

[Original Article]

Reproducibility of virtual pants fit applied with the stretchable fabric and movements

Jinsuk Lee and Jeongran Lee^{*†}

Lecturer, Dept. of Clothing & Textiles, Pusan National University, Korea
Professor, Dept. of Clothing & Textiles, Pusan National University/
Research Institute of Ecology, Pusan National University, Korea^{*}

동작 시 신축성 소재 팬츠의 가상착의 재현

이진숙 · 이정란^{*†}

부산대학교 의류학과 강사,
부산대학교 의류학과 교수/부산대학교 생활환경연구소^{*}

Abstract

The purpose of this study is to verify how similar the virtual fit pants are to the actual fit of stretchable pants. Data is produced using a virtual model to apply movements. The results show that in the upright position, the similarity between the appearance of the actual fit and the virtual fit is high. Results are 4.47, 4.13 and 4.33 out of 5 on the front, side, and back, respectively. The base line of the front and back, and the amount of allowance in each part were well reproduced by the model. The texture of the virtual fit was evaluated and found to be similar to the actual fabric. In terms of shape and number of wrinkles with the virtual fit pants, large wrinkles were better expressed than fine wrinkles. After applying movements to the virtual model, the front and side results were similar to the actual fit, but the back results were different. As a result of multiple comparisons, the greatest difference in similarity by movements is found in the center front line. The similarity difference was lower on the side than on the front. The only significant difference after applying movements is in the hip circumference margin. According to movements, the similarity of virtual fit is lower on the back than on the front and side, and the back also has the largest similarity differences to the movements type.

Received April 29, 2022

Revised June 03, 2022

Accepted June 05, 2022

[†]Corresponding author
(ljrj@pusan.ac.kr)

ORCID

Jinsuk Lee

<https://orcid.org/0000-0001-8300-3482>

Jeongran Lee

<https://orcid.org/0000-0003-0667-966X>

This work was supported by a
2-Year Research Grant of
Pusan National University.

*Keywords: actual fit(실제착의), virtual fit(가상착의), stretchable fabric(신축성 소재),
movements(동작)*

I. Introduction

다품종 소량생산과 인터넷 소비의 가속화 및 SPA 브랜드 제품 개발방식은 필요 불가결하게 빠른 제품개발을 강제하는 환경으로 변화되고 있다(Ju & Jeong, 2016). 의류업체에서는 3차원 가상착의 프로그램을 이용함으로써 상품기획, 의복 디자인, 생산 및 판매에 이르기까지 모든 공정에 3차원 가상의상을 적용하여 패턴 및 의복

제작의 시행착오를 줄일 수 있어 시간과 비용을 절감하는 경제적인 효과를 얻을 수 있게 되었다(Kim, Nam, & Kim, 2015). 특히 벤더회사에서는 온라인 공간에서 가상 샘플을 제작하고, 가상인체에 의복을 입혀 맞춤새를 확인해 볼 수 있는 3차원 가상착의 프로그램을 활발하게 사용하고 있다. 국내 여러 내셔널 브랜드에서도 의류제품 개발을 위해 이를 도입하고 있고, 대학의 연구 및 수업용으로도 수요가 많아지고 있어, 앞으로 3차원 가상착의 프로그램의 활용도가 더 높아질 것으로 기대된다.

이에 따라 3차원 가상착의 프로그램을 검증하기 위한 많은 연구가 이루어져 왔는데, 주제별로 나누어 보면 동일 패턴 및 소재에 대한 실제착의와 가상착의 유사도 비교가 가장 많았고, 다음으로 실제착의 없이 가상상만으로 의복제작 후 원형의 핏(fit)을 평가하는 연구가 많았다. 최근에는 3차원 가상착의 프로그램으로 의류제품을 기획, 디자인하여 여러 용도의 패션제품을 제시함으로써 가상착의 프로그램의 활용 범위를 넓혀가는 연구가 이루어지고 있다(Chen, Yang, & Lee, 2021; Kim, 2020; Lee, Sung, & Kim, 2019). 3차원 가상착의 시스템은 한국, 일본, 이스라엘, 프랑스에서 개발된 몇 가지가 있으나, 최근 국내 연구 대부분은 CLO 3D 프로그램을 활용하고 있다. CLO 3D는 국내 기술로 개발되어 해외 패션기업이 도입하면서 세계 유명 브랜드의 가상 샘플 제작에도 활용되고 있다(Ko, 2018).

3차원 가상착의 프로그램은 시스템에 따라 가상인체모델을 만드는 방법이나 원단을 적용하는 방식이 조금씩 다른데, 설문조사 결과 가상착의에서 소재의 질감과 두께감, 신축성이나 드레이프성 표현에 한계가 있다고 하였다(Choi & Nam, 2009). 또한 가상착의는 실제착의에 비해 주름 표현이 덜 나타나고, 매끈해보여 실제착의 상태보다 더 좋게 나타나는 경향이 있었다(Kim et al., 2015; Kwak, 2016; Won & Lee, 2021). 실제착의와 가상착의를 비교한 선행연구들을 보면 3차원 가상착의에 사용된 소재는 30수 정도의 광목이 가장 많았다. 광목은 전통적으로 의복 착의평가에서 많이 사용되는 소재일 뿐 아니라, 실제의상과 유사도가 높게 평가되었고, 소재의 늘어짐이 적어(Jeon, 2019) 가상인체모델에 입혔을 때 흘러내리지 않는 장점이 있다. 다른 소재를 적용한 연구는 많지 않은데, Kim, Ryu, Lee, and Nam(2011)은 코튼, 린넨, 울, 실크, 폴

리에스터로 플레어스커트의 실제착의와 가상착의 이미지를 비교한 결과, 소재의 종류와 역학적인 특성에 따라 실제와 가상의 이미지가 다르게 인식된다고 하였다. Kim et al.(2015)의 연구에서는 타이트스커트에 비신축성 울 혼방 소재를 사용하였을 때, 피험자의 체형에 따라 차이는 있으나, 대체로 가상착의의 맞춤새 재현이 실제착의와 유사하다고 하였다.

최근에는 일상복에도 신축성 소재를 많이 사용하는 추세이나, 가상착의에서 신축성 소재를 사용한 연구는 Lee and Lee(2013)에서 비만여성의 바지 맞춤새를 면/스판 혼용 소재와 면 100% 소재 두 가지로 비교한 것이 있을 뿐 신축성 소재에 대한 3차원 가상착의 연구는 부족한 실정이다. 가상착의 시스템에서 신축성 소재 제품을 개발하기 위해서는 동작에 따른 소재의 변형이 가상인체모델의 동일한 동작에서도 잘 재현되는지를 알아볼 필요가 있다.

따라서 본 연구는 CLO 3D 가상착의 프로그램을 이용하여 동작 활동성이 중요한 팬츠를 대상으로 하반신 동작에 따른 신축성 소재 바지의 실제착의와 가상착의를 비교하고자 한다. 이를 통해 가상착의 시스템에서 가상인체의 동작 적용 가능성을 확인함과 동시에, 신축성 소재를 접목한 기능복의 개발에 가상착의 시스템의 활용도를 넓히는 데 본 연구의 목적이 있다.

II. Methods

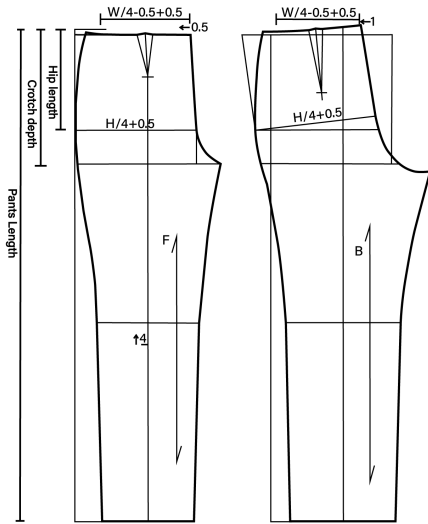
1. Pants silhouette and pattern

팬츠는 실루엣에 따라 트라우저, 슬랙스, 와이드 팬츠로 분류하는데(Armstrong, 1999/2001), 본 연구에서는 밑위 여유분이 작으면서 바지통이 다소 좁아 하반신 실루엣을 잘 드러내는 슬랙스를 선택하여, 신축성 소재가 동작에 따라 늘어나는 방향과 효과를 쉽게 확인할 수 있도록 하였다. 패턴은 (Fig. 1)과 같다.

착의 피험자는 한국인 인체치수조사 제7차(Korean Agency for Technology and Standards [KATS], 2015) 자료를 바탕으로, 20대 여성 하반신 평균값에 근거하여 표준편차 안에 해당하는 20대 여성으로 선정하였다(Table 1).

2. Virtual model

가상착의 프로그램에서 제공하는 아바타 즉 가상



<Fig. 1> Slacks pattern
Reprinted from Lim. (2014). p.62.

모델은 모델 치수를 기반으로 하고 있어 평균체형과 차이가 있으며, 실제체형을 재현하고자 할 때 정확한 항목을 입력할 수 없어 실제 체형을 재현하는 데 한계가 있다. 생산업체에서는 가상바디를 전문적으로 개발하는 업체에 비싼 비용을 지불하고, 타겟 소비자의 체형정보를 제공하여 가상모델을 적용하고 있는 실정

이다(Hong, 2020). 그러나 비용과 시간을 들여 원하는 치수의 실제모델 3차원 인체형상을 만들더라도 3차원 인체형상이 실제 인체측정치와 동일하지는 않은데, Lee and Lee(2010)의 연구에서는 엉덩이둘레 2cm, 키는 1.8cm 등 실제모델과 가상모델의 치수 차이가 있었다. 제8차 인체치수조사 보고서(KATS, 2021)에서도 대부분의 항목에서 3차원 측정치가 직접측정치보다 유의한 차이로 크게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 실제모델의 3차원 인체형상을 사용하지 않고 CLO 3D 가상착의 프로그램을 이용하되, 3차원 인체형상 자료를 변환한 3D 아바타를 제작하고자 한다. 이러한 방법으로 변환된 3D 아바타는 인체스캔형상의 사이즈 및 형상을 유사하게 재현하는 것으로 분석되었다(Hong, 2020).

착의 피험자 선정 시 사용한 제7차 한국인 인체치수조사 보고서(KATS, 2015)는 3차원 인체형상 데이터 파일을 제공하지 않아, 가상모델은 제6차 한국인 인체치수조사 보고서(KATS, 2010)의 20대 여성 3차원 인체형상 데이터 파일에서 피험자의 엉덩이둘레, 허리둘레에 부합하는 인체형상을 1차로 분류한 후, 모델링 소프트웨어 Blender 2.90.0으로 높이, 너비, 두께, 둘레 등을 측정하여 피험자와 가장 유사한 인체형상을 선택하였다. 최종 선택된 인체형상은 크기 조절 및 수정을 거쳐 CLO에서 ‘아바타로 변환’ 기능을 이

<Table 1> Measurement items for making avatar (Unit: cm)

Measurement item		7th Size Korea Mean(SD)	Subject	Avatar
Height	Waist height (natural indentation)	100.1(4.0)	105.5	105.8
	Hip height	79.4(3.8)	83.6	83.1
	Crotch height	73.7(3.3)	75.4	75.0
Circumference	Knee height	41.6(2.3)	46.1	45.9
	Waist circumference (natural indentation)	71.7(7.5)	67.0	66.2
	Hip circumference	92.9(6.1)	92.5	92.0
	Thigh circumference	54.8(4.6)	52.0	51.0
	Knee circumference	35.3(2.3)	35.5	35.2
Breadth	Waist breadth (natural indentation)	25.5(1.3)	22.6	22.9
	Hip width	32.6(1.1)	31.5	31.6
Depth	Waist depth (natural indentation)	17.6(1.4)	17.6	17.6
	Hip depth	21.3(1.2)	22.2	22.7

용하여 OBJ 파일인 인체형상을 불러와 아바타(AVT) 파일로 변환하여 가상모델을 완성하였다. 최종 완성된 가상모델의 치수는 <Table 1>과 같다.

3. Pants production

1) Actual pants

실제착의 피험자를 위해 팬츠길이 97cm, 허리둘레 67cm, 엉덩이둘레 92.5cm, 엉덩이길이 19cm, 밑위길이 26cm를 적용하였다. 패턴제도 방법에 따라 무릎너비는 앞 20cm, 뒤 22.5cm, 밑단너비 앞 17.3cm, 뒤 19.8cm인 슬랙스 팬츠를 제작하였다. 팬츠에 사용된 소재는 면 90%와 스판덱스 10%로, 위사(weft) 방향으로 신장된다.

2) Virtual pants

팬츠 패턴은 YUKA CAD로 제작한 후 DXF 파일로 변환하여 CLO 5.2로 불러와 봉제하고 가상모델에 배치하였다. 실제팬츠와 가상팬츠 모두 허리밴드에 심지를 적용하였다. 가상착의 후 ‘의상완성도 높이기’ 기능을 사용하여 가상착의에서 원단을 다듬는 과정을 실행하였다. 가상원단은 CLO Fabric KIT를 이용하여 실제원단의 물성을 측정한 후 CLO의 원단제작모드(emualtor)에서 실제원단과 동일한 물성을 적용하였다. <Table 2>를 보면 가상원단의 위사방향 신장이 경사방향에 비해 매우 높은 것을 알 수 있다.

4. Lower body movements

지금까지 대부분의 가상착의는 바로 선 자세에서 실제착의와의 유사도를 비교하였다. 그러나 가상착의 프로그램에서는 가상모델의 크기를 수정하거나 편집하는 기술뿐 아니라, 가상모델에게 원하는 동작을 만들 수 있다. 가상모델의 동작을 적용한 연구는 재킷 평가 시 팔을 앞으로 약간 들어 올리는 동작으로 평가한 Kwak(2016)의 연구가 있다. 하반신의 동작은 Won(2021)의 연구에서 비신축성 소재 팬츠를 평가하기 위해 다리를 들어 올리거나 의자에 앉는 자세로 가상착의와 실제착의를 비교하였는데, 의자에 앉는 자세의 경우에는 가상모델에 팬츠가 제대로 입혀지지 않았다. 따라서 본 연구에서는 신축성 소재의 동작에 따른 착의를 비교하기 위해 가상모델에게 팬츠 착용이 가능한 범위에서 동작을 구현하였다. 실험동작은 바로 선 자세 외에 한쪽 다리 무릎을 90° 굽힌 동작과 한쪽 다리를 뒤로 30° 들어 올린 동작을 선정하였다. 동작의 각도는 각도계를 사용하여 실제 피험자와 가상모델의 동작을 동일하게 맞추었다.

5. Evaluation of the similarity of the stretchable pants according to the movements

신축성 소재 팬츠의 실제착의와 가상착의 외관 모습 유사도는 동작 시 팬츠의 실제착의와 가상착의 앞, 옆, 뒤의 이미지 사진을 제시하여, 의복구성 전공 석·박사 이상 15명이 평가하였다. 평가 항목은 선행 연구(Lee & Lee, 2010; Won & Lee, 2021)를 참고하

<Table 2> The characteristics of virtual textile

Width/height (mm)	220.00×30.00		Bending test		Weft	Warp	Bias
Weight (g)	3.85		Contact distance (mm)		25.0	30.0	32.5
Thickness (mm)	0.35		Length (mm)		34.5	39.0	36.0
Stretch test	Weft		Warp		Bias		
	Force (kgf)	Length (mm)	Force (kgf)	Length (mm)	Force (kgf)	Length (mm)	
1	0.019	1	0.090	1	0.016	1	
2	0.040	4	0.147	2	0.038	5	
3	0.062	8	0.244	3	0.065	10	
4	0.084	12	0.318	4	0.091	15	
5	0.106	16	0.410	5	0.122	20	

여 허리선부터 밑단까지 전반적인 실루엣과 맞음새, 전체적인 외관, 기준선 위치와 형태, 부위별 여유량, 군주름 형태와 방향, 주름 양 및 소재의 질감 표현에 대해 앞, 옆, 뒷면 18항목으로 구성하였다. 평가 방법은 5점 Likert 척도로, 매우 다르다(1점), 다르다(2점), 보통이다(3점), 유사하다(4점), 매우 유사하다(5점)로, 평가 점수가 5점에 가까울수록 실제착의와 가상착의가 유사한 것을 의미한다.

6. Analysis

자료 분석은 SPSS Statistics 25.0을 이용하여 유사도 평가 결과에 대하여 평균, 표준편차를 구하고, 분산분석과 다중비교(Duncan test)를 실시하였다.

III. Results and Discussion

1. Evaluation of fit similarity between actual and virtual pants

1) Actual and virtual fit in upright position

〈Table 3〉은 바로 선 자세에서 신축성 소재 팬츠의 실제착의와 가상착의 앞, 옆, 뒤 모습이며, 유사도 평가 결과는 〈Table 4〉와 같다.

바로 선 자세의 앞, 옆, 뒷면에서 전반적인 실루엣과 핏은 4.40, 4.20, 4.00이었고, 전반적인 외관 유사도도 4.47, 4.13, 4.33으로 실제착의와 가상착의의 유사도가 높게 나타났다. Won and Lee(2021)의 연구에서

신축성이 없는 머슬린(면 100%, 30수)으로 슬랙스 팬츠의 실제착의와 가상착의 유사도를 보았는데, 동일한 슬랙스 패턴을 적용했을 때 앞, 옆, 뒤의 외관 유사도는 3.45, 4.09, 3.91로 본 연구의 유사도가 더 높았다. 특히 선행연구(Won & Lee, 2021)에서는 가상착의 시 소재의 느낌이 종이처럼 다소 딱딱하게 표현되었던 것에 비해 신축성 소재가 10% 포함된 본 연구의 소재는 유연한 느낌이 있고, 군주름의 표현도 선행연구(Won & Lee, 2021)의 앞 3.34, 옆면 3.61, 뒷면 3.52에 비해 본 연구는 앞 3.81, 옆 3.67, 뒤 3.99로 유사도가 더 높았다.

따라서 가상착의는 소재에 따라 그 재현에 영향을 받는다는 것을 확인할 수 있었다. 부분적인 형태를 살펴보면 팬츠 앞에서 기초선의 위치와 형태는 앞 중심선이 4.80으로 가장 높았고, 다트, 허리둘레선, 엉덩이둘레선, 무릎둘레선은 각각 4.47, 4.40, 4.33, 4.27로, 허리에서 아래로 내려갈수록 유사도는 낮아졌으나, 전반적으로 기초선이 잘 재현된 것으로 생각된다. 여유량에 있어서는 엉덩이, 허벅지, 무릎은 여유량이 유사하게 재현되었으나, 허리와 밑단에서는 유사성이 좀 더 낮았다. 허리둘레는 가상모델의 허리둘레가 실제 모델보다 약간 작아 동일한 패턴을 적용하였을 때 차이가 나타난 것으로 생각된다. 군주름의 형태는 앞에서 무릎 부위가 4.07이었으며, 나머지 부위에서는 3.53~3.93으로 나타났다. 팬츠 옆면은 옆선과 엉덩이둘레선의 유사도가 4.40 이상이었으나, 다트(3.47)와 허리선(3.47)은 다소 낮았다. 〈Table 3〉을 보면 실제착

<Table 3> Actual and virtual pants in upright position



<Table 4> Pants fit similarity in upright position

Evaluation items		Upright position					
		Front		Side		Back	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Overall silhouette & fit		4.40	.51	4.20	.56	4.00	.76
Overall appearance		4.47	.52	4.13	.64	4.33	.49
Baseline	Darts	4.47	.64	3.47	.92	4.13	.83
	Center front/side line	4.80	.41	4.47	.64	4.73	.46
	Waist line	4.40	.63	3.47	.92	4.53	.64
	Hip line	4.33	.62	4.40	.51	4.00	.85
	Knee line	4.27	.46	3.80	1.01	4.53	.52
	Hem line	3.93	.80	3.87	1.00	4.13	.92
Ease	Waist circumference ease	3.33	.82	3.07	.97	3.27	.70
	Hip circumference ease	4.27	.70	4.20	.41	4.20	.86
	Thigh circumference ease	4.33	.62	4.00	.66	4.27	.96
	Knee circumference ease	4.40	.83	4.47	.64	4.40	.91
	Hem ease	3.87	.92	4.20	.78	4.47	.64
Wrinkles	Waist to hip	3.53	.92	3.33	.90	3.93	.59
	Hip to crotch	3.73	.96	3.87	.52	4.20	.68
	Crotch to knee	4.07	.88	3.73	.80	3.73	.70
	Knee to hem	3.93	.96	3.73	.80	4.13	.92
Expression of texture		4.00	.54	3.93	.88	4.07	.70
<i>M</i>		4.14		3.91		4.17	

의에서 허리선이 수평인데 비해 가상착의에서는 앞이 낮아 휘어져 보이고, 다트의 끝이 더 뾰족해 보이는 것에 기인한 것으로 생각된다. 옆면의 여유량은 허리 둘레를 제외하고는 4.20에서 높게는 4.47까지로 유사하다고 평가되었다. 군주름 관련 항목에서는 허리에서 엉덩이 부위는 가상착의에서 군주름이 더 많이 보였고, 살에서 밑단까지는 가상착의의 군주름이 덜 나타나 부위별로 차이가 있었으며, 유사도가 3.33~3.87로 평가되었다. 팬츠 뒷면은 모든 기초선의 위치와 형태에서 4.00 이상으로 유사하게 재현되었다. 앞면과 동일하게 뒤 중심선이 가장 유사하였고(4.73), 다트와 밑단의 형태에서 가장 낮은 4.13이었다. 뒷면 여유량도 앞면과 비슷한 평가로 3.27~4.47이었는데, 허리 여

유량은 실제착의와 가상착의가 달라 유사도 평가가 낮았지만(3.27), 밑단의 여유량은 유사하게 나타났다. 뒤 군주름은 엉덩이에서 살 사이는 4.20으로 유사하였고, 살에서 무릎 사이는 가상착의의 군주름이 덜 나타나 평가가 좀 더 낮았다(3.73). 실제착의와 비교 시 가상착의에서는 큰 군주름은 잘 표현되지만, 잔주름이 잘 표현되지 않음을 알 수 있었다. 소재 느낌 유사도는 앞, 옆, 뒤에서 3.93~4.07로 비교적 유사하게 재현되었다.

2) Actual and virtual fit in a knee-bent posture

<Table 5>는 무릎 굽힌 자세에서 신축성 소재 팬츠의 실제착의와 가상착의 앞, 옆, 뒤 모습이며, 유사도

<Table 5> Actual and virtual pants in a knee-bent posture



평가 결과는 <Table 6>과 같다.

방향별로 살펴보면 팬츠 앞면에서의 전반적인 실루엣과 핏, 외관 유사도는 4.13과 4.20, 옆면에서도 모두 4.00으로 유사도가 높게 나타났지만, 뒷면은 뒤 중심축의 방향에 차이가 있어 3.73과 3.53으로 유사도 점수가 가장 낮았다. 일반적으로 오른쪽 무릎을 구부려 다리를 올리면 <Table 5>의 실제착의와 같이 뒤 중심은 왼쪽으로 기울어지게 된다. 그러나 가상 프로그램에서 동일한 동작을 생성 시, 동작 각도는 유사하게 만들 수 있으나, 뒷면 가상모델의 하반신 무게중심이 피험자와 반대로 중심선이 오른쪽으로 휘어져, 가상 프로그램에서 실제 사람의 신체변화를 반영한 동작 재현에는 한계가 있음을 알 수 있었다. 팬츠 앞면의 기초선은 허리둘레선, 엉덩이둘레선, 무릎둘레선, 밑단은 4.27~4.60으로 높은 유사도를 보였고, 다트, 앞 중심선은 3.87, 3.40으로 평가되었다. 앞면의 여유량은 허리둘레 이외에는 유사도가 높았고, 살에서 밑단 사이의 군주름은 유사하게 나타났다. 옆면 기초선은 밑단, 무릎둘레선, 옆선의 순으로 유사도가 좋게 나타났는데, 바른 자세 시 밑단의 유사도가 낮은 것과는 다른 결과였다. 옆면의 여유량에서도 밑단과 무릎둘레에서 실제착의와 가상착의 유사도가 높았고, 허리둘레는 가상착의 여유량이 더 많아 다른 부위보다 유사도가 가장 낮았다. 군주름 항목에서는 무릎에서 밑단 사이는 유사하게 재현되었다. 무릎을 굽힌 자세에서는 무릎 주변 체표가 길어져 팬츠가 끌려 올라가는

데, 옆면에서 보면 그런 모습이 재현되었으나, 살에서 무릎 사이 실제착의에서 옆선을 따라 보이는 작은 당김 주름이 가상착의에서는 전혀 나타나지 않았다. 뒷면에서는 기초선 중 무릎둘레선(4.13)을 제외한 모든 항목의 유사도 점수가 2.80~3.87로 평가되었다. 특히 뒤 중심선은 2.80으로 모든 항목 중에서 가장 유사도가 낮았다. 뒷면의 여유량은 엉덩이둘레, 무릎둘레, 밑단에서 유사도가 높았고, 군주름 부분에 있어서는 허리선에서 밑단에 이르기까지 3.27~3.87 정도로 평가되었다. 특히 실제착의 뒷면에서 보이는 무릎 주변의 깊은 주름이 가상착의에서는 덜 나타나 유사도는 3.27이었다. 소재 느낌 유사도는 앞, 옆, 뒤 각각 3.93, 3.87, 3.93이었으며, 무릎 굽힌 자세의 18개 항목의 전체 평균은 앞면 4.09, 옆면 3.85, 뒷면 3.17로, 다른 동작과 비교 시 뒷면의 가상착의 유사도가 가장 낮은 것을 확인할 수 있었다.

3) Actual and virtual fit in a leg extending backward

<Table 7>은 다리를 뒤로 뻗은 자세에서 신축성 소재 팬츠의 실제착의와 가상착의 모습이며, 유사도 평가 결과는 <Table 8>과 같다.

가상모델의 다리를 뒤로 뻗은 동작은 옆에서 오른쪽 다리를 30° 뒤로 들어 피험자의 동작과 동일하게 재현하였다. 전반적인 실루엣과 핏, 외관 유사도는 앞면이 4.27과 4.13, 옆면은 4.40과 4.33으로, 특히 옆면

<Table 6> Pants fit similarity in a knee-bent posture

Evaluation items		Knee-bent posture					
		Front		Side		Back	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Overall silhouette & fit		4.13	.52	4.00	.66	3.73	.80
Overall appearance		4.20	.41	4.00	.93	3.53	.83
Baseline	Darts	3.87	.83	3.80	1.08	3.33	.82
	Center front line	3.40	.83	4.07	.80	2.80	.94
	Waist line	4.27	.60	3.73	.80	3.87	.64
	Hip line	4.40	.51	3.93	.80	3.53	.92
	Knee line	4.40	.63	4.13	.83	4.13	.64
Ease	Hem line	4.60	.51	4.27	.80	3.67	1.11
	Waist circumference ease	3.27	.70	3.13	.92	3.93	.60
	Hip circumference ease	4.27	.59	3.67	.72	4.13	.74
	Thigh circumference ease	4.07	.80	3.87	.83	3.67	1.40
	Knee circumference ease	4.33	.62	4.20	.78	4.00	.93
Wrinkles	Hem ease	4.73	.46	4.60	.51	4.20	.78
	Waist to hip	3.73	.59	3.60	.99	3.67	.98
	Hip to crotch	3.80	.68	3.27	1.10	3.47	1.13
	Crotch to knee	4.00	.85	3.00	1.13	3.27	.89
	Knee to hem	4.20	.78	4.13	.99	3.87	1.24
Expression of texture		3.93	.70	3.87	.83	3.93	.70
<i>M</i>		4.09		3.85		3.71	

의 유사도가 가장 높게 나타났다. 그러나 뒷면에서는 뒤로 뺀 오른쪽 다리의 엉덩이와 발의 형태가 달라 실제 모습과 차이가 있었다. 인체의 엉덩이는 동작 시에도 그 형태가 어느 정도 유지되지만, 가상모델은 3D 메쉬(mesh)로 이루어져 있어 뒤로 다리를 들면서 메쉬 구조가 찌그러져 엉덩이 볼륨이 작아진 것으로 생각된다. 이로 인해 뒷면의 실루엣과 외관 유사도는 3.73과 3.53으로 다소 낮았다. 부분적인 형태를 살펴 보면 앞면은 가상착의 배 아래가 다소 돌출되어 보이나, 무릎선과 밀단, 엉덩이둘레는 4.13 이상으로 유사한 재현이 되었고, 허리둘레선은 실제착의보다 더 둥글게 보여 3.73이었다. 여유분량에 있어서는 엉덩이둘레 여유를 제외하고는 모두 4.00 이상이었으며, 특

히 밀단 여유가 4.27로 가장 유사하였다. 앞면에서 나타난 군주름 유사도는 4개의 부위에서 3.73~3.87이었는데, 실제착의보다 가상착의에서 군주름이 덜 나타나는 경향이였다. 옆면의 기초선은 옆선(4.47), 무릎선(4.27)이 잘 재현되었고, 밀단과 엉덩이둘레선도 4점이상이었다. 옆에서 본 허리선도 앞면과 비슷하게 허리선 앞이 내려가 있어 기초선과 여유량에서 유사도가 낮았다. 가상바디와 옷감 사이의 마찰은 인체와 옷감 사이의 마찰과 달라, 가상바디에서는 팬츠가 흘러 내리는 느낌이 있는 데다 동작에 따른 가상모델의 자세 변화가 허리와 엉덩이 부위의 착의형태에 영향을 준 것으로 생각된다. 군주름은 무릎 굽힌 자세의 옆면과 마찬가지로 무릎선에서 밀단선(4.27)을 제외 한 다

<Table 7> Actual and virtual pants in leg extending backward



른 항목에서는 주름의 방향과 양에 차이가 있었다. 뒷면은, 무릎선은 4.07로 유사하였으나, 다른 기초선의 유사도는 3.40~3.93이었다. 특히 엉덩이둘레와 밑단에서 유사성이 다소 낮았다. 여유량은 무릎둘레(4.13), 허벅지둘레(4.07) 이외에는 3.53~3.93 정도이었는데, 허리둘레에서 3.53으로 가상착의에서 여유량이 더 많았다. 군주름의 재현을 보면 옆선에서 뒤 중심으로 향하는 주름의 방향은 유사하였으나, 허리에서부터 살까지 주름의 양은 실제착의보다 가상착의가 더 많아 유사도가 3.00~3.20이었다. 살에서부터 무릎까지(3.67)는 실제착의의 군주름이 더 많아 동작에 따라 가상모델의 군주름 생성에 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 소재 느낌 유사도는 앞, 옆, 뒤에서 각각 4.03, 3.93, 3.71로 조금씩 다르게 평가되었다.

2. Multiple comparison of fit similarity according to movements

1) Fit similarity of pants front view according to movement

신축성 팬츠의 실제착의와 가상착의의 유사한 정도를 각 동작별로 앞면에서 관찰한 결과를 비교하면 <Table 9>와 같다.

동작에 따른 평균은 바로 선 자세 4.14, 무릎 굽힌 자세 4.09, 다리 뒤로 뺀 자세 4.03으로, 앞면에서는 대체로 비슷한 정도의 유사도를 보였다. 항목별 다중

비교 결과를 보면 앞 중심선에서 동작별 실제착의와 가상착의의 유사도 차이가 가장 크게 나타났다($p < .001$). 바로 선 자세는 4.80으로 매우 유사한데 비해 다리 뒤로 뺀 자세와 다리 굽힌 자세에서는 중심선이 좌우로 틀어져 차이가 있어 크게 달랐다. 엉덩이와 발의 형태에서 피험자와 차이가 있었고 특히 그 외에 허리선, 밑단선 위치 및 형태에서 유의한 차이($p < .01$)를 보였으며, 허리선은 바로 선 자세(4.40)에 비해 다리 뒤로 뺀 자세(3.73)일 때 허리위치와 형태가 차이를 보였고, 밑단은 무릎 굽힌 자세(4.60)일 때는 유사하지만 바로 선 자세에서는 3.93으로 유의한 차이를 보였다. 밑단너비 여유분($p < .01$), 허리둘레 여유분($p < .05$)에서도 실제와 가상착의의 차이를 보였는데, 밑단은 무릎 굽힌 자세가 4.73으로 가장 유사하게 나타났다으며, 허리둘레 여유분은 다리 뒤로 뺀 자세가 4.00으로 유사하다고 평가되었다. 군주름 관련 항목 및 소재의 질감 표현은 동작에 따른 유의차가 없었다. 즉 앞면의 경우 동작에 따라 앞 중심선과 허리선, 밑단에서 실제착의의 재현이 다른 것을 알 수 있다.

2) Fit similarity of pants side view according to movement

동작에 따른 신축성 팬츠 옆면의 실제착의와 가상착의의 유사도 차이를 비교한 결과는 <Table 10>과 같다.

전체의 평균은 바로 선 자세 3.90, 무릎 굽힌 자세

<Table 8> Pants fit similarity in leg extending backward

Evaluation items		Leg extending backward					
		Front		Side		Back	
		<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Overall silhouette & fit		4.27	.46	4.40	.51	3.73	.80
Overall appearance		4.13	.64	4.33	.62	3.53	.83
Baseline	Darts	3.87	.99	3.80	.94	3.93	.80
	Center front line	3.93	.88	4.47	.64	3.87	.91
	Waist line	3.73	.88	3.60	.99	3.73	.80
	Hip line	4.13	.83	4.00	.85	3.40	.74
	Knee line	4.33	.62	4.27	.03	4.07	.70
	Hem line	4.27	.80	4.07	.88	3.53	1.13
Ease	Waist circumference ease	4.00	.66	3.00	.76	3.53	.74
	Hip circumference ease	3.87	.99	3.27	.88	3.67	.72
	Thigh circumference ease	4.20	.78	4.33	.72	4.07	.80
	Knee circumference ease	4.20	.68	4.33	.90	4.13	.99
	Hem ease	4.27	.70	4.40	.63	3.93	1.22
Wrinkles	Waist to hip	3.87	.92	3.40	.83	3.00	.76
	Hip to crotch	3.73	.70	3.67	1.05	3.20	.86
	Crotch to knee	3.87	.99	3.73	.88	3.67	1.11
	Knee to hem	3.80	1.15	4.27	.80	3.93	1.34
Expression of texture		4.00	.76	3.80	.94	3.93	.70
<i>M</i>		4.03		3.95		3.71	

3.86, 다리 뒤로 뻗은 자세 3.95로, 앞면에서의 유사도 보다는 낮았다. 동작에 따라 유의한 차이가 나타난 항목은 엉덩이둘레 여유량($p<.01$)으로 다중비교 결과, 바로 선 자세와 무릎을 구부린 동작에 비해 다리를 뒤로 뻗은 동작에서의 유사도가 많아 낮았기 때문이다. 이는 다리 뒤로 뻗은 자세에서 가상모델의 엉덩이둘레 입체감이 제대로 표현되지 못한 데 기인한 것으로, 다른 항목에서는 옆면에서 동작에 따른 실제착의와 가상착의의 유사도에 유의한 차이가 없었다.

3) Fit similarity of pants back view according to movement

동작에 따른 신축성 팬츠 뒷면의 실제착의와 가상

착의의 유사도 차이를 비교한 결과, <Table 11>을 살펴보면 동작별로 뒷면에 대한 전체 평균은 바로 선 자세 4.17로 앞이나 옆보다 실제착의가 더 잘 재현되었으나, 무릎 굽힌 자세와 다리 뒤로 뻗은 자세는 모두 3.71로 앞과 옆보다 더 유사도가 낮았고, 이에 따라 동작에 따른 유사도 변이가 가장 컸다. 또한 동작에 따라 유의한 차이를 나타낸 항목도 가장 많았다. 다중비교 결과, 전반적인 외관 유사도에서 유의한 차이($p<.01$)를 보였는데, 바로 선 자세에 비해 두 동작에서 모두 전반적인 외관의 유사도가 낮아졌다. 이러한 평가는 특히 뒤 중심선에서 두드러졌는데, 무릎 굽힌 자세에서 가상착의의 뒤 중심선의 방향이 반대로 나타나 가장 유사도가 낮았고, 큰 유의차($p<.001$)가 있었다.

<Table 9> Multiple comparison of fit similarity by movements at front view

Evaluation items		Movements			F-value	
		M0	M1	M2		
		<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>		
Front	Overall silhouette & fit	4.40	4.13	4.27	1.091	
	Overall appearance	4.47	4.20	4.13	1.652	
	Baseline	Darts	4.47	3.87	3.87	2.589
		Center front line	4.80 a	3.40 b	3.93 b	13.715***
		Waist line	4.40 a	4.27 ab	3.73 b	3.652*
		Hip line	4.33	4.40	4.13	.650
		Knee line	4.27	4.40	4.33	.202
		Hem line	3.93 b	4.60 a	4.27 ab	3.261*
	Ease	Waist circumference ease	3.33 b	3.27 b	4.00 a	4.653*
		Hip circumference ease	4.27	4.27	3.87	1.312
		Thigh circumference ease	4.33	4.07	4.20	.494
		Knee circumference ease	4.40	4.33	4.20	.306
		Hem ease	3.87 b	4.73 a	4.27 ab	5.488**
	Wrinkles	Waist to hip	3.53	3.73	3.87	.624
		Hip to crotch	3.73	3.80	3.73	.036
		Crotch to knee	4.07	4.00	3.87	.188
		Knee to hem	3.93	4.20	3.80	.658
	Expression of texture		4.00	3.93	4.00	.049
	<i>M</i>		4.14	4.09	4.03	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, Duncan test (a>b)

M0: Upright, M1: Knee-bent, M2: Leg extending backward.

그 다음으로 허리둘레선과 허리에서 엉덩이 사이 군주름에서도 동작에 따른 유의한 차이($p < .01$)가 나타났다. 두 항목 모두 다리 뒤로 뺀 자세에서 다른 자세에 비해 유사성이 낮았으며, 다트의 위치와 형태, 허리둘레의 여유분, 엉덩이선에서 밑위선까지 군주름에서도 유의차($p < .05$)를 보였다. 이상의 항목들을 통해 바로 선 자세보다 동작 시 가상착의의 유사도가 낮아지는 것을 알 수 있다. 즉, 가상모델에 동작을 적용

할 때 팬츠가 제대로 입혀지지 못하거나 가상모델의 바디 형태가 자연스러운 인체의 형태를 재현하는 데 한계를 보임으로써, 팬츠의 뒷면을 재현하는 것이 더 어려운 결과로 나타났다.

IV. Conclusion

본 연구는 동작이 적용된 가상모델에서 신축성 소

<Table 10> Multiple comparison of fit similarity by movements at side view

Evaluation items		Movements			F-value	
		M0	M1	M2		
		<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>		
Side	Overall silhouette & fit	4.20	4.00	4.40	1.800	
	Front of the side line	4.13	4.00	4.33	.769	
	Back of the side line	4.07	4.13	4.33	.607	
	Baseline	Darts	3.47	3.80	3.80	.576
		Side line	4.47	4.07	4.47	1.647
		Waist line	3.47	3.73	3.60	.327
		Hip line	4.40	3.93	4.00	1.781
		Knee line	3.80	4.13	4.27	.932
		Hem line	3.87	4.27	4.07	.750
	Ease	Waist circumference ease	3.07	3.13	3.00	.086
		Hip circumference ease	4.20 a	3.67 ab	3.27 b	6.684**
		Thigh circumference ease	4.00	3.87	4.33	1.578
		Knee circumference ease	4.47	4.20	4.33	.440
		Hem ease	4.20	4.60	4.40	1.432
	Wrinkles	Waist to hip	3.33	3.60	3.40	.351
		Hip to crotch	3.87	3.27	3.67	1.633
		Crotch to knee	3.73	3.00	3.73	2.982
		Knee to hem	3.73	4.13	4.27	1.536
	Expression of texture		3.93	3.87	3.80	.085
	<i>M</i>		3.90	3.86	3.95	

** $p < .01$, Duncan test (a>b)

M0: Upright, M1: Knee-bent, M2: Leg extending backward.

재 팬츠의 가상착의가 실제착의와 얼마나 유사하게 재현되는지를 확인하기 위한 것으로, 가상착의 시스템에서 가상모델에 대한 동작 적용 가능성과 신축성 소재에 따른 가상착의 재현성을 밝힘으로써 의류산업에서 가상착의의 활용도를 넓히는데 연구의 목적이 있다. 연구의 결과는 다음과 같다.

바로 선 자세에서 실제착의와 가상착의 외관 유사도는 앞, 옆, 뒷면에서 높게 나타났는데, 특히 앞과 뒷면의 기초선이 잘 재현되었다. 허리둘레를 제외한 엉

덩이, 허벅지, 무릎의 여유량도 실제착의와 가상착의가 유사하였다. 가상착의에 나타난 재질감도 실제 옷감과 유사하다고 평가되었고, 군주름의 형태와 양에 있어서는 가상착의에서 큰 주름은 잘 표현되었으나, 잔주름은 잘 드러나지 않았다. 신축성 소재가 10% 함유된 본 연구의 소재는 군주름 표현에서도 유사도가 더 높아, 소재에 따라 가상착의 결과가 영향을 받는 것을 확인할 수 있었다.

가상모델에 동작을 적용한 결과 동작 각도는 실제

<Table 11> Multiple comparison of fit similarity by movements at back view

Evaluation items		Movements			F-value	
		M0	M1	M2		
		<i>M</i>	<i>M</i>	<i>M</i>		
Back	Overall silhouette & fit	4.00	3.73	3.73	.577	
	Overall appearance	4.33 a	3.53 b	3.53 b	5.895**	
	Baseline	Darts	4.13 a	3.33 b	3.93 ab	3.900*
		Center back line	4.73 a	2.80 c	3.87 b	21.828***
		Waist line	4.53 a	3.87 b	3.73 b	5.673**
		Hip line	4.00	3.53	3.40	2.132
		Knee line	4.53	4.13	4.07	2.447
		Hem line	4.13	3.67	3.53	1.336
	Ease	Waist circumference ease	3.27 b	3.93 ab	3.53 a	3.619*
		Hip circumference ease	4.20	4.13	3.67	2.089
		Thigh circumference ease	4.27	3.67	4.07	1.195
		Knee circumference ease	4.40	4.00	4.13	.700
		Hem ease	4.47	4.20	3.93	1.278
	Wrinkles	Waist to hip	3.93 a	3.67 ab	3.00 b	5.543**
		Hip to crotch	4.20 a	3.47 ab	3.20 b	4.892*
		Crotch to knee	3.73	3.27	3.67	1.140
		Knee to hem	4.13	3.87	3.93	.208
	Expression of texture		4.07	3.93	3.93	.179
	<i>M</i>		4.17	3.71	3.71	

* $p < .05$, ** $p < .01$, *** $p < .001$, Duncan test ($a > b > c$)

M0: Upright, M1: Knee-bent, M2: Leg extending backward.

동작과 유사하게 재현되어 무릎 굽힌 자세와 다리를 뒤로 뺀 자세 모두 앞과 옆모습은 실제모델과 유사하였다. 그러나 뒷모습에서 무릎 굽힌 동작은 중심축의 방향에 차이가 있었고, 다리를 뒤로 뺀 자세에서는 엉덩이와 발의 형태에서 모습이 달랐다. 특히 뒤로

뺀 오른쪽 다리는 엉덩이의 볼륨이 작아 실제 착의와 차이가 있었다. 가상모델에 동작을 구현할 때 하반신 무게중심이 실제 사람과 동일하지 않고, 다리 동작에 따른 인체의 유기적인 움직임이 가상모델에서는 재현되지 않는 점 등으로 인하여 실제 모습을 똑같이

재현하는 데는 한계가 있었다. 이로 인해 무릎 굽힌 자세 뒷면은 뒷중심선을 포함한 기초선에서 유사도가 낮았다. 다리를 뒤로 뺀 자세에서는 허리둘레와 엉덩이둘레에서 유사도가 낮았고, 뒤 군주름은 부위에 따라 실제착의보다 가상착의에서 군주름이 더 많아, 동작에 따라 가상착의 군주름이 다르게 나타났다.

동작에 따라 각 방향별로 착의 유사도를 비교한 결과, 앞면에서는 바로 선 자세, 무릎 굽힌 자세, 다리 뒤로 뺀 자세 모두 비슷한 정도의 유사도를 보였다. 항목별 다중비교 결과, 앞 중심선에서 동작별 유사도 차이가 가장 컸다. 옆면의 실제착의와 가상착의의 유사도는 앞면의 유사도보다는 낮았다. 엉덩이둘레 여유량에서만 동작에 따른 유의차가 있었다. 동작별 뒷면에 대한 가상착의 유사도는 앞과 옆보다 유사도가 더 낮을 뿐 아니라, 동작에 따른 유사도 차이가 가장 컸다. 외관, 허리둘레, 군주름, 다트 등 여러 항목에서 동작에 따라 유의한 차이를 보였다.

결과적으로 신축성이 있는 면 소재를 사용한 팬츠는 가상착의 군주름 등에서 실제착의와 다소 차이는 있지만 재질의 표현이 유사하게 나타났다. 따라서 신축 소재의 비율 및 신축성 방향을 달리한 다양한 소재 비교를 통해 가상착의의 재현성을 더 고찰할 필요가 있다. 가상모델에서 동작을 적용하였을 때는 바로 선 자세보다 착의 유사도가 낮았다. 동작에 따른 인체의 자세와 형태변화가 가상바디에 잘 반영되도록 가상착의 시스템이 보완된다면, 기능복 등 다양한 의복을 위한 가상착의 활용이 활발하게 이루어질 것으로 기대된다. 다만 본 연구는 아바타 제작 시 가상착의 프로그램에서 인체의 두께와 너비를 설정할 수 없어 실제 착용자를 재현하는데 한계가 있으며, 피험자의 수와 실험에 사용한 신축성 소재가 제한적이었으므로 연구 결과를 확대해석하는 데는 주의가 필요하다.

References

- Armstrong, H. J. (2001). *Patternmaking for fashion design* (K. Park, Trans.). Busan: Norano. (Original work published 1999)
- Chen, T., Yang, E. K., & Lee, Y. H. (2021). Development of virtual upcycling fashion design based on 3-dimensional digital clothing technology. *The Research Journal of the Costume Culture*, 29(3), 374-387. doi:10.29049/rjcc.2021.29.3.374
- Choi, Y. L., & Nam, Y. J. (2009). The qualitative study on the evaluation and application of 3D scan and virtual try-on technology. *Fashion & Textile Research Journal*, 11(3), 437-444.
- Hong, E. H. (2020). Usability verification of virtual clothing system for the production of a 3D avatar reproduced from 3D human body scan shape data -Focusing on the CLO 3D program-. *Journal of the Korea Fashion & Costume Design Association*, 22(1), 1-13. doi:10.30751/kfcd.20.22.1.1
- Jeon, S. Y. (2019). Development of the high school girls bodice pattern using virtual garment simulation. *Fashion & Textile Research Journal*, 21(2), 189-202. doi:10.5805/SFTI.2019.21.2.189
- Ju, K. S., & Jeong, Y. H. (2016). Usage & education of the CLO 3D virtual clothing program in the development office & academic. *Fashion Information and Technology*, 13, 51-59.
- Kim, H. A., Ryu, H. S., Lee, J. H., & Nam, Y. J. (2011). A study on the comparing visual images between the real garment and the 3D garment simulation of flare skirts. *Science of Emotion and Sensibility*, 14(3), 385-394.
- Kim, M. K., Nam, Y. J., & Kim, K. S. (2015). A comparative study on fit and appearance for the applicability of mass customization of a 3D virtual garment system. *Korean Society of Basic Design & Art*, 16(6), 77-87.
- Kim, S. R. (2020). A study on the development of fashion design through the convergence of digital technology-focusing on big data and 3D virtual clothing program. *Journal of Cultural Product & Design*, 62, 285-297. doi:10.18555/kicpd.2020.62.26
- Ko, K. B. (2018, November 5). 루이비통 · H&M도 '3D 의상디자인 SW' 쓰죠 [Louis Vuitton · H&M also use '3D fashion design software']. *Seoul Economy*. Retrieved January 18, 2022, from https

- ://www.sedaily.com/NewsView/1S72M15JNY
- Korean Agency for Technology and Standards. (2010). *The 6th size Korea 3D scan & measurement technology report*. Seoul: Government Printing Office.
- Korean Agency for Technology and Standards. (2015). *The 7th size Korea 3D scan & measurement technology report*. Seoul: Government Printing Office.
- Korean Agency for Technology and Standards. (2021). *The 8th size Korea 3D scan & measurement technology report*. Seoul: Government Printing Office.
- Kwak, Y. S. (2016). A study on the 3D simulation improvement through comparing visual images between the real garment and the 3D garment simulation of women's jacket. *The Journal of the Convergence Culture Technology*, 2(3), 15-22. doi:10.17703/JCCT.2016.2.3.15
- Lee, J. S., & Lee, J. R. (2013). Comparison on the pants fitting for obese women between 3D virtual garment and real garment. *Journal of Fashion Business*, 17(2), 33-45. doi:10.12940/jfb.2013.17.2.33
- Lee, N. Y., Sung O. J., & Kim, S. K. (2019). The design development of family formal clothes using 3D virtual clothing software. *Journal of Fashion Business*, 23(3), 35-50. doi:10.12940/jfb.2019.23.3.35
- Lee, S. Y., & Lee, J. S. (2010). A study on the applicability of custom-tailored clothing of 3D virtual clothing system -Focused on middle-aged women-. *Journal of Fashion Business*, 14(4), 161-173.
- Lim, J. Y. (2014). *기초 패턴 디자인* [Basic pattern design]. Seoul: Kyohakyongusa.
- Won, Y. H. (2021). *A comparative study on the similarity between virtual and actual clothing movements according to the pants silhouette*. Unpublished master's thesis, Pusan National University, Busan, Korea.
- Won, Y. H., & Lee, J. R. (2021). A study on the comparison of fit similarity between the actual and virtual clothing according to the pants silhouette. *Fashion & Textile Research Journal*, 23(6), 826-835. doi:10.5805/SFTI.2021.23.6.826