

생체역학 인자를 이용한 한국형 휠체어사이클 설계조건 도출

Design parameter for Wheelchair Cycle Using Biomechanical Analysis

*강성재¹, #류제청¹, 최혁재¹, 장윤희¹, 유희석², 전선주², 문무성¹

* S. J. Kang¹, #J. C. Ryu(jcryu@korec.re.kr)¹, H. J. Choi¹, Y. H. Chang¹, H. S. Ryu¹, S.J.Jun², M. S. Mun¹

¹재활공학연구소, ²대한장애인체육회

Key words : Wheelchair Cycle, Crank axis, Motion Analysis, SEMG(Surface Electro-Myography), SCI(Spinal Cord Injury), Paraplegia

1. 서론

핸드 사이클에 대한 많은 장점과 장애인의 엄청난 관심과 수요요구와는 다르게 값비싼 외국산 핸드 사이클을 쉽게 구매하기란 부담이 많이 가는 부분이다. 국산 핸드 사이클은 가격 면에서는 부담이 덜 가지만 제품의 질이나 디자인 등 여러 구매결정요소에 상당부분 못 미치는 부분이 많다. 또한 외국산 제품이다 보니 외국인 체형에 맞추어 설계 되어져 한국인이 사용하기에는 여러 문제가 있다. 그래서 이러한 문제점 해결을 위해 국내 생산을 통해 가격에 대한 부담을 낮추고 한국인의 체형을 고려한 “한국형 핸드 사이클” 개발을 위해 기초적인 설계인자에 대한 연구를 하고자 한다.

2. 실험방법

2-1. 거리 높이에 따른 상관관계 모델링

휠체어 사이클 사용자의 핸들의 높이 및 거리에 따른 사용자의 역학적 비교 검증을 위해 그림 1 과 같이 모델링 하였다. 어깨 관절의 회전축을 원점으로 가정하였고, 크랭크축의 지름 과 축 중심의 위치를 (a,b) 로 하였다. 이때 사용자의 팔 길이는 sizeKorea 30 대 평균크기인 67.6cm 로 가정하였다. 이때 어깨축과 회전반경의 위치 (x,y)는 $x = (r \cos \theta - a)^2$, $y = (r \sin \theta - b)^2$ 과 같으며, 거리는 $l = \sqrt{x^2 + y^2}$ 이다. 따라서 휠체어 사이클 회전시 회전각에 따른 어깨 관절축과

손잡이의 거리는 수식 (1)과 같이 cos 과 sin 의 관계식으로 변환할 수 있다.

$$l^2 = 2abrcos\theta \sin\theta + a^2 + b^2 + r^2 \quad (1)$$

2-2. 피검자 선정 및 검증실험

실험을 위해 임상학적으로 문제가 없고 흉추 수준의 척수신경 손상으로 인해 주로 휠체어 이동을 하시고 사고 이후 비교적 안정화 시기에 접어든 2 년 이상의 장애인들로 모집하였다. 실험참여에 앞서 자발적 동의를 얻고 실험 절차를 충분히 이해하고 숙지한 후 휠체어 사이클 동작이 가능한 대상자로 선정하였다 실험용 지그 제작 및 휠체어 사이클 추진 시 동작 분석과 표면 근전도의 활성도를 측정하기 위해 동작분석 시스템(Eagle 4, motion analysis USA)과 표면 근전도 분석 시스템 (Noraxon Myosystem 1400 USA, Inc.) 을 사용하였다(그림 1).



Fig. 1 Biomechanical analysis and Zig device

2-4. 실험시작 자세 및 독립변수 수준

휠체어사이클 추진 시 크랭크 높이에 관한 임상실험을 위해 편안히 앉은 자세에서 어깨 관절의 축을 크랭크 축과 수평 일치 시키고 축을 3cm 와 6cm 를 하향 조절하여 총 3 단계의 수준을 결정하였다. 주관절의 각도는 15~20 정도 굴곡된 자세를 시작자세로 메트로놈을 이용해서 70rpm 의 속도로 1 분간 측정하였다[7].

3. 결과

2-2. 주관절 기준 최적 크랭크축 거리

주관절의 최대 굴곡각도는 거리 D 에 반비례한다. 따라서 거리가 가까워질수록 최대 굴곡각도가 커지며, 주관절 최적 굴곡각도인 75 °를 최대굴곡각도로 정의할 때 크랭크축과의 30 대 성인 표준 체형을 기준으로 최적 거리는 55.5cm 이다.

3-2. 견관절 기준 최적 크랭크축 거리

견관절의 최대 굴곡각도는 거리 D 에 반비례한다. 따라서 거리가 가까워질수록 최대 굴곡각도가 커지며, 주관절 최적 굴곡각도인 30 °를 최대굴곡각도로 정의할 때 크랭크축과의 30 대 성인 표준 체형을 기준으로 최적 거리는 56.9cm 이다.

3-2. 최적 크랭크축 높이

본 실험의 결과로 크랭크 축의 높이는 -3cm 에서 주관절의 관절각도는 2~3 도 정도 차이로 큰차이는 보이지 않으며, 크랭크축의 최대 굴곡각도는 높이가 낮아질수록 높아지는 특성이 있다. 하지만 견관절의 굴곡각도가 높이에 따라 감소하는 특성이 발생되므로 적절한 크랭크 축의 높이는 어깨높이를 기준으로 하향 3cm 라는 결론을 내릴 수 있다.

4. 고찰 및 결론

하반신 마비환자를 위한 사이클휠체어의 설계를 위해서 크랭크축의 수평 거리 및 높이에 따른 분석결과 수평 길이의 조절은 팔의 길이를 넘지 말아야 한다. 효율적인 근력이 발생하는 견관절 및 주관절 굴곡각도가 설정되도록 하는 것이 좋으며, 본 실험의 결과로 앉아있는 사람의 의자에서

견관절까지 높이가 61cm 이며 이를 기준으로 30 대 성인 표준체형을 기준으로 크랭크축과의 너비 55.5cm 높이는 -3cm 라는 결론을 내릴 수 있다. 향후 동역학 시뮬레이션 및 사용성 평가를 통하여 계속적으로 설계변수를 검증할 예정이다.

후기

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

참고문헌

1. Kong, J. Y., Kwon, H. C., Chang, K. Y., and Jeong, D. H., "The Effect of Wheelchair Propulsion on on Carpal Tunnel Syndrom of Wrist Joint," KAUTPT, 11(4), 7-17, 2004.
2. 보건복지부, "2005 년도 12 월말 장애인 등록현황," 장애인 정책과, 2006.
3. 권혁철, 공진용, "표준형 휠체어 추진 시 휠 손잡이 축수위치 특성에 관한 연구," 대한 물리치료학회지, 9(2), 19-32, 2002.
4. 구현모, 정동훈, "지체부자유인의 휠체어 사용 실태 및 요구 조사," 특수교육저널: 이론과 실천, 6(3), 229-245, 2005.
5. 이진승, "신체장애인용 휠체어 디자인 개선을 위한 연구," 한양대학교, 2005.
6. Faupin, A., Gorce, P. et al, "Effects of type and mode of propulsion on hand-cycling biomechanics in nondisabled subjects," Journal of Rehabilitation Research and Development, 48(9), 1049-1060, 2011.
7. Faupin, A., Gorce, P. et al, "A biomechanical analysis of handcycling: A case study," Journal of Applied Biomechanics, 26(2), 240-245, 2010.