

휠체어 사이클 경사로 주행 시 상체 근육의 근전도 분석 연구 EMG Analysis of upper body during wheelchair cycle incline driving

*김솔비, #고창용, 강성재, 최혁재, 류제청, 문무성

*S. B. Kim, #C. Y. Ko(cyko@korec.re.kr), S. J. Kang, H. J. Choi, J. C. Ryu, M. S. Mun

근로복지공단 재활공학연구소

Key words : Wheelchair cycle, Incline, EMG, Amplitude, Fractal dimension analysis

1. 서론

하지 마비 장애인들이 사용하는 자전거는 일반적인 자전거와 달리 손으로 페달을 저어 전진한다. 이와 같은 휠체어 사이클은 유럽, 일본, 북미 국가와 같은 선진국에서는 매년 1만대 이상의 제품이 생산·판매되고 있지만¹ 국내에서 관련된 연구와 개발이 이뤄지지 않아 국내에 유통되고 있는 장애인용 휠체어 사이클은 전량 수입에 의존하는 실정이다. 수입 제품의 경우 국내 장애인의 신체조건이 고려되지 않아 적합하지 않은 규격으로 인한 불편함이 따르고, 고가 제품이란 단점으로 많은 장애인들이 이용하기 어렵다.² 장애인의 체형뿐만 아니라 언덕이 많은 한국의 지형적 특징도 고려되어 설계되어야 하지만 이와 관련한 연구는 이뤄진바 없다.

따라서 본 연구는 한국형 휠체어 사이클의 개발을 위한 기초 연구로 하지마비 장애인을 대상으로 휠체어 사이클의 경사도에 대한 상체 근육의 패턴에 대해 분석하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 연구대상자

본 연구는 불완전 척수손상 진단을 받은 하지마비 남성 3명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 선정 기준은 흉추 11번 이하의 척수 손상 대상자이며, 상체에 근·골격계 질환 및 신경학적 증상

Table 1. Details of subjects included in the study

Subject	Injury level	Age (years)	Weight (kg)	Height (cm)	Time since injury (years)
A	T11	40	69.3	168.3	14
B	T12	46	68.7	166.7	26
C	T12	27	71.4	181.2	8

이 없는 자로 하였다. 연구 대상자의 자세한 특징은 Table 1과 같다. 피검자에게 실험에 대한 충분한 설명을 하고 연구 동의서에 서명한 후 실험에 임하였다.

2.2 실험 장비

실험을 위해 가장 보편적인 형태의 휠체어 사이클(MACH-2, QUICKIE, USA)을 사용하였다. 경사로는 전동식 경사로 시험 장치를 이용하였으며, 근육의 사용 패턴을 확인하기 위해 표면 근전도 분석 시스템(Trigno Wireless EMG System, DELSYS., USA)을 사용하였다.

2.3 근전도 검사 및 분석

본 연구에서는 휠체어 사이클 추진 시 주로 사용되는 이두근, 삼두근, 전 삼각근, 광배근과 보상작용을 확인하기 위해 복직근과 상승모근에 표면 근전도를 부착하여 근 활성도를 측정하였고, 정량화 방법은 %MVC 방법을 사용하였다. 휠체어 사이클 경사 주행은 수동 휠체어 동적 안전성 평가 기준을 적용하여 0도, 3도, 6도로 3가지 조건으로 수행하였다. 10도의 경사로 주행을 시도하였으나, 대상자 모두 완주하지 못하여 해당 경사는 제외하였다.

크랭크축과 어깨관절 축 사이 수평거리는 55.5cm 크랭크축 높이는 어깨관절 축에서 하향 3cm으로² 설정하여 동일하게 적용하였다. 실험 초기 자세는 어깨관절 90도 굴곡, 주관절 신전도록 하였다. 본 실험은 0도, 3도, 6도의 경사로 3m을 각 3회씩 주행하였으며, 속도는 본인이 편한 속도로 제한을 주지 않았다. 경사의 각은 본 실험 전 무작위 방법으로 순서를 정하여 실시하였으며, 각 주행 사이에 5분간 휴식시간을 주었다.

측정된 근 활성도는 두 가지 분석방법을 사용하였다. 첫 번째는 상체 근육의 근 활성도 패턴을 확인하기 위해 주행 동안 측정된 근전도의 최댓값



Fig. 1 Picture of wheelchair cycle incline driving

평균을 사용하였으며, 두 번째는 근전도의 비선형적 특성을 평가하기 위하여 Box-Counting 방법을 통하여 프랙털 차원(Fractal dimension, D_f) 분석을 수행하였다. 각 주행의 첫 핸드 립 회전 주기에서 측정된 근전도 신호는 분석에서 제외하였다. 근전도 신호의 표본 추출률은 2000Hz, 주파수 대역폭은 20-500Hz로 설정하였고 각 근육별 근전도 신호를 100ms에서 RMS처리하여 아스키 형태로 전환하여 분석하였다. 자료의 통계처리를 위해 통계 프로그램(SPSS 20, SPSS Inc., USA)을 사용하였으며 각도에 따른 근육들의 근 활성도와 프랙털 차원의 값을 비교하기 위해서 Friedman 검정 방법을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

3. 결과

3.1 근 활성도 패턴

핸드 그립(핸드 립)을 체간으로 당길 때 사용하는 근육인 이두근 ($p=0.0497$), 전 삼각근 ($p=0.0497$), 광배근 ($p=0.0497$)은 경사가 증가할수록 근 활성도 유의하게 증가하였다 (Fig 2). 광배근의 경우 평지 주행보다 경사 6도 주행 시 5배 더 많이 작용하였다. 반면 삼두근과 복직근, 상승모근도 증가하였지만 유의한 차이는 없었다($p>0.05$).

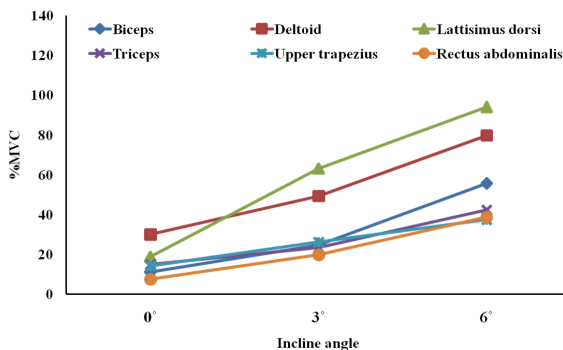


Fig. 2 Comparison of muscle activation value according to incline angle level

3.2 프랙털 차원

경사도에 따른 각 근육의 D_f 값은 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

4. 고찰 및 결론

본 연구 결과 휠체어 사이클의 경사로 주행 시 핸드 그립을 체간 방향으로 당기는 근육이 평지 주행보다 크게 작용함을 알 수 있었으며, 그 중에서도 광배근은 경사 각도가 증가할수록 많이 사용되었다. 특정 근육의 과도한 사용은 상해 위험성이 수반된다. 광배근은 어깨의 외전 각이 클수록 효율적으로 힘을 낼 수 있으며 이는 양 핸드 그립 간의 거리와 밀접한 관련이 있다. 핸드 그립 간의 거리가 크게 되면 속도를 높이는데 힘이 들지만 에너지 효율 면에서 유리하여 장거리용(보급형)으로 적합하다.³ 따라서 언덕이 많은 국내 지형을 고려한다면 핸드 그립 간의 거리는 특정 근육의 부상 및 피로를 예방할 수 있는 중요한 설계 요소이다. 추후 연구에서는 효율적인 동작과 힘을 낼 수 있는 핸드 그립 간의 거리에 대한 연구가 이뤄져야 한다고 사료되는 바이다.

후기

본 연구는 문화관광부 스포츠산업기술개발사업 “장애인을 위한 휠체어 사이클 개발” 과제 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고문헌

1. Al-Rahamneh H, Eston R. "Rating of perceived exertion during two different constant-load exercise intensities during arm cranking in paraplegic and able-bodied participants". *European Journal of Applied Physiology*. 111(6), 1055-1062, 2011.
2. 강성재, 류제청, 최혁제, 장윤희, 유희석, 전선주, 문무성. "생체역학 인자를 이용한 한국형 휠체어사이클 설계조건 도출" 한국정밀공학회 2012년도 춘계학술대회 논문집(하), 5, 767-768, 2012.
3. 백진호. "휠체어 스포츠의 특성에 관한 연구" *코칭능력개발지*, 제7권, 제1호, 83-93, 2005.