생체역학 인자 및 사용성 평가를 반영한 한국형 휠체어 사이클 개발

Development of Korean WheelChair Cycle Designed by Biomechanical factor and usability

#*강성재[1],전선주[2],송지호[2],김용현[2],유영권[2],조현석[1],고창용[1],류제청[1], 문무성[1]
*S. J. Kang(kangsj@korec.re.kr)[1], S.J. Jeon[2], J.H.Song[2] , Y.H.Kim[2], Y.K.Ryu[2], H.S. Cho[1], C.Y. Ko[1],J.C.Ryu[1], M.S.Mun[1]
[1]근로복지공단 재활공학연구소, [2]대한장애인체육회

Key words : Cycle wheelchair, biomechanical factor,

1. 서론

휠체어 사이클(Wheelchair Cycle)은 발로 페달을 밟는 일반적인 자전거와 달리 의자에 앉아 양손으로 페달을 저어 전진하는 자전거이다. 현재 국내에 유통되고 있는 장애인용 휠체어 사이클은 소품목 소량생산으로 독일, 미국, 캐나다 등의 자전거 선진국의 고가제품을 전량 수입에 의존하는 실정이다. 따라서 최근 전국에 자전거 전용도로의 발달로 인하여 장애인생활체육 활성화 주력의 하나로 휠체어 사이클 보급이 요구되고 있는 사회적 현상을 고려할 때, 자전거 설계 및 제조 기술의 국내핵심기술 재고와 장애인의 체육활동 참여의 기회를 부여하기위해 국산화된 기술이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 한국인의 체형에 맞는 휠체어 사이클을 개발하기 위하여 , 강성재[1]등이 하반신마비환자 10인에 대하여 휠체어 사이클 구동과 관련된 생체역학적 실험을 통해 산출된 결과를 이용하여 휠체어 사이클을 설계하고 구조해석을 수행하여, 고성능의 내구성이 검증된 휠체어 사이클을 개발하고자 한다.

2. 휠체어 사이클 설계

하반신마비환자 10인을 대상으로 생체역학적 실험을 통해 산출된 최대 근력 및 최소 근피로를 발생하는 관절의 가동범위가 되는 위치를 설정하였다[2]. 주관절 최적 굴곡각도인 75°를 기준으로 최적거리는 55.5cm이며, 견관절 최대 근력 굴곡각도와 최적 크랭크축 거리를 견관절 최적 굴곡각도인 30°를 기준으로 56.9cm로 하였다. ·최적 크랭크축

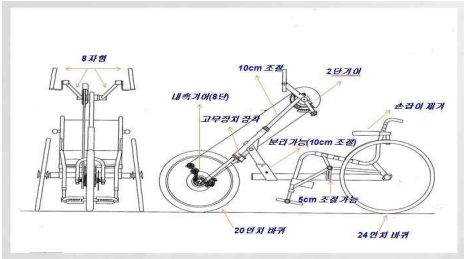

Fig. 1. diagram of Wheel chair Cycle

높이는 견관절 높이 기존 -3cm이었으며, 크랭크축의 최대 근력 발휘 반경은 100mm이지만 자세불편을 감안하여 최적 반경은 180mm으로 결정하였다. 설계도면으로부터 구조해석을 위한 3차원 모델은 Solidworks를 이용하여 설계하였다. 바퀴, 바퀴축 등 구조해석의 관점에서 벗어난 부분은 해석에 포함시키지 않았다. 전륜 바퀴 프레임의 경우 구조해석의 관심부분이 아닌 관계로 U자형 포크를 단순화하여 1자형 파이프로 대체하였다. 아래 그림은 구성된 3차원 모델을 보여주고 있다.

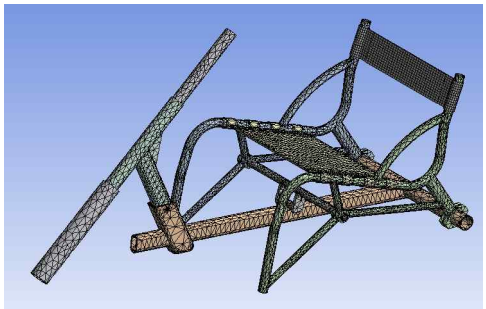

Fig. 2 Model of Finite Element Analysis

3. 결과

전반적으로 수직 정하중 조건보다는 큰 응력이 집중되고 있으며 최대응력은 약 151MPa로 양쪽 사이드 프레임을 연결하는 횡방향 프레임의 중간 지점에서 나타나고 있다. 이 부위는 오른쪽 뒷바퀴가 고정된 상태에서 왼쪽 바퀴에 상방향 하중이 인가됨에 따라 왼쪽 프레임이 들리려는 거동을 중앙의 전후방향 하부 링크가 구속하면서 횡방향 링크의 왼쪽 파이프가 마치 끝단에 하중이 걸린 외팔보와 같은 조건이 성립되어 외팔보의 시작점에 해당되는 중심지점에 하중이 집중되고 있다. 오른쪽 바퀴 축과 연결되는 사이드 프레임 지점에서도 전방의 횡방향 링크에서와 마찬가지 상황에 따라 116MPa의 큰 응력이 발생하고 있다. 비틀림 거동에 따라 발생한 최대응력은 항복응력의 절반 수준으로 안전율 6정도로 볼 수 있으며 100kg 체중의 사람이 탑승 시에도 안전율 4정도가 확보되어 충분히 안정적인 설계로 판단할 수 있다.

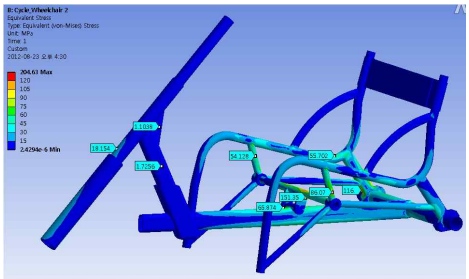

Fig. 3 Result of Finite Element Analysis

최종 제작된 시제품은 하반신 마비환자 10인에 대하여 사용자 평가를 수행하였으며, 시험검사를 마친 휠체어 사이클의 최종 사양은 다음과 같다.

1. 휠체어 사이클 구동시 불편함을 최소하기 위한 8자형 핸들
2. 오른쪽 손잡이 디스크 브레이크, 왼쪽손잡이 수동형 브레이크 장착
3. 휠체어 사이클 앞바퀴 20인치 장착
4. 휠체어 사이클 뒷바퀴(24인치), 사용하는 휠체어 바퀴를 장착할 수 있도록 설계
5. 내측기어(8단) 장착
6. 크랭크축 2단기어 장착(22개, 44개 톱니바퀴 사용)
7. 앞바퀴 축 프레임 고무장치 장착
8. 체형에 맞게 부위별 조절 가능하도록 설계
9. 의자 높낮이 조절 가능(5cm)
10. 핸들 높낮이 조절 가능(10cm)
11. 메인프레임 연결부위 조절가능(10cm)

Fig. 4 Final Product of Wheelchair Cycle

4. 결론

본 연구에서는 휠체어 사이클 사용자인 하반신 마비환자의 생체역학적 특성을 반영한 휠체어 사이클을 설계 제작하였다. 구조해석 및 시험검사 결과 휠체어 사이클의 내구성 및 강도는 기준규격에 적합하였으며, 경사로 등판등에서도 기존의 다른 제품과 비교하여 더 좋은 성능을 나타낸다.

후기

본 연구는 문화관광부 스포츠 산업기술개발 “장애인을 위한 휠체어 사이클 개발” 과제의 지원으로 이루어 졌습니다.

참고문헌

1. S.J.Kang, J.C.Ryu, H.J. Choi, Y.H. Jang, H.S. Ryu, S. J. Jun, M.S.Mun, "생체역학 인자를 이용한 한국형 휠체어사이클 설계조건 도출" 정밀공학회 2012년도 춘계학술대회 논문집(하),767-768
2. H.J.Choi, J.C.Ryu, S.J.Kang, Y.H. Jang,H.C.Kim M.S.Mun, Y.H.Kim,"휠체어 사이클 크랭크 높이에 따른 생체역학적 분석" 정밀공학회 2012년도 춘계학술대회 논문집(하),1145-1146