

# 고령자 대상의 고관절 골절 예방 제품 최적 설계 프로세스 개발

전은진<sup>1)</sup> · 박세권<sup>2)</sup> · 유희천<sup>3)</sup> · 김희은<sup>1)</sup>

1) 경북대학교 의류학과

2) 공군사관학교 시스템공학과

3) 포항공과대학교 산업경영공학과

## I. 서론

고령자들은 골격, 근육 감소 및 체형 변화로 인해 내전, 외전, 신장 등의 관절 가동역이 감소하게 되어 낙상으로 인한 고관절 골절이 발생하기 쉽다. 미국은 연간 35만 명의 고령자 고관절 골절 환자가 발생하고 치료와 재활에 연간 180억 달러가 소요되고 있다(정필현 외, 2007). 한국은 65세 이상 고령자의 20%가 낙상을 경험하였으며 이 중 63%가 보행 중에 낙상한 것으로 나타났다(권오윤, 1997). 우리 나라 고령자 고관절 골절 발생률은 매년 증가하는 추세인데, 고관절 수술 실태는 2005년 15,008건에서 2009년 23,615건으로 1.6배 증가했고, 이 중 2009년 60세 이상의 수술 건수는 17,479건(74%)으로 보고되었다(통계청, 2009). 국제골다공증 재단은 2050년이 되면 고관절 골절 발생 고령자가 현재보다 5배 이상 증가할 것으로 예측하고 있다(Compston, 2008). 고관절 골절 환자의 상당수는 1년 이내 사망하고 생존 하더라도 운동성을 회복하지 못하여 장기간 치료를 받아야 하므로 개인적 및 국가적 의료비 부담이 가중될 수 있다. 따라서 고령자의 인체 형상 특성 및 생체역학적 특성을 고려한 고관절 골절 예방 및 보호 제품 개발 연구가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 고령자 친화적인 고관절 골절 예방 제품(hip protector)의 설계 프로세스를 개발하고자 한다. 본 연구는 고관절 골절 예방 제품의 기반지식을 구축하고, 고관절 골절 예방 제품을 위한 설계 프로세스에 따라 제품의 형상을 설계한 후, 평가를 통해 및 최종 설계안을 도출하는 방법 수립하고자 한다.

## II. 연구방법

사용성이 향상된 고령자 친화적 고관절 골절 예방 제품의 인간공학적 설계 프로세스 개발을 위해 먼저, 힙 프로텍터 관련 기반지식(3D 스캔 데이터 기반 고령자 인체 형상 및 치수 분석, 고관절 골절의 생체역학적 분석, 힙 프로텍터 제품 및 시장 조사, 힙 프로텍터 설계 및 착용특성 분석, 사용자 요구도 조사) 구축한다. 둘째, 힙 프로텍터를 위한 4단계 설계 프로세스(힙 프로텍터 개념 설계, 힙 프로텍터 패턴 설계, 가상 착용을 통한 착용감 및 피트성 검증, 힙 프로텍터 평가 및 시뮬레이터 제작)를 개발한다. 마지막으로, 힙 프로텍터의 평가(시뮬레이터 평가, physical 평가, 충격량 가시화 평가, 착용 쾌적성 평가, 인간공학적 사용성 평가) 및 최종 설계안 도출 방법 수립한다(그림 1 참조).

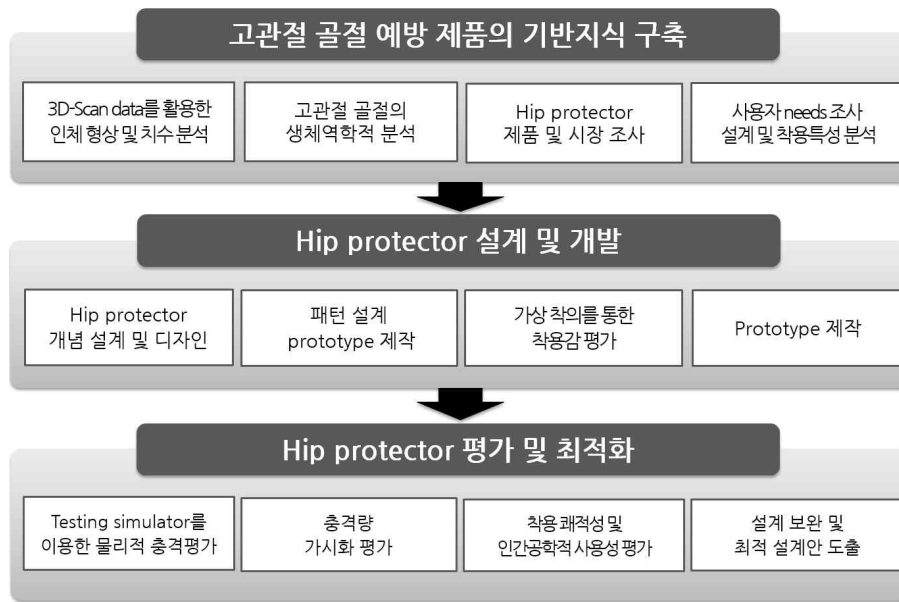


Fig 1. Research process for hip protector development

### III. 연구결과

#### 1. 힙 프로텍터 제품 관련기반지식 구축

힙 프로텍터 제품 관련 기반지식 구축 단계에서는 먼저, 3D 스캐닝 기술을 이용하여 고령자의 엉덩이 부위 형상 특성을 분석한다. 3D 스캔 데이터는 기 측정된 2010 Size Korea data를 이용할 수 있다. 고관절 골절 관련 생체역학적 특성은 동작분석 장비 및 3D 스캐너를 사용한 데이터 수집 및 이를 기반으로 한 수리적 모델링을 통해 파악된다. 먼저 동작분석 장비를 이용하여 낙상 시의 자세 변화를 촬영한 후, 낙상 시 고관절이 받게 되는 충격량을 체중에 따라 추정할 수 있는 모델을 개발하여 힙 프로텍터가 흡수해야 할 충격량을 산출한다. 기존 제품에 대한 벤치마킹 및 특허 조사 등을 통해 힙 프로텍터의 설계 및 착용 특성들이 분석된다. 사용자의 요구사항은 힙 프로텍터 사용자 및 잠재 사용자를 대상으로 설문지를 기반으로 한 인터뷰를 통해 파악된다. 설문은 착용편의성, 착·탈의 편의성, 착용감, 동작성, 내구성, 주관적 만족도, 개선요구사항 등이 파악될 수 있도록 구성한다.

#### 2. 힙 프로텍터 설계 프로토콜 개발

개념설계 단계에서는 고령자의 인체 형상 및 치수, 고관절 부위의 생체역학적 특성, 힙 프로텍터 제품설계 및 착용특성, 그리고 사용자 요구사항들을 종합적으로 고려하여 기존 제품들과 차별화된 개념을 가진 제품을 도출한다. 패턴설계 단계에서는 고령자의 3D 형상 및 치수를 기반으로 힙 프로텍터의 치수별 평면 및 입체 패턴을 제작한다. 먼저, 한국인 고령자의 인체 특성에 적합한 힙 프로텍터 제품 형태를 구현하기 위한 패턴을 설계한 후, 보호 패드와 같은 관련 메커니즘 부착이 용이하도록 패턴을 수정한다. 평면 패턴은 제품 부위별 치수와 여백에 관한 설계공식을 토대로 제작된다. 입체 패턴은 대표 인체모델의 인대 상에 한지를 부착한 후, 절개면을 따라 한지를 떼어내고 이를 평면화함으로써 제작된다. 3D 가상 착

의시스템(예: CLO 3D)을 이용하여 설계된 패턴을 대표 인체모델에 착의하여 전반적인 착용감을 검증한다. 의복 가상 착의시스템에서는 설계된 패턴의 소재 특성을 고려하는 것이 필요하다. 인체에 착용되는 부위는 3D 가상 착의시스템을 통해 평가 및 보완된 패턴을 이용하여 시제품을 제작할 수 있다. 제작된 시제품 제작 단계에서는 개념 설계 단계에서 제안된 고관절 보호와 관련된(예: 보호 pad, 압박대 등) 부위를 실물로 구현하여 최종 개발 시제품을 완성한다.

### 3. 힙 프로텍터 평가 및 최적화

개발된 시제품들의 설계 적합성은 힙 프로텍터 테스트 시뮬레이터를 이용하여 평가될 수 있다. 개발된 시제품을 실제 고령자를 대상으로 실험하기에는 위험성이 따르므로, 힙 프로텍터 테스트 시뮬레이터를 사용한다. 충격흡수 시뮬레이터는 낙상 시 고관절에 작용하는 외부적인 충격을 재현하기 위한 장치로, 충격의 정도, 범위, 방향 등을 조절할 수 있도록 설계되어 있다. 충격량에 대한 가시적 평가는 유한요소 해석시스템(예: ANSYS®, ABAQUS)을 사용하여 평가할 수 있다. 유한요소 해석시스템은 힙 프로텍터의 보호 패드의 물성치를 고려하여 다양한 종류의 충격 발생 시 보호 패드의 형상 변형 정도, 충격 흡수 정도, 인체에 전달되는 충격량 등을 시뮬레이션 할 수 있다.

시뮬레이터 및 평가시스템을 이용한 평가 및 설계 보완이 완료된 시제품들은 실 착용자를 대상으로 평가한다. 실 낙상 충격 평가는 20~30대 남녀 및 업선된 고령자를 대상으로 수행될 수 있는데, 평가 중의 안전사고를 방지할 수 있는 장치가 필요하다. 주관적 선호도는 기존 힙 프로텍터 제품을 사용하고 있는 고령자 및 잠재 사용 대상 고령자들을 대상으로 기존 제품과 비교 평가할 수 있다. 힙 프로텍터의 최종 설계안은 시뮬레이터 및 유한요소 해석시스템을 이용한 충격 평가, 사용성 평가, 주관적 만족도 평가 결과를 바탕으로 한 설계를 통해 도출될 수 있다.

### 참고문헌

- 권오윤 (1997). *지역사회 노인의 전도발생 특성과 운동훈련이 전도노인의 근력과 균형에 미치는 영향*. 박사학위논문.
- 정필현, 황정수, 강석, 김종필, 김영성, 이상호, 박종석 (2007). 80세 이상의 노인에서 발생한 고관절 골절의 치료. *대한고관절학회지*, 19(1), 45-50.
- 통계청(2009). 주요수술통계 자료.
- Compston, J. (2008). The National Osteoporosis Guideline: comprehensive and up to date. *Prescriber*, 19, 7-9.
- Statistics Korea(2006; 2011) <http://kostat.go.kr>