

하지 사이클링 운동 시 전기 자극에 대한 생체역학분석 Biomechanical Analysis Lower Extremities during Cycling Exercise with Electrical Stimulation

*김지훈¹, 유미², 신선혜¹, 정구영³, #권대규⁴

*J. J. Kim¹, M. Yu², S. H. Shin¹, G. Y. Jeong³, #T. K. Kwon(kwon10@jbnu.ac.kr)⁴

¹전북대학교 헬스케어공학과, ²전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터

³전북대학교 헬스케어기술개발사업단, ⁴전북대학교 바이오메디컬공학부

Key words : cycle ergometer, functional electrical stimulation, low extremities, biomechanical analysis

1. 서론

운동기능 회복을 위한 치료 방법 중 하나인 기능적 전기 자극 치료(Functional electrical stimulation, FES)는 1961년 Liderson 등[1]이 처음으로 적용하였으며 그 후 공학의 발달로 인하여 근력강화, 근육의 재교육, 마비된 사지의 기능 개선의 목적으로 널리 사용하게 되었다. 기능적 전기 자극 치료는 중추신경 손상으로 신경계 장애로 인한 사지마비 환자에게 주로 사용하여 감각인식 증가 및 수의적 조절의 효과를 얻으며, 상지 기능과 보행훈련에 적용한다. 마비된 근육의 지배 신경을 전기 자극으로 수동적인 근 수축을 조래하여 근 위축을 방지하고 수축력을 증가시키는 치료적 전기자극과 전기 자극에 의하여 수동적인 동작을 도래하여 독립적으로 일상생활을 가능하게 하는 기능적 전기 자극이 널리 연구 되고 있다[2].

사이클 운동은 대표적인 유산소 운동으로 심폐 기능을 꾸준히 자극하여 순환계와 호흡계를 강화하고, 하지 근육을 지속적으로 수축, 이완시켜 증진시킨다. 또한, 안장에 체중을 실어 온몸의 무게를 분산시키기 때문에 체중부하를 크게 감소시켜 관절 손상을 방지하고, 균형유지를 위한 민첩성과 균형감각, 순발력을 증진시키는 연구가 진행되고 있다. 이에 따라 사이클 운동은 하지 운동을 필요로 하는 노약자, 관절질환 및 하지 근육 관련 질환 환자들을 위해 효과적인 운동이라 할 수 있다[3,4].

이에 본 연구에서는 사이클 크랭크 각도 범위가 실시간으로 제공되고 이를 바탕으로 전기 자극으로 인가하는 피드백 시스템을 제작하였고, 시스템의 효율성을 입증하고자 고령자의 하지 사이클 운동 시 전기 자극에 대한 각 관절의 토크 변화를

측정 분석하였다.

2. 실험방법

하지 사이클링 운동 시 피험자의 운동학적인 변화를 측정하기 위하여 3차원 고정밀 적외선 동작 분석기(Optotrak Certus, Natrhem Digital Inc., Canada)와 데이터 수집·분석 시스템(Motion Monitor, Innovative Sport Inc, USA)을 사용하였다. 또한 사이클링 운동을 위해 모터 제어를 통하여 수동적, 능동적 운동이 가능하여 근육의 재건, 관절 운동의 회복 등에 이용되는 사이클 운동장치(SNS CARE Inc., Korea)와 위 운동장치의 페달 크랭크 각도와 연동되어 전기 자극을 인가하는 기능적 전기자극 치료기(Cyber Medic Inc., Korea)를 사용하였다.



그림. 1 FES 연동 사이클 운동 장치

본 연구에서는 80대 고령자 1명이 실험에 참여하였다. 3차원 동작 분석을 위하여 피험자의 신체에 동작 분석 시스템에서 제공하는 Helen Davis marker set을 기준으로 26개의 마커를 부착하였다.

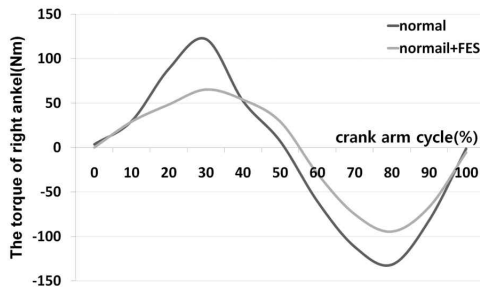
하지 사이클 운동 시 대퇴직근과 대퇴이두근

부위에 페달 크랭크 각도와 연동되는 FES 자극을 인가하였다. 측정된 동작분석 데이터로부터 ADAMS/LifeMOD 프로그램을 통해 족관절, 슬관절, 고관절의 토크의 생체역학적 데이터 분석을 하였다.

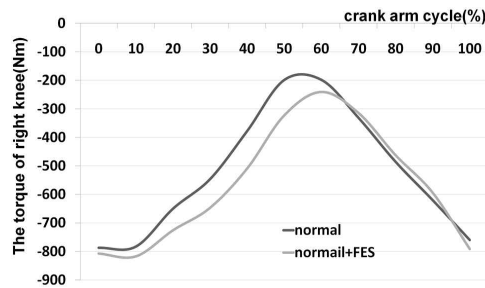
3. 결과

본 연구는 싸이클 페달 크랭크 각도 범위가 실시간으로 제공되고 이를 바탕으로 전기 자극으로 인가하는 피드백 시스템을 고령자의 하지 싸이클링 운동에 적용하여 전기 자극의 유무에 대한 각 관절의 토크 변화를 측정 분석하였다.

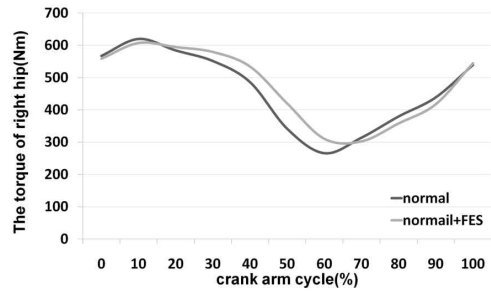
그림 2는 오른쪽 하지 관절(발목, 무릎, 고관절)에서의 토크(torque)에 관한 데이터이다. 우측 하지가 가장 멀리 뻗어 있을 때 (크랭크 각도 90° : 3시 방향)를 시작점으로 한 바퀴 페달링 하였을 때를 한 주기의 100%로 분석하였다. 하지 싸이클링 운동만 실시하였을 때보다 전기 자극이 인가되었을 때 보다 적은 토크로도 운동이 가능하며, 원만한 움직임을 보였다.



(a) 족관절



(b) 슬관절



(c) 고관절

그림 2 우측 하지 관절에서의 생체역학적 데이터

4. 결론

본 연구에서는 싸이클 운동 시 전기 자극의 유무에 따른 각 관절의 토크 변화를 동작분석기를 이용하여 측정하고 모델링을 통해 분석하였다. 전기 자극은 고령자의 싸이클 운동 시 족관절, 슬관절 및 고관절에서 자극이 없을 때보다 전기 자극이 인가 되었을 때 완만하게 변하는 경향을 보였다.

이번 연구 결과는 전기 자극에서의 고령자의 근육 활동 보조에 관련한 연구에 응용될 수 있으며, 추후 중추 신경 손상으로 인한 하지 마비 및 경직 환자에게 적용 될 필요가 있다.

후기

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

참고문헌

1. 양충용 외, “편마비 환자에서 기능적 전기자극 치료가 하지 운동기능에 미치는 영향,” 대한재활의학회지, 33, 1, 29~35, 2009.
2. 손량희 외, “뇌 컴퓨터 융합기술 기반의 기능적 전기자극 재활훈련 시스템,” 한국정밀공학회 춘계 학술대회, 943~945, 2010.
3. Cohen, H., Blatchly, C.A., Combash, L.L. "A study of the clinical test of sensory interaction and balance", Physical Therapy, 346-354, 1993.
4. Chae, J.B., Kim, B.J., Bae, S.S., "A study on the control factors of posture and balance", J Kor. Soci. Phys. Ther., 421-431, 2001.