

Design modeling and prototyping of airbag cushion system for preventing pelvic injury from falls

Sung Min Kim(autobahn@koreatech.ac.kr)¹, Kwang Tae Jung(ktjung@koreatech.ac.kr)¹,
Keyoung Jin Chun(chun@kitech.re.kr)², Jae Soo Hong(jshong@kitech.re.kr)²
Kyung Chul Bae(vaxcon@naver.com)³, Sung ki Min(turturee@gmail.com)³

¹Department of Industrial Design Engineering, Koreatech, Cheonan, 330-708

²Smart Welfare Technology R&D Group, Korea Institute of Industrial Technology, Cheonan, 331-822

³BNR, Incheon, 405-819

ABSTRACT

The pelvic airbag cushion system was designed for protecting pelvis from falls. User's characteristics and universal design principles were considered in the design of this product. This product has a wearable belt type of shape and structure. A concept design of this system was developed and then a design modeling was developed using 3D surface modeling program. Finally, a semi-working mockup was developed using 3D printer to check its shape and structure.

Keywords: Falls, Pelvic airbag cushion system, Design modeling, 3D prototyping

1. Introduction

현재 한국은 평균 수명의 증가와 저출산 등의 영향으로 급속도로 고령화가 진행중으로 OECD 회원국 가운데 최고의 고령화 진행속도를 보이고 있다.(산업연구원, 2014) 고령화란 고령자의 수가 증가하여 전체 인구에서 차지하는 비율이 높아지는 것을 말하는데, 노동인구의 감소와 더불어 고령자층의 의료비 증가가 심각한 사회문제로 대두되기 시작하였다.

65세 이상 고령자를 대상으로 한 표본 조사에 따르면 1년에 한 번 이상의 낙상사고를 경험하는 것으로 보고되고 있으며, 낙상은 고령자에게 발생하는 흔한 사고 중의 하나로 낙상으로 인한 2차 부상은 고령자의 건강에 주된 위협요소로 작용하고 있다.

골반과 대퇴부를 연결해주는 관절로서 보행에 필수적인 부위인 고관절의 골절 요인중 낙상에 의한 골절은 79%를 차지하고 있으며,(이호택 등, 1994) 낙상으로 입원한 노인의 50%는 1년 이내 사망하게 되므로 낙상사고는 노인의 이환율과 사망률의 주요한 원인이 된다.(Roach,2001)

고령자 낙상관련 제품으로는 주로 골반이나 꼬리뼈 부위에 충격흡수패드를 삽입하여 착용하는 고관절 보호대가 있으나, 피부에 밀착되는 제품 특성상 피부질환을 유발하는 등 장시간 사용시 착용감이 좋지 않고 충격흡수패드의 착용위치에 따라 골절방지 기능을 상실한다.(Kiel, 2007)

따라서 본 연구에서는 낙상으로부터 발생하는 고관절 부위의 충격 에너지를 능동적으로 흡수하고 분산시키는

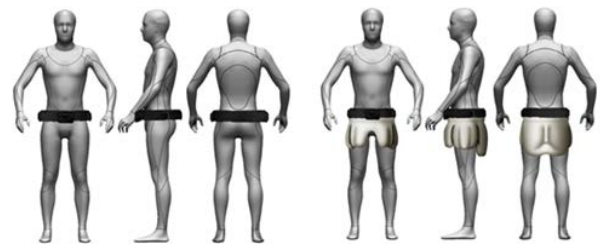


Figure 1. Concept diagram of pelvic airbag cushion system

웨어러블 타입(Wearable Type)의 에어백(Airbag) 기능을 활용한 제품을 개발하고 있으며, 이 제품의 개념도는 Figure 1과 같다.

2. 3D Design modeling

3D modeling은 특정 물체의 삼차원 표면을 수학적 표현에 특화된 소프트웨어를 사용하여 개발해나가는 과정으로 2D 그래픽 형태의 렌더링과 시뮬레이션에 활용될 수 있으며, 3D 프린팅 장비를 통하여 물리적인 형상을 창조해낼 수 있기 때문에(Wikipedia, 2010) 제품개발과정에서 필수적인 단계이다.

낙상충격완화장치는 낙상충격흡수 기능 외에도 사용자에게 안락감과 사용편의성, 심미성 등을 고려한 디자인적 측면에서의 만족도도 제공할 수 있어야 한다.

주 사용자층인 65세 이상 고령자의 신체적, 심리적,

생리적 특성을 분석한 결과와 유니버설 디자인 7원칙을 고려하여 **Table 1**과 같은 디자인 원칙을 도출하여 적용하였다.

Table 1. Design principles and requirements for pelvic airbag cushion system

원칙	디자인 요건
기능성	<ul style="list-style-type: none"> 낙상시 부상의 위험이 있는 부분을 충분히 보호할 수 있도록 할 것 몸에 착용하는 것이기 때문에 가능한 한 무겁지 않고 얇고 작은 형태로 디자인
사용성	<ul style="list-style-type: none"> 착용과정과 벗는 과정이 용이한 구조를 갖도록 디자인할 것 탈착시 사용방법을 쉽게 알 수 있을 것
착용감	<ul style="list-style-type: none"> 착용시 일상생활에 불편이 없는 구조와 형태 사용자의 신체 사이즈에 맞게 조절 가능할 것 착용시 신체적 부담이 없을 것
안전성	<ul style="list-style-type: none"> 탈착 과정이나 착용시 안전상의 문제가 없을 것 보편적이지 않은 사용환경에서도 안전하게 사용할 수 있을 것
심미성	<ul style="list-style-type: none"> 시각적으로 만족감을 줄 수 있는 형태로 디자인 안정감을 주는 주는 칼라 사용으로 제품의 기능과 부합되는 느낌을 줄 수 있도록 디자인
보편성	<ul style="list-style-type: none"> 다양한 상황에서도 문제없이 사용할 수 있을 것 사용자 경험, 지식, 능력 등과 무관하게 쉽고 불편함 없이 사용할 수 있을 것 사용자의 신체 크기, 자세, 이동능력과 관계없이 사용할 수 있는 크기와 방법을 제공할 것

이에 따라 벨트 타입의 형태와 구조를 채택하고 국내 60~90세 남녀 허리둘레를 참고하여 각각 5퍼센타일과 95퍼센타일에 해당하는 29인치부터 39인치(사이즈코리아, 2010)를 조절범위로 설정하였다.

또한 착용감과 제품형상의 유연성을 고려하여 손목시계 켈리밴드 정도의 경도를 가진 우레탄 프레임에 약 3인치의 길이 조절이 가능한 버클 시스템을 결합하여 디자인 요건을 만족시켰다.

사용자의 겉옷 위에 착용하는 제품의 특성상 유기적이면서도 심미적인 형태를 디자인하는 데 중점을 두고 Autodesk사의 Alias 소프트웨어를 사용하여 디자인 모델링을 진행하였다. 이때 접힌 상태로 에어백이 수납되는 공간 및 에어백을 전개시키는 컨트롤 모듈의 부피를 고려하였고, 에어백 전개시 격실 내부에 가해지는 압력을 견딜 수 있는 구조로 설계하였다.

또한 사용자의 기호에 맞게 교체가 가능한 다양한 색상과 패턴의 프레임 커버 개념을 도입하여 패션 아

이템으로서의 기능도 추가하였다.

낙상상황 발생시 정확한 에어백의 전개를 위해 필수적인 사용자의 신체정보 입력과정은 데이터 및 파워겸용 케이블을 통해 컴퓨터상에서 이루어지고, 제품 본체에는 버클부 우측 상단에 전원 버튼만 배치하여 보편성을 고려하였다.

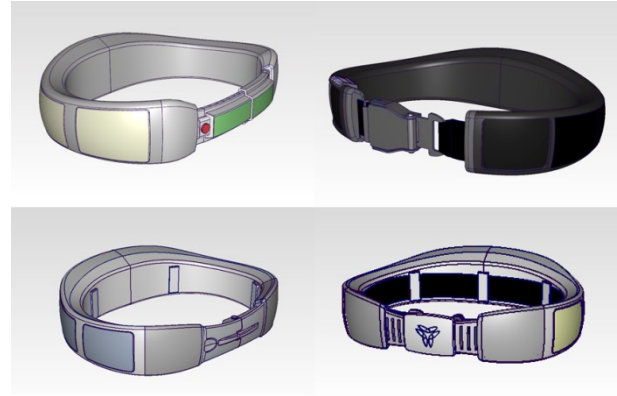


Figure 2. Design modeling of pelvic airbag cushion system

3. Rapid Prototyping

쾌속조형방식(Rapid Prototyping)은 적층식 제조(Additive Manufacturing) 또는 3D 프린팅 방식으로 표현되며, 3D CAD 모형 데이터, CT 및 MRI 스캔 데이터를 이용해서 여러가지 재료를 적층하여 빠른 시간 내에 3D 입체모형 또는 시제품을 제작하는 기술을 의미한다(Kulkarni P 등, 2000).

쾌속조형기술은 개발 초기에는 주로 자동차와 항공 산업에서 주로 응용되었으나, 현재는 거의 모든 산업에서 설계된 제품의 디자인 검증과 2차 공정을 위한 원형제작에 응용되어 제품개발에 소요되는 시간과 비용을 절감하는 필수적인 공정으로써 사용되고 있다.(이창환·김치균, 2012)

본 연구에서는 용융수지 압출 조형 방식(FDM)의 로켓 Edison plus 장비와 내열 PLA 필라멘트(SPLA)를 사용하여 29인치 사이즈 실물 크기의 목업 파트를 출력하고, 원형에 붙어있는 서포트를 제거하는 후가공 및 표면처리를 하였다.

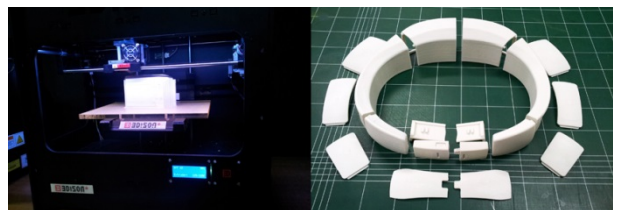


Figure 3. Rapid Prototyping (Left: 3D printer, Right: printed parts)

신축성이 거의 없는 PLA 필라멘트 재질의 특성을 고려하여 프레임 후방 중앙에 파팅라인을 생성하고 네 오디뮴 자석을 내장하여 실제로 인체에 착용이 가능하도록 하였다. 또한 고령자가 착용하기에 위화감을 주지 않는 색상을 선정하고 도색 작업을 하여 목업을 완성하였다.

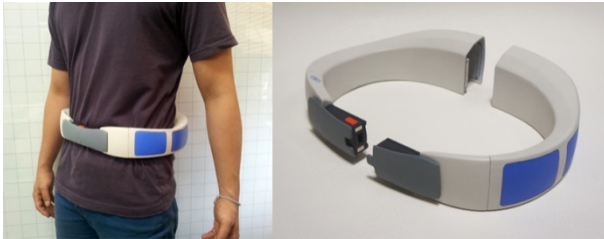


Figure 4. Mockup of pelvic airbag cushion system

4. Conclusion

본 연구에서는 낙상충격완화장치의 기능과 메카니즘이 설계 요구조건으로 주어진 상태에서, 유니버설 디자인 원칙에 의거하여 고령자의 특성 및 사용성을 고려한 제품 외형(하우징)과 인터페이스 디자인 작업을 수행하였다.

심미적이면서도 제품 기능수행에 최적화된 형태로 디자인하기 위하여 컴퓨터를 활용한 3D modeling 및 Rapid Prototyping을 수행하였고, 이를 통하여 양산 전단계에서 제품의 디자인 적합성과 구조를 체크하였다.

향후 연구에서는 컨트롤 모듈과 에어백, 낙상감지센서가 내장된 Mechanism Mockup의 형태를 갖추어 실제품 작동상황에서 발생 가능한 문제점들을 발견하고, 실제 사용과정에서의 사용성을 평가하는 작업을 수행할 계획이다.

References

- Douglas, P., Efficacy of a Hip Protector to Prevent Hip Fracture in Nursing Home Residents, 2007.
- Jung, K., et al., Design of wearable product for protecting pelvis from falls, AHFE 2014, 2014.
- Kulkarni, P., Marson, D., Dutta, D., A review of process planning techniques in layer manufacturing, Rapid Prototyping

Journal, Vol.6, pp.18-35, 2000.

Lee, C.H., Kim, C.K, Trend on the manufacturing technologies of rapid prototyping through patent analysis, J. of Korean Society of Mechanical Technology, Vol. 14(4), 2012.

Lee, H.T., et al., Characteristics of falls as a Cause of Hip Fracture in the Elderly, Korean Academy of Family Medicine, Vol.15 No.4-5 , 273-279, 1994.

Size Korea Home Page, <http://sizekorea.kats.go.kr>, 2010.

Wikipedia, http://en.wikipedia.org/wiki/3D_modeling, 2010.