

싸이클형 보조기구가 장착된 하지 운동 시스템 개발

Development of Lower Limb Exercise System with Cycle Ergometer

*유미¹, 김재훈², 박찬희¹, 박용균¹, #김대규³,

*M. Yu¹, J.J. Kim², C.H. Park¹, Y.J. Piao¹, #T.K. Kwon(kwon10@jbnu.ac.kr)³

¹전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터,

²전북대학교 대학원 헬스케어공학과

³전북대학교 공과대학 바이오메디컬공학부, 고령친화복지기기연구센터

Key words : cycle ergometer, force plate, tilting bed, lower limb exercise, electromyogram

1. 서론

고령화 사회로 접어들면서 치료용 의료기기보다 재활 및 트레이닝 기기에 대한 관심이 증가되고 있다. 최근에는 로봇 보조치료(robot assisted therapy)[1], 부분체중지지 트레드밀 운동[2] 등 다양한 부가적인 치료방법과 개념들이 비교적 초기 재활 치료부터 도입되어 재활 치료에 이용된다. 이러한 시스템 내에서는 하지 근육의 재활을 돕는 메커니즘에 관한 연구가 주를 이루지만, 기존의 침대 밖에서의 재활이란 개념으로는 이런 것들을 실현시키는 것은 어렵다. 따라서 환자를 침대에 누워있는 입원 초기부터 재활을 가능하도록 한다면 보다 빠른 재활 효과를 확인할 수 있을 것이다. 침대에서 하지 재활 훈련을 할 수 있도록 Yu 등[3]은 힘판을 부착한 경사 침대형 조기 재활 시스템을 개발하였지만, 힘판에서의 하지운동은 사용자가 비교적 많은 힘을 들여서 운동해야 하는 단점이 있어서 다른 구동 메커니즘을 고려해야 한다. 하지 운동 방식에 관하여 싸이클링 운동은 하지 등속성 운동의 대표적인 예로써, 다른 운동방법들보다 근력강화 측면에서 효과가 더욱 우수하다는 연구결과가 보고[4] 되었지만, 이는 어느 정도 기립이 가능한 상태에서 훈련이 가능하다는 단점이 있다.

따라서 본 연구에서는 경사 침대의 하단에 하지 운동 형태에 따라 변경할 수 있도록 힘판형과 싸이클형 보조기기 제작하였고, 상·하 기울기가 가능한 경사침대와 상부의 모니터를 통해 하지운동 훈련 프로그램을 시각적으로 피드백 받을 수 있는 디스플레이장치로 구성된 하지운동시스템을 개발하였다. 시스템의 효용성을 입증하고자 양와위 자세

(spine position)에서 하지 운동 시 하지 근육의 특성을 분석하였고 이에 따른 재활훈련 효과를 분석하였다.

2. 하지 운동 시스템

그림 1은 하단에 강성스프링을 이용한 불안정판을 장착한 경사 침대형 조기 재활 훈련 시스템을 나타내고 있다. 시스템의 구성은 환자가 운동의 영상이나 결과를 볼 수 있는 시각제시부, 기울기 센서가 장착된 경사침대와 하지운동을 할 수 있도록 힘판형 보조기기와 싸이클형 보조기기 두 타입으로 구성되어 있다. 이 시스템은 구동 컴퓨터에 설치된 A/D 변환기와 소프트웨어에 의해서 운용된다. 경사침대는 경사가 0~90° 조절되는 전동실린더로 이루어져 있다. 또한 발판높이조절이 0 ~ 25cm 까지 되는 전동실린더로 이루어져 있으며 안전장치가 되어 있다.

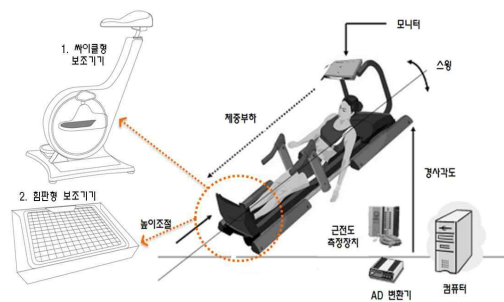


Fig. 1 Lower limb exercise system with cycle ergometer and force plate

그림 2에서처럼 힘판은 가로 600mm, 세로

400mm, 높이 50mm 크기로, 네 개의 로드셀(load cell)을 사용하여 사용자의 무게이동 경로를 추적할 수 있도록 제작되었으며, 사이클은 가로 600mm, 세로 400mm, 높이 1000mm 크기로, BLDC 모터를 이용하여 사이클 안장과 핸들의 페달축에 대한 상대좌표 RPM, Torque 등을 측정할 수 있는 감지기와 측정회로를 제작하였다. 또한 LabVIEW 프로그램(NI Inc., USA)과 운동 형태에 맞게 프로그램을 제작하여 제시할 수 있도록 하였다.

3. 실험방법

실험 대상으로는 전북대학교에 재학 중인 20대 성인 남자(평균연령 24.5 ± 1.58 세, 평균신장 167.1 ± 8.90 cm, 평균몸무게 60.2 ± 7.76 kg) 3명이 참여하였다. 경사침대에서 운동형태별 하지 운동 시 하지근육의 활성화율을 분석하기 위하여 양쪽 다리의 대퇴직근(Rectus Femoris, RF), 대퇴이두근(Biceps Femoris, BF), 전경골근(tibialis anterior, TA), 비복근(gastrocnemius, Ga)에 전극을 부착하고, EMG를 측정하였다. EMG 측정을 위해 MP150(BIOPAC Systems, Inc.)을 사용하였고 샘플링률 1000Hz, 증폭비 1000배로 하였다. 근전도 신호는 근활성도를 알기 위해 확률 밀도함수를 구하여 스펙트럼 에너지를 분석하였다.

경사침대에서 힘판과 사이클형식의 보조기구를 고정 한 후 각각의 보조기에서 하지운동이 익숙해 질수 있도록 양와위 자세에서 약 3분 정도 연습을 한 후에 실험을 시행하였다. 실험은 한 명당 2회씩 실시하였다. 실험 전에 대조군으로 경사침대를 수평으로 놓은 0°의 조건에서 하지근육의 EMG를 측정하였다. 각 조건 사이에는 약 3분의 휴식을 취하였다.

4. 결과

그림 2에서처럼 양와위 자세에서 사이클링 하지운동을 실시하는 동안의 근전도를 분석하였다. 페달링의 운동 주기에 맞춰서 근육 사용량이 변화하며, 다른 근육들에 비해 전경골근의 근육사용이 많은 것을 확인할 수 있었다. 이것은 사이클링 운동과정에서 페달을 밀어낼 때 배측굴곡된 발목관절에 하중이 집중되고 이를 전경골근이 수축되며 지지하기 때문인 것으로 사료된다.

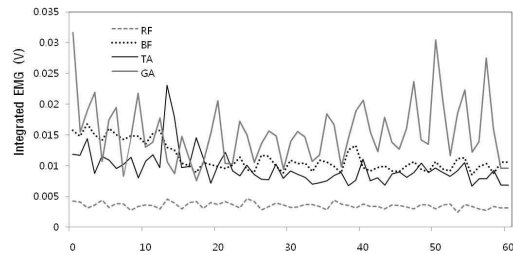


Fig. 2 IEMG during cycling exercise on supine position

이번 연구 결과로 경사침대형 하지운동시스템은 뇌질환 환자 등의 조기재활 훈련시스템으로 응용될 수 있다. 또한 사용자에게 필요한 운동 형태에 따라 각기 다른 형태의 모듈을 장착하여 침대에서부터 하지 운동을 시행이 가능하며, 향후 다양한 재활훈련의 프로그램 종류, 강도 및 각 질환별 최적 패턴 개발이 수행되어야 하며, 조기재활 훈련의 효과 차이에 대해 정량적인 데이터 수집의 분석에 대한 연구가 필요하다.

후기

이 논문은 2011년 한국산업기술평가관리원(지식경제부)으로부터 지원받아 수행된 연구임 (QoLT 기술개발사업/No. 10036494)

참고문헌

1. Burgar, C. O., Lum, P. S., Shor, P. C. and Machiel, V. der L. H. F., "Development of robots for rehabilitation therapy: the Palo Alto VA/Stanford experience", *J Rehabil Res*, **37**, 663-673 2000.
2. Hesse, S., Bertelt, C., Jahnke, M. T., Schaffin, A., Baake, P., Malezic, M. and Mauritz, K. H., "Treadmill training with partial body weight support compared with physiotherapy in non-ambulatory hemiparetic patients", *Stroke*, **26**, 976-981, 1995.
3. Yu, C. H., Kim, K., Kim, Y. Y., Kwon, T. K. Ryu., M. H. and Kim, N. G., "A New Training System Using a Tilting Bed for an Early Rehabilitation", *SICE-ICASE*, 5858 - 5861, 2006.
4. Thistle, H.G., Hislop, H.J., Moffroid, M.T. and Lowman, E.W., "Isokinetic Contraction: A new concepts of resistive exercise". *Arch. Phys. Med. Rehab.*, **48**, 279-282, 1967.