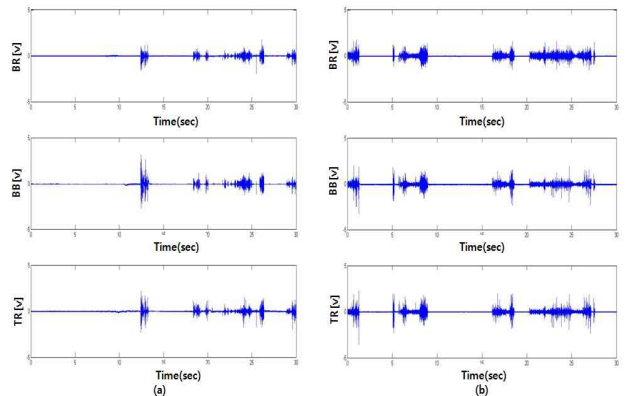


Fig.6 EMG of BR, BB and TB. (a) first day, (d) After 10th day

10번째 날은 0.1[V]로, BB는 0.08[V]에서 0.11[V]로, TB는 0.05[V]에서 0.078[V]로 전압이 모두 증가하였으므로 직선 동작훈련을 통해서 각 근육의 운동량이 증가한 것을 알 수 있었다.

5. 결론 및 고찰

개발된 훈련프로그램의 유효성을 검토하고 객관적인 평가를 제시하기 위해 운동 기능이 저하된 뇌졸중 환자 3명을 대상으로 상지 재활 훈련을 실시하였고 이를 통해 운동기능의 특성 (속도, 오차, 표면 근전도(EMG))을 파악하였다.

본 연구에서는 상지 재활 훈련으로 피험자의 수행속도와 오차 그리고 운동량을 측정할 수 있는 표면 근전도(EMG)를 비교 분석하였다. 표면 근전도(EMG)를 이용하여 BR, BB, TB의 근 운동량을 측정하였다. 상지 재활 훈련을 하는 10일 동안 피험자의 운동량이 증가한 것을 알 수 있었다. 속도와 오차의 관계보다 자세하고 정확한 평가를 제시 하였고 뇌졸중 환자의 전반적인 상태를 파악 할 수 있었다. 또한, 피험자에게 가시화된 정보를 제공하여 피험자 본인이 훈련에 의한 회복 진행 상황을 파악할 수 있어서 동기부여가 됐고 훈련에 대한 의욕 향상에 기여할 수 있었다.

참고문헌

1. H. Lee, Y. Takahashi, T. Miyoshi, T. Terada, K. Inoue, Y. Ito, Y. Ikeda, K. Suzuki and T. Komeda: "Basic Experiment of Upper Limb Rehabilitation Using Haptic Device System", Proceedings of the 2005 IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics 2005 pp. 444-447 June 2005.
2. H. K. Lee, M. S. Song and Y.K. Kim, S. T. Lee: "Upper Limb Rehabilitation Training of Stroke Patients Using Haptic System(1)", Proc. Of the kspe, pp. 51-51, Oct. 2009.
3. H. Lee, Y. Takahashi, T. Miyoshi, T. Terada, K. Inoue, Y. Ito, Y. Ikeda, K. Suzuki and T. Komeda: "Basic Experiments of Upper Limb Rehabilitation Using Haptic Device System", Proceedings of the 2005 IEEE 9th International Conference on Rehabilitation Robotics 2005 pp. 444-447 June 2005.

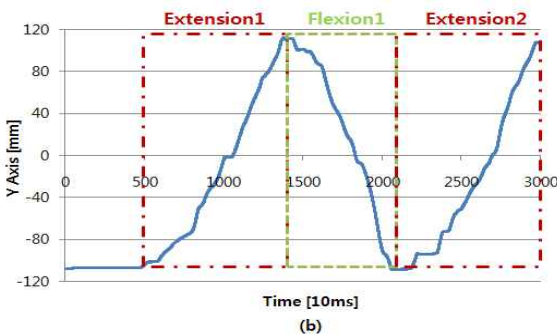
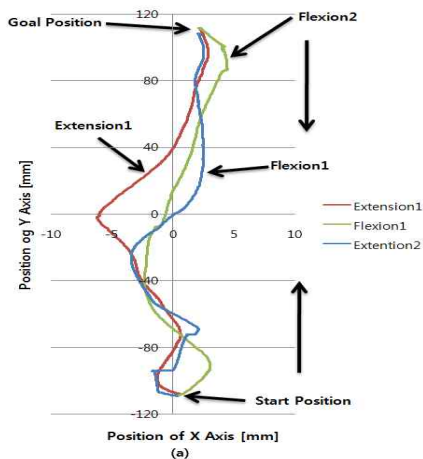


Fig.4 Typical profiles of the relationship between the grip position(a) and velocity(b) in one subject