

편마비 환자를 위한 EMG 기반의 상지재활보조훈련기기 개발

Development of an EMG-Based Exoskeleton Rehabilitation Device for Upper Extremity of Hemiplegic Patients

*이민현^{1,2}, #김영호^{1,2}, 손종상^{1,2}, 김정윤^{1,2}

*M. H. Lee^{1,2}, #Y. H. Kim(youngbokim@yonsei.ac.kr)^{1,2}, J. Son^{1,2}, J. Y. Kim^{1,2}

¹연세대학교 대학원 의공학과, ²연세의료공학연구원

Key words : Exoskeleton, EMG-Based, Rehabilitation, Upper Extremity, Hemiplegic

1. 서론

경직은 뇌졸중 등 심혈관계 질환으로 인한 중추 신경의 손상 후에 나타나는데, 이는 일상생활 동작에 기능적 장애를 초래한다. 대부분의 환자의 경우, 완치를 보장받지 못하고, 또한 방치할 경우 관절의 변형이 불가피하므로 무엇보다도 규칙적이고 지속적인 운동이 필요하다. 미국에서는 경직 환자가 규칙적으로 스트레칭을 했을 때 회복효과가 있음이 입증되어 활발한 연구가 진행 중이다[1].

그러나 하지의 재활치료보다 상지의 재활치료는 시간이 많이 걸리고 덜 효과적인 경우가 대부분이다. 또한 국내 재활 병원에서는 환자가 치료받을 수 있는 시간이 1일 1회 1~2시간 내로 제한되어 있고, 1회 치료 시 치료사와 환자 모두 경제적, 시간적, 체력적 부담이 크다. 병원에서 치료 후에도 치료 시의 회복 상태를 유지 및 증진하기 위하여 지속적인 재활이 필요하며, 이를 위해 자택에서 재활치료를 생활의 일부로 구현하는 것이 절실한 실정이다.

최근에는 반복적인 과제 중심 훈련을 목적으로 피로함을 느끼지 않고 반복 작업을 하는데 유리한 로봇을 이용한 상지 재활 훈련(robot assisted arm training)이 도입, 시도되고 있다. 로봇 시스템을 이용할 경우 환자가 시간, 장소에 구애받지 않고 효과적으로 이용할 수 있게 된다. 미국과 유럽에서는 이미 경직 환자용 재활 로봇 개발에 큰 관심을 보이고 있다[2, 3].

본 연구에서는 경직 증세를 가진 환자를 위한 마비환자의 근력 강화 시 자율 의지를 반영하기 위하여 EMG 신호의 되먹임이 가능한 EMG 기반 상지재활보조훈련기기를 개발하였다. 운동 모방 방식으로 수의운동이 불가능한 환자도 재활 치료를 가능하게 하였다.

2. 방법

2.1 외골격 제작

상지재활훈련을 위한 외골격은 팔꿈치 관절의 굽힘, 폼이 가능한 1 자유도로 제작되었다(Fig.1, 2). 외골격에 사용되는 모터는 등속성 운동 장비(BIODEX, Biodex Medical System, USA)를 이용하여 정상인 3명을 대상으로 100deg/sec의 일정한 속도로 0~100°의 운동범위 내에서 굽힘을 3회 반복하여 측정된 토크 데이터를 바탕으로 RE40(Maxon, Switzerland)를 선정하였다(Table 1).

2.2 데이터 습득 및 신호처리

채널이 2개인 EMG 전극(Delsys, Delsys Inc., USA)은 각각 팔꿈치 관절 부근의 이두근과 삼두근 표면에 부착하였다. EMG 신호 수집 및 처리는 자체 제작한 EMG 측정 모듈을 사용하여 기존의 EMG 측정 시스템보다 휴대하기 편리하도록 제작하였으며, 건식전극을 사용함으로써 신호의 질을 높였다(Fig.2). EMG와 토크는 1000Hz로 측정되었으며, EMG 신호는 전파 정류하여 2Hz 2차 Butterworth Filter로 Linear Envelope하였다[4].

2.3 운동 알고리즘

모터는 EMG 신호와 토크의 자료를 바탕으로 선형회귀분석을

통해 얻은 EMG-토크 선형회귀방정식을 이용하여 문턱치 레벨을 설정하고 그 값으로 모터를 초기화, feedback하여 제어된다.

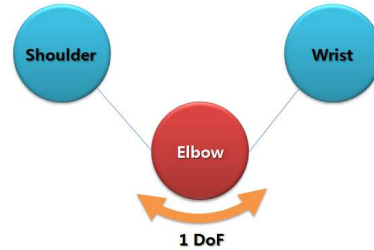


Fig. 1 1-DOF Model



Fig. 2 Developed Exoskeleton Rehabilitation Device and Control Part

Table 1 Motor Specification

Parameter	Value
Voltage	24 V
Torque	33 N-m
Speed	39 rpm

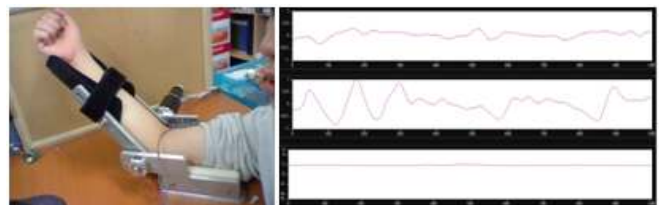


Fig. 3 System Demonstration and Acquired EMG signals (Ch1: Biceps, Ch2: Triceps, Ch3: Potentiometer)

운동 알고리즘 역시 EMG-feedback이 가능하도록 구현되었다. 이두근의 EMG 신호 패턴을 통해 환자의 움직임의 속도를 읽어 들여 사용자에게 EMG-토크 선형회귀방정식으로 계산된 역부하 토크를 가하여 저항을 발생시킨다. 증가된 저항은 사용자에게 더 큰 힘을 사용하게 만들고 그 결과 발생하는 EMG가 커진다. 이 EMG를 통하여 얼마나 큰 토크를 발생시키고 있는지 계산하고 이 값이 문턱치 이상이 되면 역부하 토크를 해지하여 팔을 움직이도록 한다. 이는 아령을 든 것과 같은 부하를 만드는 효과를 내며, 근육이 마비되지 않은 환자가 능동적으로 운동할 수 있게 한다.

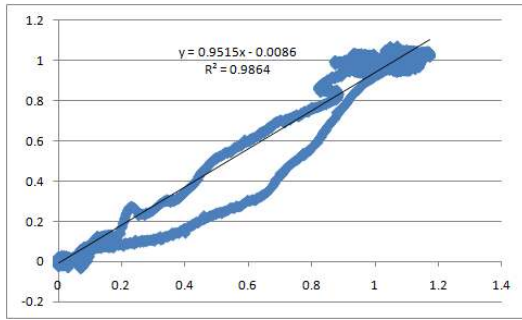


Fig. 4 Relationship Between Normalized EMG Signal and Torque

Table 2 Threshold Level of Motor Control

Threshold Level	1	2	3	4
Torque (%)	10	30	60	100

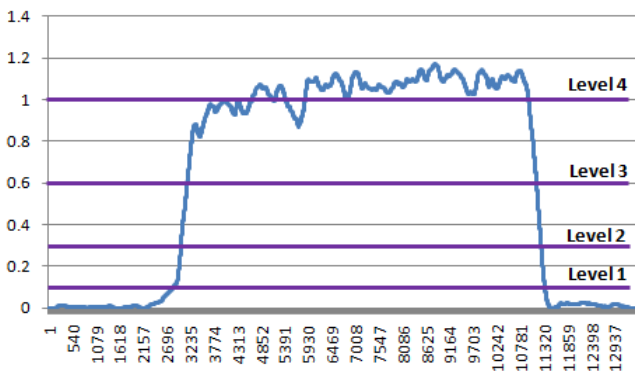


Fig. 5 Relationship Between Normalized EMG Signal and Threshold Level

2.4 실험 방법

EMG와 관절 토크의 상관관계를 확인하기 위하여 등속성 운동 장비를 사용하여 정상인의 팔꿈치를 90°로 고정시킨 상태에서 이두박근의 MVC(Maximal Voluntary Contraction)를 측정하였다. 모터의 문턱치 레벨을 결정하기 위하여 이두박근의 MVC 신호를 100%로 가정하여 문턱치 레벨을 설정하였다.

3. 결과

EMG와 관절 토크의 선형회귀방정식의 상관계수(R^2)가 0.9864로, EMG로 관절 토크를 추정할 수 있음을 알 수 있다(Fig.4). EMG 문턱치는 환자마다 측정되는 수치가 다르므로 정규화 후 이두박근 MVC의 10%, 30%, 60%, 100%로 설정하였다(Fig.5)

4. 결론

본 연구에서는 편마비 환자의 빠른 회복을 위하여 자택에서도 재활치료가 가능하도록 한 EMG 기반의 능동적인 상지재활보조 훈련기기를 개발하였다. 이는 환자의 의지를 적극 반영하여 수동적인 치료보다 재활의 효과를 높여줄 것이라 기대된다. 또한 기기의 크기가 작고 사용하기 편리하여 환자가 병원을 찾지 않아도 시간과 장소에 구애받지 않고 주기적으로 반복적인 치료가 가능할 것이다. 차후 환자를 대상으로 개발된 훈련기기를 적용하여 효과를 검증할 것이다.

후기

본 연구는 산학협력 기업부설연구소 설치 지원 사업(00039631-2)과 교육과학기술부와 한국 산업기술재단의 지역 혁신인력양성사업(M-02-20080702185137)으로 수행된 연구결과입니다.

참고문헌

1. Butefisch, C., Hummelsheim, H, Denzler, P, and Mauritz, K. H. "Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand," Journal of Neurological Sciences, 130, 59-68, 1995
2. Burgar, C. G., Lum, P. S., Shor, P. C, and Loos, M. V, "Development of Robots for Rehabilitation Therapy-The Palo Alto VA,Stanford experience," Journal of Rehabilitation Research and Development, 37, 663-673, 2000
3. Zhang, L. Q, Chung, S. G, Bai, Z, Xu, D, van Ray, E. M. T, Rogers, M. W, Johnson, M. E, and Roth, E. J, "Intelligent Stretching of Ankle Joints with Contracture/Spasticity," IEEE Trans Neural System Rehabilitation Engineering, 10, 149-157, 2002
4. Potvin, J. R, Brown, S. H. M, "Less Is More: High Pass Filtering, to Remove up to 99% of the Surface EMG Signal Power, Improves EMG-Based Biceps Brachii Muscle Force Estimates," Journal of Electromyography and Kinesiology, 14, 389-399, 2004