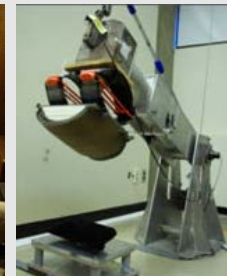
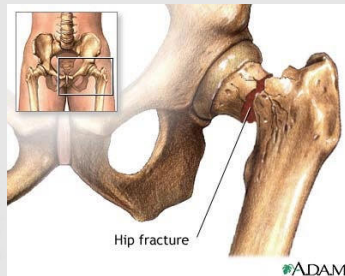


한국인 고령자 대상 Hip Protector 개발을 위한 설계 Process 개발



이원섭¹, 전은진², 김희은², 박세권³
정대한⁴, 박장운¹, 이승훈¹, 유희천¹

1 포항공과대학교 산업경영공학과

2 경북대학교 의류학과

3 공군사관학교 시스템공학과

4 공군사관학교 기계공학과

Contents

- Introduction
 - 연구 배경
 - 연구 목적
 - 기존 연구 Review
- Hip Protector 설계 Process
 1. Hip Protector 제품 관련 기반 연구
 2. Hip Protector 개념 설계 및 가상 착의 평가
 3. Hip Protector 사용성 및 안전성 평가
- Discussion

고관절 골절(Hip Fracture) 실태

- 고관절 골절 환자 수 (Compston, 2008; Empana et al., 2004; Gullberg et al., 1997; Wolinsky et al., 1997; 정피현 외, 2007; 통계청, 2009)


130만 → 400~600만
1990년 → 2050년
× 3~4

전세계 

연간 35만명
환자 발생

미국 

1.5만 → 2.4만
2005년 → 2009년
× 1.6

한국 

- 고관절 골절에 따른 사회적 비용 (Burge et al., 2007; 정필현 외, 2007)

\$21.1B → \$25.3B
(23조원) → (28조원)
2005년 → 2025년

전세계 

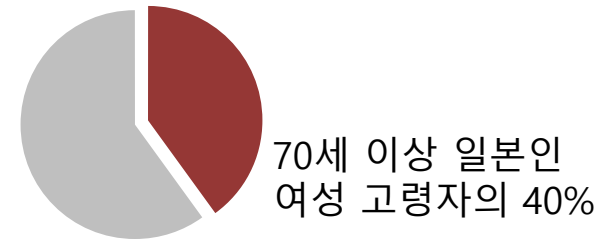
고관절 골절 발생 원인 및 환자 예후

- 고관절 골절 원인: 낙상 (Grisso et al., 1990; Kim et al., 2008; 권오윤, 1997; 일본국립장수의료센터, 2009)



고관절 골절 원인

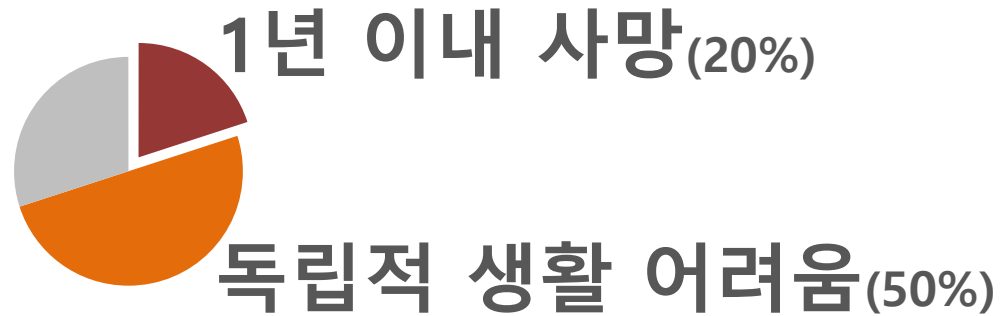
낙상 경험 고령자 (20 ~ 40%)



고령자 낙상 빈도

- 고관절 골절 환자 예후 (Empana et al., 2004; Tsuboi et al., 2007; WHO, 2003; Wolinsky et al., 1997)

골절 후 10년 이상 생존율: 22 ~ 36%



고관절 골절은 예방이 중요!

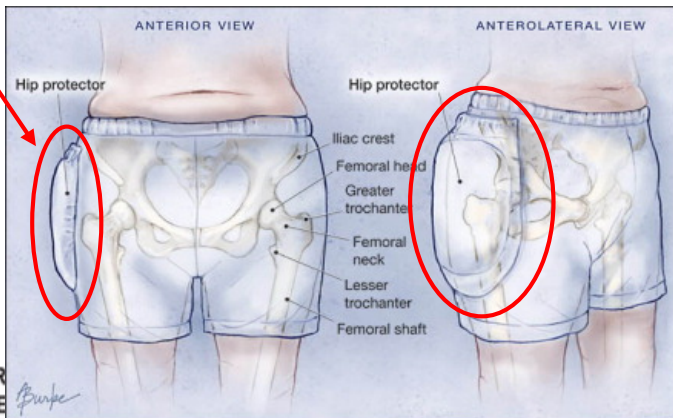
고관절 골절 예방 제품: Hip Protector

- 착용 효과: 고관절 골절의 위험을 50% 이상 감소 (Kannus et al., 2000)
- 비용 절감 효과: 개인별 \$10,000 (Singh, 2004)

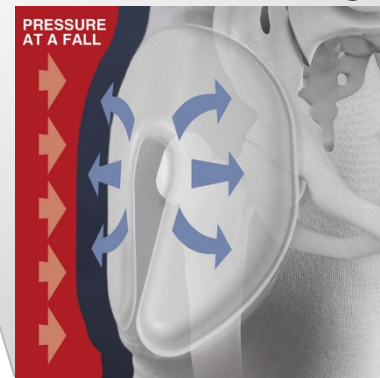


Hip protector

soft shell type & hard shell type



충격 흡수(absorbing)



충격 반사(shunting)



Hip Protector 종류

- 착용 방법에 따른 분류



속옷형



벨트형



바지형

- 보호 방법에 따른 분류



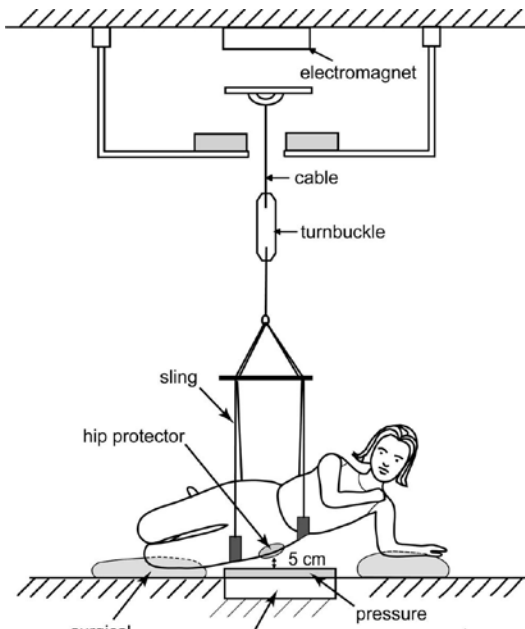
충격 흡수



충격 반사

기존 연구 Review: 실험 방법

피실험자 대상 실험

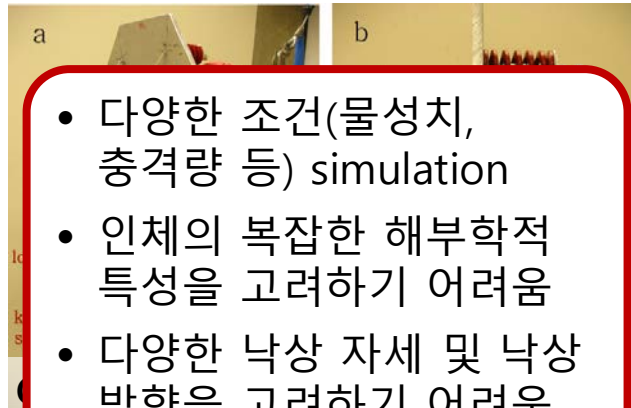


- 인체 특성(예: 인체 크기, BMI)을 고려하여 평가 가능하며, 사용자 의견을 수집할 수 있음
- 위험성이 따르므로 고령자 대상으로 평가 어려움

충격 simulator 이용 실험

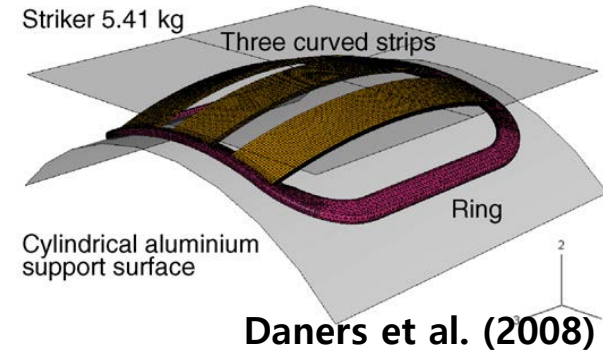


Liang and Robinovitch (2008)

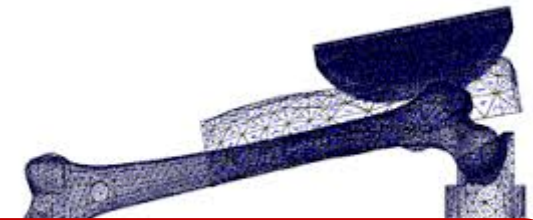


- 다양한 조건(물성치, 충격량 등) simulation
- 인체의 복잡한 해부학적 특성을 고려하기 어려움
- 다양한 낙상 자세 및 낙상 방향을 고려하기 어려움

FEM 기반 연구



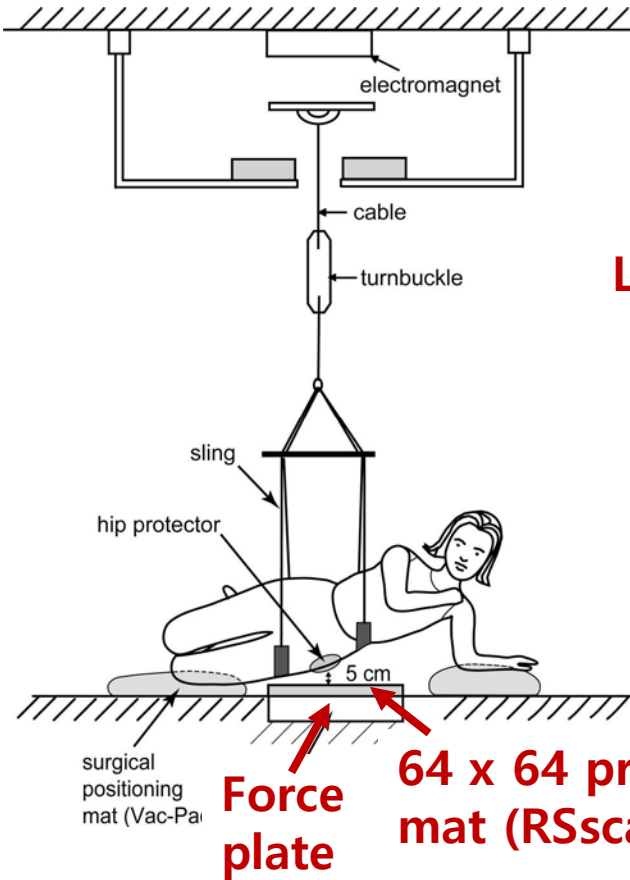
Daners et al. (2008)



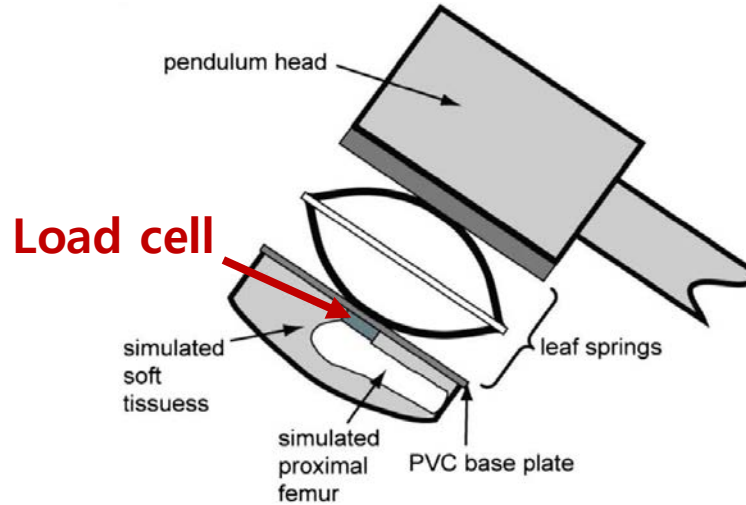
- Prototype 제작 이전에 형상 및 물성치에 따른 설계 효과를 simulation해 볼 수 있음

기존 연구 Review: 충격 힘 및 압력 측정 방법

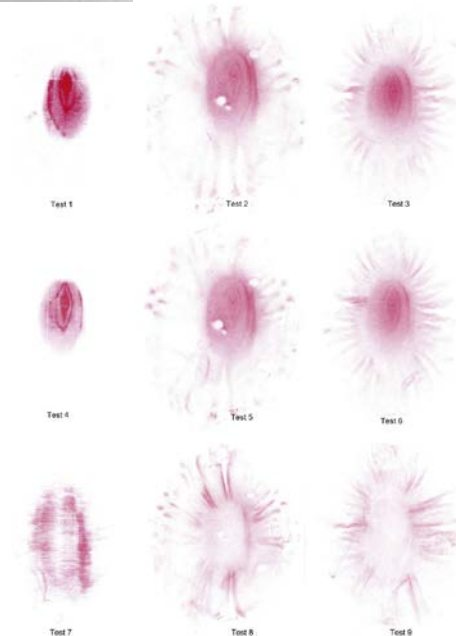
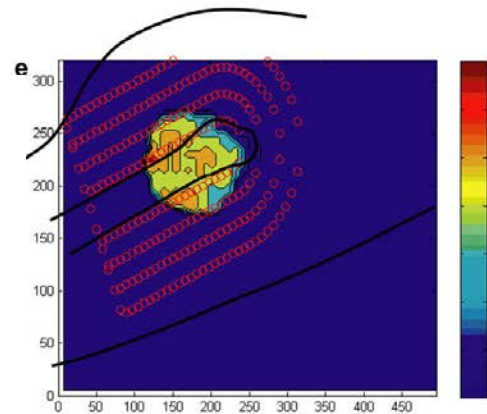
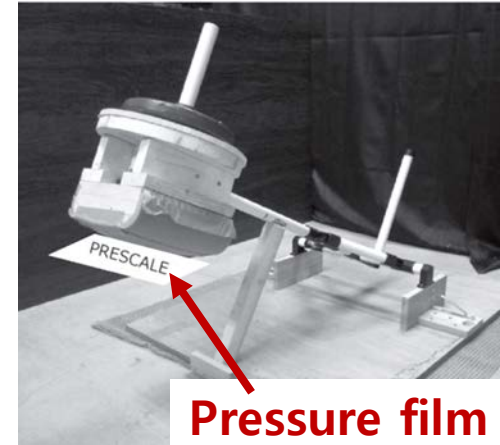
Choi et al. (2010)



Choi et al. (2010), Liang and Robinovitch (2008)



Li et al. (2013)



기존 연구 Review: Major Findings

- 남성보다 여성에게서 hip fracture 발생 risk가 높음 (Chevalley et al., 2007; Bjorgul and Reikeras, 2007; Lonroos et al., 2006)
- High BMI보다 low BMI 사람이 hip fracture의 risk가 높음
← High BMI의 fat tissue가 natural padding 역할을 함 (Choi et al., 2010; La Vecchia et al., 1991; Lauritzen et al., 1993; Robinovitch et al., 1995)
- Posterolateral(후측방) 방향으로의 낙상이 hip fracture에 위험 (Choi et al., 2010; Keyaket al., 2001; Nankaku et al., 2005; Pinilla et al., 1996) 하나 대부분 기존 제품은 lateral 방향 낙상만 방지하도록 설계됨 (Choi et al., 2010)
⇒ 낙상 방향을 고려한 hip protector 설계 필요



Posterolateral(후측방) 낙상 예

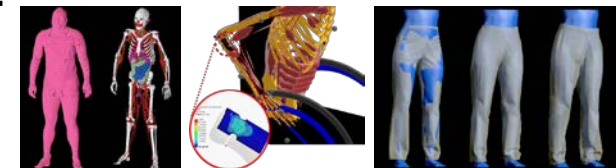
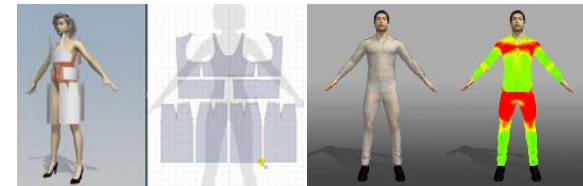
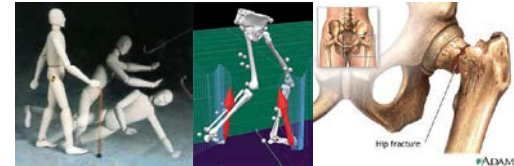
기존 연구 Limitations

- 주로 hip protector pad의 충격 완화 특성 관련 연구
⇒ 인체 치수 및 형상 기반의 인간공학적 hip protector 형상 설계 연구 부재
- 낙상 방향, 충돌 부위, 충격량, 인체특성(인체 크기, BMI)에 따라 고관절 보호 정도가 다름
⇒ 다양한 상황에 대한 보다 뛰어난 고관절 골절 보호 성능이 요구됨
- Hip protector의 착용 특성 및 사용성 특성에 대한 연구 미흡
- Hip protector를 착용하지 않는 주요 원인인 착용성 및 심미성에 대한 연구 미흡
- 한국인 고령자용 hip protector 개발 연구 미흡

연구 목적

한국인 고령자 대상 Hip Protector 개발을 위한 인간공학적 설계 Process 개발

1. 한국 고령자 대상의 **인체 치수 및 형상 특성, 해부학적 특성, 사용자 요구사항** 조사
2. 한국 고령자 인체에 적합한 의류학적 **hip protector 형상 설계 및 평가**
3. 사용성 평가, hip impact simulation, FEM을 이용한 종합적이고 체계적인 **hip protector prototype 평가**



연구 절차

Phase 1. Hip protector 관련 기반 연구

3D scan data를 활용한
고령자 인체 형상 및
치수 분석

고관절 골절 관련
생체역학적 특성 분석

Hip protector
제품들의 설계 및
착용 특성 분석

사용자 요구사항 조사

Phase 2. Hip protector 개념 설계 및 가상 착의 평가

S2-1. Hip
protector 개념 설계

S2-2. Hip
protector pattern
설계

S2-3. 가상 착의를
통한 착용감 평가

S2-4. Prototype
제작

Phase 3. Hip protector 사용성 및 안전성 평가

Hip protector testing
simulator를 이용한
물리적 충격 평가

충격 특성 가상
simulation

인간공학적 사용성 및
착용감 평가

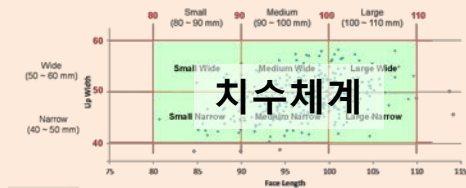
설계 보완 및 최적
설계안 도출

Phase 1. Hip protector 관련 기반 연구 (1/3)

1.1 3D scan data를 활용한 고령자 인체 형상 및 치수 분석

2004 Size Korea 3D scan data 이용

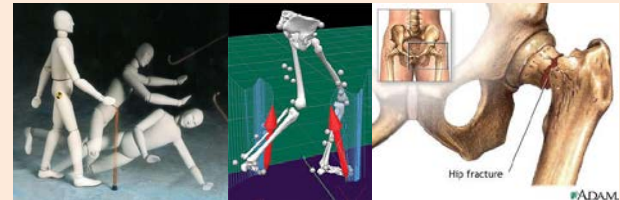
- 60세 이상 남 259명, 여 271명
- **Hip 부위 크기:** 엉덩이너비, 허리너비, 엉덩이두께, 배꼽수준허리두께, 엉덩이둘레, 허리둘레, 엉덩이수직길이, 엉덩이옆길이
- **Hip 부위 3D 형상**
- **Hip protector 치수체계 개발**



1.2 고관절 골절 관련 생체역학적 특성 분석

낙상 및 골절에 대한 해부학적 및 생체역학적 특성 분석

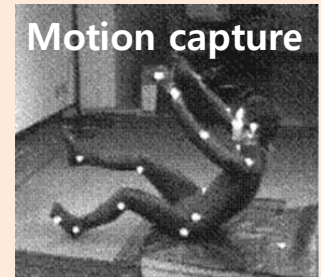
- 3D scanner 및 motion capture 장비를 이용한 낙상 시의 자세 및 hip 부위 형상 입수
- 낙상 시 고관절이 받게 되는 충격량을 체중에 따라 추정할 수 있는 model 개발



3D scanning



Motion capture



Hip protector 관련 기반 연구 (2/3)

1.3 Hip protector 제품들의 설계 및 착용특성 분석

조사 방법

- 기존 제품 benchmarking (착의성, 사용편의성, 동작 용의성, 소재 적합성), 특허 조사 및 분석
- 착용 특성 조사 (n = 33)

조사 내용

- 제품 type별 조사
- 보호 방법 및 보호 부위
- 재질 특성
- Hip protector 및 pad의 형상, 크기

형태	Image	Strength	Weakness	Result
속옷 형태		1. 내구성 우수	1. 착용시 너무 조임(여유함부족)	1. 착의성(맞음새) ☹️
		2. 착용감 우수	2. 착용과적감 부족	2. 사용편의성 ☹️
		3.패드 부착감 우수(고정용)	3. 고정된 패드로 인한 세탁불편	3. 동작용이성 ☹️
		4. 요실금용 기저귀 사용 가능	4. 엉덩이 보호(tailbone) 기능	4. 자인적합성 ☹️

기존 제품들은 공통적으로 한국 고령자들에게 착의성과 디자인 측면에서 개선이 요구됨

기존 제품 benchmarking

<p>Application No. 2010-010197 Publication No. 2011-009477 Registration No. In progress IPC A41D 01/15, 01/10, 01/12 Invention: Mesh fabric mesh Purpose: Absorbing and relaxing the shock Concept: Through high density compression pad absorbing and relaxing the shock. Usefulness: Dual cushioning Ergonomic Values: Visible design</p>	<p>Application No. 2009-001011 Publication No. 2010-009248 Registration No. A41D-01/15, 01/10 IPC A41D-01/15, 01/10 Invention: Let Young-ma Purpose: Adding a heating system to the hip protector Concept: To hip protector adds a heating element, switch, controller and battery. Usefulness: Ergonomic Values:</p>
<p>Application No. 1999-004970 Publication No. 1999-004200 Registration No. 20-01-03018-00-00 IPC A41C-00/100 Invention: Park Sang-pil Purpose: Sequential absorbing and relaxing the shock to protect user product Concept: Through air pad which is connected flexible material protect user product. Usefulness: Ergonomic Values:</p>	<p>Application No. 2009-001011 Publication No. 2010-009214 Registration No. A41D-01/15, 01/10, 01/12 IPC A41D-01/15, 01/10, 01/12 Invention: Seo Seok-ho Purpose: Protecting hip as a conventional shape Concept: Shape of protector like skirt Usefulness: When get to toilet, don't need take off Ergonomic Values:</p>
<p>Application No. 2007-004810 Publication No. 749-4270 Registration No. A41D-01/10 IPC A41D-01/10 Invention: Chung Paeng-Chung Purpose: Absorbing shock Concept: The shield is anatomically shaped and has an outer shield surface having an inner shield and a central through hole. The shock absorbing assembly along the inner shield of the shield and has a curved plate, a securing hole and a central air cushion. Usefulness: Ergonomic Values: Hip is comfortable because of air cushion</p>	<p>Application No. 2009-001011 Publication No. 2010-007175 Registration No. A41C-00/100, 20 IPC A41C-00/100, 20 Invention: Bang Sang-ho Purpose: Cushion and prevent hip Concept: Cushion has protrusion for handling pad Usefulness: Can control the thickness of pad. Ergonomic Values:</p>
<p>Application No. 2009-012307 Publication No. 2009017129 Registration No. A41D-01/15, 02/20, 02/28, A41B-00/010 IPC A41D-01/15, 02/20, 02/28, A41B-00/010 Invention: CoreBody, LLC Purpose: Absorbing and relaxing the shock Concept: Using honeycomb material at outer layer, reduce impact level effectively. Usefulness: Inner layer is flexible and resistant foam Ergonomic Values:</p>	<p>Application No. 2001-014471 Publication No. 6920647 Registration No. A41D-01/10 IPC A41D-01/10 Invention: Uchi, Susu, A., & Lang, Heinrich Purpose: Absorbing and relaxing the shock Concept: Using a gas pouch, which can change size following acceleration Usefulness: All other items, pouch don't absorb same Ergonomic Values:</p>

- 기존 특허에 적용된 인간공학적 요소 파악
- 기존 특허와의 차별화 idea 도출 (예: 허리 지지대)

특허 조사 및 분석

Hip protector 관련 기반 연구 (3/3)

1.4 사용자 요구사항 조사

조사 방법: 설문, interview, 행동 관찰

조사 내용

- 착용 편의성
- 착용감
- 활동성
- 내구성
- 주관적 선호도 및 만족도
- 개선 요구사항



고관절 보호대 설계 개선을 위한 설문지	
<ul style="list-style-type: none"> • 본 설문 조사 결과는 고관절 보호대의 설계 개선을 위한 기초자료로 사용될 예정입니다. • 설문 평가 예상 소요 시간은 약 15분입니다. • 연구 수행 기관: 포항공과대학교 산업경영공학과 	
1. 기본 정보	
<ul style="list-style-type: none"> • 이름: _____ • 고관절 치료 경험 유무 • 고관절 통증 유무 (현재) • 고관절 보호대 사용 경험 유무 	<ul style="list-style-type: none"> □ 연세: _____ 세 □ 성별: _____ □ 있음 □ 없음 □ 있음 □ 없음 □ 있음 □ 없음
2. 고관절 보호대 필요성(요구도) 조사	
<ul style="list-style-type: none"> • 고관절이 어느 부위인지 아시나요? 예 아니요 • 고관절에 통증이 있던 적이 있으신가요? 예 아니요 ✓ 있다면 얼마나 자주어시나요? □ 하루에 한번 □ 1주일에 한 두 □ 1달에 한 두 □ 1년에 한 두 이상 빈 빈 빈 • 최근 본인 혹은 주변인 중 낙상을 한 사람이 있나요? 예 아니요 • 낙상하여 고관절 골절이 일어났을 경우의 위험성에 대해 알고 계시나요? 예 아니요 • 고관절 보호대가 있다는 것을 아시나요? 예 아니요 • 고관절 보호대가 필요하다고 생각해 본 적 있으신가요? 예 아니요 ✓ 필요 없다면 이유는 무엇인가? 설문지 예 □ 고관절에 통증을 느끼지 □ 착용 후가 불편 □ 기타 _____ 	

Phase 2. Hip Protector 개념설계 및 가상 착의 평가 (1/3)

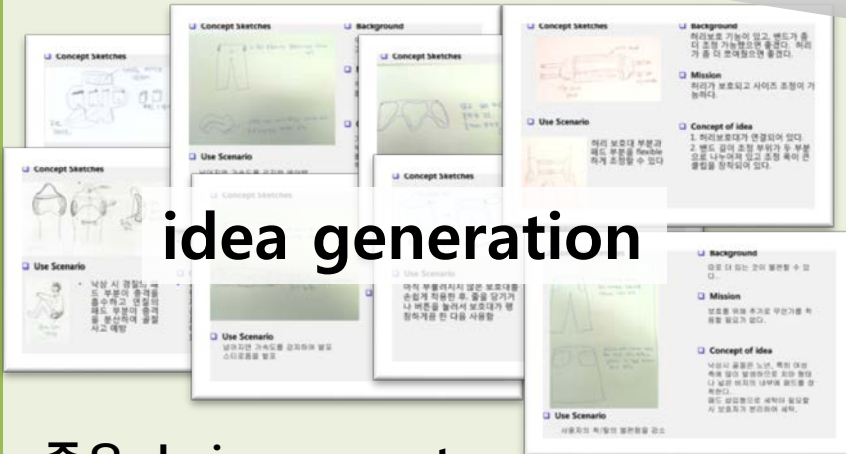
S2-1. Hip protector 개념 설계

고령자 인체
형상 및 치수

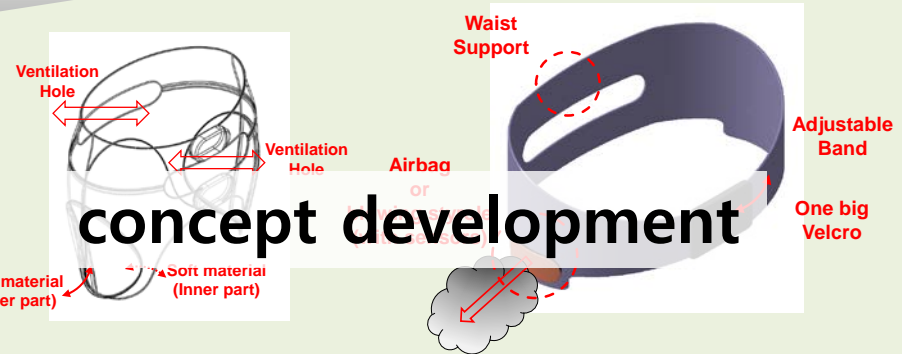
고관절 부위
생체역학적
특성

Hip protector
제품 설계 및
착용특성

사용자
요구사항



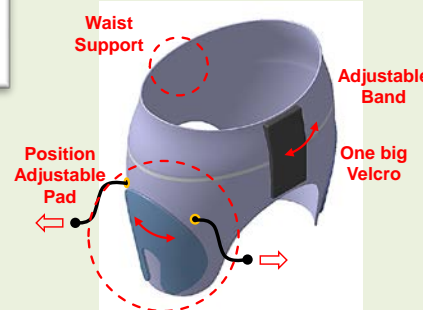
idea generation



concept development

주요 design concept

- 착용성 개선
- 심미성 개선
- 허리 부위 밀착성 조절 가능하도록 함
- 허리 부위 지지 기능 추가



Hip Protector 개념설계 및 가상 착의 평가 (2/3)

S2-2. Hip protector pattern 설계

치수체계를 대표하는 인체모델의 치수 및 3D 형상 기반의 girdle pattern 설계

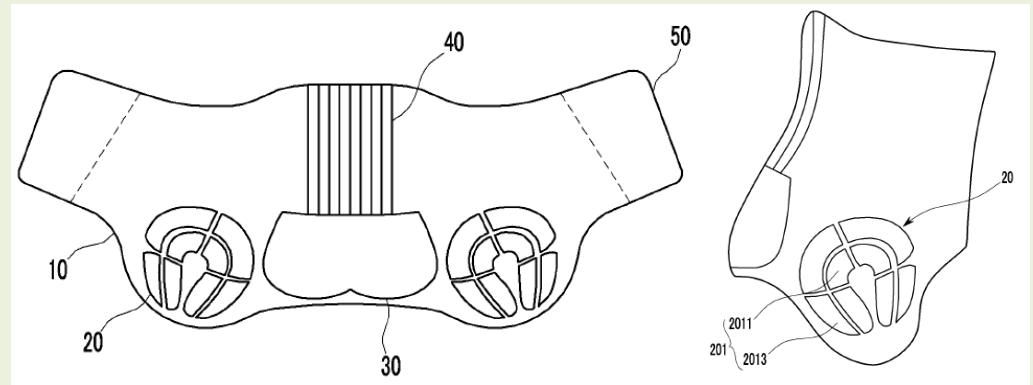


대표인체모델 3D scan data

치수 기반의
2D pattern 설계

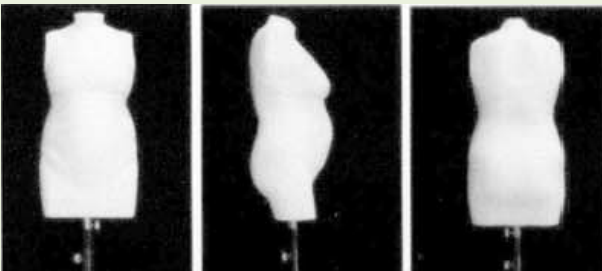


Girdle 설계 형상 예



전개도

측면도



대표인체모델의 mannequin

Mannequin을 이용한
3D pattern 설계



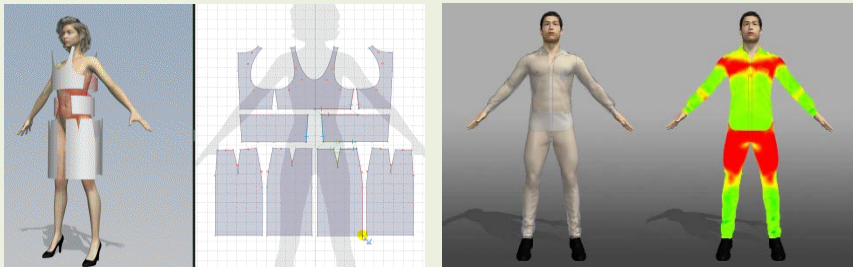
Hip Protector 개념설계 및 가상 착의 평가 (3/3)

S2-3. 가상 착의를 통한 착용감 평가

가상 착의(virtual fitting) system을 이용하여 대표인체모델의 3D scan data에 설계한 pattern 가상 착의

평가 항목

- 부위별 밀착감
- 여유량
- 의복압(압박도)
- 소재 적합성



CLO virtual fitting system

S2-4. Prototype 제작

제품 부위별 형상 및 기능을 고려한 소재 선택 및 prototype 제작



Pad 부위 및 girdle 부위 prototype 제작 예



소재 예

- Band: Mesh material, Neoprene
- Pad: polyurethane (PU) foam, PVC foam
- Velcro: VELSTRETCH® brand loop, EVAPTEX™ fabric

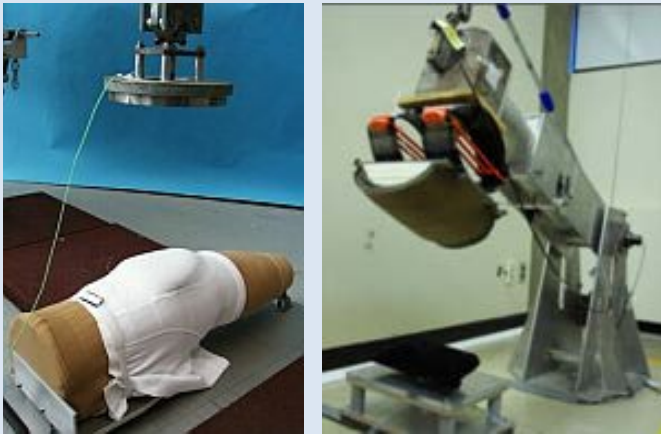
Phase 3. Hip protector 사용성 및 안전성 평가 (1/2)

Hip impact simulator를 이용한 물리적 충격 평가

다양한 조건에 대한 보호 pad의 충격 흡수 정도를 simulation

Simulation 조건

- 충격 특성: 충격강도, 충격 면적, 충격 방향
- Pad 특성: 물성, 크기, 형상



Hip impact simulator

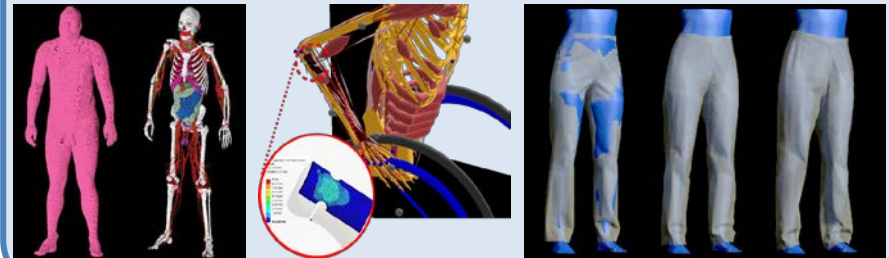
충격 특성 가상 simulation

유한요소 해석 system (예: ANSYS®, ABAQUS, UDEC) 이용

충격 조건 및 보호 pad의 물성치에 따른 충격 흡수 정도를 simulation
⇒ pad의 설계에 반영

Simulation 항목

- 보호 pad의 형상 변형 정도
- 충격 흡수 정도
- 인체에 전달되는 충격량



Hip protector 사용성 및 안전성 평가 (2/2)

인간공학적 사용성 및 착용감 평가

사용성 평가

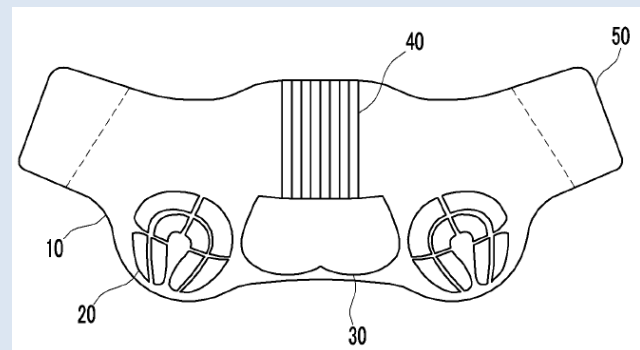
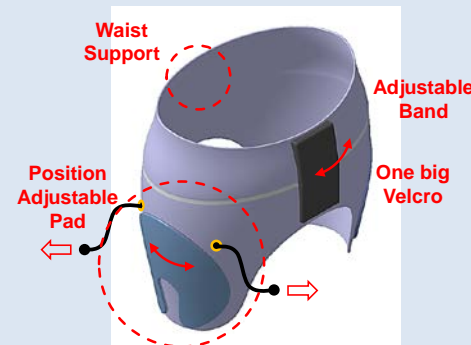
- 평가 참여자: 기존 hip protector 제품을 사용하고 있는 고령자 및 잠재 사용자 집단
- 평가 내용(조자영 외, 2007)
 - ✓ 운동역학적 평가: **고관절 부위 동작 범위 평가**
 - ✓ 심물리학적 평가: **피부온, 발한량, 의복 내 온습도, 부위별 압박도**
 - ✓ 주관적 만족도: **착용감, 동작성, 착탈의 용이성, 소재 적합성**



Criterion	Weight	SAFEHP ACTIVE (reference)		Concept #1		Concept #2		Concept #3		Concept #4		Concept #7		Concept #9	
		Rate	Score	Rate	Score	Rate	Score	Rate	Score	Rate	Score	Rate	Score	Rate	Score
CCNS-3	13.16%	2	0.26	1	0.13	2	0.26	3	0.39	3	0.39	1	0.13	2	0.26
CCNS-2	11.69%	2	0.23	2	0.23	3	0.39	3	0.39	3	0.39	1	0.13	1	0.13
CCNA-2	9.28%	2	0.19	2	0.19	3	0.28	3	0.28	3	0.28	3	0.28	3	0.28
CCNS-2	7.75%	2	0.18	2	0.18	2	0.18	2	0.18	2	0.18	2	0.18	2	0.18
CCNS-1	7.75%	2	0.18	3	0.23	1	0.08	3	0.23	3	0.23	3	0.23	3	0.23
CCNS-14	6.05%	2	0.12	1	0.06	2	0.12	2	0.12	2	0.12	2	0.12	2	0.12
CCNA-1	5.03%	2	0.10	3	0.15	3	0.15	2	0.10	2	0.10	3	0.15	3	0.15
CCNS-13	4.68%	2	0.09	2	0.09	2	0.09	1	0.06	1	0.06	3	0.18	3	0.18
CCNS-1	3.83%	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08
CCNS-2	3.83%	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08	2	0.08
CCNS-6	3.82%	2	0.07	3	0.11	3	0.11	2	0.07	2	0.07	3	0.11	3	0.11
CCNS-5	3.49%	2	0.07	3	0.10	3	0.10	3	0.10	3	0.10	3	0.10	2	0.07
CCNS-8	3.28%	2	0.07	2	0.07	2	0.07	2	0.07	2	0.07	3	0.10	3	0.10
CCNS-3	2.85%	2	0.06	3	0.09	2	0.06	2	0.06	2	0.06	2	0.06	2	0.06
CCNS-4	2.51%	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05
CCNS-12	2.43%	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05	2	0.05
CCNS-7	2.17%	2	0.04	2	0.04	2	0.04	3	0.07	3	0.07	3	0.07	3	0.07
CCNS-9	1.99%	2	0.04	2	0.04	2	0.04	1	0.02	1	0.02	2	0.04	1	0.02
CCNS-10	1.87%	2	0.04	2	0.04	2	0.04	2	0.04	2	0.04	2	0.04	2	0.04
CCNA-3	1.66%	2	0.03	2	0.03	2	0.03	2	0.03	2	0.03	2	0.03	2	0.03
CCNS-11	1.19%	2	0.02	2	0.02	2	0.02	2	0.02	2	0.02	2	0.02	2	0.02
Total Score	2.30		2.04		2.14		2.41		2.41		2.02		2.15		2.22
Rank	7		6		5		1		1		4		3		3
Continue?	No		No		Develop		Develop		Develop		Develop		Develop		Develop

설계 보완 및 최적 설계안 도출

치수, 치수체계, 재질, 인체 밀착성, 보호 방법 및 mechanism, 심미성, 기능성 등 측면에서 prototype 보완
 ⇒ 최종 설계안 도출



Discussion (1/2)

- **한국인 고령자에게 특화된 hip protector를 개발**
 - ✓ 한국인 고령자 **인체 크기 및 형상 특성**
 - ✓ 한국인 고령자 **고관절 부위 해부학적 및 생체역학적 특성**
 - ✓ 한국인 고령자 **사용자 요구 사항**
- **안전, 사용성, 기능성에 대한 종합적 고려가 중요한 제품에 필요한 다양한 시험 평가 방법 제시**

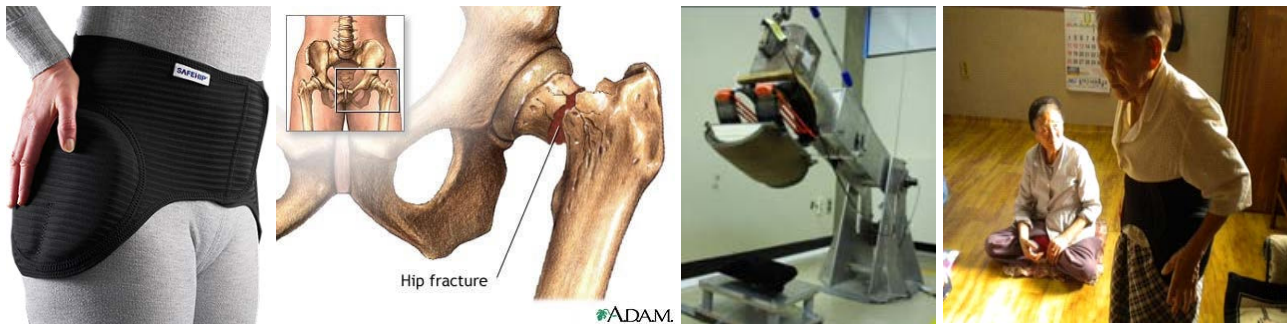
평가 방법	평가 범주	평가 내용
가상 착의 평가	사용성, 기능성	밀착성, 압박감, 여유성
충격 simulation 평가	안전성	보호 pad의 충격 흡수 정도
유한요소 해석 평가	안전성	보호 pad의 형상 변형 정도, 충격 흡수 정도, 인체에 전달되는 충격량
사용성 평가	사용성, 기능성, 안전성	피부온, 발한량, 의복 내 온습도, 부위별 압박도, 착용 및 착탈의 편의성, 만족도, 실제 충격 흡수 정도, 실 생활 환경에서의 유용성

Discussion (2/2)

- **다학제 연계 연구를 통한 종합적 문제 해결**

- ✓ 의류학: 한국인 고령자 체형에 적합하며 심미적인 **girdle** 형상 설계
- ✓ 정형외과: 한국인 고령자 해부학적 및 생체역학적 특성 분석
- ✓ 기계공학: 낙상 시에 고령자의 고관절이 받게 되는 물리적 충격을 **hip impact simulation**과 **finite element model**을 활용하여 해석
- ✓ 인간공학: **종합적 문제 해결, 사용자 요구 사항 분석, prototype 제작, 제품 사용성 평가**

⇒ 의류학적, 의학적, 그리고 공학적인 측면에서 **종합적인 고려가 필요한 고령자 및 장애인용 보호의복 및 보호구 설계에 유용하게 적용**



Q & A

Thank you for your attention!



edt.postech.ac.kr
mcury@postech.edu