한국의류산업학회지
제22권 제2호, 2020
<연구논문>

pISSN 1229-2060
eISSN 2287-5743
Fashion & Text. Res. J.
Vol. 22, No. 2, pp.222-232(2020)
https://doi.org/10.5805/SFTI.2020.22.2.222

노년 여성의 동작에 따른 무릎 및 고관절 주변 체표 길이 변화 분석

장지현[1)] · 정희경[2)] · 박정현[2)] · 이정란[1,2)†]
[1)]부산대학교 의류학과
[2)]부산대학교 노인생활환경연구소

An Analysis on the Changes of Knees and Hip Joint Surface according to Elderly Women's Movements

Ji Hyeon Jang[1)], Hee Kyeong Jung[2)], Jung Hyun Park[2)], and Jeong Ran Lee[1,2)†]
[1)]Dept. of Clothing & Textiles, Pusan National University; Basan, Korea
[2)]Research Institute of Ecology for the Elderly, Pusan National University; Basan, Korea

Abstract: This study analyzes changes in the knees, hips, and hip joint length according to the different angles of bending knees by 45°, 90°, and 135° respectively for knees, hips, and the hip joint that have high fracture rates when falling down. The research subjects were 10 elderly women in their 60s (or older) that obtain data collected through direct measurement. For analysis, the study drew a diagram of elongation and shrinkage based on changes and change rate from a straight posture (0°) and conducted a statistical analysis on differences of body surface length by zone according to movements. The more the knees were bent, the vertical surface length in front of the knees, the horizontal surface length above the knee line, the horizontal body surface length below the knee lines on the back, and the vertical surface lengths between front side lines and the side lines increased; however, the vertical surface length on the back decreased. For the hip joint, the difference in the vertical surface length was more distinctive when compared to the horizontal. Finally, the horizontal surface length increased below the hips and the vertical surface length increased in most areas except the sidelines and the front. The result of the change in body surface length according to the movements of this study can be utilized in the development of the motion-variable protector.

Key words : knees (무릎), hips (엉덩이), hip joint (고관절), body surface length (체표면), elderly women (노년 여성)

1. 서 론

의복은 제2의 피부로서, 인체 위에 입혀지기 때문에 체형 및 뼈와 근육의 구조를 바탕으로 과학적 설계가 뒷받침되어야 한다. 인체의 특성을 고려하지 않는 의복은 신체를 구속하게 되고, 활동에 제약을 주게 되므로(Cho, 2004b), 의복의 외관과 함께 치수 및 맞음새는 의복 제작에 있어 특히 중요한 영역이다. 착의 만족도가 높은 의복의 제작을 위해서는 단순히 둘레, 길이에 여유분을 추가하는 것을 넘어 다양한 동작에 따라 변하는 골격의 위치, 근육이 팽창하고 수축하면서 일어나는 체표의 변화와 같은 동작기능성을 고려하여야 한다. 특히, 특정 동작의 반복으로 인해 인체의 동작 범위를 폭넓게 커버해야하는 기능성 스포츠웨어 또는 낙상과 같이 급격하게 동작의 변화가 일어나는 상황에서 무릎, 고관절 등 주요 부위를 보호하기 위한 의복은 보호력과 함께 체표의 변화에 대한 수용성이 크게 요구된다.

체표 변화에 관한 선행연구를 살펴보면, 신체 중 운동영역이 넓고 체표 변화가 큰 상반신을 중심으로 팔 동작에 따른 상반신 체표변화 연구(Jo, 1999; Koo & Rim, 1996; Lee & Rim, 1996; Kim et al., 2005)가 다수를 차지하였다. 전자섬유를 밀착 의복에 적용시키기 위해 인체 최대 굴곡 관절 부위를 중심으로 피부 최대변형률을 살펴본 연구(Jung et al., 2017)는 목, 손목, 팔꿈치, 무릎 등 굴곡이 많은 특정 관절 부위에 사각형과 가로, 세로 기준선을 그어서 수직 길이와 면적의 변형률을 살펴보았으나 가로방향의 변화율은 확인할 수 없었다. 하반신과 관련된 연구는 슬랙스 패턴의 설계를 위해 하지동작에 따른 체표선 변화를 파악한 연구(Cho, 2004a; Cho, 2004b), 싸이클웨어 패턴개발을 위한 체표면 변화 연구(Kim & Kim, 2003)가 있으며, 3차원 다리보호대 모델링을 위한 피부길이 변화 연구(Lee et al., 2015) 등 하반신 동작을 고려한 의복이나 신체보호대 개발을 위한 체표 변화 연구가 이루어졌다. 하지만 선행연구의 대부분이 20~30대를 연구대상자로 하고 있어 노인의

†Corresponding author; Jeong Ran Lee
Tel. +82-51-510-2841, Fax. +82-51-583-5975
E-mail: ljrj@pusan.ac.kr
© 2020 (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.

체형을 반영한 체표 변화에 관한 연구는 전무한 실정이다.

노인의 경우 노화로 인해 골밀도가 낮아져 의도하지 않게 바닥에 넘어져 눕게 되는 낙상을 경험하게 된다. 낙상 시 충격은 무릎, 엉덩이와 고관절 부위의 골절로 이어져 사망하게 되거나, 골절사고에 따른 합병증으로 인해 장기간의 치료가 요구되기도 한다(Park & Lee, 2017). 따라서 노인의 건강한 삶을 위해 낙상으로부터 주요 신체 부위를 보호할 수 있는 충격보호대 및 보호복 개발이 필요하다. 현재 고령자를 위한 낙상 충격으로부터 보호하는 보호 패드 및 힙 프로텍터 연구(Jeon at al., 2016; Park et al., 2018)가 있지만, 개발 시 정적인 자세를 기준으로 하였기 때문에 서 있거나 가벼운 동작에는 적합하나 일상생활에서 요구되는 다양한 동작에는 대응할 수 없는 문제점이 있다.

따라서 본 연구에서는 노인들이 낙상 시 골절되기 쉬운 부위인 무릎과 고관절을 중심으로 동작에 따른 부위별 체표 길이 변화를 측정하고, 유의미한 체표 부위와 구간을 분석함으로써 일상생활 시 다리를 구부리거나 쪼그려 앉는 등의 동작을 수용함과 동시에 노인 체표 변화를 반영한 동작 가변적인 프로텍터 개발을 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 연구대상

65~79세의 여성을 연구대상으로 하였으며, 신체 치수는 사이즈코리아 65~79세 여성의 평균 인체치수를 기준으로 하였다. 65~69세의 평균 인체치수는 최근 자료인 2015년도 인체치수조사사업의 7차 결과를 사용하였으며, 7차 인체치수조사 결과에는 70대의 자료가 없으므로 70~79세의 평균 인체치수는 2014년도 6차 인체치수조사사업의 결과를 사용하였다. 키(145.7~155.1 cm), 몸무게(49.0~64.5 kg), 허리둘레(79.8~96.7 cm), 엉덩이둘레(86.5~97.4 cm) 등 주요 신체 치수가 평균과 표준편차 범위에 포함되는 신체 활동이 원활한 피험자를 선정하였으며, 피험자의 평균나이는 73.5세였다(Table 1).

Table 1. The body measurements of research subject (Unit: cm)

Item	Subject(N = 10)		Size Korea	
	Mean	S.D.	Mean	S.D.
Stature	153.5	3.7	150.4	4.7
Weight(kg)	55.4	4.0	56.8	7.8
Waist circumference	81.7	3.4	88.2	8.4
Hip circumference	91.4	2.5	92.0	5.4

2.2. 체표기준선 설정

동작에 따른 무릎 체표면의 변화를 측정하기 위해 무릎둘레선 중심으로 위·아래 10 cm 범위를 정하고, 무릎둘레선을 기준으로 위, 아래 5 cm 간격으로 5개 라인, 무릎둘레선을 8등분하여 8개 라인을 설정하였다. 측정항목은 둘레 40항목, 높이 32항목으로 총 72항목이다(Table 2). 엉덩이 고관절은 선행연구(Park et al., 2018)에서 보호패드가 삽입되는 위치를 중심으로 영역을 설정하여, 엉덩이선을 기준으로 위, 아래 5 cm 간격으로 5개 라인, 옆선 기준으로 7 cm 간격으로 5개 라인을 설정하였으며, 측정한 항목은 둘레 19항목, 높이 19항목으로 총 38항목이다(Table 3).

무릎은 체표 기준선이 표시된 측정용 타이즈를 착용한 상태에서 수성펜으로 행과 열의 교차점들을 표시하였다. 타이즈를 탈의 후 인체에 표시된 점들을 아이라이너로 연결하여 행과 열의 체표기준선을 완성하였다. 엉덩이·고관절은 직접 체표에 기준선을 표시하기 어려운 부위라서 인체를 압박하지 않으면서 신축성이 좋고 밀착되는 3부 길이의 측정복을 바디에 입혀 체표기준선을 그린 후 이를 피험자에게 착용시켜 측정을 진행하였다.

2.3. 측정방법

동작에 따른 체표면 길이 변화를 측정하기 위해 정자세(0°), 서서 무릎 굽히기(45°), 의자에 앉기(90°), 바닥에 쪼그려 앉기(135°)의 총 4가지 일상생활 동작을 설정하였다. 측정 시 무릎의 각도가 0°, 45°, 90°, 135°가 될 수 있도록 발판의 높이를

Table 2. The base lines of knee

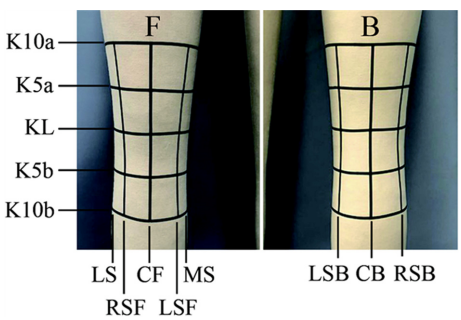
Category	Term	Concept	Image
Vertical line	LS	Lateral side line	
	RSF	Right side front line	
	CF	Center front line	
	LSF	Left side front line	
	MS	Medial side line	
	LSB	Left side back line	
	CB	Center back line	
	RSB	Right side back line	
Horizontal line	K10a	10cm above the knee line	
	K5a	5cm above the knee line	
	KL	Knee line	
	K5b	5cm below the knee line	
	K10b	10cm below the knee line	

Table 3. The base lines of hip

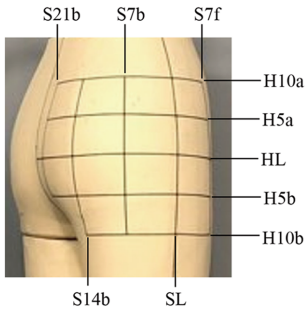
Category	Term	Concept	Image
Vertical line	S21b	21 cm backward side line	
	S14b	14 cm backward side line	
	S7b	7 cm backward side line	
	SL	Side line	
	S7f	7 cm forward side line	
Horizontal line	H10a	10 cm above the hip line	
	H5a	5 cm above the hip line	
	HL	Hip line	
	H5b	5 cm below the hip line	
	H10b	10 cm below the hip line	

Table 4. Body postures by angles

Standing (0°)	Bent knee (45°)	Sitting (90°)	Squatting on the floor (135°)

달리하였으며, 한 발을 발판 위에 올린 자세를 안정적으로 유지하기 위해 양손으로 지팡이를 잡고 있게 하였다. 각 동작 별 측정 부위의 길이를 줄자로 직접 측정하였다(Table 4). 0°와 45° 자세에서는 모든 행과 열에 대한 측정값을 구할 수 있었으나, 90°, 135° 자세에서는 측정이 불가한 항목이 존재하였다. 체표가 겹치게 되어 측정이 어려운 부분은, 무릎의 경우 90°에서 CB의 KL~K5b구간(세로 1항목)과 135°에서 뒤쪽 전체 구간(가로 20항목, 세로 12항목)이고, 고관절의 경우 90°에서 S7f의 H5a~H5b구간(세로 2항목)과 135°에서 S7f 전체(세로 4항목)와 SL~S7f구간 전체(가로 5항목)였다.

2.4. 자료 분석

동작에 따른 체표면 길이의 변화율은, 기준자세(0°)의 구간별 가로, 세로 체표기준선의 평균값을 기준으로 동작에 따라 측정값의 변화량과 변화율을 나타내었다. 한 평면에 체표면 길이의 변화율을 볼 수 있도록 전개도를 작성하였다. 전개도는 무릎의 경우 바깥쪽 옆선(LS)을 기준으로 잘라 펼친 형태로 작성하였고, 고관절은 S21b에서 S7f로 펼친 형태로 작성하였으며 변화율 정도를 5.00% 이하, 5.01~10.00%, 10.01~15.00%, 15.00% 초과로 범위를 설정하여 4단계로 나누었다. 신장률은 원형(○), 신축률은 사각형(□)으로 표시하였다. 변화율을 가시적으로 보기 위해 도형의 명암을 달리하여 전개도에 표시하였으며 측정이 불가한 곳은 엑스표(×)로 표시하였다. 각 구간에 대한 신장률과 신축률을 전개도에 나타내어 신축도 도면을 작성하였으며, 이를 해석하였다.

동작에 따른 구간별 체표면 길이에 대한 통계적인 차이검증을 위해 SPSS 23.0 프로그램을 사용하여 기술통계, 일원배치 분산분석을 실시하였다. 무릎 가로측정치는 LS와 MS를 기준으로 앞쪽과 뒤쪽으로 나누어 가로구간별 동작에 따른 체표면 길이의 차이를 분석하였고, 세로구간의 길이 변화 특성을 분석하기 위해 가로체표면 길이를 세로구간별로 묶어 각 구간별로 동작에 따른 체표면 길이 차이를 분석하였다. 무릎 세로측정치는 RSF, CF, LSF를 앞, LS와 MS를 옆, LSB, CB, RSB를 뒤 항목으로 나누어 각 부분에서 가로구간별로 묶어서 동작에 따른 체표면 길이의 차이를 분석하였고, 세로구간의 길이 변화 특성을 분석하기 위해 세로체표면 길이를 세로구간별로 묶어 각 구간별 동작에 따른 체표면 길이 차이를 분석하였다. 고관절 부위는 가로측정치와 세로측정치에 대하여 각각 가로구간별, 세로구간별로 항목에 대해 동작에 따른 체표면 길이 차이를 분석하였다. 모든 항목은 항목별 차이를 파악하기 위해 일원배치 분산분석을 실시하였으며, 사후검증으로 Duncan test를 실시하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 체표길이선 측정치에 대한 구간별 분석

기준 동작에서 측정한 가로, 세로 체표기준선의 평균값을 구간별로 나타내고, 동작에 따른 변화량과 변화율을 제시한 표는 Table 5~8과 같다.

Table 5의 무릎 가로선 측정치를 살펴보면, 큰 신장률을 보인 영역은 LSF-MS구간의 K10a, K5a, KL라인으로, 135°에서 30% 이상의 신장률을 보였으며, LS-RSF구간 K5a라인에서도 20% 이상의 신장률을 보였다. 최대 수축률을 보인 영역은 LSB-CB구간의 K10a라인이었다. 무릎 세로선 측정치를 살펴보면(Table 6), 신장률은 앞 중심선(CF)에서 가장 크게 나타났으며 특히, 무릎선(KL)을 기준으로 위, 아래에 해당하는 K5a-KL과 KL-K5b구간에서는 40% 이상의 큰 신장률 보였다. 앞 중

Table 5. The changes and change rate in horizontal lines of knee (N = 10, Unit: cm, %)

	Posture	LS-RSF		RSF-CF		CF-LSF		LSF-MS		MS-LSB		LSB-CB		CB-RSB		RSB-LS	
		Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change
K10a	0°	5.39		5.03		4.86		4.72		5.00		5.30		5.19		5.57	
	45°	0.54	9.93	0.32	6.26	0.54	11.11	0.71	14.94	–0.12	–2.30	–0.49	–9.25	–0.23	–4.34	–0.20	–3.59
	90°	0.77	14.19	0.36	7.06	0.63	12.86	0.98	20.66	–0.07	–1.40	–0.69	–12.92	–0.36	–6.84	0.11	1.89
	135°	0.96	17.81	0.27	5.47	0.69	14.30	1.49	31.46	-	-	-	-	-	-	-	-
K5a	0°	4.76		4.53		4.67		4.56		4.40		4.72		4.72		4.66	
	45°	0.54	11.24	0.31	6.73	0.60	12.86	0.75	16.34	0.02	0.45	–0.33	–6.99	–0.22	–4.66	0.21	4.40
	90°	0.78	16.28	0.33	7.17	0.68	14.58	1.03	22.59	0.22	5.00	–0.29	–6.04	–0.15	–3.18	0.50	10.74
	135°	1.11	23.32	0.40	8.72	0.80	17.04	1.51	33.11	-	-	-	-	-	-	-	-
KL	0°	4.49		4.31		4.65		4.59		4.40		4.55		4.28		4.34	
	45°	0.34	7.58	0.41	9.41	0.48	10.33	0.87	18.85	–0.16	–3.52	–0.35	–7.58	–0.02	–0.47	0.21	4.84
	90°	0.51	11.37	0.55	12.78	0.47	10.01	1.10	23.86	0.07	1.59	–0.27	–6.04	0.14	3.27	0.47	10.84
	135°	0.77	17.06	0.58	13.36	0.58	12.38	1.44	31.26	-	-	-	-	-	-	-	-
K5b	0°	4.17		3.64		3.75		3.78		3.87		3.97		4.02		4.10	
	45°	0.08	1.80	0.18	4.81	0.00	0.00	0.04	1.06	0.01	0.39	–0.07	–1.77	0.17	4.11	0.27	6.59
	90°	0.13	3.12	0.37	10.04	0.06	1.47	0.07	1.72	0.22	5.56	–0.06	–1.64	0.17	4.23	0.37	8.91
	135°	0.44	10.55	0.30	8.25	0.02	0.53	0.13	3.44	-	-	-	-	-	-	-	-
K10b	0°	4.23		3.87		3.78		3.72		3.90		4.23		4.14		4.32	
	45°	0.15	3.55	0.00	0.00	–0.02	–0.40	0.16	4.17	0.13	3.34	0.18	4.14	0.23	5.56	0.23	5.21
	90°	0.23	5.44	0.02	0.65	–0.04	–1.19	0.17	4.58	0.36	9.24	0.18	4.26	0.45	10.76	0.31	7.06
	135°	0.39	9.10	–0.08	–1.94	–0.09	–2.38	0.29	7.67	-	-	-	-	-	-	-	-

The value of 0° is the mean of lengths measured in the standard posture.

Table 6. The changes and change rate in vertical lines of knee (N = 10, unit: cm, %)

	Posture	LS		RSF		CF		LSF		MS		LSB		CB		RSB	
		Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change
K10a-K5a	0°	4.78		4.83		4.85		5.00		4.84		4.95		5.03		4.96	
	45°	–0.17	–3.56	0.17	3.52	0.54	11.04	0.07	1.40	–0.22	–4.44	–0.25	–5.05	–0.16	–3.18	–0.06	–1.21
	90°	–0.20	–4.18	0.47	9.73	1.27	26.21	0.49	9.70	0.07	1.34	–0.09	–1.72	–0.17	–3.28	–0.24	–4.74
	135°	–0.24	–4.92	0.71	14.60	1.71	35.19	0.90	18.00	0.58	11.88	-	-	-	-	-	-
K5a-KL	0°	5.07		5.08		5.36		5.17		5.16		5.21		5.04		5.06	
	45°	–0.45	–8.88	0.44	8.66	1.23	22.88	1.07	20.70	–0.22	–4.26	–0.57	–10.95	–1.27	–25.10	–0.65	–12.92
	90°	–0.57	–11.15	1.07	20.96	2.08	38.75	1.88	36.27	–0.20	–3.88	–0.84	–16.14	–1.59	–31.45	–1.16	–22.92
	135°	–0.87	–17.08	1.40	27.46	2.66	49.58	2.50	48.36	–0.24	–4.55	-	-	-	-	-	-
KL-K5b	0°	5.01		5.16		5.30		5.34		5.25		5.33		5.21		5.15	
	45°	–0.44	–8.88	0.17	3.30	0.70	13.11	0.43	7.97	–0.20	–3.81	–1.04	–19.53	–1.02	–19.60	–0.75	–14.49
	90°	–0.70	–13.97	0.54	10.48	1.60	30.09	0.80	15.00	–0.31	–5.82	–1.53	–28.64	-	-	–1.40	–27.18
	135°	–1.47	–29.24	1.04	20.17	2.18	41.04	1.47	27.55	–0.82	–15.63	-	-	-	-	-	-
K5b-K10b	0°	5.15		5.17		5.20		5.18		5.22		5.11		5.15		5.17	
	45°	–0.28	–5.44	0.13	2.42	0.29	5.58	0.25	4.83	–0.13	–2.49	–0.32	–6.17	–0.44	–8.45	–0.37	–7.07
	90°	–0.50	–9.71	0.27	5.13	0.57	10.97	0.53	10.23	0.00	–0.10	–0.64	–12.54	–0.78	–15.16	–0.63	–12.10
	135°	–0.71	–13.69	0.52	9.96	1.29	24.74	1.04	20.08	–0.01	–0.29	-	-	-	-	-	-

The value of 0° is the mean of lengths measured in the standard posture.

심선을 중심으로 양쪽 기준선 RSF와 LSF도 무릎선에 가까운 세로선의 신장률이 크게 나타났으나 옆선(LS, MS)과 뒤쪽으로 갈수록 세로 길이가 수축하는 경향을 보였다. 가장 수축률이 큰 곳은 뒤 중심선(CB)의 K5a-KL구간이었으며, LSB와 RSB의 KL-K5b구간도 30%에 가까운 수축률을 보였다.

고관절 가로선 측정치의 변화량과 변화율 결과는 Table 7과 같다. 고관절의 가로선은 엉덩이선(HL)을 기준으로 아래쪽이 신장하였고, 위쪽은 신장과 수축이 함께 일어났지만 5% 이내

Table 7. The changes and change rate in horizontal lines of hip and hip joint (N = 10, Unit: cm, %)

	Posture	S21b-S14b		S14b-S7b		S7b-SL		SL-S7f	
		Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change
H10a	0°	6.44		6.04		6.71		6.59	
	45°	–0.04	–0.62	0.04	0.66	–0.04	–0.67	0.04	0.68
	90°	–0.06	–1.01	0.05	0.83	0.05	0.75	0.15	2.20
	135°	–0.20	–3.11	0.03	0.50	0.14	2.09	-	-
H5a	0°	6.77		6.72		7.01		6.76	
	45°	0.10	1.40	–0.11	–1.71	–0.01	–0.21	0.03	0.44
	90°	0.00	–0.07	0.07	0.97	0.09	1.21	0.30	4.44
	135°	–0.11	–1.55	0.01	0.15	0.22	3.07	-	-
HL	0°	6.82		7.02		7.06		6.86	
	45°	0.25	3.67	0.00	0.01	0.03	0.48	–0.11	–1.60
	90°	0.38	5.50	0.11	1.50	0.13	1.84	0.21	2.99
	135°	0.28	4.11	0.18	2.49	0.44	6.17	-	-
H5b	0°	7.01		6.76		6.89		6.91	
	45°	0.12	1.64	0.03	0.37	0.06	0.87	0.06	0.87
	90°	0.21	3.00	0.26	3.77	0.38	5.45	0.55	7.89
	135°	0.22	3.14	0.41	6.07	0.88	12.78	-	-
H10b	0°	-	-	6.29		6.49		6.82	
	45°	-	-	0.01	0.16	0.14	2.08	0.23	3.37
	90°	-	-	0.24	3.82	0.51	7.86	0.73	10.71
	135°	-	-	0.48	7.55	1.14	17.50	-	-

The value of 0° is the mean of lengths measured in the standard posture.

Table 8. The changes and change rate in vertical lines of hip and hip joint (N = 10, Unit: cm, %)

	Posture	S21b		S14b		S7b		SL		S7f	
		Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change	Change	Rate of change
H10a-H5a	0°	4.88		4.94		4.89		4.72		4.60	
	45°	0.15	3.08	0.28	5.67	0.17	3.37	–0.08	–1.59	–0.28	–6.09
	90°	0.31	6.26	0.49	9.83	0.13	2.66	–0.53	–11.24	–0.73	–15.98
	135°	0.50	10.26	0.54	10.94	–0.30	–6.03	–1.52	–32.13	-	-
H5a-HL	0°	5.12		5.28		4.97		4.89		4.75	
	45°	0.20	3.91	0.33	6.25	0.48	9.56	–0.09	–1.74	–1.03	–21.71
	90°	0.32	6.15	0.45	8.52	0.39	7.75	–0.89	–18.20	-	-
	135°	0.62	12.11	0.63	11.93	0.16	3.22	–2.27	–46.42	-	-
HL-H5b	0°	5.26		5.30		5.04		4.90		4.83	
	45°	0.31	5.80	0.54	10.09	0.41	8.04	–0.05	–1.02	–0.73	–15.11
	90°	0.66	12.45	0.72	13.58	0.48	9.63	–0.59	–12.05	-	-
	135°	0.91	17.21	0.79	14.81	0.36	7.05	–1.73	–35.34	-	-
H5b-H10b	0°	-		5.37		4.96		5.00		4.84	
	45°	-	-	1.01	18.81	0.65	13.12	–0.05	–1.00	–0.43	–8.89
	90°	-	-	1.27	23.65	0.62	12.41	–0.31	–6.11	–1.12	–23.06
	135°	-	-	1.41	26.16	0.41	8.17	–1.05	–20.92	-	-

The value of 0° is the mean of lengths measured in the standard posture.

로 정도가 미미하다. 가장 신장률이 높은 부위는 S7b-SL구간 H10b라인으로 135°에서 15% 이상 신장되고 고관절 가로 수축률은 거의 없었다. Table 8은 고관절 세로선 변화량과 변화율 결과로, 세로선의 경우 옆선(SL)과 S7f가 눈에 띄게 수축하는 경향을 보이며, SL의 H5a-HL구간이 가장 크게 수축하였다. 신장률은 S21b의 HL-H5b구간과 S14b의 H5b-H10b구간, S7b의 H5b-H10b구간 신장률이 컸으며, S14b의 H5b-H10b구간이 135°에서 20% 이상의 가장 큰 신장률을 보였다.

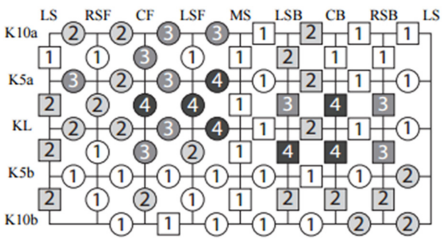
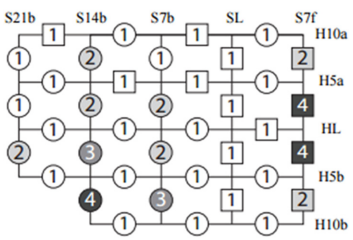
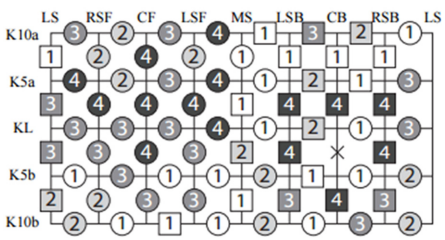
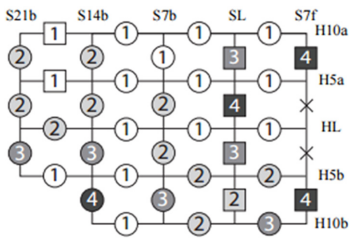
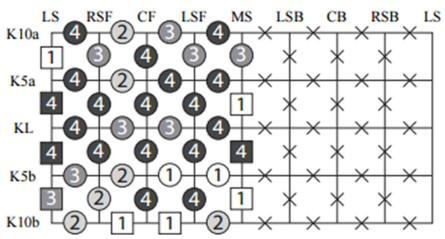
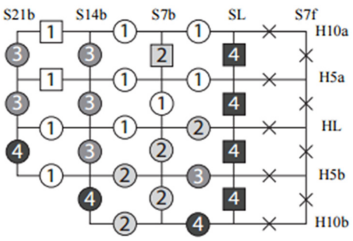
동작에 따른 기준선별 체표면 길이의 변화율을 살펴보기 위해 신장률과 수축률을 측정기준선 위에 단계별로 표시하여 신축도 도면을 작성한 결과는 Table 9와 같다. 45°로 무릎을 굽힌 자세에서의 체표면의 신장률 및 수축률을 살펴보면, 앞쪽 체표에서는 앞중심선(CF)과 K5a라인을 따라 신장이 발생했으며, K5a-KL구간에서 앞중심선으로부터 안쪽 옆선을 향하는 체표면의 신장률이 가로선과 세로선 10~15% 이상 증가하였으며, 무릎선을 기준으로 뒤중심(CB)의 위와 아래 세로선에서 체표면이 10~15% 이상 수축하는 것으로 나타났다. 이로써, 정자세에서 무릎을 굽히는 동작을 시작할 때, 앞중심선으로부터 무릎의 안쪽 옆선을 향하는 체표가 먼저 신장되기 시작하며, 무릎의 뒤쪽에서는 중심부터 세로방향을 따라 수축이 이루어지는 것을 알 수 있다.

90°로 무릎을 굽힌 자세에서 앞쪽 체표면은 무릎선을 기준으로 위쪽의 체표면 신장률이 아래쪽에 비해 뚜렷하게 큰 것으로 나타났으며, LS라인 중간 부분의 수축이 10% 이상 두드러지게 나타났다. 뒤쪽은 K5a~K10b구간에서 세로 체표길이의 수축이 두드러지게 나타났다. 이로써, 무릎을 굽히는 동작을 진행함에 따라 무릎의 앞쪽 체표에서는 위쪽 부분을 중심으로 가로 세로 방향의 신장이 함께 이루어지고, 뒤쪽 체표에서는 아래쪽을 중심으로 세로선 위주의 수축이 이루어짐을 알 수 있다.

135°로 무릎을 굽힌 자세에서는 옆선(LS, MS)을 기준으로 앞쪽만 측정 가능하여 앞쪽 체표면의 신장률을 중심으로 살펴보면, 양쪽 옆선은 크게 수축하고, 앞쪽 무릎의 체표면은 전체적으로 ㅠ형으로 신장된다는 사실을 알 수 있다.

이와 같이 45°, 90도, 135°로 무릎을 굽힘에 따라 체표면의 신장과 수축의 변화 경향을 파악할 수 있었다. 따라서 무릎보호대 설계 시 무릎의 중앙을 기준으로 전체적으로 앞쪽은 신장이 잘되도록, 뒤쪽은 수축이 잘되도록 설계해야 할 것으로 사료된다. 앞쪽에서는 앞중심선과 무릎 바로 위쪽 구간(K5a-KL)

Table 9. Diagram of elongation and shrinkage of knee and hip

	Knee	Hip
45°		
90°		
135°		
Standard	◯ : Elongation ① : Below 5.00% ② : 5.01~10.00% ③ : 10.01~15.00% ④ : More than 15.0%	□ : Shrinkage 1 : Below 5.00% 2 : 5.01~10.00% 3 : 10.01~15.00% 4 : More than 15.0% × : No Data

에서 세로방향으로의 신장과 무릎선 위쪽에서 가로방향(K10a, K5a)으로 신장이 잘되도록 해야 하며, 뒤쪽에서는 무릎 바로 위쪽 구간에서 맨 아랫부분까지(K5a~K10b) 세로 방향으로 수축이 잘되도록 설계해야 할 것이다.

동작에 따른 고관절 체표의 신장 및 수축률을 살펴보면, 45°로 무릎을 굽히는 동작에서는 체표면의 신장 및 수축이 미비하나 엉덩이 아래쪽을 중심으로 신장이 일어나며, 옆선(SL)을 기준으로 앞쪽 체표의 세로 방향으로 수축률이 뚜렷하게 나타났다.

90°로 무릎을 굽히는 동작에서는 옆선과 앞쪽 체표의 세로선은 크게 수축하고, 엉덩이선(HL)을 기준으로 엉덩이 뒤쪽으로 갈수록, 아래쪽으로 내려갈수록 체표면의 신장률이 크게 나타났다.

135°로 무릎을 굽히는 동작에서는 체표가 많이 접히게 되어 측정할 수 없는 부위가 많았으나, 가로 기준선에 비해 세로 기준선을 중심으로 신장과 수축이 많이 일어나는 것으로 나타났다. SL에서는 수축이 크게 일어났으며, S14b와 S21b에서는 신장이 크게 나타났는데, 이러한 경향은 엉덩이 아래쪽으로 갈수록 더욱 뚜렷하게 증가하는 것으로 나타났다. 전체적으로 고관절 가로방향의 신축은 10% 이내로 나타났으며, 세로선은 최대 15% 이상까지인 것을 알 수 있었다. 이로써 고관절 보호패드 설계 시에는 이와 같은 체표의 변화율을 고려하여 옆선을 기준으로 앞쪽은 수축이 잘되도록, 뒤 아래쪽으로 갈수록 신장이 잘되게 설계해야 하며, 특히 가로 방향으로 10% 이내, 세로 방향으로 최대 15% 이상의 신축률을 가지는 특징을 고려하여 세로방향으로 신축성을 커버할 수 있도록 설계하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

3.2. 가로선과 세로선의 행·열별 분산분석

동작에 따른 무릎의 가로 체표기준선의 길이를 행별로 분산분석한 결과, 무릎을 굽히는 각도가 커질수록 체표변화량이 크게 나타났다(Table 10). 구간을 앞과 뒤로 나누어 분석한 결과, 앞쪽에서 유의한 차이를 보이는 구간이 많이 나타났다. 특히 무릎선을 기준으로 위쪽 가로선인 KL, K5a, K10a구간에서 $p<.001$ 수준에서 유의한 차이가 나타났다. 뒤쪽은 무릎선을 기준으로 가장 아래쪽 기준선인 K10b구간에서 $p<.01$ 수준에서 유의한 차이가 나타났는데, 135° 자세는 자세 특성상 측정이 불가능하여 제외시켰다. Duncan test 결과, K10b구간을 자세별로 살펴보면 무릎을 굽히는 각도가 증가할수록 체표의 변화량이 크게 나타났는데, 이로써 무릎을 굽히는 동작이 커질수록 무릎선을 기준으로 위쪽은 앞쪽 체표가 크게 증가하고, 아래쪽은 뒤쪽 체표가 증가는 경향을 보임을 알 수 있다.

동작에 따른 무릎의 가로 체표기준선의 변화량을 열별로 분산분석한 결과, LS-RSF구간과 LSF-MS구간에서 $p<.001$ 수준에서 유의한 차이가 나타났다. LS-RSF구간은 무릎의 바깥쪽 옆선(LS)에서 중심을 향한 첫 번째 가로구간이며, LSF-MS구간은 무릎의 안쪽 옆선(MS)에서 중심을 향한 첫 번째 가로구

Table 10. Variance analysis on the knee horizontal lines by rows according to postures (Unit: cm)

			N	Mean(S.D.)	Min.	Max.	*F*-value
F	K10a	0°	40	5.00(0.52) **c**	4.15	6.00	14.307***
		45°	40	5.52(0.55) **b**	4.70	6.75	
		90°	40	5.68(0.64) **ab**	4.80	7.40	
		135°	40	5.85(0.74) **a**	4.60	7.80	
		Total	160	5.51(0.69)	4.15	7.80	
	K5a	0°	40	4.63(0.51) **c**	3.75	5.70	15.583***
		45°	40	5.18(0.60) **b**	4.10	6.70	
		90°	40	5.33(0.69) **ab**	4.05	7.20	
		135°	40	5.58(0.76) **a**	4.00	7.45	
		Total	160	5.18(0.73)	3.75	7.45	
	KL	0°	40	4.51(0.52) **c**	3.55	6.00	11.878***
		45°	40	5.03(0.68) **b**	3.85	7.35	
		90°	40	5.17(0.68) **ab**	3.95	7.55	
		135°	40	5.34(0.74) **a**	4.05	7.90	
		Total	160	5.01(0.72)	3.55	7.90	
	K5b	0°	40	3.83(0.53)	2.60	5.15	1.180
		45°	40	3.91(0.52)	3.10	5.20	
		90°	40	3.99(0.57)	3.10	5.35	
		135°	40	4.06(0.63)	3.05	5.40	
		Total	160	3.95(0.56)	2.60	5.40	
	K10b	0°	40	3.90(0.40)	2.90	4.60	.691
		45°	40	3.97(0.46)	2.80	4.75	
		90°	40	3.99(0.50)	2.80	4.95	
		135°	40	4.02(0.57)	2.85	5.20	
		Total	160	3.97(0.48)	2.80	5.20	
B	K10a	0°	40	5.07(0.72)	3.55	7.40	1.120
		45°	40	4.87(0.63)	3.75	7.05	
		90°	40	4.86(0.76)	3.70	7.40	
		135°	-	-	-	-	
		Total	120	4.93(0.71)	3.55	7.40	
	K5a	0°	40	4.42(0.57)	3.20	5.90	.770
		45°	40	4.39(0.60)	2.80	5.55	
		90°	40	4.54(0.59)	3.45	6.00	
		135°	-	-	-	-	
		Total	120	4.45(0.58)	2.80	6.00	
	KL	0°	40	4.39(0.53)	3.40	6.05	1.655
		45°	40	4.30(0.53)	3.45	5.45	
		90°	40	4.53(0.60)	3.40	6.05	
		135°	-	-	-	-	
		Total	120	4.41(0.56)	3.40	6.05	
	K5b	0°	40	4.09(0.41)	3.10	5.35	1.846
		45°	40	4.13(0.51)	2.80	5.45	
		90°	40	4.29(0.54)	3.20	5.90	
		135°	-	-	-	-	
		Total	120	4.17(0.49)	2.80	5.90	
	K10b	0°	40	4.26(0.45) **b**	3.30	5.80	5.249**
		45°	40	4.45(0.51) **ab**	3.00	6.10	
		90°	40	4.65(0.61) **a**	3.30	6.75	
		135°	-	-	-	-	
		Total	120	4.45(0.55)	3.00	6.75	

** $p<.01$, *** $p<.001$, Duncan-test: a > b > c

간이다. 이와 같은 결과를 통해 무릎의 중앙보다 앞옆선과 옆선 사이 구간에서 동작에 따른 각도별 체표변화가 뚜렷하게 증가하는 경향을 알 수 있다(Table 11).

Table 12는 무릎 세로 기준선을 앞, 옆, 뒤쪽으로 나누어 무릎을 굽히는 각도에 따른 체표기준선의 길이 변화를 행별로 살펴본 결과이다. Duncan test 결과, 무릎을 많이 굽히는 동작을 할수록 앞쪽의 세로선은 모든 구간에서 길이가 증가하는 경향을 보였으며, 특히 무릎선 바로 위쪽 구간인 K5a-KL구간에서 가장 큰 길이 증가 경향을 보였다. 옆쪽 세로선은 K10a-K5a구간을 제외한 모든 구간에서 무릎을 굽히는 각도가 커질수록 체표의 길이는 줄어드는 경향을 보였는데, 특히 KL-K5b구간에서 가장 큰 감소의 폭을 보였다. 반면, K10a-K5a구간은 무릎 각도에 따른 일관된 특성을 보이지 않았는데, 이는 Table 9에서 보는 바와 같이 MS의 K10a-K5a구간이 90°와 135°에서 늘어나기 때문으로 사료된다. 뒤쪽은 K10a-K5a구간을 제외한 모든 구간에서 $p<.001$ 수준에서 유의한 차이가 나타났는데, 무릎을 굽히는 각도가 증가할수록 체표 길이는 감소하는 경향을 보였다.

동작에 따른 무릎의 세로 기준선 체표변화량을 열별로 분석한 결과, MS구간을 제외한 모든 세로선에서 동작에 따라 $p<.001$ 수준에서 유의한 차이가 나타났다(Table 13). MS구간은 무릎의 안쪽 옆선에 해당하는 세로 기준선으로, 이 구간에서 유의한 차이가 나타나지 않은 이유는 앞에서 살펴본 바와 같이 K10a-K5a구간이 다른 구간과는 달리 90°와 135°에서 신장하기 때문으로 사료된다. Duncan test 결과, RSF구간, CF구간, LSF구간이 속하는 무릎 앞쪽 라인은 무릎을 굽히는 각도가 커질수록 체표의 길이가 증가하였으며, 특히 CF구간에서 가장 큰 변화량을 보였으며, 다음으로 LSF구간과 RSF구간이 동작에 따른 체표변화량에 뚜렷한 변화를 보였다. 반면, 무릎의 바깥쪽 옆선에 해당하는 LS구간에서는 무릎을 굽히는 각도가 커질수록 체표의 길이가 감소하는 경향을 보였다. 또한, 뒤쪽 세로선에 해당하는 LSB구간, CB구간, RSB구간도 사후검증 결과 다른 집단으로 분류되지는 않았으나, 무릎을 굽히는 각도가 커질수록 체표의 길이가 감소하는 경향을 따르는 것을 알 수 있었다.

동작에 따른 고관절 가로 체표기준선의 행별 길이 변화를 관찰한 결과, HL, H5b, H10b에서 $p<.001$ 수준의 유의한 차이가 나타났다(Table 14). Duncan test 결과, 엉덩이선(HL)을 기준으로 5 cm 아래인 H5b구간에서 가장 뚜렷한 치수 변화를 보였는데, 정자세(0°)와 45°에 비해 90°와 135°에서 체표면의 길이가 크게 증가하는 것을 알 수 있었다. 반면, H10a, H5a구간에서는 동작에 따른 체표면 길이 변화에 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이로써 엉덩이둘레선(HL)을 기준으로 위쪽은 무릎을 굽히는 동작에서 체표면의 길이 변화가 거의 일어나지 않는 것으로 사료된다.

동작에 따른 고관절 가로 체표기준선의 열별 길이 변화를 관찰한 결과, S21b-S14b구간을 제외한 모든 구간에서 무릎을 많이 굽히는 동작을 할수록 고관절 가로 기준의 길이가 전반적으로 증가하는 경향을 보였다(Table 15). Duncan test 결과, 특히 S7b-SL구간에서 뚜렷한 치수 증가를 보였는데, 이로써 무릎을 굽히는 각도가 커질수록 엉덩이 옆선(SL)에서 7 cm 뒤쪽까지의 가로 체표길이가 많이 늘어난다는 것을 알 수 있다. 반면, S21b-S14b구간에서는 유의한 차이가 나타나지 않았는데, 이는

Table 11. Variance analysis on the knee horizontal lines by columns according to postures (Unit: cm)

		N	Mean(S.D.)	Min.	Max.	*F*-value
LS-RSF	0°	50	4.60(0.59) **c**	3.40	5.90	7.998***
	45°	50	4.93(0.76) **b**	3.55	6.65	
	90°	50	5.09(0.85) **ab**	3.10	6.70	
	135°	50	5.34(0.84) **a**	3.95	7.00	
	Total	200	4.99(0.81)	3.10	7.00	
RSF-CF	0°	50	4.27(0.68)	2.60	5.90	1.916
	45°	50	4.51(0.77)	3.15	6.15	
	90°	50	4.60(0.76)	3.20	6.30	
	135°	50	4.57(0.79)	3.05	6.30	
	Total	200	4.49(0.76)	2.60	6.30	
CF-LSF	0°	50	4.34(0.70)	3.15	6.00	1.973
	45°	50	4.66(0.93)	3.10	6.75	
	90°	50	4.70(0.97)	3.15	7.15	
	135°	50	4.74(1.03)	3.05	7.45	
	Total	200	4.61(0.92)	3.05	7.45	
LSF-MS	0°	50	4.27(0.65) **c**	2.90	6.00	8.128***
	45°	50	4.78(0.95) **b**	2.80	7.35	
	90°	50	4.94(1.09) **ab**	2.80	7.55	
	135°	50	5.24(1.24) **a**	2.85	7.90	
	Total	200	4.81(1.06)	2.80	7.90	
MS-LSB	0°	50	4.31(0.59)	3.10	6.10	1.482
	45°	50	4.29(0.56)	3.00	5.95	
	90°	50	4.47(0.57)	3.30	6.40	
	135°	0	-	-	-	
	Total	150	4.36(0.57)	3.00	6.40	
LSB-CB	0°	50	4.55(0.68)	3.45	6.75	2.172
	45°	50	4.34(0.60)	2.80	6.10	
	90°	50	4.33(0.53)	3.20	5.80	
	135°	0	-	-	-	
	Total	150	4.41(0.61)	2.80	6.75	
CB-RSB	0°	50	4.47(0.61)	3.60	6.75	.204
	45°	50	4.45(0.50)	3.80	6.40	
	90°	50	4.52(0.47)	3.70	5.90	
	135°	0	-	-	-	
	Total	150	4.48(0.53)	3.60	6.75	
RSB-LS	0°	50	4.60(0.69)	3.60	7.40	3.789*
	45°	50	4.74(0.57)	3.80	7.05	
	90°	50	4.94(0.65)	3.90	7.40	
	135°	0	-	-	-	
	Total	150	4.76(0.65)	3.60	7.40	

*$p<.05$, ***$p<.001$, Duncan-test: a>b>c

Table 12. Variance analysis on the knee vertical lines by rows according to postures (Unit: cm)

			N	Mean(S.D.)	Min.	Max.	*F*-value
F	K10a-K5a	0°	30	4.89(0.27) **c**	4.35	5.40	25.745***
		45°	30	5.15(0.38) **c**	4.60	6.35	
		90°	30	5.63(0.58) **b**	4.90	7.50	
		135°	30	5.99(0.76) **a**	4.85	8.00	
		Total	120	5.42(0.68)	4.35	8.00	
	K5a-KL	0°	30	5.20(0.28) **d**	4.70	5.85	67.754***
		45°	30	6.11(0.60) **c**	5.00	7.00	
		90°	30	6.87(0.68) **b**	5.60	7.90	
		135°	30	7.39(0.84) **a**	5.70	8.60	
		Total	120	6.39(1.04)	4.70	8.60	
	KL-K5b	0°	30	5.26(0.25) **d**	4.70	5.85	36.363***
		45°	30	5.69(0.46) **c**	5.00	7.00	
		90°	30	6.24(0.76) **b**	5.35	8.75	
		135°	30	6.83(0.81) **a**	5.70	8.95	
		Total	120	6.01(0.85)	4.70	8.95	
	K5b-K10b	0°	30	5.18(0.23) **d**	4.80	5.60	35.263***
		45°	30	5.40(0.29) **c**	4.95	6.10	
		90°	30	5.64(0.39) **b**	4.95	6.40	
		135°	30	6.13(0.52) **a**	5.10	7.00	
		Total	120	5.59(0.51)	4.80	7.00	
S	K10a-K5a	0°	20	4.81(0.25) **ab**	4.30	5.20	3.602*
		45°	20	4.62(0.23) **b**	4.20	5.00	
		90°	20	4.74(0.30) **b**	4.20	5.30	
		135°	20	4.98(0.55) **a**	4.00	5.90	
		Total	80	4.79(0.37)	4.00	5.90	
	K5a-KL	0°	20	5.11(0.21) **a**	4.70	5.45	6.423**
		45°	20	4.78(0.29) **b**	4.15	5.20	
		90°	20	4.73(0.41) **b**	3.95	5.80	
		135°	20	4.56(0.61) **b**	3.45	5.70	
		Total	80	4.80(0.45)	3.45	5.80	
	KL-K5b	0°	20	5.13(0.23) **a**	4.80	5.50	21.345***
		45°	20	4.81(0.31) **b**	4.15	5.30	
		90°	20	4.63(0.45) **b**	3.70	5.30	
		135°	20	3.99(0.72) **c**	2.70	4.95	
		Total	80	4.64(0.62)	2.70	5.50	
	K5b-K10b	0°	20	5.18(0.21) **a**	4.85	5.70	3.235*
		45°	20	4.98(0.28) **ab**	4.50	5.60	
		90°	20	4.93(0.39) **b**	4.25	5.75	
		135°	20	4.82(0.54) **b**	3.90	5.80	
		Total	80	4.98(0.39)	3.90	5.80	
B	K10a-K5a	0°	30	4.98(0.30)	4.10	5.50	2.600
		45°	30	4.82(0.31)	4.10	5.60	
		90°	30	4.82(0.32)	4.30	5.65	
		135°	-	-	-	-	
		Total	90	4.87(0.32)	4.10	5.65	
	K5a-KL	0°	30	5.10(0.22) **a**	4.75	5.55	63.197***
		45°	30	4.27(0.46) **b**	3.30	5.05	
		90°	30	3.91(0.53) **c**	2.75	5.20	
		135°	-	-	-	-	
		Total	90	4.43(0.65)	2.75	5.55	
	KL-K5b	0°	30	5.23(0.23) **a**	4.95	6.00	79.846***
		45°	30	4.29(0.40) **b**	3.35	5.15	
		90°	30	3.78(0.61) **c**	2.70	4.80	
		135°	-	-	-	-	
		Total	90	4.51(0.72)	2.70	6.00	
	K5b-K10b	0°	30	5.14(0.31) **a**	4.00	5.90	29.097***
		45°	30	4.77(0.34) **b**	4.00	5.50	
		90°	30	4.46(0.39) **c**	3.60	5.30	
		135°	-	-	-	-	
		Total	90	4.79(0.44)	3.60	5.90	

*$p < .05$, **$p < .01$, ***$p < .001$, Duncan-test: a>b>c>d

Table 9에서 살펴본 바와 같이 엉덩이선 위쪽으로 일부 구간에서 수축이 일어나고, 아래쪽으로 약간의 신장이 일어나기 때문에 통계적인 차이가 나타나지 않는 것으로 판단된다.

동작에 따른 고관절 세로 체표기준선의 열별 길이 변화를 관찰한 결과, 모든 라인에서 동작에 따른 체표면 길이에 유의한 차이가 나타났다(Table 16). 이와 같은 결과로 미루어보아, 무릎을 굽히는 동작이 커질수록 가로선에 비해 세로선의 길이 변

Table 13. Variance analysis on the knee vertical lines by columns according to postures (Unit: cm)

		N	Mean(S.D.)	Min.	Max.	*F*-value
LS	0°	40	5.00(0.24) **a**	4.40	5.55	30.368***
	45°	40	4.67(0.26) **b**	4.15	5.10	
	90°	40	4.51(0.33) **b**	3.70	5.10	
	135°	40	4.18(0.61) **c**	2.70	5.05	
	Total	160	4.59(0.49)	2.70	5.55	
RSF	0°	40	5.06(0.25) **d**	4.50	5.60	32.886***
	45°	40	5.29(0.33) **c**	4.60	6.10	
	90°	40	5.64(0.49) **b**	4.90	6.95	
	135°	40	5.97(0.61) **a**	4.90	7.50	
	Total	160	5.49(0.56)	4.50	7.50	
CF	0°	40	5.17(0.35) **d**	4.35	5.85	55.115***
	45°	40	5.86(0.63) **c**	4.70	7.00	
	90°	40	6.55(0.89) **b**	4.95	8.75	
	135°	40	7.13(0.88) **a**	5.60	8.95	
	Total	160	6.18(1.03)	4.35	8.95	
LSF	0°	40	5.17(0.26) **d**	4.55	5.75	39.141***
	45°	40	5.63(0.56) **c**	4.70	6.65	
	90°	40	6.09(0.70) **b**	4.90	7.60	
	135°	40	6.65(0.87) **a**	4.85	8.30	
	Total	160	5.88(0.84)	4.55	8.30	
MS	0°	40	5.12(0.28)	4.30	5.70	1.817
	45°	40	4.92(0.29)	4.20	5.60	
	90°	40	5.00(0.29)	4.35	5.80	
	135°	40	4.99(0.55)	3.70	5.90	
	Total	160	5.01(0.37)	3.70	5.90	
LSB	0°	40	5.15(0.39)	4.00	6.00	26.868***
	45°	40	4.61(0.45)	3.35	5.60	
	90°	40	4.37(0.60)	2.70	5.65	
	135°	0	-	-	-	
	Total	120	4.71(0.58)	2.70	6.00	
CB	0°	40	5.11(0.22)	4.40	5.60	32.612***
	45°	40	4.39(0.53)	3.30	5.15	
	90°	30	4.23(0.69)	2.75	5.50	
	135°	0	-	-	-	
	Total	110	4.60(0.63)	2.75	5.60	
RSB	0°	40	5.08(0.20)	4.70	5.60	44.012***
	45°	40	4.63(0.34)	4.00	5.50	
	90°	40	4.23(0.58)	2.95	5.30	
	135°	0	-	-	-	
	Total	120	4.65(0.54)	2.95	5.60	

***$p < .001$, Duncan-test: a > b > c > d

Table 14. Variance analysis on the hip and hip joint horizontal lines by rows according to postures (Unit: cm)

		N	Mean(S.D.)	Min.	Max.	*F*-value
H10a	0°	40	6.44(0.45)	5.05	7.40	.312
	45°	40	6.44(0.40)	5.65	7.45	
	90°	40	6.49(0.42)	5.60	7.45	
	135°	30	6.38(0.50)	5.65	7.80	
	Total	150	6.44(0.44)	5.05	7.80	
H5a	0°	40	6.81(0.28)	6.25	7.65	1.002
	45°	40	6.81(0.35)	6.15	7.55	
	90°	40	6.93(0.33)	6.30	7.70	
	135°	30	6.87(0.40)	6.10	7.75	
	Total	150	6.85(0.34)	6.10	7.75	
HL	0°	40	6.94(0.29) **b**	6.15	7.50	8.414***
	45°	40	6.98(0.29) **b**	6.20	7.45	
	90°	40	7.14(0.29) **a**	6.50	7.65	
	135°	30	7.26(0.36) **a**	6.75	8.25	
	Total	150	7.07(0.32)	6.15	8.25	
H5b	0°	40	6.89(0.33) **b**	6.00	7.60	14.011***
	45°	40	6.95(0.34) **b**	6.40	7.75	
	90°	40	7.24(0.40) **a**	6.65	8.40	
	135°	30	7.39(0.43) **a**	6.70	8.20	
	Total	150	7.10(0.42)	6.00	8.40	
H10b	0°	40	6.53(0.41) **b**	5.65	7.50	8.440***
	45°	40	6.66(0.52) **b**	5.80	7.80	
	90°	40	7.02(0.62) **a**	6.10	8.45	
	135°	30	7.19(0.59) **a**	6.10	8.50	
	Total	150	6.82(0.59)	5.65	8.50	

***$p < .001$, Duncan-test: a > b > c

Table 15. Variance analysis on the hip and hip joint horizontal lines by columns according to postures (Unit: cm)

		N	Mean(S.D.)	Min.	Max.	*F*-value
S21b-S14b	0°	40	6.76(0.35)	5.80	7.35	.708
	45°	40	6.86(0.42)	5.90	7.75	
	90°	40	6.89(0.44)	5.90	7.95	
	135°	40	6.81(0.51)	5.65	7.90	
	Total	160	6.83(0.43)	5.65	7.95	
S14b-S7b	0°	50	6.56(0.50) **b**	5.05	7.40	2.644*
	45°	50	6.56(0.44) **b**	5.65	7.30	
	90°	50	6.71(0.47) **ab**	5.60	7.55	
	135°	50	6.78(0.53) **a**	5.65	7.85	
	Total	200	6.66(0.49)	5.05	7.85	
S7b-SL	0°	50	6.82(0.39) **c**	5.65	7.65	19.912***
	45°	50	6.86(0.37) **c**	6.00	7.55	
	90°	50	7.06(0.38) **b**	6.30	7.80	
	135°	50	7.39(0.49) **a**	6.10	8.50	
	Total	200	7.04(0.46)	5.65	8.50	
SL-S7f	0°	50	6.79(0.31)	6.00	7.60	12.156***
	45°	50	6.84(0.41)	5.80	7.80	
	90°	50	7.17(0.53)	6.20	8.45	
	135°	0	-	-	-	
	Total	150	6.93(0.45)	5.80	8.45	

*$p < .05$, ***$p < .001$, Duncan-test: a > b > c

Table 16. Variance analysis on the hip and hip joint vertical lines by columns according to postures (Unit: cm)

		N	Mean(S.D.)	Min.	Max.	*F*-value
S21b	0°	30	5.09(0.24) **d**	4.65	5.50	22.070***
	45°	30	5.30(0.28) **c**	4.80	6.00	
	90°	30	5.51(0.39) **b**	4.95	6.40	
	135°	30	5.76(0.41) **a**	5.00	6.50	
	Total	120	5.41(0.42)	4.65	6.50	
S14b	0°	40	5.22(0.25) **c**	4.60	5.65	24.543***
	45°	40	5.76(0.48) **b**	5.00	6.75	
	90°	40	5.95(0.54) **ab**	4.65	7.05	
	135°	40	6.06(0.56) **a**	5.15	7.75	
	Total	160	5.75(0.57)	4.60	7.75	
S7b	0°	40	4.96(0.21) **b**	4.60	5.50	12.079***
	45°	40	5.39(0.37) **a**	4.70	6.65	
	90°	40	5.37(0.36) **a**	4.60	5.95	
	135°	40	5.12(0.48) **b**	3.70	6.00	
	Total	160	5.21(0.41)	3.70	6.65	
SL	0°	40	4.87(0.21) **a**	4.40	5.30	89.784***
	45°	40	4.81(0.27) **a**	4.10	5.30	
	90°	40	4.30(0.46) **b**	2.85	4.90	
	135°	40	3.23(0.83) **c**	1.30	4.60	
	Total	160	4.30(0.83)	1.30	5.30	
S7f	0°	40	4.75(0.25) **a**	4.15	5.10	39.995***
	45°	40	4.14(0.48) **b**	2.80	4.80	
	90°	20	3.79(0.57) **c**	2.60	4.70	
	135°	0	-	-	-	
	Total	101	4.30(0.58)	2.60	5.10	

***$p < .001$, Duncan-test: a > b > c

화가 뚜렷함을 알 수 있었으며, 옆선에 해당하는 SL의 길이변화가 가장 뚜렷하게 나타났다. Duncan test 결과, 무릎을 굽히는 동작이 커질수록 SL의 길이는 줄어들었으며, S7b는 정자세(0°)와 45°와 90°에서 치수가 늘어나다가 135°에서 다시 줄어들었는데, 이는 무릎을 굽히는 동작이 커질수록 앞쪽(SL과 S7f)에서 일어나는 수축의 경향이 뒤쪽까지 영향을 미치기 때문으로 된다. S21b와 S14b구간에서는 무릎을 굽히는 동작이 커질수록 체표면의 길이가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 동작에 따라 엉덩이 뒤쪽이 세로방향으로 당겨지기 때문으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 노인 낙상 시 충격을 보호할 수 있는 노인의 무릎, 고관절 보호대의 적합성을 높이기 위해 노년 여성의 무릎과 고관절 주변 부위를 중심으로 정자세(0°), 무릎을 45°, 90°, 135°로 굽힌 자세인 총 4가지 다리 동작에 따른 부위별 체표 길이 변화를 측정하고, 체표변화 경향을 분석하였으며, 결과는 다음과 같다.

첫째, 무릎의 체표 변화율 및 신축도를 분석한 결과, 앞쪽은 앞중심선 무릎 중앙을 중심으로 세로선이 크게 신장하고, 무릎

선 기준 위쪽의 가로선의 길이가 증가하는 경향을 보였다. 뒤쪽은 뒷중심선을 중심으로 세로선의 수축이 컸으며, 옆선 구간도 각도별 세로선의 길이가 뚜렷하게 감소하는 경향을 알 수 있다.

둘째, 고관절 주변의 체표 변화율 및 신축도를 분석한 결과, 가로선은 엉덩이 아래쪽이 늘어나는 경향을 보였고, 세로 체표길이는 가로 체표길이에 비해 신장과 수축의 정도가 컸으며 옆선에서 크게 수축하는 경향을 보였다.

셋째, 무릎 기준선의 행과 열별 체표길이 차이를 살펴본 결과, 무릎을 굽히는 각도가 커질수록 무릎선 기준으로 위쪽 가로선은 앞쪽이 크게 증가하고, 아래쪽 가로선은 뒤쪽이 증가는 경향을 보였다. 또한, 무릎의 중앙보다 앞옆선과 옆선 사이 구간에서 동작에 따른 각도별 체표변화가 뚜렷하게 증가하는 경향을 알 수 있다. 무릎 세로 기준선은 무릎을 많이 굽히는 동작을 할수록 앞쪽 세로선은 길이가 증가하는 경향을 보였으며, 뒤쪽의 체표 길이는 감소하는 경향을 보였다.

넷째, 고관절 주변 기준선의 행과 열별 체표길이 차이를 살펴본 결과, 동작에 따라 엉덩이둘레선 기준으로 위쪽은 무릎을 굽히는 동작에서 체표면의 길이 변화가 거의 일어나지 않는 것으로 나타났으며, 가로선에 비해 세로선 체표의 길이 차이가 뚜렷하게 나타났다. 또한, 상대적으로 살집이 많은 엉덩이 중앙 부위에서 세로 체표 길이의 증가가 두드러지게 나타났다.

본 연구는 낙상 시 보호가 필요하고 체표면의 변화가 큰 특정 부위를 중심으로 구간을 나누어 동작에 따른 체표의 변화를 세부적으로 살펴보았기 때문에 인체 각 부위별 구체적인 변화를 확인할 수 있으며, 관절 각도에 따른 체표면 변화추이를 살펴볼 수 있었다. 이는 노화로 인한 노년 여성의 무릎 및 다리 형태 변화를 반영할 뿐 아니라 다리와 엉덩이 부위 근육 감소로 인하여 젊은이와는 다른 체형 특성을 보이는 노인들의 체표 변화를 정확히 파악하는데 필요한 자료로서 연구의 의의를 가진다. 본 연구의 결과를 3차원 입체 패턴 설계로 연결시킨다면 노년 여성의 동작에 따른 체표변화를 반영한 기능성 의복 설계 및 제작이 가능해질 것이다. 이를 바탕으로 추후 연구에서는 노인을 위한 낙상 보호용 무릎보호대와 고관절 보호대 설계 시 무릎 굽힘 각도에 따른 체표 변화를 반영할 수 있도록 그 재질과 형태를 고려하여 설계하고자 한다. 다만 본 연구는 피험자의 수가 많지 않으므로 그 결과를 확대해석하는 데는 주의가 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2018R1D1A1A09082741).

References

Cho, S. H. (2004a). Changes in body surface lines caused by lower limb movements in designing slacks (I). *Korean Journal of Human Ecology*, *7*(3), 15-33.

Cho, S. H. (2004b). Changes in body surface lines caused by lower limb movements in designing slacks (II). *Korean Journal of Human Ecology*, *7*(3), 35-48.

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

Jo, G. A. (1999). Ergonomic studies of arm shapes and sleeves: Arm length depending on arm movements. *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, *18*(1), 91-108.

Jung, D. H., Kim, S. Y., Sohn, A. R., Jeon, B. Y., Kim, S. Y., & Lee, J. Y. (2017). Regional skin maximal elongation rate for appling e-textiles to tight-fit clothing. *The Korean Journal of Community Living Science*, *28*(3), 365-375. doi:10.7856/kjcls.2017.28.3.365

Kim, N. Y., Jang, J. A., & Kim, J. A. (2005). A study on the variation of the body surface according to arm-movements for women(Age group between 18 and 24). *The Research Journal of the Costume Culture*, *13*(3), 439-451.

Kim, Y. H., & Kim, Y. S. (2003). Considerable differences of body surface area in the preparation of bicycle wear. *The Research Journal of the Costume Culture*, *11*(3), 375-386.

Koo, M. J., & Rim, W. J. (1996). A study on the waist dart of front bodice pattern according to body surface changes at arm movements. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, *20*(6), 1193-1202.

Lee, J. R., & Rim, W. J. (1996). Body surface changes at armhole area for the pattern of armhole line. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, *20*(5), 930-942.

Lee, H. J., Eom, R. I., & Lee, Y. J. (2015). 3D modeling of safety leg guards considering skin deformation and shape. *Korean Journal of Human Ecology*, *24*(4), 555-569. doi:10.5934/kjhe.2015.24.4.555

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. (2018). Development and evaluation of fall impact protection pad. *Fashion & Textile Research Journal*, *20*(4), 422-428. doi:10.5805/sfti.2018.20.4.422

(Received 6 March, 2020; 1st Revised 6 April, 2020
2nd Revised 10 April, 2020, Accepted 17 April, 2020)