한국의류산업학회지
제18권 제1호, 2016
<연구논문>

pISSN 1229-2060
eISSN 2287-5743
Fashion & Text. Res. J.
Vol. 18, No. 1, pp.120-129(2016)
http://dx.doi.org/10.5805/SFTI.2016.18.1.120

한국 노인의 3D 인체특성 분석을 통한 Hip protector 치수체계 수립 및 입체패턴 설계

전은진[1)] · 박세권[2)] · 유희천[3)] · 김희은[1)†]

[1)]경북대학교 의류학과
[2)]공군사관학교 시스템공학과
[3)]포항공과대학교 산업경영공학과

Development of a Sizing System and a Draping Pattern for Hip Protector based on 3D Data Analysis of Korean Older Women

Eun-Jin Jeon[1)], Sei-Kwon Park[2)], Hee-Cheon You[3)], and Hee-Eun Kim[1)†]

[1)]Dept. of Clothing & Textiles, Kyungpook National University; Daegu, Korea
[2)]Dept. of Systems Engineering, Korea Air Force Academy; Choongbuk, Korea
[3)]Dept. of Industrial & Management Engineering, POSTECH; Pohang, Korea

Abstract : This study aimed to develop an optimal sizing system and a draping pattern for hip protector based on an analysis of anthropometric characteristics of Korean older women. A hip protector is a specialized form of pants or underwear containing pads along the outside of each hip. The 3D body scan data of Korean older women were analyzed to identify their anthropometric characteristics and a four-size system with 93% of population accommodation was developed by clustering analysis based on key dimensions derived from factor analysis. The sizing system consists of small/short, large/short, small/tall, and large/tall. A 3D physical model and hip pads were fabricated; then, a hip protector was draped on the 3D model and hip pads. The sizing system of hip protector was analyzed in terms of size and shape and a draping pattern was compared on back center, back side, front side, front center and pad. Lastly, the pattern deformation and clothing pressure were analyzed using the virtual clothing system CLO. Virtual system have disadvantage of not to suggest the objective value. In the future research the wearing comfort and impact absorption of the hip protector needs to be tested and then a hip protector design will be finalized by considering the hip protector's size, material, comfort testing results, aesthetic appeal, protection effectiveness, and practical utility of everyday use.

Key words : hip protector(고관절 보호대), sizing system(치수체계), draping pattern(입체패턴), anthropometric characteristic(인체특성), virtual fit(가상착의)

1. 서 론

노인들은 골격, 근육 감소 및 체형 변화로 인해 내전, 외전, 신장 등의 관절 가동역이 감소하게 되어 낙상으로 인한 고관절 골절이 쉽게 발생한다. 한국의 65세 이상 노인 3명 중 1명은 1년에 최소 한번은 낙상을 경험하고 80세 이상 노인의 50% 이상이 낙상을 경험한 것으로 나타났다(Statistics Korea, 2006). 우리나라에서 낙상으로 인해 허리 및 고관절 골절이 발생한 환자는 2013년 기준 154,856명으로 2009년에 비해 40%가 증가한 것으로 파악되었다(Health Insurance Review & Assessment Service, 2013). 또한, 고관절 골절 환자의 수술 실태를 보면 2005년에는 15,008건에서 2009년에는 23,615건으로 1.6배 증가했고, 건강보험 심사평가원 자료에 따르면 2009년 대비 2013년 낙상으로 인한 골반골절, 대퇴골 골절 환자수가 32% 증가하였다. 낙상은 골절 등의 부상과 더불어 피부조직의 손상, 뇌졸중과 심장마비, 폐렴과 욕창 등의 치명적인 합병증을 동반하게 된다(Park & Lee, 2014). 또한, 골절 환자의 상당수는 1년 이내 사망하고 생존하더라도 운동성 회복을 위한 장기간 치료로 인해 개인적, 국가적 의료비 부담이 가중되고 있다. 따라서 한국 노인들의 낙상으로 인한 고관절 골절을 예방은 중요한 사회적 사안이며, 고관절 골절 예방을 위하 제품인 hip protector의 개발이 시급한 실정이다.

Hip protector와 같은 고령자 친화 제품은 착용자인 노인들의 인체치수와 인체특성을 적용하여 설계되어야 하며, 최적의 밀착감과 착용감을 제공할 수 있어야 한다. 이러한 측면에서 3D 스캐닝으로 얻어진 인체치수와 형상정보는 개발하고자 하는 고령 친화 제품의 설계 시 중요하게 활용될 수 있다. 착용자의

†Corresponding author; Hee-Eun Kim
Tel. +82-53-950-6224, Fax. +82-53-950-6219
E-mail: hekim@knu.ac.kr
© 2016 (by) the authors. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution license (http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

3D 스캔 데이터를 기반으로 설계된 제품은 동작용이성 및 사용편리성을 향상시킨다. 따라서, 한국 노인의 3D 스캔 데이터를 기반으로 인체특성을 분석하고 분석된 정보를 제품의 패턴에 적용하는 입체패턴 설계 방법의 개발이 필요하다. 3차원 밀착패턴은 고령화에 따른 형태적인 변화와 개인차가 커지는 노인들의 체형을 잘 반영할 수 있으므로 밀착형 의복패턴을 제작하는데 효과적이다(Park et al., 2008). 특히, 낙상 시 고관절 골절 예방이 목적인 hip protector는 한국 노인의 인체특성을 고려하여 저하된 관절 가동역을 향상시키고 동작이 용이하도록 설계되어야 하므로 3D 스캔 데이터를 활용한 밀착형태의 입체패턴 설계가 중요하다.

3D 스캔 데이터를 활용한 밀착형 입체패턴의 설계 방법은 인체적합성과 사용편리성을 필요로 하는 인간공학적 제품 설계에 중요한 기술이다. 현재 3D 스캔 데이터를 활용한 입체패턴 설계 방법은 3D 스캔 데이터 관련 소프트웨어와 CAD를 이용하여 밀착패턴을 추출하는 연구(Choi et al., 2006; Cui et al., 2007)와 3차원 인체형상 데이터를 2차원 평면화하는 연구(Jeong & Hong, 2006) 등이 있다. 이러한 방법으로 획득된 밀착 패턴은 인체의 형태를 2D 평면화할 때 부위별 적정 여유분 산정에 한계가 있으며, 곡률부위에 치수 오차가 발생하는 것으로 보고되고 있다(Jeong & Hong, 2008). 따라서, 획득된 3D 인체 치수와 형상 정보를 오차없이 다양한 제품의 패턴에 정확히 적용할 수 있고 부위별로 최적의 여유량을 설정할 수 있는 입체패턴 설계 방법의 개발이 필요하다. 특히, 기하급수적으로 증가율을 보이고 있는 낙상으로 인한 고관절 골절의 예방을 위해서는 한국 노인의 3D 인체형상 정보를 이용한 입체패턴 설계 방법 수립과 더불어 이러한 방법을 적용한 hip protector 제품의 개발이 시급하다.

따라서, 본 연구는 한국 노인의 3D 스캔데이터를 이용하여 한국 노인의 인체특성을 분석하고, 최적 치수체계와 치수별 대표 인체형상을 도출하고, 대표 인체형상을 기반으로한 hip protector의 입체패턴 설계 방법을 수립하여 이를 이용하여 한국 노인에게 특화된 고관절 골절 예방 제품 개발에 활용하고자 한다.

2. 연구 방법

본 연구는 한국 고령자의 3D 인체 형상을 기반으로 한 고관절 골절 예방 제품의 입체패턴 설계를 위해서 첫째, 한국 노인의 3D 스캔 데이터의 형상과 치수를 분석한 결과를 기반으로 한국 노인에게 최적화된 치수체계를 수립하고 사이즈별 대표인체형상을 선정한다. 둘째, 3D 대표 인체형상과 충격흡수용 pad를 3D print를 이용하여 쾌속조형물인 RP(Rapid Prototype) 형태로 제작한다. 셋째 RP로 제작된 대표 인체형상을 입체패턴 설계가 가능한 인대 형태로 제작한 후 hip protector 입체패턴을 설계한다. 마지막으로, 가상착의 프로그램을 이용해 패턴변형율 및 응력과 hip protector의 디자인을 사전 검증하고자 한다.

2.1. 치수체계 및 대표 인체형상 선정

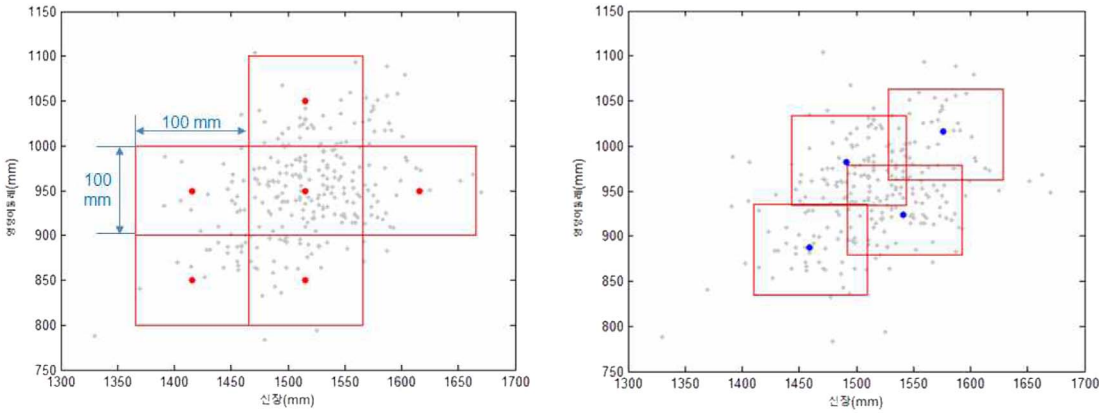
한국 노인의 인체특성은 Size Korea(2004, $n=271$명, 여성, 60~75세) 3D 스캔 데이터를 사용하여 분석하였으며, 분석에 필요한 측정기준점과 측정항목은 hip protector 설계 관련 문헌조사와 의류학 전문가와의 논의를 통해 선정하였다. 측정기준점은 허리앞점, 좌측 허리옆점, 허리 뒤점, 배돌출점, 우측 엉덩이돌출점, 우측 넓다리뼈큰돌기점, 우측 샅앞점 등 총 7개 부위이다. Hip protector 설계 시에 필요한 측정항목은 높이 항목 6개(키, 허리높이, 배높이, 엉덩이높이, 넙다리높이, 샅높이), 길이 항목 4개(엉덩이수직길이, 윗엉덩이 수직길이, 허리-배수직길이, 허리-넙다리수직길이), 너비 항목 3개(허리너비, 배너비, 엉덩이너비), 두께 항목 3개(허리두께, 배두께, 엉덩이두께), 둘레 항목 4개(허리둘레, 배둘레, 엉덩이둘레, 넙다리둘레)로 총 20개 항목을 선정하였다.

인체치수 특성을 측정항목별로 요인분석하여 hip protector 설계 시에 중요한 인체변수를 선정하고 인구수용율을 분석하여 hip protector 치수체계 수립에 사용하였다. 인체측정 자료를 적용하여 제품을 설계할 때는 다른 인체측정 변수들과 연관성이 높고 쉽게 계측될 수 있는 소수(1~5개)의 중요변수가 선정된다(Kwon et al., 2004; McCulloch et al., 1998). 따라서, hip protector 치수체계에 사용될 중요 인체변수 선정은 먼저, 인체특성 분석에서 측정된 인체측정 변수들 중 hip protector 패턴 설계에 중요한 인체변수를 선정한 후 요인분석을 통해 요인적재량 변화를 관찰하면서 유관 인체변수들을 파악한 후 제작편리성과 사용용이성을 고려하여 최종 중요변수 2개를 선정하였다.

Hip protector 치수체계는 설계 대상 인구를 수용하는 격자생성 방법인 grid method(Robinette & Annis, 1986)와 군집생성 방법인 clustering method(Laing et al., 1999)를 이용하여 개발하였으며, 치수 개수별 인구수용 비율을 비교하였다(Lee et al., 2011). Grid method는 치수체계 설계를 위해 인구분포 전반에 격자(grid)를 생성하는 방법이고 clustering method는 군집(cluster)을 생성하여 치수체계를 설계하는 방법이다. 본 연구에서는 치수 크기가 100mm이고 목표수용비율이 90%로 설정된 grid method를 적용한 결과, 90.4%를 수용하는 6개의 치수체계가 생성되었다. 반면, 인구분포를 그룹으로 분류한 *K*-means 군집분석을 통한 clustering method를 적용한 결과, 89.3%를 수용하는 4개의 치수체계가 생성되었다. 따라서, 두 가지 방법의 수용비율이 모두 약 90%인 것으로 나타나 치수 개수가 상대적으로 적은 clustering method 기반의 치수체계를 사용하기로 하였다(Fig. 1). Clustering method 기반의 치수체계에서 격자의 미세 조정으로 인구수용율을 향상시킨 후 치수체계별로 대표 인체형상을 선정하였다.

2.2. 대표 인체형상의 Prototype 제작

Hip protector 입체패턴 설계에 사용될 대표 인체형상과 충격



(a) Grid method (b) Clustering method

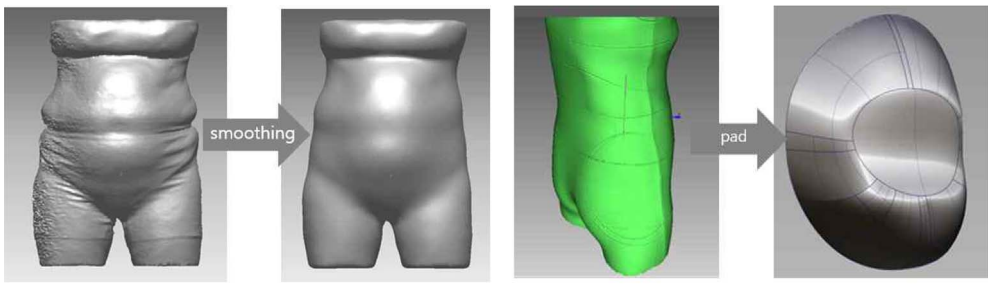
Fig. 1. Hip protector size system method (red dot: median, gray dot: population).

흡수용 패드의 쾌속조형물인 RP형상 제작을 위해 먼저, Size Korea 3D 스캔 데이터에 Rapidform 2006 software를 이용하여 표면처리, 구멍 메우기, 두께 조절 등과 같은 가공을 수행하였다. Size Korea 3D 스캔 데이터는 Fig. 2a에 예시된 것과 같이 옷의 주름 부위 등의 불필요한 부위가 포함되어 있어 가공 작업을 수행한 후 RP 형상으로 제작하였다.

충격흡수용 패드 형상은 고관절 보호부위를 기준으로 패드 형상과 위치, 디자인 가이드 라인을 설정한 후 제작하였다. 대표인체형상에 수작업으로 패드 형상을 제작한 후 3D 스캐닝 시스템('Artech EVA', Artec Group, Inc., Luxembroug)을 활용하여 패드 형상을 획득하였다(Fig. 2b). 수작업으로 만든 패드는 강도가 약해 시제품 제작 시 필요한 금형제작에 부적절하여 패드의 형상을 3D 스캐닝한 후 RP로 제작하였다. 또한, 수작업으로 제작된 패드는 표면이 균일하지 않아 3D 프로그램 상에서 균일하게 보정한 후 패드 형상을 설계하였다. 패드 형상 설계는 인체 접촉부와 충격을 흡수하는 충격 완화부로 나누어 CAD 소프트웨어('Autodesk Alias Automotive 2012', Autodesk, Inc., Califonia USA)를 이용하여 설계를 진행하였다(Fig. 2b). 인체 접촉부는 3차원 인체형상 측정데이터에서 표면으로 변환된 면을 확보한 후 인체 접촉이 예상되는 영역의 외곽선을 토대로 패드의 인체접촉부를 설계하였으며, 충격 완화부는 패드의 스캔데이터를 CAD 프로그램 상에서 가상으로 인체 접촉부에 밀착시키고 기존 설계 형상의 특징을 반영하여 설계하였다.

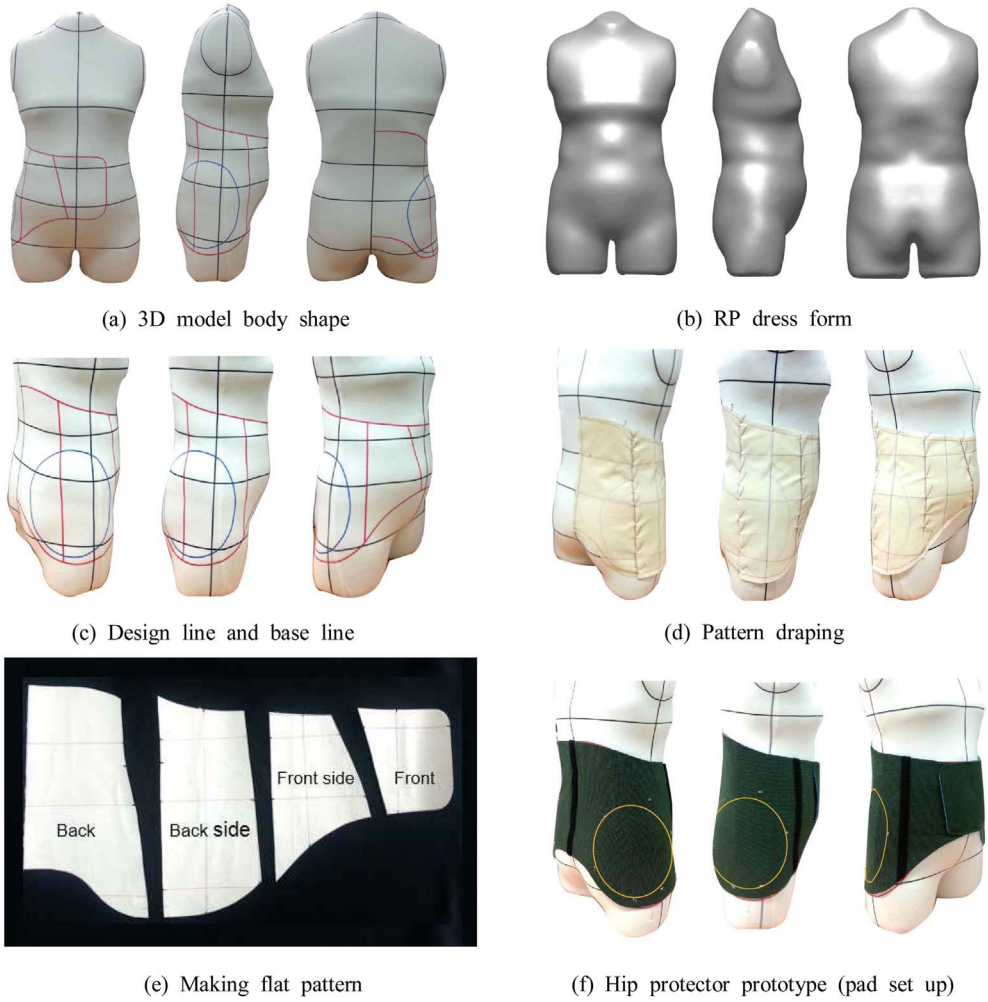
2.3. 입체패턴 설계

Hip protector 입체패턴은 대표 인체형상의 RP에 표면처리와 치수 검증 작업을 수행하고 패턴 제작용 인대 형태로 제작한 후 설계하였다. 입체패턴 설계 방법은 치수별 대표 인체형상의 인대에 hip protector 설계 시 필요한 기준선 및 디자인선을 부착하고 패턴 설계, 패턴 평면화, 시제품 제작, 가봉, 패턴 수정의 단계로 진행하였다(Fig. 3). Hip protector의 기준선은 설계에 필요한 계측 부위와 계측점을 기준으로 앞 · 뒤 중심선, 가슴둘레, 허리둘레, 엉덩이둘레, 옆선 등을 선정하였다. 디자인선은 선행 연구(Jeon et al., 2014)에서 파악된 한국 노인이 가장 선호하는 제품 형태를 기준으로 설정하였으며, 패드의 위치는 낙상경험과 실외, 실내와 같은 낙상 시 환경, 전방, 후방과 같은 낙상방향, 보행 시, 운동 시 등과 같은 낙상 시 상황에 대한 분석결과와 고관절 형상 분석 결과를 토대로 결정하였다. 대표인체형상에 기준선을 부착한 후 인대의 오른쪽 면에 디자인선 및 패드 위치를 표시하고 front, front side, back, back side 4개 부위로 나누어 입체패턴을 설계한 후 이를 토대



(a) RP sample of Size Korea 3D model (b) Pad form production

Fig. 2. Production of RP sample and pad shape sample.



(a) 3D model body shape (b) RP dress form

(c) Design line and base line (d) Pattern draping

(e) Making flat pattern (f) Hip protector prototype (pad set up)

Fig. 3. Process of draping pattern for hip protector.

로 평면화를 실시하였다(Fig. 3e). 평면화된 각 사이즈별 패턴에 대해서는 치수는 패턴 캐드 프로그램(PAD)을 이용하여 부위별로 치수를 계측한 후 치수 및 형상에 대한 평가를 실시하였다.

Hip protector 패턴의 시각적 착장상태 확인을 위해 CLO 프로그램(www.clo3D.com)을 사용하여 가상착의를 수행하였다. 가상착의는 CLO 프로그램 상에서 설계된 hip protector 패턴을 3D 대표 인체형상에 착장시켜 패턴변형율과 응력을 시각적으로 검증하는 방법으로 진행하였다. 패턴변형율과 응력은 hip protector의 착장으로 인해 발생하게 되는 패턴의 변형, 신장의 정도를 시각적으로 확인할 수 있다.

3. 결과 및 논의

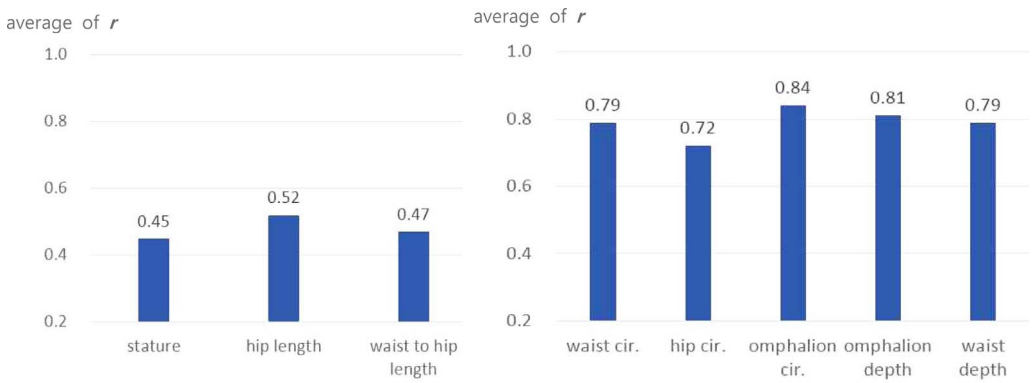
3.1. 치수체계 및 대표인체 형상 수립

Hip protector 치수체계는 인체계측 자료에 대한 요인분석을 통하여 길이변수로는 신장을 둘레변수로는 엉덩이둘레를 최종 중요 인체변수로 선정하였다. 본 연구에서 먼저 중요 인체변수로 키, 엉덩이수직길이, 윗엉덩이수직길이, 허리둘레, 엉덩이 둘레 5개 부위를 선정하였으며, 여기에 배둘레, 배두께, 허리 두께변수 3개를 추가하여 2번째 요인만으로도 누적 설명력이 78%로 최대가 되는 것을 파악하였다(Table 1). Factor loading 값의 경우 요인 1은 둘레, 너비와 관련된 인체변수 5개의 loading 값이 –0.5 이상으로 상관이 높고, 요인 2는 길이와 관련된 인체변수 3개의 loading 값이 –0.5 이상으로 상관이 높은 것으로 파악되었다.

최종 중요인체 변수는 요인 1과 요인 2를 대표하는 중요인체변수에서 통계적 대표성과 사용용이성에 기반하여 선정하였다. 본 연구에서는 각 요인에서 인체변수들 간 Pearson의 correlation 상관계수(r)의 평균값(Fig. 4)을 분석한 결과, 인체변수들 간의 r의 평균값의 차이가 크지 않았기 때문에 hip protector 치수체계에서의 사용용이성을 고려하여 길이변수로는 신장을 둘레변수로는 엉덩이둘레를 최종 중요변수로 선정하였다. 길이변수에 최종 선정된 신장이 다른 길이변수에 비해 상

Table 1. Key dimension for hip protector sizing system

Factors	Anthropometric dimension	Factor loading	Eigen value	Variance(%) (cum.)	Cronbach's α
Circumference	Waist circumference	0.89	4.26	53 (53)	0.88
	Hip circumference	0.87			
	Omphalion circumference	0.95			
Depth	Omphalion depth	0.93			
	Waist depth	0.90			
Length	Stature	0.75	1.99	25 (78)	0.62
	Hip length	0.80			
	Waist to hip length	0.81			

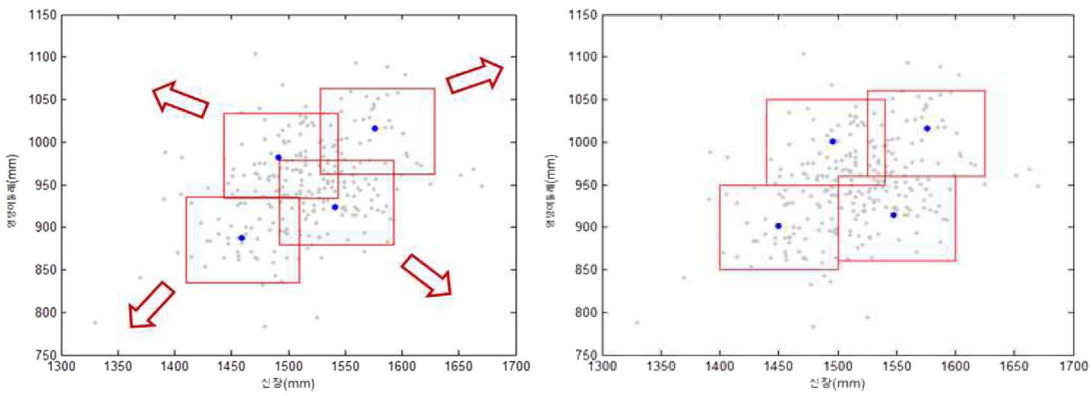


(a) Correlation between length variables (b) Correlation between circumference variables

Fig. 4. Key dimension selection from correlation analysis.

관관계가 $r = 0.45$로 낮은 편이지만 상관계수 값이 가장 높았던 엉덩이길이(hip length; $r = 0.52$)와 비교했을 때 상관계수의 차이가 크지 않아 신장을 길이변수의 중요인체 변수로 선정하여 일반적으로 의류상품 구매 시 쉽게 신체치수를 적용할 수 있도록 하였다.

Hip protector 치수체계는 clustering method 기반으로 약 93%의 인구를 수용하는 4개의 치수범위를 먼저 수립하여 각 치수범위를 대표하는 인체모델을 추출하였다(Fig. 5). 대표 인체모델은 small/short, small/tall, large/short 그리고 large/tall의 4개로 구분하였으며 세부 치수는 Table 2와 같다. 대표 인체모델의 세부치수 분석 결과 대표 인체치수인 신장과 엉덩이둘레 비율에 따라 길이와 둘레 치수가 일정하게 나타났으나 특이한 점으로는 small/tall 인체모델에서 3.Omphalion height(바닥~배돌출점), 7.Hip length(허리~샅), 10.Waist-thigh length(허리~허



(a) Grid method (b) Extracting model size

Fig. 5. Optimal sizing system for hip protector.

Table 2. Antropometric dimension for 4 hip protector sizing system

Hip circumference	Small (850~950)	Small (860~960)	Large (950~1050)	Large (960~1060)
Stature	Short (1400~1500)	Tall (1500~1600)	Short (1440~1540)	Tall (1525~1625)
1. Stature	1449.4	1547.5	1495.9	1575.9
2. Waist height	892.7	943.0	923.0	965.5
3. Omphalion height	807.7	829.0	801.0	815.0
4. Hip height	694.3	721.0	719.0	741.0
5. Thigh height	736.0	745.0	759.0	799.0
6. Crotch height	672.3	657.0	663.0	701.0
7. Hip length	220.3	286.0	260.0	264.5
8. Waist hip length	198.4	222.0	204.0	224.5
9. Waist-omphalion length	85.0	114.0	122.0	150.5
10. Waist-thigh length	156.7	198.0	164.0	166.5
11. Waist width	301.6	259.0	317.2	350.7
12. Omphalion width	329.4	308.1	348.8	383.5
13. Hip width	347.8	335.7	371.3	381.9
14. Waist depth	222.8	220.1	267.8	300.0
15. Omphalion depth	231.9	254.6	299.9	310.2
16. Hip depth	211.8	237.9	264.4	251.5
17. Waist circumference	835.0	753.9	930.3	1043.5
18. Omphalion circumference	895.6	894.0	1043.3	1105.5
19. Hip circumference	901.0	914.2	1000.9	1016.5
20. Thigh circumference	564.4	507.2	595.8	562.0

벅지) 치수가 large/tall 인체모델의 치수보다 큰 것으로 파악되었다. 언급한 3개 항목에 대한 small/tall 인체모델과 large/tall 인체모델의 치수차이(small/tall) - (large/tall)는 Omphalion height에서 14.0mm, Hip height에서 21.5mm, Waist-thigh length에서 31.5mm로 small/tall 인체모델이 large/tall 인체모델에 비해 복부부분의 길이수치가 큰 것으로 파악되었다. 이러한 결과는 4개 대표 인체모델별로 hip protector의 입체패턴을 설계할 때 뿐만 아니라 pad 적용위치를 선정할 때 고려되어야 할 것이다.

3.2. 입체패턴 설계

Fig. 6과 같이 hip protector 치수체계에 맞는 3D 대표 인체형상을 최종 선정하여 3D 프린팅으로 쾌속조형 프로토타입(RP) 형태로 제작하였다. RP로 제작된 대표 인체형상은 표면이 딱딱하여 입체패턴 설계 시에 천과 핀의 부착이 어렵다는 단점이 있어 본 연구에서는 RP 형상 표면에 두께가 얇은 스판덱스 소재(두께: 0.44mm)를 부착하여 인대 형태로 제작하여 사용하였다. 3D 대표 인체형상과 RP 형상, 표면처리한 인대형상의 치수를 치수계측이 가능한 14개(Table 2, 7~20번) 인체항목별로 확인한 결과, 둘레항목 4개(17~20번) 항목에서 1~2 mm 범위의 치수차이가 파악되었다. 둘레항목에서의 치수오차는 인대형상 제작 시 표면에 스판덱스 소재 부착에 기인한 것으로 사료된다. Hip protector에 부착되는 충격흡수용 패드의 3D 형상은 CAD 프로그램을 활용하여 설계하였으며, 3D printing system (‘Dimension SST’, Stratasys, Inc., Minesota USA)을 이용하여 RP로 제작하였다. 3D로 출력된 패드 형상의 표면을 매끄럽게 가공한 후 샘플 제작용 금형을 이용하여 제작하였으며, 우레탄 폼 소재로 경도(shore hardness)별로 6개(15A, 20A, 25A, 30A, 35A, 70A) 종류의 패드 샘플을 제작하였다. Pad는 일반적인 의류용 보호패드의 경도범위를 포함하는 15A부터 등간격으로 35A까지를 제작하고 충격흡수력을 비교하기 위해 딱딱한 70A 경도를 포함시켜 제작하였다. 경도별로 제작된 pad는 추후 pad의 충격흡수력 평가(물리적 평가, 가시화 평가)를 수행해 충격흡수력이 가장 우수한 경도를 선별할 예정이다.

Hip protector의 입체패턴은 대표 인체형상별로 4개 사이즈가 설계되었으며, 입체형태로 제작된 패턴을 평면화한 후, 패턴 캐드 프로그램의 디지타이저로 입력하여 부위별 치수 계측 및 특징을 분석하였다. 입체패턴은 인대 형상에 앞 · 뒤 중심선, 허리둘레선, 엉덩이둘레선, 옆선 등의 기초선을 기준으로 패턴을 정렬한 후 부위별 치수와 형태를 비교하는 방식으로 분석하였다. 각 부위별 패턴은 5개의 조각 즉, 뒤, 뒤측면, 앞측면, 앞, 패드로 분류하였다(Fig. 7). Fig. 8a는 4개의 치수체계 중

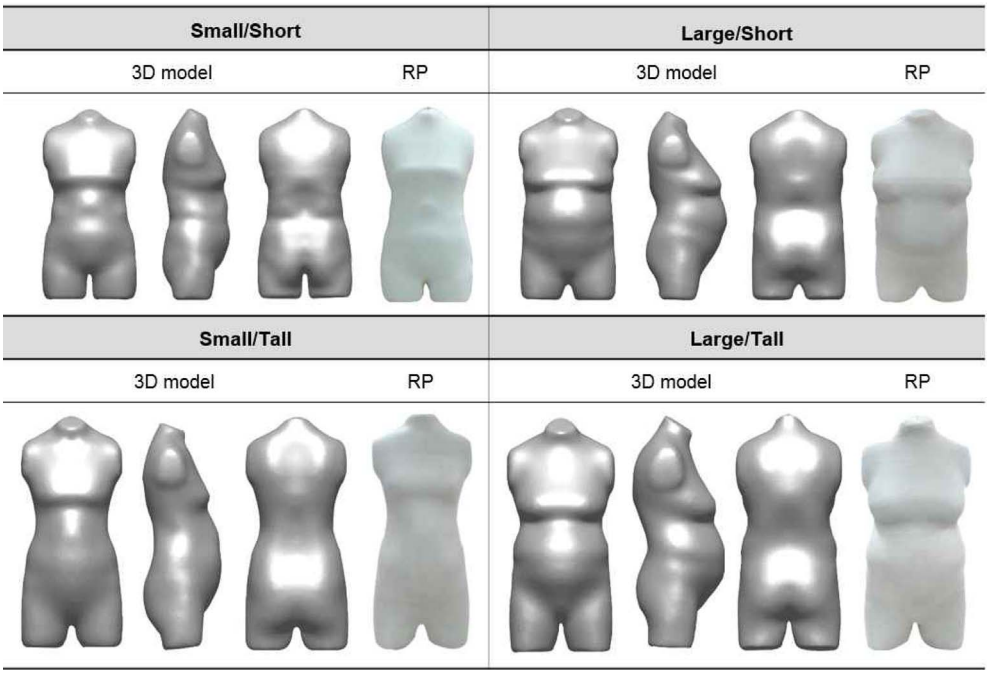
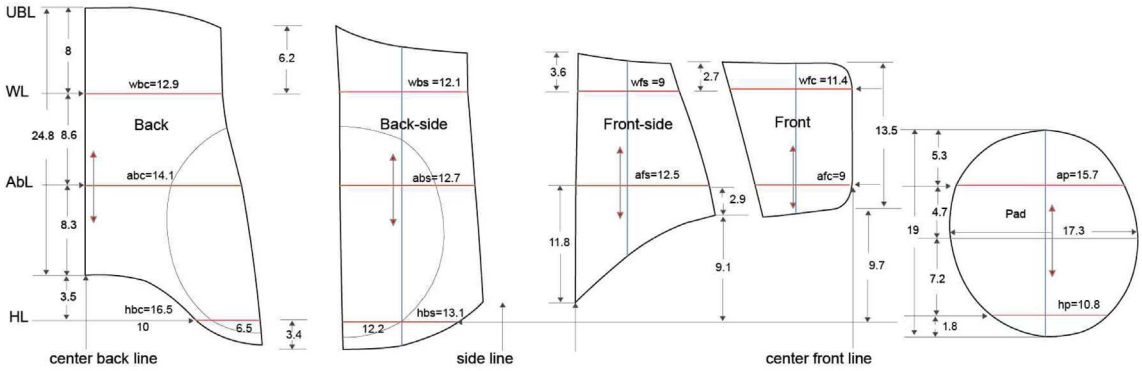
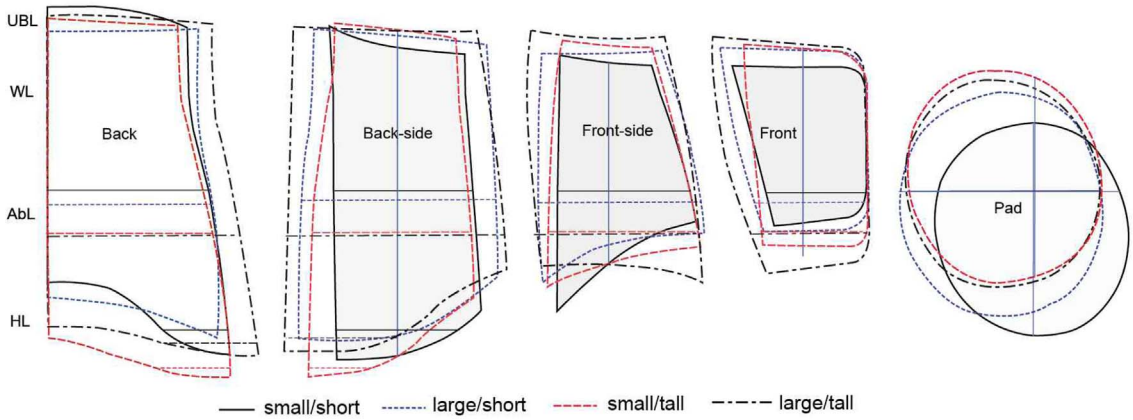


Fig. 6. RP(Rapid Prototype) and 3D model for 4 sizing system.



(a) Hip protector size analysis on flat pattern (example: small/short size)



(b) Hip protector pattern comparison

Fig. 7. Hip protector size analysis and comparison on flat pattern.

Table 3. Size details in hip protector patterns (unit: cm)

Size \ Item	Circumference															
	Waist line					Abdominal line				Hip line				Pad		
	wbc	wbs	wfs	wfc	wbc ~wfc	abc	abs	afs	afc	abc ~afc	hbc	hbs	hbc ~hbs	width	length	-
small/short	12.9	12.1	9	11.4	45.4	14.1	12.7	12.5	9	48.3	16.5	13.1	29.6	17.3	19	-
large/short	13.1	15.8	12	11.2	52.1	14.2	17.1	13.8	8.9	54	14.8	13.1	27.9	17.4	19.2	-
small/tall	10.2	12.1	9.3	10.5	42.1	12.5	14.4	12.4	8.9	48.2	14	15.1	29.1	17.5	19	-
large/tall	13.2	16.5	13.6	12.2	55.5	15	17.7	14.5	9.2	56.4	16.2	18.2	34.4	17.5	19	-

Size \ Item	Length															
	Back-center				Back-side				Front-side				Front-center			
	ubl ~wbc	wl ~abc	abc ~hbc	ubl ~hbc	ubl ~wbs	wbs ~abs	abs ~hbs	ubl ~hbs	ubl ~wfs	wfs ~afs	afs ~sl	ubl ~sl	ubl ~wfc	wfc ~afc	afc ~sl	ubl ~sl
small/short	8	8.6	11.8	28.4	6.2	8.6	11.8	26.6	3.6	8.6	11.8	24	2.7	8.6	2.9	14.2
large/short	5.6	8.9	11.4	25.9	5.8	8.9	11.4	26.1	3.9	8.9	6.3	19.1	4.2	8.9	2.1	15.2
small/tall	7	11.5	10	28.5	6.5	11.5	10	28	4.4	11.5	5.2	21.1	4.1	11.5	1.8	17.4
large/tall	6.9	11.2	8.5	26.6	5.4	11.2	8.5	25.1	5	11.2	3.4	19.6	5	11.2	4	20.2

small/short 사이즈의 입체패턴의 치수와 형태를 분석한 예시이다. 4개 치수체계의 입체패턴을 각각 분석한 후 개별 패턴을 허리둘레선을 기준으로 정렬하고 패턴의 치수와 형태를 파악한 결과, pad의 위치에서 small/short size가 다른 사이즈에 비해 상이한 것으로 나타났다. 이는 대표 인체모델의 치수분석에 나타난 바와 같이 small/short 인체모델이 다른 치수의 인체모델에 비해 Omphalion height, Hip height, Waist-thigh length의 수치가 크게 나타난 것에 기인한다고 판단된다. Table 3은 치수체계별 hip protector 패턴의 상세치수를 제시한 것이다.

본 연구에서 개발된 hip protector의 입체패턴은 한국 노인의

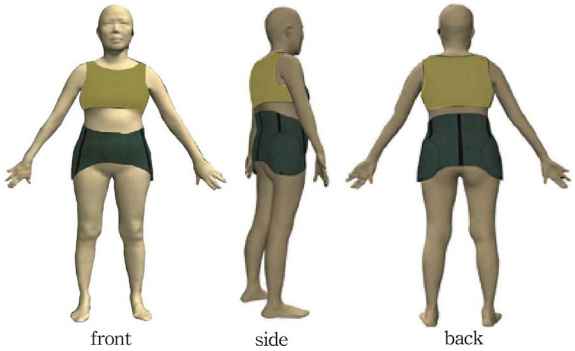


Fig. 8. Virtual clothing evaluation with CLO program (small/short size).

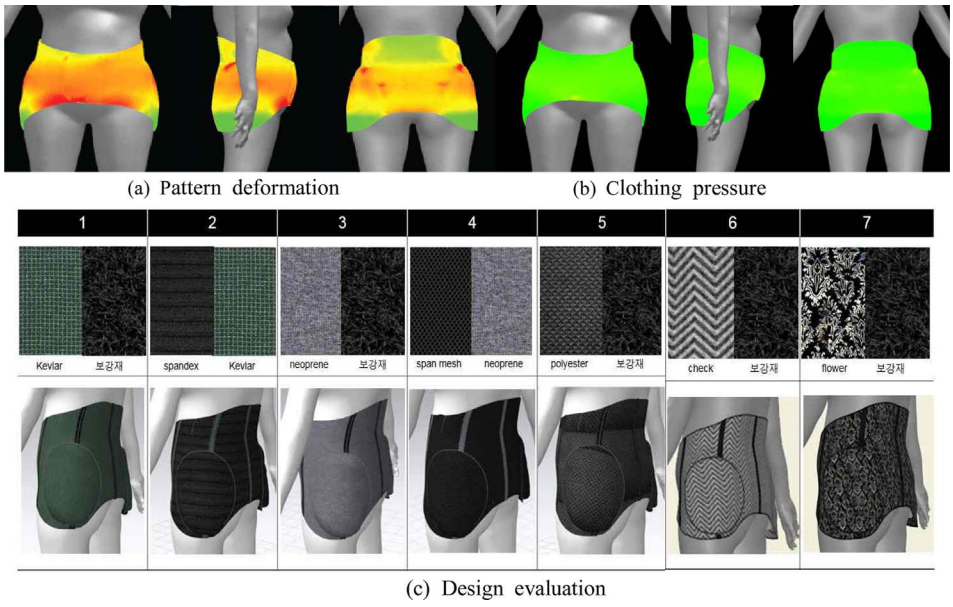


Fig. 9. Visual evaluation & design verification.

3D sacn data를 적용하여 입체패턴 설계방법으로 제작됨으로써 한국 노인에게 최적의 밀착감과 착용감을 제공할 것으로 기대된다. 또한 충격흡수력을 최적화시킨 pad 형상을 적용함으로써 낙상 시 고관절 골절예방에 기여할 것으로 사료된다. 그러나 이러한 hip protector 입체패턴 설계의 효과는 한국 노인의 대표 인체 형상과 입체패턴과의 치수 및 형상 비교로 검증하기에 한계가 있다. 따라서, 추후 사이즈별 최적화된 시제품을 제작하고 실제 노인을 대상으로 한 착용특성 평가를 통해 객관적(의복압, 의복내 온·습도, 혈류량), 주관적(착용감, 동작용이성, 여유성, 소재적합성, 디자인적합성) 성능 평가가 이루어져야 한다.

3.3. Hip protector 디자인 및 착장형태 검증

Hip protector의 착용감 검증을 위한 가상착의는 본 연구에서 선정한 3D 대표 인체형상과 CLO 프로그램상에서 치수정보를 적용하여 만든 아바타를 이용하여 수행하였다. 3D 패드 형상을 패드를 부착해야하는 위치에 맞추어 부착한 후 hip protector 패턴을 대표 인체형상과 아바타에 적용하여 가상착의를 진행하였다(Fig. 8). Hip protector가 착장된 대표 인체형상과 아바타를 360° 방향으로 회전시켜 착장 상태를 확인할 수 있도록 시뮬레이션 과정을 구현하여 착장상태와 밀착감 등을 부위별로 확인하였다. 또한, 상의 및 디테일 부분을 보완하여 실제 착용 모습과 동일하게 구현하였으며, 착장 시의 패턴변형율과 응력에 대한 시각적인 평가와 물성이 다른 소재(kevlar, spandex, neoprene, span mesh, polyester) 적용을 통해 디테일과 디자인 변화에 따른 착장 상태를 검증하였다(Fig. 9).

Hip protector 가상착의 분석 결과, 패턴변형의 경우 패드가 삽입된 힙부분과 여밈부위에 발생하는 것으로 파악되었으며, 착장 시 인체에 가해지는 응력은 전반적으로 균일한 것으로 나타났다. 그러나 CLO program에서 검증하는 패턴변형과 응력은 시각적으로는 확인이 가능하나 착용감과 밀착감을 객관적인 수치로 제시하기 어렵다는 단점이 있다. 따라서 추후 실제 착용자인 노인들을 대상으로 의복압, 의복내 공극 등의 객관적 평가를 포함하는 착용평가가 실시되어야 할 것이다.

4. 결 론

본 연구는 한국 고령자의 3D 인체 형상을 기반으로 한 고관절 골절 예방 제품의 입체패턴 설계를 위해서 먼저, Size Korea(2004)의 한국 노인 3D 스캔 데이터(n=271명, 여성, 60~75세)를 이용하고 측정기준점을 토대로 인체형상 및 치수특성을 파악하였다. Hip protector 치수체계는 인체치수를 측정항목별로 요인분석하여 최종 중요변수로 제작편리성과 사용용이성을 고려한 신장, 엉덩이둘레를 선정하고, clustering method을 이용하여 전체 노인인구의 93%를 수용할 수 있는 4개의 치수체계(small/short, small/tall, large/short, large/tall)를 수립하였다. 4개 치수체계 최종 중요변수의 상세 치수는 small/short (엉덩이둘레: 901.0mm, 신장: 1449.4mm), large/short(엉덩이둘레: 1000.9mm, 신장: 1495.9mm), small/tall(엉덩이둘레: 914.2 mm, 신장: 1547.5mm), large/tall(엉덩이둘레: 1016.5mm, 신장: 1575.9mm)로 분석되었다.

둘째, 한국 노인의 치수체계의 중심이 되는 대표 인체형상을 선정한 후 Rapidform 소프트웨어를 이용하여 쾌속조형물로 프로토타입(RP)형상으로 모델을 제작하였으며, RP로 제작된 모델의 표면은 입체패턴 설계 시 사용되는 인대와 동일하게 표면처리하였다. 패드 형상은 3D 표면 디자인에 특화된 CAD software를 이용하여 설계되었으며, 금형을 제작한 후 경도별로 샘플을 제작하였다.

셋째, hip protector의 입체패턴은 대표 인체형상의 RP를 이용하여 4개 사이즈를 설계하였으며, 패턴을 평면화한 후 캐드 프로그램을 이용하여 각 사이즈별 치수와 형태를 비교 분석하였다. 패턴의 치수와 형태는 설계기준선을 둘레(waist line, abdominal line, hip line)와 길이(back, back-side, front-side, front)로 설정하여 분석하였으며, 최종 허리둘레선을 기준으로 각각의 패턴을 정렬한 후 부위별 형태 및 치수를 비교 분석하였다. 본 연구에서 설계한 hip protector 패턴은 한국 노인의 인체 형상의 표면을 입체형태로 제작됨으로 인해 한국인의 체형에 최적화되었으며, 이로 인해 착용 시 착용감과 동작성 향상이 기대된다.

마지막으로, 개발된 hip protector의 패턴은 가상착의 프로그램을 이용하여 패턴변형율 및 응력을 사전 분석하였다. 가상 착의 프로그램을 이용한 착용감 검증은 패턴 변형과 의복압을 시각적 측면에서 파악하는 것으로 객관적인 수치를 정량적으로 제시하지 못한다는 단점이 있다. 현재 다양한 3D 관련 프로그램 개발 업체(CLO: Body Kit) 등에서 객관적인 평가와 다양한 기능을 보완할 수 있는 프로그램을 개발 중에 있다. 본 연구에서 설계된 입체패턴의 치수 및 형태의 적합성 분석을 위해서는 각 사이즈별 시제품을 제작하고 대표 인체형상의 치수 범위에 속하는 고령자를 대상으로 한 실제 착용평가가 이루어져야 할 것이다. 추후 실제 한국 노인을 대상으로 한 착용감, 습윤감, 쾌적감, 동작용이성과 같은 착용쾌적성 평가와 의복압, 의복내온습도, 발한량, 혈류량과 같은 피복환경학 측면의 평가를 수행해 착용감 및 동작성 향상 효과에 대한 객관적인 검증이 필요하다.

Hip protector는 낙상 시의 고관절 골절을 예방하는 것이 가장 우선시 되어야 하는 의복이므로 실제 낙상 시 충격흡수율에 대한 평가가 필요하다. 그러나 낙상 시의 충격흡수율 평가는 위험성으로 인해 실제 노인을 대상으로 한 평가는 어려운 실정이다. 따라서, 추후 연구에서 hip protector testing simulator를 제작한 후 패드 물성별 충격흡수율을 물리적 충격성능 평가와 유한요소 인체모델(finite element human model)에 hip protecotr를 적용하여 제품의 응력과 변형 특성을 파악할 수 있는 유한요소 가시화 평가(FEM: finite elements method)등을 수행해 객관적으로 검증할 필요가 있다. 충격흡수에 대한 성능이 검증된 hip protector는 갑작스런 낙상으로부터 고관절 골절을 예방

할 것으로 사료되며, 이를 통해 개인적, 사회적 의료비 감소와 더불어 노인들의 삶의 질을 향상시킬 것으로 기대된다.

감사의 글

이 논문은 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2013R1A2A2A04014195).

References

Cui, M. H., Choi, Y. L., Nam, Y. J., & Choi, K. M. (2007). The standardization of developing method of 3-D upper front shell of men in twenties. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 9*(4), 418-424.

Choi, Y. L., Nam, Y. J., & Choi, K. M. (2006). Optimal matrix standardization for pattern flattening using grid method - Focused on young women's upper front shell -. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 30*(8), 1242-1252.

Health Insurance Review & Assessment Service. (2013). *Health Insurance Statistics.* Retrieved April 6, 2015, from http://hira.or.kr

Jeon, E. J., Park, S. K., You, H. C., & Kim, H. E. (2014). Wearing characteristic evaluation of hip protector for hip fracture prevention. *Fashion & Textile Research Journal*, *16*(10), 1001-1007. doi:10.5805/SFTI.2014.16.6.1001

Jeong, Y. H., & Hong, K. H. (2008). Pattern development using the curvature plot of 3D human scan data. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 32*(9), 1478-1486. doi:10.5850/JKSCT.2008.32.9.1478

Jeong, Y. H., & Hong, K. H. (2006). Development of 2D tight-fitting pattern from 3D scan data. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles, 30*(1), 157-166.

Kwon, O. C., Jung, K. H., Sun, M. S., You, H. C., & Kim, H. E. (2004). Determination and application of key dimensions for a sizing system of glove by analyzing the relationships between hand anthropometric variables. *Journal of the Ergonomics Society of Korea, 23*(3), 25-38. doi:10.5143/JESK.2004.23.3.025

Lee, B. H., Jung, K. H., & You, H. C. (2011). Development of a distributed representative human model generation and analysis system for multiple-size product design. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, *30*(5), 683-688. doi:10.5143/JESK.2011.30.5.683

Laing, R. M., Holland, E. J., & Niven, B. E. (1999). Development of sizing systems for protective clothing for the adult male. *Ergonomics*, *42*(10), 1249-1257. doi:10.1080/001401399184929

McCulloch, C. E., Paal, B., & Ashdown, S. P. (1998). An optimization approach to apparel sizing. *Journal of the Operational Research Society*, *49*(5), 492-299. doi:10.2307/3009887

Park, H. J., Shin, S. C., Shon, B. H., & Hong, K. H. (2008). Improvement of ECG measurement for the elderly's U-healthcare clothing using 3D tight-fit pattern. *Fashion & Textile Research Journal, 10*(5), 676-682.

Park, J. H., & Lee, J. R. (2014). Study on preference survey for developing the fall Impact protective clothing - Targeting women ages of 50s to 70s -. *Fashion & Textile Research Journal*, *16*(1), 101-110. doi:10.5805/SFTI.2014.16.1.101

Robinette, K. M., & Annis, J. F. (1986). A nine-size system for chemical defense gloves. Technical Report (AAMRL-TR-86-.029) (AD A173 193), Harry G. Armstrong Aerospace Medical Research Laboratory, Wright-. Patterson Air Force Base, OH.

Statistics Korea. (2006). *Increase rate of elderly population.* Retrieved October 21, 2015, from http://kostat.go.kr

(Received 7 January 2016; 1st Revised 20 January 2016; Accepted 15 February 2016)