

Haptic 시스템을 이용한 뇌졸중 환자의 상지 재활 훈련(제 1 보) Upper Limb Rehabilitation Training of Stroke Patients Using Haptic System(1)

*이호규¹, #송민섭², 김영탁², 이순태²

*H. K. Lee¹, #M. S. Song(ms_song@wm.cau.ac.kr)², K. Y. Kim³, S. T. Lee⁴

¹Shibaura Institute of Technology, ²중앙대학교 기계공학부

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

1. 서론

최근, 사회의 급속한 노령화에 따른 뇌질환 및 노화에 의한 상지 운동기능 장애인이 증가하고 있다. 운동 기능 장애 및 운동 능력이 저하된 장애인은 일상생활 동작(Activities of daily living:ADL)을 수행하기가 어렵기 때문에 이들에 대한 재활 훈련의 필요성이 높아지고 있다. 재활 훈련을 받아 운동기능이 회복되면, 일상생활 동작(ADL)의 향상으로 자립 및 독립생활을 영위할 수 있을 뿐만 아니라 사회 복귀도 가능하게 된다. 하지만, 종래의 운동 기능 회복 훈련이나 기능 회복 평가의 방법은 의사나 물리치료사의 관찰에 의한 주관적인 평가가 대부분을 차지하므로, 객관적인 평가 요구될 뿐만 아니라 더욱 효과적인 재활치료법이 요구되고 있다.

로봇 기술을 응용한 상지 리허빌리테이션 장치를 개발하고 있으나 실용화까지는 도달하지 못했다. 훈련 장치 및 훈련 프로그램의 개발에 있어, 환자의 장애 정도가 상이한 점을 고려해야 한다. 상지 운동기능 훈련을 필요로 하는 장애인이 무리한 훈련을 지속적으로 한다면, 근골격계질환인 관절 부위의 근육, 힘줄 또는 연조직이 손상되어 불편을 느끼거나 통증이 발생하는 증상이 유발돼 심리적, 정신적 고통에 따른 지속적인 훈련을 기대하기가 어렵다.

저자들은 Virtual Reality 기술의 일종인 haptic device 를 이용한 상지 운동기능 리허빌리테이션 시스템을 개발하고 있다¹⁾. 환자의 장애 정도에 따라 가동범위 및 운동 가능한 훈련 프로그램을 제안했고 훈련 효과를 높이기 위해 정량적인 부하나 어시스트력을 제시할 수 있는 훈련 프로그램을 개발하였다. 또한, 개발한 haptic device 및 훈련 프로그램을 건강자를 대상으로 한 임상 시험을 통해, 장치 및 훈련 프로그램의 타당성을 평가했다²⁾.

장애인의 상지 운동기능 훈련은 환자가 식사, 세면, 옷을 갈아입는 동작 등 일상생활 동작(ADL)을 수행할 수 있도록 하는 것이 목표이다. 본 실험에서는 개발한 훈련 프로그램의 유효성을 검토하기 위해서 뇌졸중 환자를 대상으로 임상 시험을 실시했다. 훈련 프로그램을 수행할 때, 피험자의 상지 운동의 특성(동작 속도, 수행 오차 등)을 파악하였기에 소개한다.

2. 시스템 개요

2.1. 실험 장비의 구성

개발한 Haptic Device 를 Fig. 1 에 나타낸다. 본 시스템은 Haptic Device, 디스플레이, 퍼스널 컴퓨터 및 훈련 프로그램으로 구성되어 있다. Haptic Device 본체에는 훈련 프로그램을 수행할 시, 조작하는 손잡이, AC 써보모터, 링크, 힘 센서 및 조작 판 등으로 구성되어 있다. AC 써보모터에는 엔코더가 장착되어 있어 링크의 회전 각도를 계측할 수 있다. 구동 링크는 패러렐 링크 기구로 구성되어 있어 메커니즘적으로 심플하고 손잡이의 위치 정도를 높일 수 있도록 했다. 손잡이에 제시하는 힘의 계측은 6 축 힘 센서(NITTA Co., Ltd, IFS-90 Series)를 사용했다. 조작 판에는 마찰 계수가 낮은 불소 수지를 사용하였고, 조작 중에 발생하는 마찰력을 절감하기 위해 손잡이의 밑면에도 불소 수지를 붙였다.

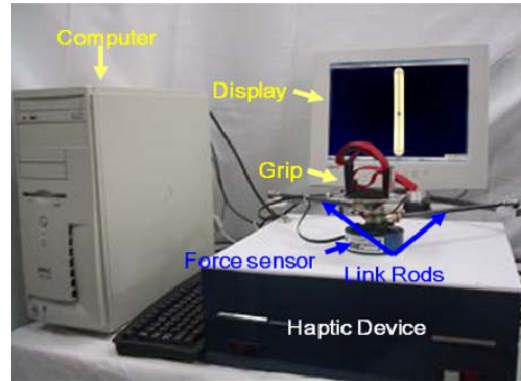


Fig. 1 Haptic device system for upper limb rehabilitation

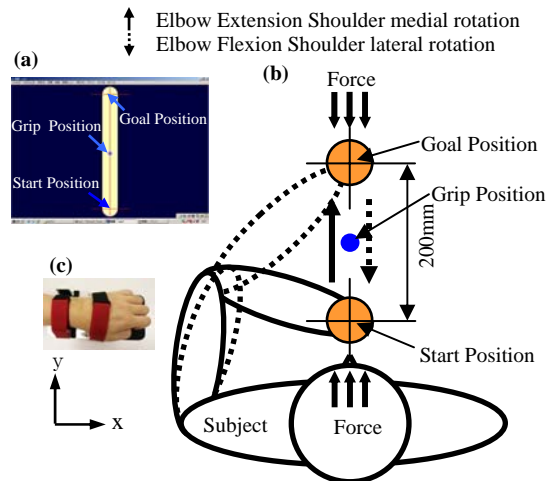


Fig. 2 Image of training method; (a) Screen image of the training program. (b) Method of experiment (reaching exercise). (c) The external view of the fixes subject's hand and wrist to the grip.

2.2. 실험 프로그램

본 실험에 사용한 프로그램은 개발한 기초 훈련 프로그램 중, 가장 상지 동작의 기본이 되는 직선 동작 프로그램이다. Fig. 2 의 (a)에 직선 동작 프로그램의 화면 표시를 나타냈다. 제시하는 직선 동작 프로그램상에서 손잡이의 동작 거리는 200(mm)이다. 출발 지점과 목표 지점을 폭 20(mm)의 가이드 라인과 중심을 나타내는 빨간 라인으로 표시되어 있어 피험자가 훈련프로그램 과제를 수행할 때, 수시로 손잡이의 위치를 확인하며 수행할 수 있도록 했다. 힘 제시가 없는 경우와 힘(2.5N) 을 한쪽 방향(피험자의 앞은 자리에서 앞과 뒷쪽)으로 제시해, 프로그램을 수행할 때, 손잡이의 동작 방향에 따라서 어시스트력이나 항력이 되는 프로그램이다.

3. 실험

3.1 실험 방법

피험자는 Haptic Device 앞에 앉아 훈련 프로그램을 시행했다. 훈련 프로그램의 시행 시간은 30 초간 3 회를 실시했으며, 훈련 후에는 1 분간 휴식을 하도록 했다. 훈련 프로그램을 수행할 때, 몸은 움직이지 않고 상지만으로 동작

Table 1 Profile of Patients

Name of disease	Age	Sex distinction	Hamd of training
Stroke Patients	37	man	left
Stroke Patients	78	woman	right
Stroke Patients	55	woman	right
Stroke Patients	63	man	right
Stroke Patients	54	man	right

을 시행하도록 구두로 지시했다. 또한, 훈련 프로그램을 수행할 때, 가능한 한 빠르고 정확하게 가이드 라인을 따라 조작하도록 지시했다. 훈련은 2주간, 월요일에서 금요일까지 매일 30분간 실시했으며, 10일간 훈련을 했다.

3.2 피험자

본 실험에 참가한 피험자는 뇌졸중의 남성 3명, 여성 2명이었다. 5명의 환자의 장애정도 등의 프로필을 표 1에 나타냈다. 오른손을 주로 사용하는 사람이며, 왼쪽 편마비 1명과 오른쪽 편마비(Brunstrom 회복단계(Brunstrom stage))는 3과 4였다.

피험자에게는 실험 의의에 대해 충분히 설명을했으며, 중앙대학교병원 재활의학과에서 임상시험 승인을 받았으며 참가자에도 동의를 얻었다.

4. 결과 및 고찰

본 실험에 참가한 피험자 5명은 장애 정도가 달랐으며, 발병하고 나서 훈련에 입했던 시기 등이 달라, 일률적으로 평가하기가 쉽지 않아서 피험자별로 실험 결과를 나타냈다.

피험자가 훈련프로그램을 수행할 때의 특성을 파악하기 위해, 각각의 동작 프로그램에 있어서 궤적과 속도를 나타냈다(Fig.3의 (a)와 (b)). 이 Fig.은 Haptic Device로부터 힘 제시가 없는 동작의 손잡이 궤적의 예를 나타냈다. Fig.3(b)은 손잡이의 좌우 오차가 8[mm]이었으며 건상자 Fig.3(a)와 비교해 보면 약 4[mm]의 오차가 더 큰 것을 알 수 있다. Fig.3(c)에서 손잡이의 이동 최대 속도는 직선 동작 때 평균 속도가 40mm/sec, 굴곡 동작 때 평균속도가 48mm/sec을 나타내는 것으로 보아 직선 동작보다 굴곡 동작의 속도가 전체적으로 빨랐다. Fig.3(c)는 피험자가 직선 프로그램을 2회 왕복 운동한 속도 그래프이며, Fig.3(d)는 건상자가 직선 프로그램을 5회 왕복 운동한 속도 그래프이다. 이런 위치 궤적과 속도 그래프를 바탕으로 건상자와 뇌졸중 환자를 비교 한다.

Fig.4는 직선운동 프로그램에서 건상자와 뇌졸중 환자가 훈련 프로그램의 수행 평균 속도를 나타낸 것이며, Fig.5는 건상자와 뇌졸중 환자의 평균 오차를 나타낸 것이다. Fig.5(a)는 건상자를 대상으로 실시 하였으며, 3day에서 119.8[mm/10*sec]로 속도가 줄어들었다. 건상자의 오차를 나타내는 Fig.5(a)와 함께 보면, 오차도 점차적으로 줄어가고 있다. 건상자는 직선 운동 프로그램을 인지하고 오차를 줄이기 위해 속도를 줄이고 있다. 4day부터 137.4[mm/10*sec]으로 다시 속도가 오르고 오차가 줄고 있는 것은 건상자가 직선운동 프로그램을 함으로써 상지 운동 기능이 개선 되고 있는 것을 볼 수 있다. Fig.4(b)는 뇌졸중 환자의 평균 속도이며, Fig.5(b)는 뇌졸중 환자의 평균 오차이다. Fig.4(b)는 3day에서 16.8[mm/10*sec]로 속도가 줄어들었다. 뇌졸중 환자의 오차를 나타내는 Fig.5(b)를 함께 보면, 3day부터 오차가 줄어들고 있다. Fig.4(b)에서 4day에서 21.8[mm/10*sec]으로 속도가 다시 오르고 있으며, 오차 또한 줄어들고 있다. 이것은 건상자와 동일한 양상을 보이고 있으므로 뇌졸중 환자는 상지 재활 훈련 프로그램을 이용해 상지 운동을 한 결과 운동 기능이 개선되고 있다.

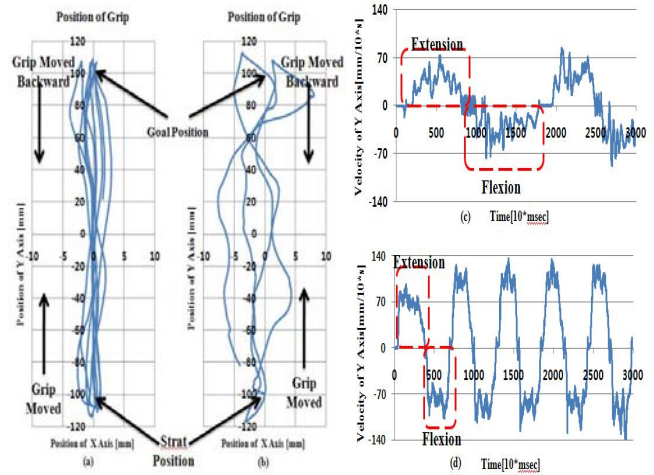


Fig.3 Fig. 5 Typical profiles of the relationship between the grip position and velocity in one subject: (a) Normal subject of the grip trajectory, (b) Patient's of the grip trajectory, (c) Patient's of the grip velocity, (d) Normal subject of the grip velocity

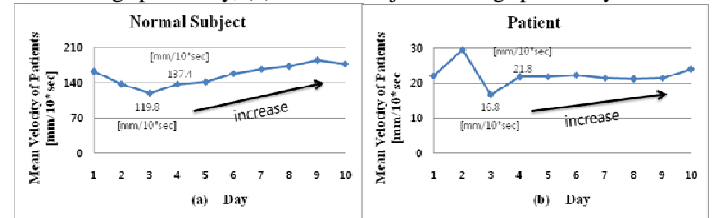


Fig.4 Mean Velocity: (a) Normal Subject, (b) Patient

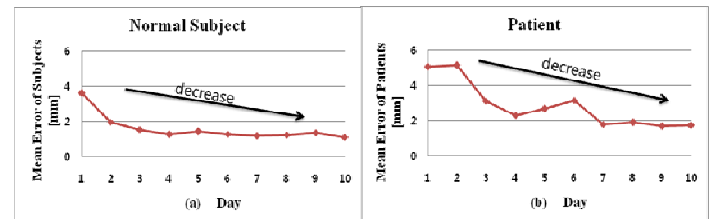


Fig.5 Mean Error: (a) Normal Subject, (b) Patient

Fig.4, 5과 같이 건상자와 뇌졸중 환자의 비교 분석을 통하여 개발한 훈련 프로그램의 유효성을 검토 할 수 있었다. 훈련을 통하여 알게 된 피험자의 동작 특성을 분석하여 또 다른 훈련 프로그램 개발 및 개발한 훈련 프로그램의 수정 작업을 실시 하여 더욱 긴밀한 유효성 분석이 필요 한다.

5 결론

본 연구에서 실시한 상지 운동 기능 회복 훈련에서는 뇌졸중으로 인한 운동 기능이 저하된 피험자를 대상으로 임상 실험을 실시하였다. Haptic 시스템을 이용한 훈련 프로그램으로 뇌졸중 환자와 건상자의 데이터를 비교 분석하였다. 객관적인 평가를 제시하기 위해 건상자와 뇌졸중 환자의 수행속도, 오차를 비교 분석하였으며, 뇌졸중 환자의 전반적인 상태를 파악할 수 있었다. 또한, 환자에게 가시화된 정보를 제공함으로써 적극적으로 훈련에 임하게끔 동기부여를 했고, 훈련에 대한 의욕 향상에 기여할 수 있었다고 생각된다.

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, S. W. Kang, Y. T. Kim, J. W. SON: "Development of Upper Limb Rehabilitation Program Using Haptic Technology", Proc. Of the kspe, pp. 177-178, Jun 2008.