

환자 및 고령자를 위한 샤워 트롤리의 구조개선 및 성능 평가

조영근¹, 최현호^{1,2}, 명성식^{1,2}, * 김한성^{1,2}, 이충휘³, 최연수⁴

¹연세대학교 보건과학대학 의공학부, ²연세대학교 의료공학연구원, ³연세대학교 보건과학대학 물리치료학과, ⁴해피베드 기술 연구소

A Study on Reformation and Suitability of Shower Trolley

Y. K. Cho¹, H. H. Choi^{1,2}, S. S. Myeong^{1,2}, * H. S. Kim^{1,2}, C. H. Yi³, Y. S. Choi⁴

¹Dept. of Biomedical Eng., Yonsei Univ., ²Institute of Medical Eng., Yonsei Univ., ³Department of Physical Therapy, Yonsei Univ., ⁴Happybed Lab.

Key words : Multi-body dynamic simulation, Finite Element Method, Shower Trolley

1. 서론

우리나라는 2000년에 65세 이상 인구가 총인구의 7.2%에 달하는 고령화 사회에 진입하였고, 향후 2019년에 전 인구의 15%가 노인 인구인 고령사회에 진입할 전망이다.^[1] 노인들의 경우 활동 영역이 대부분 가정 내에서 이루어지기 때문에 노인들을 위한 적절한 주거환경시설 개선이 의료 및 간호비용을 절감하는 방안이 된다. 한편 노인들의 가정 안전사고 중 83%가 욕실, 화장실 바닥 등의 시설물로 인한 것이며 노인이 사는 주택의 42%가 사고 위험이 있는 것으로 밝혀졌다.^[2]

거동이 자유롭지 못한 사람들과 고령자가 샤워를 할 수 있게 하는 환경을 만들어주는 것이 샤워트롤리이며 이것은 노인 전문병원, 재활센터, 장애인 복지시설, 중환자실 등에서 활용도가 매우 높은 제품이다. 특히 보행이 불편한 사람들이 목욕시 안정감과 편안함을 제공하고, 간병인들에게는 환자의 목욕시간을 단축시키고 육체적인 부담을 경감시켜준다. 하지만 현재 국내에서는 샤워트롤리에 관한 체계적인 연구가 미흡할 뿐 아니라, 대다수가 수입에 의존해있고 상당수가 외국 제품을 단순히 모방한 형태이기 때문에 국내의 건물 구조와 사용자의 체형 등 여러 가지 면에서 국내 실정에 적합하지 않다.

이번 연구에서는 현재 개발되고 있는 국내 업체의 샤워트롤리 시제품을 선정하여 안정성과 이동성, 편리성 등을 유한요소해석과 다물체 동역학해석을 고려하여 보완제품을 개념 설계하였다.

2. 방법

2.1 제품 선정 및 분석

본 연구에서는 해피베드社(한국)에서 시판중인 HB-707을 선정하였다. 전동식 샤워트롤리인 HB-707은 리모컨을 이용해 모든 동작을 제어하는 방식으로 높이 조절을 위해 두 개의 전동식 액츄에이터가 이용되었다. 측면에 부착된 안전난간대는 착탈 방식으로 구성되어 있고, 트롤리의 바닥면에 바퀴가 부착되어 있어서 이동이 가능하도록 설계되었다. 한편, 환자가 눕는 상판은 0° ~ 7°의 각도로 기울일 수 있도록 설계되어 배수가 용이하게 하였다. 샤워매트는 1824mm×700mm로 제작되었다.

2.2 제품 개선 방안

샤워트롤리 HB-707은 전동식 액츄에이터로 작동되므로 전기 배선이 외부에 노출되어 있어 누전 등의 안전사고 위험이 있고, 두 개의 액츄에이터와 이에 따른 외부 프레임으로 인해 제품의 무게가 증가하여 이동에 많은 어려움이 있다. 또한 상판을 고정시켜주는 가이드(guide)의 유격으로 인해 샤워트롤리 전체가 뒤틀리는 현상이 있다.

이와 같은 개선점들을 고려하여 본 연구에서는 무거운 전동식 액츄에이터로 구성된 샤워트롤리의 동력부를 좀더 가벼운 유압식으로 교체하고 가이드의 구조 변화를 통해 제품의 경량화 및 안전성을 도모하였다.

2.3 3차원 모델링 기법을 이용한 구조 설계

개선점을 고려한 새로운 형태의 샤워 트롤리에 대한 개념 설계를 위하여 기존의 제품인 HB-77의 치수를 참고하여 3차원

컴퓨터 원용 설계 프로그램인 Pro/ENGINEER Wildfire 2.0(PTC, USA)를 이용하여 3차원으로 모델링 하였다.

개념 설계된 샤워트롤리는 크게 상판, 실린더, 하부부분으로 구성되어 있다. 상판의 경우, 기존의 시스템이 지닌 배수 목적의 기울임 기능이 실제적으로 큰 효용이 없다고 판단되어 기울임 기능을 배제하였고, 상판에 부착된 안전난간대는 기존의 착탈식 보다 사용이 편리한 원터치 방식을 이용하여 설계하였다.

제품의 높이 조절을 위한 실린더는 기존의 전동식으로 구성된 방식을 유압식 실린더로 교체하였고, 실린더의 측면에는 유격이 생기지 않는 구조의 가이드를 부착하여 트롤리가 안정적으로 움직일 수 있도록 설계하였다.(Fig. 1)

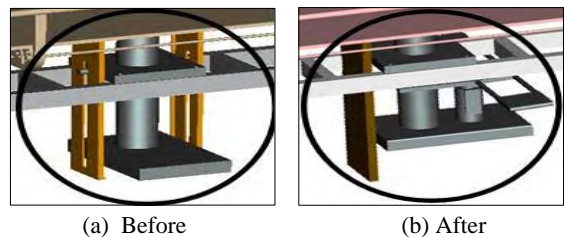


Fig. 1 Shower Trolley

한편, 유압식 실린더의 동력원을 위해 실린더 바닥 부분에 페달(pedal)을 부착하였다. 하부 부분에 부착된 바퀴는 문턱이 많은 국내의 건물 구조를 고려하여 크기를 4인치에서 8인치로 크게 하였다.

2.4 개념 설계된 구조물에 대한 설계 개선

기존 구조물의 경우, 유압식 실린더와 측면의 가이드 부분이 하나의 절점으로 연결된 구조이므로 실제 설계 시 발생할 수 있는 유격으로 인해 흔들림이 유발될 가능성이 있다. 또한 양쪽으로 연결된 가이드 방식으로 인해 기존의 제품에 비해 제품의 경량화 정도가 미비할 것이라 판단되었다.

한편, 샤워 트롤리의 동력원이 되는 페달의 위치는 유압식 실린더에 충분한 힘을 공급할 수 있을 만큼의 길이를 유지하여야 하나 제약 없는 길이의 증가는 공간 확보의 어려움 및 미관상으로도 많은 문제점이 야기될 수 있다.

이와 같은 문제점을 개선하기 위하여 양쪽으로 연결된 가이드는 단방향으로 구성하여 제품의 경량화를 시도하였고, 페달은 상판 하부 빈 공간을 활용하여 길이를 확보하는 방식을 적용하였다.^[3]

2.5 제품의 안전성 평가

제품의 안전성을 검증하기 위해 개념 설계된 모델들을 유한요소해석 프로그램인 ANSYS Workbench(ANSYS Inc., USA)로 해석을 수행하기 위한 모델로 각각 재구성하였다.

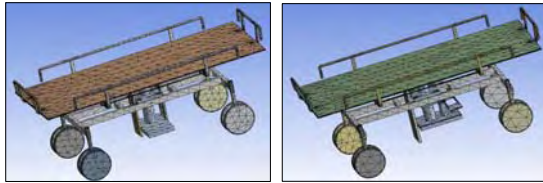
재구성된 유한요소모델은 상판과 하부를 각각 유리섬유강화 플라스틱(FRP, Fiber Glass Reinforced Plastic)와 KSD 3568 일반 구조형 각형 강관(Carbon Steel Square Pipe for General Structural Purpose)으로 구성되어졌다고 가정하였다. KSD 3568 일반 구조형 각형 강관의 물성은 한국철강협회에서 제시한 물성을 적용하였으며^[4], FRP는 공업규격(KS B 0801)에 따른 시편을

제작하여, 만능피로시험기(Instron, UK)를 통해 인장시험을 하여 물성치를 확보하였다.(Table 1)

개념 설계 된 두 가지 모델이 견딜 수 있는 최대 하중을 100kg으로 가정하고 각각 모델에 1000N의 수직 하중을 가하여, 샤워트롤리의 상판 높이를 최대와 최소로 하였을 때 유압실린더와 가이드에 가해진 응력을 측정하였다.(Fig. 2)

Table 1 Material Properties

	Young's Modulus	Poisson's Ratio
Carbon Steel Square Pipe	207.95 GPa	0.3
FRP	2.49 GPa	0.3



(a) Shower Trolley1 (b) Shower Trolley2
Fig. 2 Reformed Shower Trolley by ANSYS

2.6 제품 구동의 적합성 평가

안정성을 평가할 수 있는 척도로서 움직임과 유격의 유무를 확인하기 위해 개념 설계 된 두 모델을 3차원 다물체 동역학 해석 프로그램인 MSC.ADAMS(MSC Software, USA)로 재구성하고 BRG.LifeMOD (Biomechanics research Group, Inc., USA)를 이용하여 3차원 골격 모델을 생성하여 노인 및 환자의 무게를 가하였다.(Fig. 3)

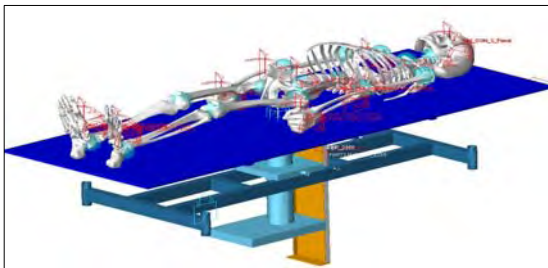
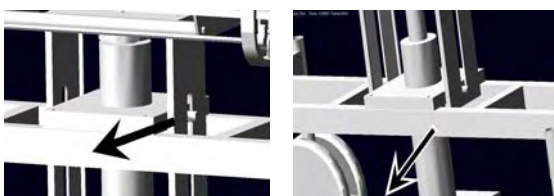
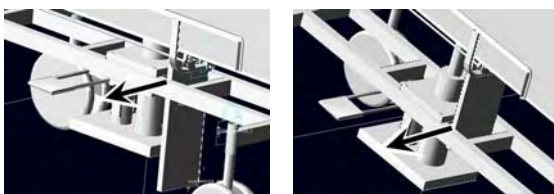


Fig. 3 Skeletal Model in BRG.LifeMOD

재구성 된 두 가지 모델은 Fig.4과 같이 모델 각각의 최저와 최고높이에서 상판의 측방향으로 힘을 가하여 각 부분의 뒤틀림량을 파악할 수 있었다. 간병인에 의한 상판의 움직임을 파악하기 위해 가해진 힘의 크기는 한국 간호사의 평균 체중인 500N을 가하였다.^[5]



(a) Shower Trolley1



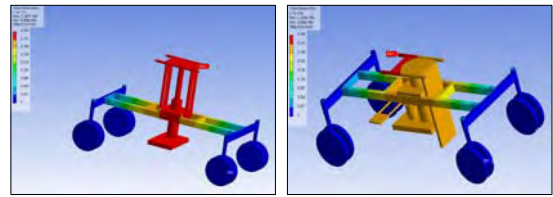
(b) Shower Trolley2

Fig. 4 Reformed Shower Trolley by ADAMS

3. 결과 및 고찰

3.1 안전성 평가

Fig. 5는 개념 설계 된 두 모델에 1000N의 하중을 가하였을 때 압력분포를 나타낸다. 각각의 모델은 유한요소해석에서 가해진 힘을 적절히 분산시켜 하부부분의 최대 변형이 모두 0.243mm 이하의 값을 나타내는 것을 알 수 있었다.(Table 2) 이 결과로부터 개념 설계 모델의 가이드는 상판과 실린더의 접합부분에 고정되어 있는 구조이기 때문에 가이드의 개수와 무관하게 압력 분산이 된다는 것을 알 수 있다. 따라서 샤워트롤리2의 가이드가 더 가공하기 쉬운 구조이므로 샤워트롤리2의 구조가 경제성과 안전성에서 더 우수하다고 할 수 있다.



(a) Shower Trolley1 (b) Shower Trolley2

Fig. 5 Pressure distribution caused by perpendicular load

Table 2 Total deformation(Max)

	The lowest point	The highest point
Shower Trolley1	0.237	0.239
Shower Trolley2	0.243	0.24

3.2 구동 적합성 평가

Table 3은 개념 설계 된 샤워트롤리의 상판 측방향으로 힘을 가하였을 때 각 샤워트롤리의 높이에 따른 뒤틀림량을 변위로 비교한 결과이다. 샤워트롤리의 높이와 관계없이 샤워트롤리1의 뒤틀림량은 샤워트롤리2의 뒤틀림량의 두 배이다. 이것은 샤워트롤리2의 유격이 샤워트롤리1의 유격보다 더 작다는 것을 의미한다.

Table 3 Displacement on the highest and lowest point

	The Highest Point	The Lowest Point
Shower Trolley1	27 mm	22 mm
Shower Trolley2	12.5 mm	12.5 mm

4. 결론

본 연구에서는 국내 실정에 맞지 않는 기존의 샤워트롤리 제품의 단점을 보완해 국내 실정에 맞게 구조를 개선하여 경량화 및 안정성 확보를 도모하였다. 기존의 국내 제품의 단점 보완을 위해 개념 설계 된 제품들의 안정성의 과학적 검증을 통해 국내 실정에 맞는 샤워트롤리 제작에 기여 할 수 있었다.

본 연구는 노인 및 중증장애인의 일상생활지원에 필요한 다른 의료기기 제작의 과학적인 검증에 유용한 연구가 될 것이다.

참고문헌

1. 고경민, 정연승, “고령화사회의 도래에 따른 기회와 위협,” 삼성경제연구소 .
2. 한국보건사회연구원, 전국 노인장기요양보호서비스 욕구조사, 2001
3. 신성우, 반병열, 유석형, “철근 콘크리트 일방향 슬래브의 소성모멘트 산정에 관한 연구”, 2002
4. 한국철강협회, “철강자체 관련 KS 규격 목록”, 2005
5. 윤현숙, 최윤영, “경남지역 간호사의 스트레스 수준 및 건강관련 행동”, 대한지역사회영양학회지, 641.1, 781-793, 2003