

## 낙상충격 보호패드의 개발 및 평가

박정현<sup>1)</sup> · 이진숙<sup>1)</sup> · 이정란<sup>2)†</sup>

<sup>1)</sup>부산대학교 노인생활환경연구소

<sup>2)</sup>부산대학교 의류학과/부산대학교 노인생활환경연구소

## Development and Evaluation of Fall Impact Protection Pad

Jung Hyun Park<sup>1)</sup>, Jin Suk Lee<sup>1)</sup>, and Jeong Ran Lee<sup>2)†</sup>

<sup>1)</sup>Research Institute of Ecology for the Elderly, Pusan National University; Busan, Korea

<sup>2)</sup>Dept. of clothing & Textiles, Pusan National University/Research Institute of Ecology for the Elderly, Pusan National University; Busan, Korea

**Abstract:** In this study, we developed honeycomb pads using foam and polymer gel and verified the impact protection performance of pads for the development of a fall protection pants for elderly women aged 65 and over who have a high risk of fracture due to falls. The results are as follows; In the first experiment, the impact protection performance was evaluated for four honeycomb pad samples (CR foam, EPDM foam, hardness 15 polymer gel, and hardness 30 polymer gel) manufactured to a thickness of 5 mm using a single material. When the force of about 10757N was applied to the specimens, all four pads reduced the impact force to 3100N or less. Polymer gels showed better protection than foam materials. In the second experiment, the thickness of the protective pad was set to 8 mm in order to improve the shock absorbing performance of the protective pad. As a result of evaluating the impact protection performance of the foam single pad and foam gel composite pad, the impact absorbing performance of the foam single pad was better. Finally, four kinds of protection pads were made by assigning the foam single pad and the foam gel composite pad to pants type and underwear type respectively. The pad thickness of the main protection area was set to 8 mm to enhance the protection, and gradually decreased to 5mm and 3mm toward the edge to improve the appearance and fit.

**Key words:** fall (낙상), elderly women (여성 노인), impact protection pad (충격보호패드), impact protection performance (충격보호성능)

### 1. 서 론

우리나라는 노인 인구가 급증함에 따라 노년기 건강문제가 중요한 사회 문제로 인식되고 있으며(Yoo & Lee, 2009), 노인의 건강문제는 신체기능의 약화가 가장 보편적인 것으로 노화로 인한 근력, 균형감각, 신경기능, 보행능력의 저하가 노인들에게 낙상에 따른 골절 발생의 가능성을 높이는 요인이 되고 있다(Kim & Lee, 2006).

낙상은 신체적인 손상뿐만 아니라 심리적으로도 영향을 미치게 되는데, 낙상으로 인해 신체적 손상이 없다고 하더라도 다시 넘어질지 모른다는 두려움 때문에 노인의 신체적 활동을 감

소시키고, 사고 후유증으로 인하여 타인에 대한 의존성을 높이며, 사회적으로 위축되어 우울증을 가져오기도 하여 전반적으로 삶의 질을 저하시키는 요인이 된다(Sohng et al., 2001).

고관절 골절은 신체적, 심리적 문제를 가져오며, 의료비로 인한 경제적 부담을 증가시키고, 합병증으로 인한 조기 사망을 유발할 수 있으므로 낙상으로 인한 골절을 방지하는 것이 매우 중요하다. 힙 프로텍터를 착용함으로써 낙상으로 인한 골절 발생률이 감소된다는 보고가 있지만(Harada, 2001; Kannus et al., 2005), 기존에 사용되어진 힙 프로텍터는 패드의 부피가 커서 외관적으로 좋지 않고 일상생활에서 착용하기에 부담스러운 측면이 있다. 따라서 실용적이고 충격흡수 성능이 우수한 힙 프로텍터 개발을 위해서는 기존에 주로 사용되어진 폼 소재 이외에도 다양한 소재를 사용하여 패드를 개발하는 것이 필요하며, 인체의 움직임을 고려한 패드형태에 대한 연구도 이루어져야 한다.

이와 관련한 연구에서 기존의 힙 프로텍터는 충격완화패드가 삽입된 형태와 에어백 방식으로 나눌 수 있었으며, 패드의 소재로 딱딱한 플라스틱, 부드러운 폼, 실리콘 등이 사용된 것을 확인할 수 있었다. Van Schoor et al.(2006)은 10종의 시판

†Corresponding author; Jeong Ran Lee

Tel. +82-51-510-2841, Fax. +82-51-583-5975

E-mail: lrj@pusan.ac.kr

© 2018 (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.

패드에 대하여 딱딱한 소재와 부드러운 소재로 분류하여 각각의 충격완화 성능을 평가하였으며, Choi et al.(2010)은 형태와 두께가 다른 부드러운 소재의 시판패드 3종에 대하여 보호패드의 위치에 따른 충격완화 성능을 비교하였다. Li et al.(2013)은 부드러운 패드와 딱딱한 패드에 대하여 충격이 가해지는 바닥재의 소재를 달리하여 이에 따른 충격량의 차이를 살펴보는 실험을 하였다. 국내에서는 에어백 형태의 충격완화장치 개발에 대한 연구(Kim, 2009; Park & Kim, 2012), 힙 프로텍터의 패턴설계에 관한 연구(Jeon et al., 2016), 고관절 보호대의 착용특성에 관한 연구(Jeon et al., 2014; Jeon et al., 2017) 등이 진행되어 왔다. 기존의 힙 프로텍터의 보호성능을 평가한 연구는 시판 패드에 한정되어 있었으며 힙 프로텍터를 개발한 연구도 패턴설계 및 착용특성을 알아보는 데 그치고 있으므로, 다양한 소재를 사용한 충격보호용 패드에 대한 개발과 보호성능에 대한 평가가 요구된다.

본 연구자는 선행연구에서 낙상보호팬츠에 대한 선호도 조사(Park & Lee, 2014; Lee et al., 2014)를 바탕으로 낙상보호복을 디자인하였으며, 기존에 충격보호 소재로 널리 사용된 폼 소재를 활용하여 3가지 타입의 패드를 제작(Park & Lee, 2016)하고 이를 팬츠에 삽입하여 착용자 대상으로 평가(Park & Lee, 2017)를 실시하였는데, 절개형, 타공형, 조각형 패드 중에서 조각형 패드에 대하여 좋은 평가를 받았다. 따라서 본 연구에서는 기존의 연구결과를 바탕으로 조각형 패드를 개발하되, 폼 소재 외에도 폴리머젤을 사용한 패드를 제작하여 충격보호 성능을 평가하고 그 결과를 반영하여 최종 보호패드를 디자인하고자 하였다. 보호복 형태를 팬츠형과 속옷형으로 나누어 각각의 특성에 맞게 최종 패드를 설계하고 제작함으로써 골절 위험이 높은 65세 이상의 노년 여성을 대상으로 한 낙상보호복 개발을 위한 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 연구 방법

### 2.1. 낙상충격 보호패드 디자인

본 연구의 낙상충격 보호패드는 선행연구(Park & Lee, 2017)에서 활동성이 좋은 것으로 평가되었던 조각형 패드의 디자인을 적용하였으며, 그 형태는 Fig. 1에 제시하였다. 조각형 패드는 충격보호용 패드소재를 한 변의 길이가 15mm인 정육각형 조각으로 가공하여 이를 메쉬 원단 두 겹 사이에 벌집모양으로 배치하고 육각형 사이사이를 봉제하여 고정된 형태이며, 패드가 인체의 움직임에 따라 유연하게 움직이므로 인체적합성과 착용감을 좋게 한다. 메쉬 원단의 물성은 Table 1에 제시하였다.

### 2.2. 낙상충격 보호소재

낙상충격 프로텍트 패드를 위한 충격흡수용 소재로 폼과 폴리머젤을 사용하였다. 폼 소재는 선행연구(Park et al., 2016)의 물성평가 및 충격흡수 성능평가에서 우수한 것으로 나타난 CR(Chloroprene rubber)폼 1종과 EPDM(Ethylene Propylene

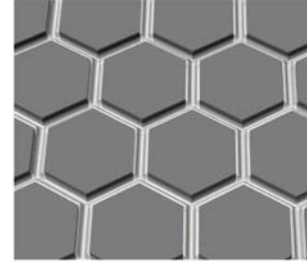


Fig. 1. Structure of honeycomb-typed pad.

Table 1. Mesh fabric property

Material	Polyester 100% (Coolmax <sup>®</sup> )	KS K 0210:2007
Weight(g/m <sup>3</sup> )	148.9	KS K 0514:2011
Thickness(mm)	0.53	KS K ISO 5084:2011
Elongation(%)	Wale	13.0
	Course	73.6
		KS K0352:2010

Table 2. Foam property

Material	CR	EPDM
Thickness(mm)	5.30	5.09
Density(kg/m <sup>3</sup> )	160.0	149.5
Tensile strength(MPa)	7.00	0.70
Elongation(%)	210	294
Hardness(Type E)	20	15

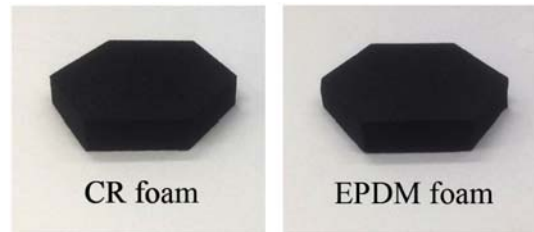


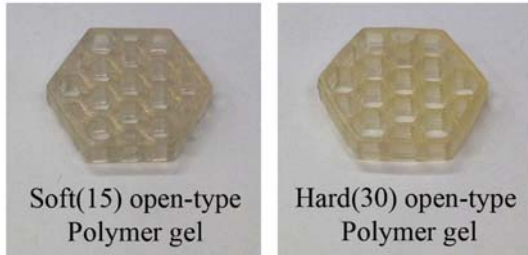
Fig. 2. Foam material of hexagonal pieces.

Diene Monomer)폼 1종을 선정하였으며, 소재의 물리적 특성은 Table 2와 같다. 폼 소재는 조각형 패드 제작을 위해 5mm 두께의 시트형 폼을 한 변의 길이가 15mm인 정육각형으로 잘라 Fig. 2와 같이 가공하였다.

폴리머젤은 선행연구(Park et al., 2016)에서 TPS-SBS (Styrene-Butadiene-Styrene Block Copolymer) 소재를 사용하여 제작한 벌집모양의 디자인 중에서 개방형 2종을 선정하였으며, 소재의 물리적 특성은 Table 3과 같다. 폴리머젤은 한 변의 길이가 15mm이고 높이가 5mm인 정육각기둥의 내부에 작은 육각기둥 형태의 막이 벌집모양으로 연결되어 있는 구조로 그 형태는 Fig. 3에 제시하였다. 선행연구(Park et al., 2016)에서는 폴리머젤의 아래쪽 면을 막은 폐쇄형 디자인도 제작하였으나, 폐쇄형은 위·아랫면이 뚫린 개방형에 비해 충격

**Table 3.** Polymer gel property

	Material	Thickness (mm)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Hardness (Type E)
Soft open-type	TPS-SBS	4.64	533.9	15
Hard open-type	TPS-SBS	4.91	379.7	30



**Fig. 3.** Polymer gel material of hexagonal pieces.

보호성능은 더 좋지만 무겁고 유연성이 좋지 않으며 땀 흡수가 원활하지 않아 본 연구에서는 이를 패드 대상에서 제외하였고 보호패드를 의복에 통합하였을 때의 착용감과 무게 및 쾌적성을 고려하여 개방형 디자인의 폴리머젤을 사용하였다. 개방형 폴리머젤의 부드러운 정도를 경도 15(Soft)와 30(hard)으로 다르게 하여 2종의 개방형 폴리머젤을 충격보호 소재로 사용하였다.

**2.3. 1차 보호패드 제작 및 충격보호 성능평가 방법**

최종 패드를 제작하기에 앞서 패드의 가장 중요한 평가요소인 충격보호 성능에 대한 검증이 필요하므로, 충격보호 소재로 선정된 CR폼, EPDM폼, 경도 15 폴리머젤(soft open-type), 경도 30 폴리머젤(hard open-type)에 대하여 두께가 5mm이고, 면적인 15×15cm인 조각형 패드 샘플을 제작하여 총 4종의 패드에 대하여 충격보호 성능을 평가하였다. 시험방법은 롤리스포츠 보호장구의 충격흡수성 시험방법(Korean Agency for Technology Standard[KATS], 2009)을 준용하였으며, 2.5±0.025kg의 충격스트라이커를 7cm의 높이에서 낙하시켜 발생한 힘이 시편에 가해질 때 시편을 통과한 최대 충격값을 6회에 걸쳐 반복 측정하였다. 딱딱한 바닥에 낙상 시 골반에 가해지는 충격량이 약 9000N이라는 연구결과(Kim, 2009)를 바탕으로 시험장비에



**Fig. 4.** Impact protection pad sample.



**Fig. 5.** Impact protection test equipment.

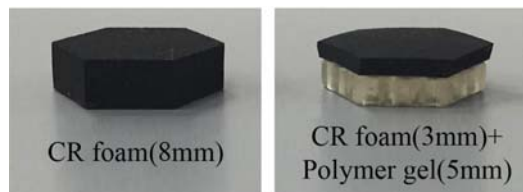
서 발생하는 힘이 그 이상 되도록 조절하여 약 10575N의 힘이 시편에 가해지도록 하였다. 보호패드 샘플과 충격흡수성 시험장비는 Fig. 4와 Fig. 5에 제시하였다.

**2.4. 2차 보호패드 제작 및 충격보호 성능평가 방법**

2차 보호패드 설계 시 충격흡수 성능과 착용감이 우수한 보호패드를 만들기 위해 1차 실험에서 제시된 소재 중 보호성능이 좋은 활용되 보호패드의 두께를 증가시켰으며, 한 가지 소재 뿐 아니라 서로 다른 소재를 사용한 복합패드도 제작하여 보호력을 측정하고자 하였다. 이를 위해 1차 실험결과를 바탕으로 폼 소재 중에서 충격흡수력이 더 우수한 폼 1종(CR 폼)을 선정하였으며, 폴리머젤은 충격흡수 성능에 큰 차이가 없어 인체적합성을 고려하여 좀 더 부드러운 경도 15 폴리머젤(soft open-type)을 선정하였다. 본 연구에서 제작한 폴리머젤은 두께가 증가되면 무게가 증가되므로 그 한계를 5mm로 하였으며, 다양한 두께로 생산되고 있는 CR폼은 3mm, 5mm, 8mm를 구입하여 두께를 변화시키면서 다양한 조합을 만들었다. 패드의 두께변화를 관찰한 결과 10mm를 넘으면 의복에 통합할 때 외관에서 두드러지는 문제가 있어 본 연구의 보호패드 두께는 외관에 큰 변화가 없으면서 보호력을 갖는 8mm 두께로 설정하였다. 최종적으로 8mm CR폼 소재를 사용하여 폼 단일형 패드를 제작하였고, 5mm 두께의 폴리머젤과 3mm 두께의 CR폼 3mm을 조합하여 젤폼 복합형 패드를 제작하였다(Fig. 6). 2종의 패드에 대하여 1차 시험과 동일한 방식으로 충격흡수 성능을 평가하였다.

**2.5. 낙상보호 부위 선정 및 보호패드 설계**

낙상 시 충격보호 위치와 면적에 관한 실험을 통해 가장 보



**Fig. 6.** Material for 2nd pad.

호해야 할 부위와 보호패드의 크기를 선정하고자 가상의 낙상 실험을 실시하였다. 선행연구(Park & Lee, 2014; Lee et al., 2014)의 낙상실태 조사결과에서 낙상 시 우선 보호해야 할 부위는 척추의 압박골절 위험이 높은 엉덩이 부위와 고관절 부위로 나타났기 때문에 이를 바탕으로 가상의 낙상동작을 설정하였다. 즉, 낙상실험 시 뒤로 넘어지면서 엉덩이 아래쪽이 바닥에 닿는 동작과 옆쪽으로 넘어지는 동작을 천천히 실시하여 낙상이 발생될 때 충격력이 가해지는 부위를 확인할 수 있도록 하였다. 낙상상황을 만들기 위해 가로 70cm, 세로 100cm의 잉크 스펀지를 바닥에 깔고 연구자가 직접 실험복 바지를 착용한 상태에서 설정된 낙상동작을 실시하여 바닥에 닿는 부위에 잉크가 찍힐 수 있도록 하였다. 찍혀진 잉크의 면적과 부위, 진한 정도 등을 팬츠 패턴에 표시하고 중합하여 보호 부위와 면적 등을 선정하였다. 본 연구에서 선정한 보호 부위와 선행연구 결과(Park & Lee, 2016)를 팬츠에 중합하고 여러 번의 착의실험을 통해 최종의 보호 부위 및 면적을 선정하였다(Fig. 7).



Fig. 7. Falling simulation.

본 연구에서는 보호복의 형태적 측면에서 보호대를 따로 착용하지 않고 팬츠 하나만 간편하게 착용해도 보호가 가능한 팬츠형 보호복과 여러 가지 종류의 팬츠 안에 입을 수 있는 속옷형 보호복을 둘 다 고려하여 실험을 진행하였다. 최종 보호패드의 형태(팬츠형, 속옷형)를 결정한 후에 2차로 제작한 8mm의 폼 단일형 패드와 젤폼 복합형 패드를 적용하여 총 4종의 보호패드를 제작하였다.

### 3. 결과 및 논의

#### 3.1. 1차 충격보호 패드의 성능평가

Table 4는 1차로 제작한 5mm 두께의 조각형 보호패드 4종

Table 4. Results of 1st impact protection test for 5mm pads

(Unit: Newton)

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	M	SD	F
CR foam	2503	2461	2839	2548	2693	2612	2609 <sup>b</sup>	139	38.207 <sup>***</sup>
EPDM foam	2892	3026	3005	3019	2801	2744	2915 <sup>a</sup>	122	
Soft(15) open-type Polymer gel	2340	2463	2454	2503	2463	2539	2460 <sup>c</sup>	67	
Hard(30) open-type Polymer gel	2212	2155	2274	2224	2287	2427	2263 <sup>d</sup>	93	

\*\*\*  $p < .001$ , a>b>c>d: Duncan's multiple range test

에 대한 충격보호 성능평가에서 10757N의 충격력을 가했을 때 패드를 통과한 최대 충격값을 측정된 결과이다. 분산분석 결과, 패드 소재에 따라 보호력에 있어 유의한 차이가 있었다. 패드를 통과한 값이 작을수록 충격보호 성능이 높은 것을 의미하므로 폼 소재 중 CR폼은 평균 2609N의 충격값이 측정되었고, EPDM폼은 2915N이 측정되어 CR폼이 더 많이 충격을 완화시킨 것으로 나타났다. 경도 15(Soft) 폴리머젤은 평균 2460N, 경도 30(Hard) 폴리머젤은 2263N의 충격량이 측정되어 경도 30(Hard) 폴리머젤이 더 보호 성능이 우수한 것으로 나타났다. 폼 소재와 폴리머젤을 비교해보면 폴리머젤 2종 모두 폼 소재 2종 보다 낮은 충격값을 보여, 폼에 비해 폴리머젤이 충격보호 성능이 좋은 것으로 확인되었다. 일반적으로 고령자들의 경우 낙상 시 엉덩이 부위에 9000N 정도의 충격이 가해지고, 골밀도에 따라 차이가 있지만 약 3100N 이상의 힘을 받으면 골절이 발생하기 시작한다고 알려져 있는데(Van Schoor et al., 2006), 본 연구의 보호패드는 10757N의 힘을 가했을 때 모든 패드에서 3100N 이하로 충격력을 감소시켰으므로, 낙상 시 골절을 예방하는 측면에서 4종의 보호패드가 모두 보호력을 가지고 있음을 알 수 있다.

#### 3.2. 2차 충격보호 패드의 성능평가

Table 5는 2차로 제작한 8mm 두께의 조각형 보호패드 2종에 대한 충격보호 성능평가에서 10757N의 충격력을 가했을 때 패드를 통과한 최대 충격값을 측정된 결과이다.  $t$  검정을 수행한 결과 패드 종류에 따라 보호력의 차이를 보였으며, 폼 단일형 패드는 평균 1037N, 젤폼 복합형 패드는 1353N으로 폼 단일형 패드의 충격흡수 성능이 높게 나타났다. 1차 보호패드 시험결과와 비교하면 CR폼 5mm일 때 2609N(10757N 대비 24.25%), 8mm일 때 1036N(9.63%)으로 1573N이 감소하여 충격흡수 성능이 15% 정도 향상되었으며, 5mm의 폴리머젤 단일패드일 때 2460N(22.87%)이었으나 3mm폼을 더한 젤폼 복합형 8mm는 1353N(12.58%)으로 1107N의 충격량이 감소하여 10% 정도 충격흡수 성능이 향상된 것으로 나타났다.

#### 3.3. 낙상보호 부위 선정

가상의 낙상상황을 조성하고, 낙상실험을 실시하여 넘어졌을 때 실험복에 찍힌 잉크자국과 패턴에 옮겨 표시한 영역은 Table 6에 제시하였다. 팬츠형 실험복(머슬린)에 찍힌 잉크의 면적과 위치를 패턴에 표시하고 그 진한 정도를 반영하여 보호부



**Table 5.** Results of 2nd impact protection test for 8mm pads

(Unit: Newton)

	1st	2nd	3rd	4th	5th	6th	M	SD	t
CR foam(8mm)	1088	1095	967	991	1012	1067	103	54	-11.511***
Polymer gel(5mm) +CR foam(3mm)	1348	1351	1374	1365	1400	1280	1353	40	

\*\*\* p<.001

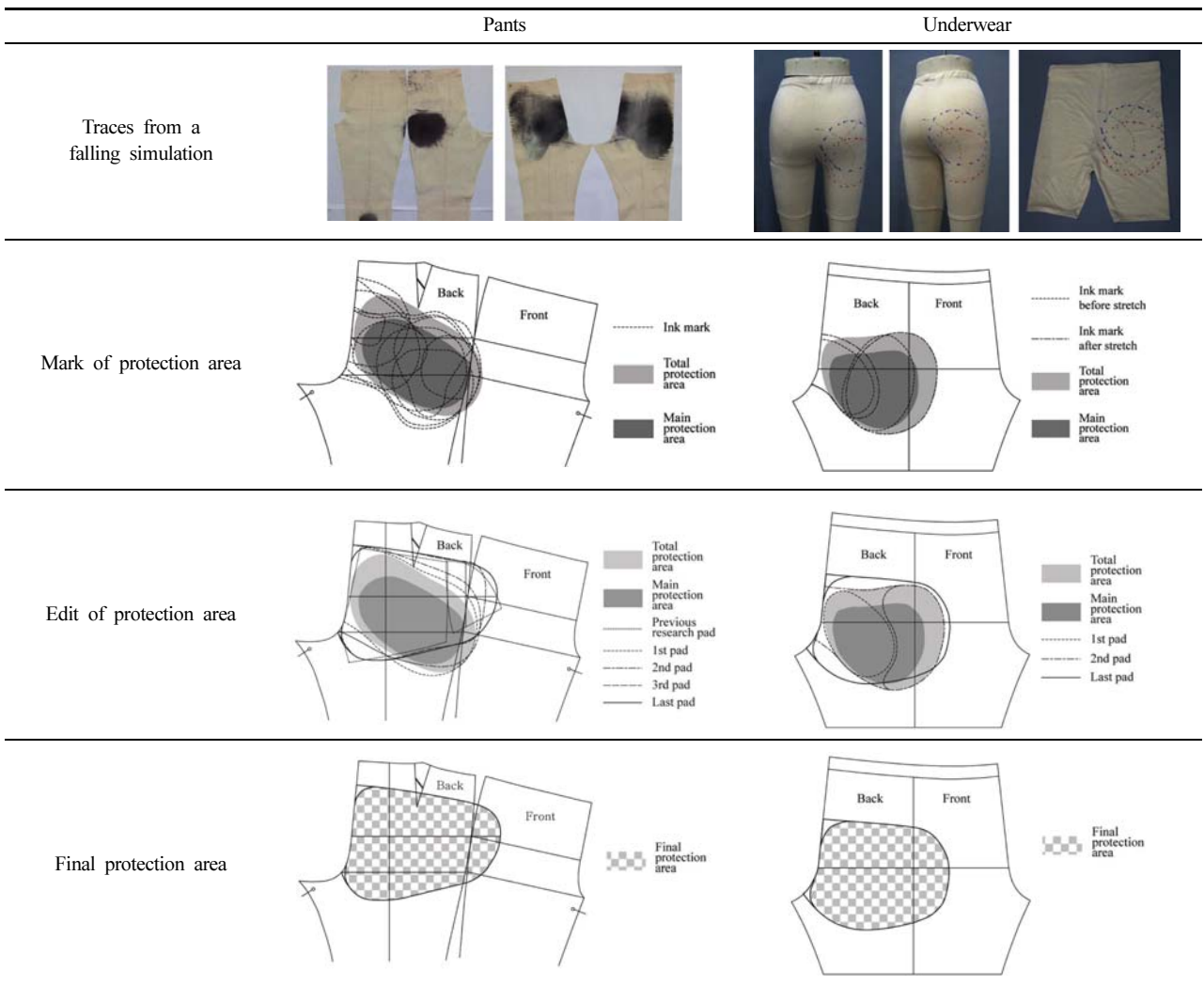
위 및 면적을 파악한 결과, 엉덩이 부위는 꼬리뼈 부분에서 집중적으로 보호가 필요하고 고관절 부위는 선행연구(Park & Lee, 2016)에 비하여 더 아래쪽이 보호되어야 하는 것으로 나타났다. 이후 3회의 착의실험을 진행한 결과, 엉덩이 아래쪽 부위에 대한 보호가 더 필요하며 외관과 보호 부위의 적합성을 고려할 때 고관절 보호 부위는 잉크자국보다 위쪽으로 옮겨지는 것이 타당한 것으로 판단되었다. 수정, 보완 작업을 거친 최종의 보호 부위의 위치와 면적을 Table 6에 제시하였다. 속옷형 실험복(저지)에서도 동일한 방식으로 잉크자국을 실험복에 표시하고 이를 패턴에 옮겼는데, 속옷의 경우 옷감의 신축성이 있어서 이를 그대로 패드 부위에 적용할 경우 패드의 사이즈가

맞지 않으므로 착용 시의 잉크자국의 사이즈를 측정하고 신장률을 적용하여 수정하였다. 속옷형 보호복도 착의실험을 통하여 패드의 위치와 면적을 수정하고 보완하였으며 최종 패드의 형태는 Table 6에 제시하였다.

**3.4. 최종 보호패드의 완성**

2차로 제작한 8mm의 폼 단일형 패드와 젤폼 복합형 패드 2종을 선정된 보호 부위의 면적과 형태를 따라 펜싱형과 속옷형으로 제작하여 총 4종의 패드를 제작하였다. 패드 단면의 구조는 Fig. 8에 제시하였으며, 보호패드는 Fig. 9와 같이 패드의 두께를 다르게 하여 집중적으로 보호되어야 할 부위는 두껍게

**Table 6.** Selection of fall protection area and pad shape



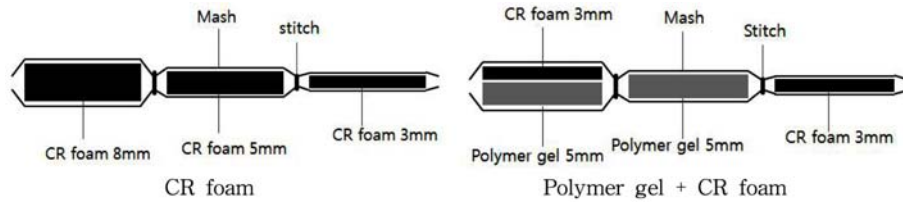


Fig. 8. Cross section of impact protection pad.

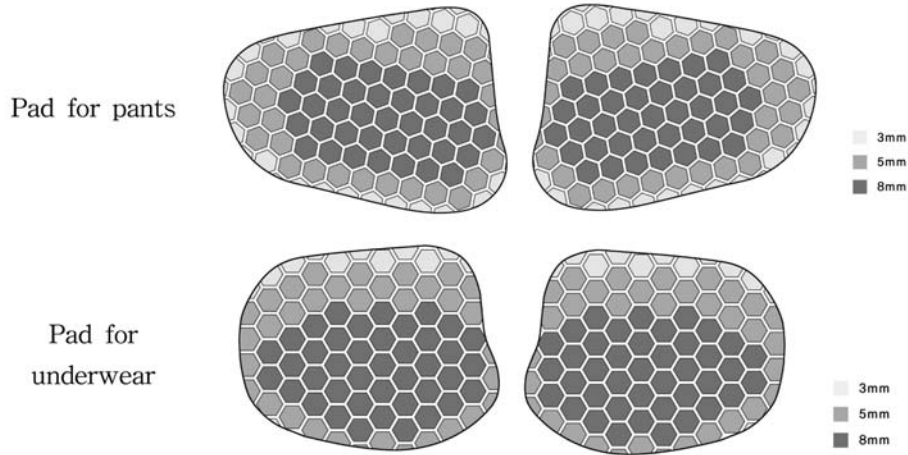


Fig. 9. Structure of impact protective pad.

하여 보호력을 좋게 하고, 가장자리로 갈수록 점점 두께를 얇게 하여 바지의 외관이 자연스러울 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 척추의 압박골절을 방지하기 위하여 엉덩이 아랫부분 중에서 꼬리뼈 부위와 고관절 측면 윗부분을 집중 보호하도록 하였다. 따라서 Fig. 9과 같이 꼬리뼈와 고관절 측면 윗부분은 보호패드 두께를 8mm로 하였고, 그 주변은 5mm, 가장자리 부위에는 3mm로 하였다. 신축성과 촉감이 좋은 메쉬 원단 사이에 육각형의 폼과 폴리머 조각을 설계도에 따라 4mm 간격으로 배치한 뒤 봉제하여 Table 7과 같이 패드를 완성하였다. 패드의 가장자리가 얇아 바이어스 테이프로 가장자리를 싸서 마무리하는데 용이한 측면이 있었다.

#### 4. 결 론

본 연구에서는 골절 위험이 높은 65세 이상의 노년 여성을 대상으로 한 낙상 보호팬츠용 패드 개발을 목적으로 폼 소재와 폴리머젤을 사용하여 조각형 패드를 설계하고 제작하여 패드의 충격보호 성능을 검증하였으며 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 1차 실험에서 단일 소재를 사용하여 5mm 두께로 제작한 조각형 패드 샘플 4종(CR폼, EPDM폼, 경도 15 폴리머젤, 경도 30 폴리머젤)에 대하여 충격보호 성능을 평가하였으며, 약 10757N의 힘이 시편이 가해졌을 때 4종의 보호패드가 3100N 이하로 충격력을 감소시켜 4종의 패드 모두 보호력을 가

Table 7. Impact protection pad

Category	Foam pad of single material	Combined pad of foam and polymer gel
Pants		
Underwear		

지고 있음을 확인할 수 있었다. 폼 소재보다는 폴리머젤이 더 좋은 보호력을 보였으며, 폼 소재 중에서는 CR폼이 폴리머젤 중에서는 경도 30 폴리머젤이 더 나은 보호력을 보였다.

둘째, 2차 실험에서는 보호패드의 충격흡수 성능과 향상시키기 위해 보호패드의 두께를 8mm로 하였으며, 1차 실험에서 보호력이 좋게 나타난 CR폼 소재를 사용하여 제작한 폼 단일형 패드와 폴리머젤 중에서 좀 더 부드러운 경도 15 폴리머젤과 3mm CR폼을 결합하여 제작한 젤폼 복합형 패드에 대하여 충격보호 성능을 평가한 결과 폼 단일형 패드의 충격흡수 성능이 좀 더 좋은 것으로 나타났다.

셋째, 최종적으로 폼 단일형 패드와 젤폼 복합형 패드를 보호복의 형태에 따라 펜츠형과 속옷형으로 각각 나누어 총 4종의 보호패드를 제작하였다. 주요 보호부위의 패드두께는 8mm로 하여 보호력을 강화시켰으며, 가장자리로 갈수록 5mm, 3mm로 점점 줄어들게 하여 외관과 착용감을 좋게 하였다.

본 연구는 육각형 조각이 서로 연결되어서 유연성을 가지는 낙상보호 패드를 여러 소재를 사용하여 개발하고 이에 대한 충격보호 성능을 검증하였으며, 보호복의 형태와 보호 부위에 따라 패드의 형태와 두께를 다르게 디자인하여 최적화된 보호패드를 개발하는 것에 초점을 두었으며, 최종 보호패드를 제시함으로써 이를 낙상보호복에 활용할 수 있도록 하였다. 후속 연구에서는 노인 여성 체형에 적합하고 활동성이 좋은 낙상보호복의 실물제작 후 이에 대한 물리적 성능 및 착용 특성에 대한 평가가 이루어져야 할 것이다.

## 감사의 글

본 논문은 2013년 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2013R1A1A2057684).

## References

- Choi, W. J., Hoffer, J. A., & Robinovitch, S. N. (2010). The effect of positioning on the biomechanical performance of soft shell hip protectors. *Journal of Biomechanics*, 43(5), 818-825. doi:10.1016/j.jbiomech.2009.11.023
- Harada, A. (2001). Prevention of fractures caused by falls in elderly persons. *Japan Medical Association Journal*, 44(7), 306-311.
- 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(6), 1001-1007. doi:10.5805/sfti.2014.16.6.1001
- Jeon, E. J., Park, S. K., You, H. C., & Kim, H. E. (2016). Development of a sizing system and a draping pattern for hip protector based on 3D data analysis of Korean older women. *Fashion & Textile Research Journal*, 18(1), 120-129. doi:10.5805/sfti.2016.18.1.120
- Jeon, E. J., Kim, H. E., You, H. C., Lee, S. H., Kim, G. W., & Yoon, S. J. (2017). Evaluation of the wearing characteristics of hip protectors based on draping pattern design and body shape in Korean elderly people. *Journal of the Korean Fracture Society*, 30(4), 180-185. doi:10.12671/jkfs.2017.30.4.180
- Kannus, P., Sievänen, H., Palvanen, M., Järvinen, T., & Parkkari, J. (2005). Prevention of falls and consequent injuries in elderly people. *The Lancet*, 366(9500), 1885-1893. doi:10.1016/s0140-6736(05)67604-0
- Kim, M. S., & Lee, E. N. (2006). A literature review of exercise intervention for fall prevention in the elderly. *Journal of Rheumatology Health*, 13(1), 7-19.
- Kim, S. H. (2009). *Study on fall detection and fracture prevention system*. Unpublished doctoral dissertation, Chonbuk National University, Jeonju.
- Korean Agency for Technology Standards. (2009). Protector For Roller Sports Users (2009-978). *KSTS*. Retrieved September 9, 2013, from <http://www.kats.go.kr/content.do?cmsid=50>
- Lee, J. S., Park, J. H., & Lee, J. R. (2014). Basic study on the development of impact protective pants and falls of elderly women. *Fashion & Textile Research Journal*, 16(6), 945-953. doi:10.5805/SFTI.2014.16.6.945
- Li, N., Tsushima, E., & Tsushima, H. (2013). Comparison of impact force attenuation by various combinations of hip protector and flooring material using a simplified fall-impact simulation device. *Journal of Biomechanics*, 46(6), 1140-1146. doi:10.1016/j.jbiomech.2013.01.007
- Park, J. H., & Lee, J. R. (2014). Study on the 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
- Park, J. H., & Lee, J. R. (2016). Prototype of fall impact protective pants for elderly women. *Journal of the Korean Society of Costume*, 66(4), 45-60. doi:10.7233/jksc.2016.66.4.045
- Park, J. H., & Lee, J. R. (2017). Wearing evaluation of the fall impact protective pants for the elderly women. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 41(4), 615-632. doi:10.5850/jksct.2017.41.4.615
- Park, J. H., Lee, J. S., & Lee, J. R. (2016). Characteristic evaluation of impact absorption materials for the development of fall impact protective pants. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 40(3), 495-505. doi:10.5850/jksct.2016.40.3.495
- Park, J. S., & Kim, C. H. (2012). Hip protector against the impact by fall using air-bag. *Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology Engineers*, 21(4), 639-643. doi:10.7735/ksmt.2012.21.4.639
- Sohng, K. Y., Moon, J. S., Kang, S. S., & Choi, J. H. (2001). The survey of activities and fear of falling in the community dwelling elderly. *Journal of Korean Public Health Nursing*, 15(2), 324-333.
- Van Schoor, N. M., Van der Veen, A. J., Schaap, L. A., Smit, T. H., & Lips, P. (2006). Biomechanical comparison of hard and soft hip protectors, and the influence of soft tissue. *Bone*, 39(2), 401-407. doi:10.1016/j.bone.2006.01.156
- Yoo, I. Y., & Lee, J. A. (2009). Characteristics and factors associated with falls of the community-dwelling elderly in small cities. *Journal of the Korean Society of Living Environmental System*, 16(4), 428-435.

(Received 22 May 2018; 1st Revised 25 June 2018;  
2nd Revised 24 July 2018; Accepted 17 August 2018)