

3D 가상 의복압 경계 분석에 기반한 체형별 바디수트 패널 최적화 설계

Optimization of Bodysuit Panel Design Based on 3D Virtual Clothing Pressure Boundary Analysis According to Body Shape

최연주¹⁾ · 김남임²⁾ · 전세영²⁾ · 이효정³⁾.*

국립공주대학교 의류상품학과 석사과정¹⁾ · 국립공주대학교 의류상품학과 연구원²⁾

국립공주대학교 의류상품학과 부교수³⁾.*

Choi, Yeonju¹⁾ · Kim, Nam Yim²⁾ · Jeon, Seyeong²⁾ · Lee, Hyojeong³⁾.*

Dept. of Fashion Design & Merchandising, Kongju National University^{1),2),3)}

Abstract

This study aimed to develop form-fitting bodysuit patterns tailored to four representative body types of Korean women in their twenties and to determine optimized pressure panel configurations for each. To accomplish this, we analyzed clothing pressure distribution using CLO 3D virtual fitting simulations. The bodysuit patterns were applied to avatars representing each body type, and pressure boundary lines were extracted with a proprietary tool called BePred. We established pressure thresholds of 1.2 kPa for the upper body and 2.4 kPa for the lower body. The analysis revealed consistently high-pressure areas around the lateral thighs and buttocks across all body types, though the specific shape and extent of these areas varied. Based on these findings, we developed customized pressure panel designs for each body type and refined them to enhance both sewing efficiency and aesthetic appeal. Expert evaluations confirmed the final designs' visual attractiveness, adaptability to diverse body shapes, and potential for fit adjustments. This study presents a viable and systematic design methodology for creating customized, form-fitting garments informed by pressure distribution data, showcasing promising applications in the development of high-performance compression apparel.

Keywords: Body shape, Tight-fitting bodysuit, Design panel, Clothing pressure boundary line, 3D Clothing pressure distribution

I. 서론

밀착 의복의 핏(fit)은 의복압 분포와 밀접한 관련이 있으며, 이에 영향을 미치는 요소로 의류 소재, 패턴의 치수, 착용자의 체형 등을 꼽을 수 있다. 일반적으로, 밀착 의복을

디자인함에 있어서 패턴을 설계할 때 착용자의 인체치수를 기반으로 제도하고 원단의 특성을 고려해 패턴 축소율을 결정하곤 한다. 그러나 동일한 원단과 패턴 치수를 적용하더라도 착용자의 체형에 의해 착용감과 의복압 분포가 유의미하게 달라질 수 있으며, 특정한 수준을 넘어서는 의복

본 논문은 본 논문은 공주대학교 연구년 사업에 의하여 연구되었음.

2024년 (사) 한국생활과학회 하계공동학술대회(2024.11.29.)에서 발표한 포스터 논문을 일부 수정·보완한 것임

* Corresponding author: Lee, Hyojeong

Tel: +82-41-850-0292, Fax: +82-41-850-8301

E-mail: hyojeong@kongju.ac.kr

© 2025, Korean Association of Human Ecology. All rights reserved.

압은 불편한 착용감을 야기하거나 의복의 기능성을 저하시킬 수 있다(백윤정, 최정화, 2008; Lee & Do, 2023).

의복압과 착용 쾌적성 및 기능성에 관한 선행 연구는 다음과 같다. 여성을 대상으로 쾌적 수준의 압력을 탐색하기 위해 탄성 압박 밴드를 인체 부위별로 적용한 연구를 몇몇 찾아볼 수 있는데, Mitsuno와 Yanagisawa(2022)는 가슴 부위는 0.93 kPa에도 쾌적성이 유지된다고 하였다. Mitsuno와 Kai(2019)의 연구에서는 전신을 대상으로 유사한 실험을 한 결과 상체는 0.5-1.0 kPa, 하체는 1.0-2.0 kPa 수준의 선호 압력으로 나타났으며, 이는 상·하체의 민감도 차이를 반영한 결과로 해석된다. 백윤정, 최정화(2008)에 따르면 허리 1.4 kPa에서 혈행 장애가 발생했으나 1.0 kPa에서는 차이를 보이지 않아 적정 수준에 대한 연구가 필요하다고 하였다. 이와 달리, 실제로 밀착 의복의 압력과 착용감 및 기능성의 관계를 다룬 선행 연구를 살펴보면 다음과 같다. 상체의 경우 박소영 외(2021)의 연구에서 시니어를 대상으로 시판 योग용 브라탑에 대하여 가슴 중앙 아래와 옆, 어깨의 경우 1.21-1.49 kPa의 압력이 주관적 착용감 평가가 우수한 것으로 나타났다. 비록 피험자의 연령대는 다르지만 앞서 언급한 탄성 밴드 연구 결과를 크게 벗어나지 않고 그 결과를 지지하였다. 한편, 하지에 관한 연구로 Lee와 Do(2023)는 시판 여성 레깅스 8종에 대하여 의복압을 분석한 결과, 허벅지에서 무릎까지 1.36 kPa에서 2.40 kPa 수준으로 조사되었으며, 이는 일반적인 스포츠용 레깅스의 압력수준임을 확인하였다. 그밖에 밀착 하의의 경우, 주로 기능성을 함께 평가하는 연구로 진행되었는데 황진희 외(2023)는 기능성 여성 레깅스 개발에서 허벅지에 최대 2.35 kPa의 압력을 제공했을 때, 기능성뿐 아니라 대체로 만족스러운 착용감이 보고되었다고 하였다. Sun과 Song(2018)은 여성을 대상으로 체조 바디수트 착용 시 의복압과 기능성을 평가한 결과, 하지 1.33-2.67 수준에서 혈류가 안정적이었으며, 이보다 더 높으면 부정적인 결과를 보인 것으로 나타났다. 이처럼 밀착 의복이 제공하는 압력 수준은 착용 쾌적성에 영향을 미치며, 쾌적 수준을 벗어나게 되면 착용자로 하여금 불편감 뿐 아니라 기능성도 저해 받는 것을 알 수 있다. 이에 밀착 의복 설계 시 부위별로 적절한 의복압의 수준을 설정하고, 이를 반영해 민감한 의복압 최적화 설계가 이루어져야 할 것이다.

지금까지 의복을 디자인하는 과정에서 체형 요소를 반영해 패턴 설계 변인을 달리한 의복구성학 연구는 과거로부터 수없이 진행되어 왔다. 한편으로 최근에는 3D 가상착의 프로그램이 제공하는 의복압 분포, 변형률, 접촉 부위 등

의 데이터의 신뢰도가 높아지면서 이를 이용해 착용 평가에 대해 피드백하는 연구가 증가하는 추세이다(Brubacher et al., 2021; Cha, 2024; Kwon et al., 2021; Teyeme et al., 2023). 그러나 이러한 연구들은 대체로 가상 의복압 데이터를 사용해 핏을 확인하고, 패턴을 수정하고 디자인에 변화를 주는 등 평가 단계에서 활용했으며, 디자인 초기 단계에서 적용한 사례는 찾아보기 어렵다. 일부 연구(정연희, 2016; Youn et al., 2024)에서는 초기 단계에서 3차원 압력 분포 컬러맵을 이용해 여유량 부여 및 디자인 라인 설계 등에 활용한 바 있지만, 이 경우 직관적으로 연구자가 컬러맵을 이용해 디자인 라인을 도출하였기 때문에 밀착 의복에서 섬세한 패널 라인 추출은 어려울 것으로 사료된다. 특히, 체형 특성은 앞서 언급한 바와 같이 밀착 의복의 핏과 착용감에 매우 유의미한 영향을 미치지만, 체형별 차이를 정량적으로 디자인에 반영한 연구는 찾아보기 어렵다. 이를테면, 밀착 의복은 동일한 치수의 의복이라 할지라도 착용자의 체형에 민감하게 영향을 받아 체형에 따라 불편함을 느끼는 부위가 다를 수 있다. 그러나 현실적으로 아직까지 기성복 시장에서 밀착 의복은 맞춤형으로 제작되는 경우가 드물기 때문에 착용자가 불편함을 감수해야만 하는 실정이다. 그러나 3차원 의복압 분포 시뮬레이션 데이터를 효과적으로 활용한다면, 이에 대한 문제는 해결할 수 있을 것으로 보인다. 이를 위해 지금까지 진행된 선행 연구와 달리, 보다 정량적이고 객관적인 자료를 통한 접근을 통해 압박감을 조정할 수 있는 인체 부위를 체형별로 추출할 필요가 있다. 즉, 밀착 의복이 착용되는 부위에 대하여 전반적으로 의복압 분포를 검토하고, 착용자가 불편함을 유발하는 의복압 임계값을 찾아 이를 해결할 수 있는 체형별 맞춤형 가압 패널을 설계한다면, 압력 민감 부위에 선제적으로 대응함으로써 보다 과학적이고 사용자 중심적인 밀착 의복 설계로 나아가는 디자인 프로세스라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 체형별로 일상 운동용 러닝(running)이나 योग 및 체조 등에 적합한 가압 수준 설계를 목표로 밀착 바디수트 패널 설계를 하고자 한다. 이를 위해, 사이즈 코리아의 체형 데이터를 활용하여 한국인 20대 여성의 대표 체형 4종에 대한 기본 밀착 바디수트 패턴을 설계하였다. 이어 CLO 3D 가상착의 시뮬레이션을 통해 의복압 분포를 위한 데이터를 획득하고, 의복압 경계선 추출 도구를 적용하여 체형별로 특정한 압력 값에 민감한 부위를 정량적으로 식별하였다. 이러한 분석 결과를 바탕으로, 체형별로 맞춤형 바디수트 가압 패널을 설계하였으며, 전문가 설문 등을 통해 최종 디자인의 타당성과 적용 가능성을 검증하

고자 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 패턴 제도






1) 연구대상 설정

본 연구에서는 패턴 설계를 위해 사이즈 코리아가 제공하는 20대 여성의 인체 치수 데이터(5~6차 데이터 기반. 5차는 2003~2004년, 6차는 2010~2014년)를 활용하였다. 사이즈 코리아에서는 20대 여성의 인체치수 데이터의 신체 각 부위에 산술평균치가 적용된 평균체형을 표준체형이라고 정의하며, 20대 여성의 인체치수 데이터를 체형으로

분석하면 작은 역삼각형, 큰 삼각형, 역삼각형, 사각형의 4가지 유형으로 분류된다고 하였다<표 1>. 작은 역삼각체형의 특징은 가는 몸통과 보통 너비의 매우 처진 어깨, 긴 팔, 큰 머리, 짧은 엉덩이 길이, 긴 지체이다. 큰 삼각체형은 굵은 몸통, 보통의 어깨너비, 긴 팔, 긴 총길이, 보통의 엉덩이 길이를 가진다. 역삼각체형은 같은 굵기의 몸통, 매우 넓은 어깨, 짧은 팔, 보통의 엉덩이 길이가 특징이다. 사각체형은 가는 몸통, 매우 좁고 추켜진 어깨, 짧은 팔, 약간 긴 엉덩이 길이, 약간 짧은 지체를 가진다(사이즈 코리아, 2023).

이러한 4가지 체형별 표준 인체치수 데이터를 활용하여 밀착 바디수트 패턴을 설계하였다. 사이즈 코리아에서 제시한 각 체형의 인체치수 항목 중 바디수트 패턴 설계에 이용된 치수로는 <표 2>와 같이 키, 가슴둘레, 허리둘레, 엉

<표 1> 20대 여성 Pattern 분포와 체형별 3차원 이미지

Pattern 명	표준체형	작은 역삼각체형	큰 삼각체형	역삼각체형	사각체형
구성비(%)	100	29	17.3	28.8	25.0
3차원 인체형상 이미지					

그림출처: 사이즈 코리아 (2023)

<표 2> 20대 여성의 체형별 주요 신체 치수

단위: cm

	표준체형	작은 역삼각체형	큰 삼각체형	역삼각체형	사각체형
키	159.7	158.8	158.7	160.4	161.3
가슴둘레*	87.5	80.3	88.8	82.6	81.0
허리둘레*	73.0	65.5	76.2	67.2	65.9
엉덩이둘레*	93.8	89.1	95.6	91.4	90.1
무릎둘레*	34.6	34.1	36.3	34.5	34.6
어깨너비*	36.0	36.0	36.5	36.9	35.2
등길이*	38.1	37.6	39.0	38.5	38.5
겨드랑앞벽사이길이*	32.1	31.9	32.3	33.0	31.7
허리높이	99.4	98.7	99.0	99.8	100.5
엉덩이높이	77.7	77.5	77.7	77.8	78.5
무릎높이	40.7	40.5	40.7	40.7	41.2
허리높이-엉덩이높이*	21.7	21.2	21.3	22.0	22.0
허리높이-무릎높이*	58.7	58.2	58.3	59.1	59.3

* 바디수트 패턴제도에 이용된 치수

덩이둘레, 무릎둘레, 어깨너비, 등길이, 겨드랑앞벽사이길이, 허리높이-엉덩이높이, 허리높이-무릎높이 등이었다.

2) 패턴 제도

패턴 제도는 Cole(2016)의 밀착 바디수트 패턴 설계법을 사용하였다. [그림 1]과 같이, 상의는 가슴둘레와 허리둘레 등 각 체형의 인체치수를 이용해 원형 패턴을 제도하였다. 이를 어깨의 중앙지점과 허리의 중앙지점까지 수직선으로 연결해 1/2 inch 축소해 이 방향 신축성 상의(Two-way Stretch Top)로 수정하였다. 그리고 다시 어깨너비 수평선에서 가슴너비 수평선까지의 1/2지점, 가슴너비 수평선에서 밑단까지의 1/2지점을 나누는 수평선을 그린 후, 그 린 선을 중심으로 각각 1/2 inch와 1 inch를 줄여 사 방향 신축성 상의(Four-way Stretch Top)를 제도하였다. 하의는 마찬가지로 엉덩이둘레, 허리둘레, 살 깊이 등의 치수를 이용해 이 방향 신축성 바지원형(Two-way Stretch Pants Sloper) 제도법을 통해 무릎길이의 바지를 제도한 후, 사 방향 신축성을 고려한 축소법(Reducing into Four-way Stretch)을 참고하여 허리선에서 엉덩이너비 수평선까지의 1/2지

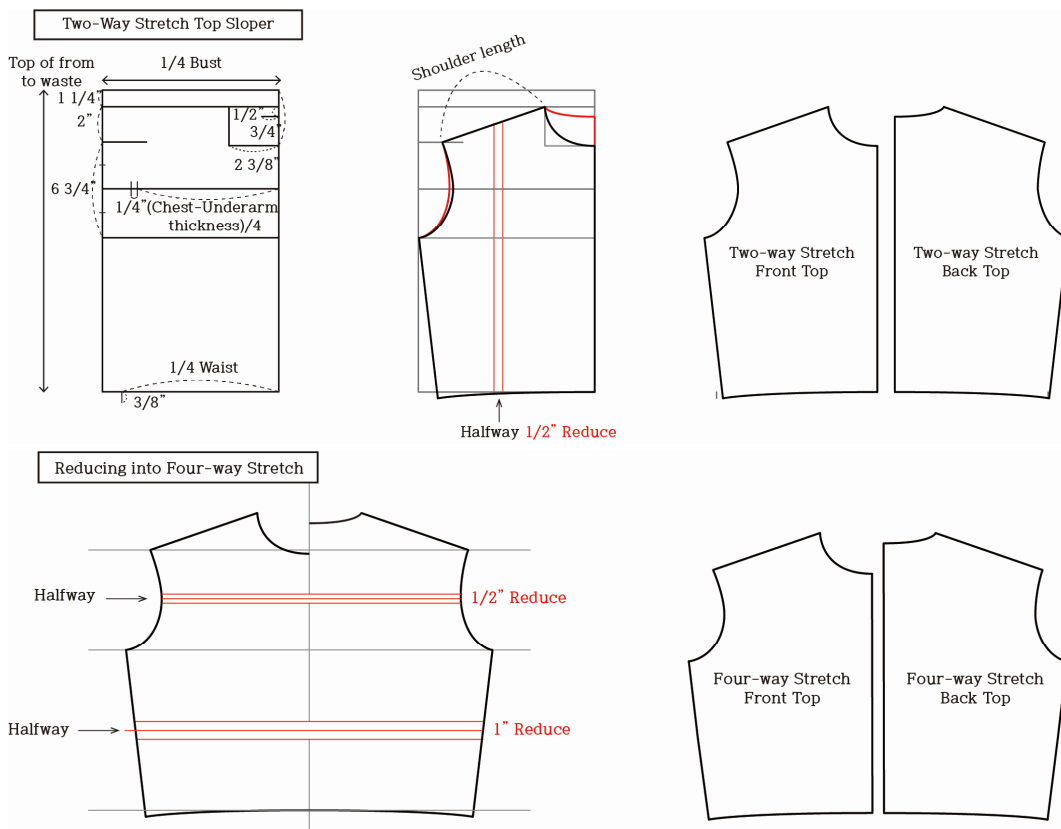
점, 살(crotch) 기준선에서 밑단까지의 1/2지점을 나누는 수평선을 그린 후, 위쪽은 아래 방향으로 1 inch 줄이고, 아래쪽도 수직 방향으로 1 inch 줄여 사 방향 신축성 바지(Four-way Stretch pants)를 제도하였다[그림 2]. 마지막으로 [그림 3]과 같이 제도한 상의 패턴과 하의 패턴을 연결하고 앞 중심선과 옆선을 자연스럽게 정리해 총 4가지 체형에 대한 바디수트 패턴을 완성하였다.

2. 3차원 가상착의를 이용한 3차원 데이터 획득과 의복압 경계 추출

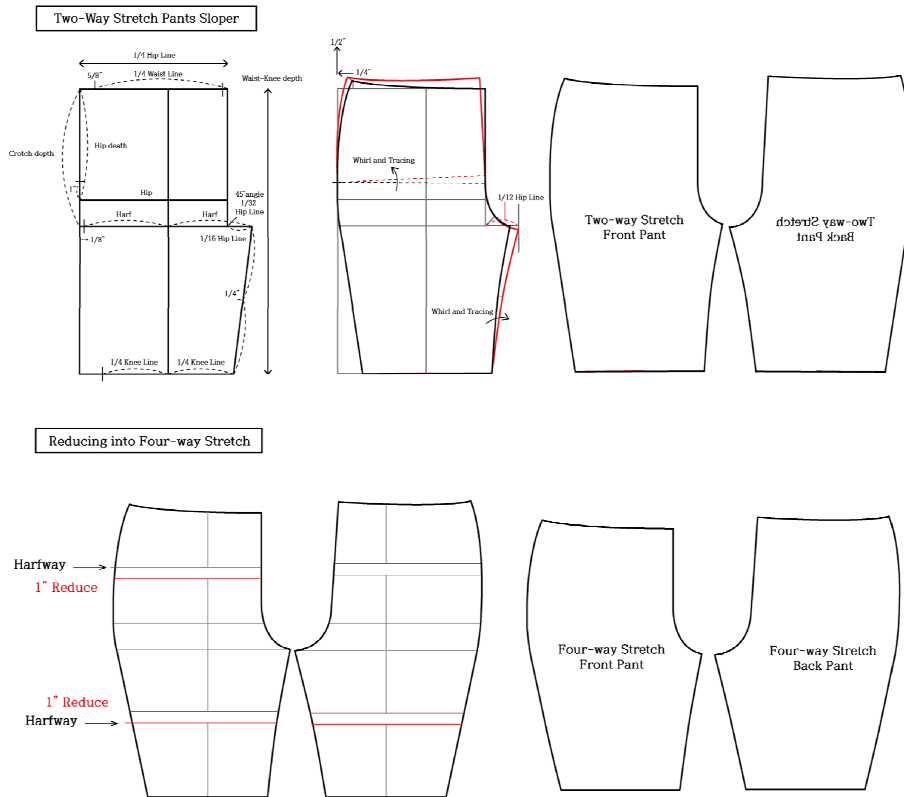
본 연구에서는 3차원 가상착의 데이터를 이용해 의복압 경계 추출 프로그램을 실행하였다. 이를 위해, 각 체형에 대한 아바타를 생성하고 각각의 아바타에 바디수트 패턴을 착의한 후 3차원 데이터를 획득하였다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

1) 3차원 가상착의 데이터 획득

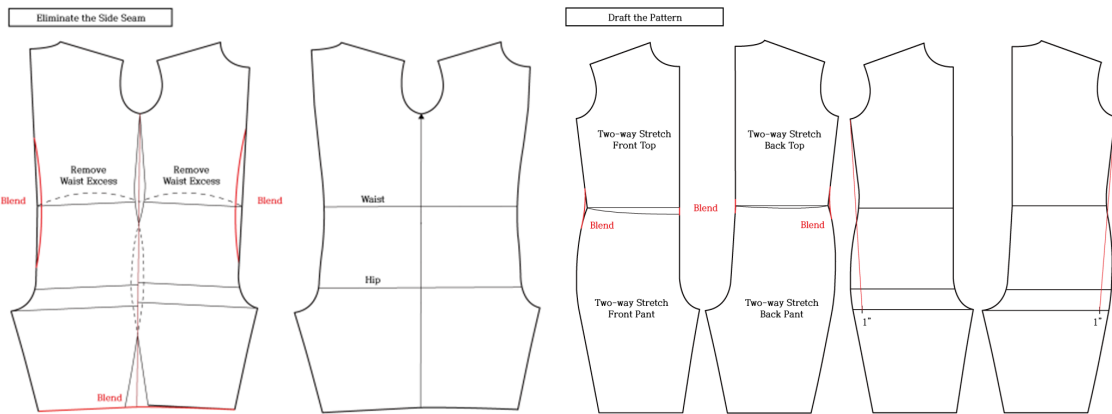
의복압 경계 추출을 위한 3차원 착의 데이터 획득은 3D



[그림 1] 신축성 바디수트 상의 패턴



[그림 2] 신축성 바디수트 하의 패턴



[그림 3] 신축성 바디수트 패턴 완성

CLO(Clo virtual fashion, Korea) 가상착의 프로그램을 사용하였다. 3D CLO는 의류 및 섬유 산업에서 널리 사용되는 3차원 가상착의 프로그램으로, 실제 의복과 유사한 물성과 착용감을 구현할 수 있다. 2D 의복 패턴에서 3D 아바타로의 실시간 수정이 쉬우며, 아바타 체형, 소재 물성, 봉제, 의복 여유량 등을 세부적으로 조절하여 실제 의복과 유사한 결과를 얻을 수 있어 효율적인 제품 개발이 가능하다. 앞

서 언급한 사이즈 코리아에서 제공하는 20대 여성의 4가지 체형별 3D 스캔 데이터를 내려받아, OBJ로 아바타 불러오기를 실행하였다. 이때, 배치 포인트도 함께 불러오기 하여 3차원 창에서 패턴 배치를 용이하게 하였다. 이렇게 각각의 체형별 아바타를 생성하였고, 앞서 제도한 바디수트 패턴을 2D 패턴 창에 DXF 파일로 불러오기 하여 가상착의를 시뮬레이션했다. 가상 착의에 사용한 원단은 밀착 의복에

많이 사용되는 사방신축성 직물인 트리코트(tricot)원단으로, 실물 물성을 KES-FB system(Kato Tech Co, Ltd, Japan)으로 평가 시 굽힘 특성 경사 0.008, 위사 0.015, 전단 특성 경사 1.09 gf/cm·degree, 위사 1.01 gf/cm·degree 이었다. 두께는 0.69mm(KS K ISO 5084: 1996) 및 질량 205.1 g/m²(KS K 0514: 2017)이었으며, 인장강도는 경사 204.9 N, 위사 326.3 N(KS K 0642: 2016B 그래브법), 신축성은 경사 90%, 위사 88%(ASTM D 2594: 2004)이었다. 또한 이 원단을 3D 디지털 키트(digital kit)를 이용해 디지털 물성을 직접 측정하고 프로그램에 설정했을 때, 디지털 물성은 굽힘강도는 경사 27g.mm²/s², 위사 23 g.mm²/s², 전단 특성 경사 17g/s², 위사 23g/s² 이었다.

2) 의복압 추출 프로그램을 사용한 의복압 경계 추출 및 디자인

체형별로 최적화된 가압 패널의 디자인 도출을 위해 BePred(특허출원: 10-2025-0035535) 프로그램을 사용하였다[그림 4]. 이 프로그램은 3D CLO 프로그램에서 획득한 아바타와 바디수트 패넌의 OBJ 파일, 원단의 물성 정보를 사용하여 압력 분포 분석을 먼저 수행한다. 그리고 3D 메쉬 상에서 각 점이 압력 수치를 가지고 있다는 것을 이용해 경계 압력 값보다 큰 점과, 경계 압력보다 낮은 점으로 연결되어 있으면 두 점 중 더 경계 압력에 가까운 점을 경계선으로써 편입시키는 알고리즘을 적용하였다. 그리고 경계선에 잔가지가 지나치게 많이 생성되는 문제점이 발생해 이를 잘라내는 알고리즘을 적용하였다. 프로그램 실행을 위해 필요한 OBJ 파일은 총 3개로, 아바타의 기본 파일, 가

상착의 상태에서 아바타를 뺀 의복 파일, 2D 패넌의 파일이 필요하다. 연구자가 설정한 압력 기준에 따라 의복압 경계선 추출이 용이하며, 체형별로 다르게 나타나는 경계선을 바탕으로 최적화된 가압 패넌 디자인의 도출이 가능하다. 본 연구에서는 쾌적 수준 및 기능성에 유익한 의복압 임계값으로 앞서 언급한 선행 연구로부터 상체는 가슴부위와 허리에 대해 1.0-1.49kPa 범위로 정리할 수 있어 상체 1.2 kPa로, 하체는 허벅지를 중심으로 약 2.4 kPa 수준으로 경계선을 추출하였다(박소영 외, 2021; 백윤정, 최정화, 2008; 황진희 외, 2023; Lee & Do, 2023; Mitsuno & Kai, 2019; Mitsuno & Yanagisawa, 2022; Sun & Song, 2018). 다만, 해당 수치는 본 연구를 위해 연구자가 임의로 특정했을 뿐이며 경우에 따라 수정이 가능할 것이다.

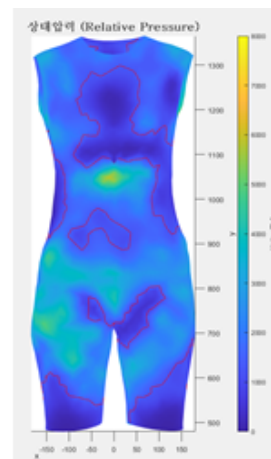
이를 근거로, 각 체형별로 경계선이 나타나는 부분을 디자인 선으로 적용해 1차 가압 패넌 디자인 라인을 만들어 CLO 3D를 이용해 의상을 시뮬레이션하였다. 이후, 재단, 봉제 패넌 크기 조절, 원단 배치 등 실제로 의복을 구성할 때 생산성의 효율을 고려해 연구자가 디자인 라인을 수정하여 2차 가압 패넌 디자인을 진행하였다. 수정된 2차 디자인 또한 CLO 3D로 의상을 시뮬레이션하였다. 그 후, 의복압이 높게 형성되는 패넌에 대하여 10%를 기준으로 확대하며, BePred 프로그램으로 의복압 경계선을 재확인하고 다시 5% 수준에서 확대하거나 축소하며, 경계선 프로그램을 재확인하는 여러 번의 과정을 반복해 패넌 설계를 최적화하며 최종 확대율을 결정하였다. 또한 모든 체형에 대한 바디수트를 최종적으로 의복압 경계 추출 프로그램으로 확인하고 검증하였다.

```

script_class.m × Data3D.m × +
29     close all;clear
30
31     config = struct;
32
33     config.color = 'white';
34     config.groupNo = '5';
35     config.avatarNo = '3';
36     config.resultType = 'relPressure';
37     config.isDisplay = true;
38     config.isParallel = false;
39     config.colorRange = [0 8000];
40
41     config.params = Params.getParams(config.color);
42
43     numbers = ["3"];
44
45
46     %config.params.p = [1 0];
47
48

```

(a) 경계 추출 프로그램 실행화면



(b) 의복압 추출 프로그램 결과

[그림 4] 의복압 경계 추출 프로그램

3. 최종 디자인 설문평가 및 통계분석

본 연구에서는 연구 결과물로 도출된 바디수트의 패널 디자인과 디자인 프로세스에 대해 전문가를 대상으로 설문 평가를 실시하였다. 설문은 의류학 전공자 중 대학원을 이수 중이거나 이수한 자를 대상으로 이루어졌으며 14명이 응답하였다. 설문 기간은 2024년 11월 27~28일 이틀간, 온라인 구글 폼으로 제작하여 진행하였다. 가상착의 의복 압 추출 프로그램을 통해 체형별로 추출된 의복압 경계선 이미지와 가상착의 프로그램으로 만든 1, 2차 바디수트 패널 디자인을 보고 디자인의 심미성과 활용 가치 및 디자인 프로세스에 대한 검증 등의 요소를 파악하기 위한 문항을 설정하였다. 총 다섯 문항이며, ‘최종 디자인은 상업적 디자인으로 활용 가능성이 있다’, ‘최종 절개 패널의 디자인은 심미성이 있다’, ‘상체와 하체 패널의 디자인 라인은 서로 조화를 이룬다’, ‘연구자가 도출한 패널 디자인은 각각의 체형 특성이 반영되었다’, ‘연구자가 도출한 패널 디자인은 패턴 사이즈 조정, 다른 원단 배치 등 핏을 변화시킬 수 있다’이다. 응답자는 설문 문항에 대해서 리커트 5점 척도(1점: 매우 그렇지 않다, 2점: 그렇지 않다, 3점: 보통이다, 4점: 그렇다, 5점: 매우 그렇다)로 응답하도록 하였다. 설문 결과는 SPSS 22.0(IBM software, USA)을 이용해 평균과 표준편차를 구해 분석하였다.

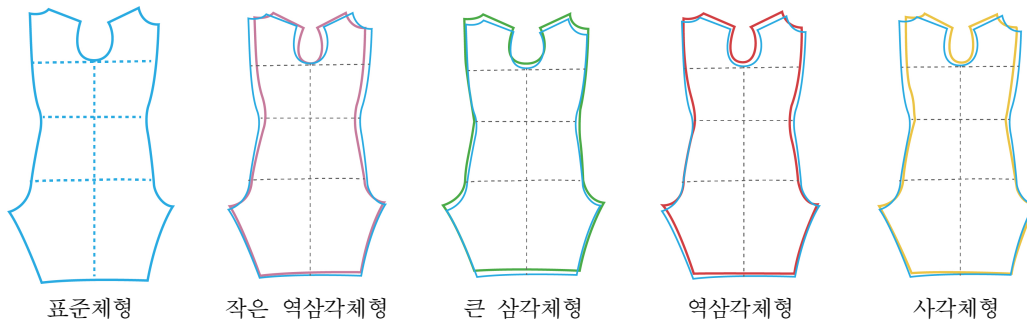
III. 연구결과

1. 4가지 체형에 대한 바디수트 패턴 설계

20대 여성의 4가지 체형별 표준 인체치수 데이터를 활용하여 민소매에 무릎길이의 밀착 바디수트 패턴을 설계하였다. 체형별 바디수트 패턴은 [그림 5]와 같다. 둘레 치수가 비교적 큰 편인 큰 삼각체형의 패턴이 가장 큰 패턴 면적을 보였으며, 가장 왜소한 작은 역삼각체형, 사각체형 순으로 작은 패턴 면적을 보였다. <표 3>에는 체형별 바디수트 패턴의 주요 치수를 나타내었다.

2. 3차원 가상착의 데이터 획득과 의복압 경계 추출

체형별로 바디수트 패턴을 아바타에 가상 착의한 형상은 <표 4>로, 이 데이터에서 각각 의복압 경계 추출에 필요한 3차원 데이터를 획득하였다. 의복압 경계선 추출은 바디수트를 상의와 하의로 구분해 경계선을 추출하였으며, 상의 디자인을 위해 1.2 kPa, 하의 디자인을 위해 2.4 kPa의 압력을 기준으로 하였다. [그림 6]에 보이듯, 표준체형의 상체는 앞면의 가슴과 뒷면의 견갑 부위에 경계선이 두드러지게 나타났고, 하체는 앞면보다 뒷면의 엉덩이 부위를



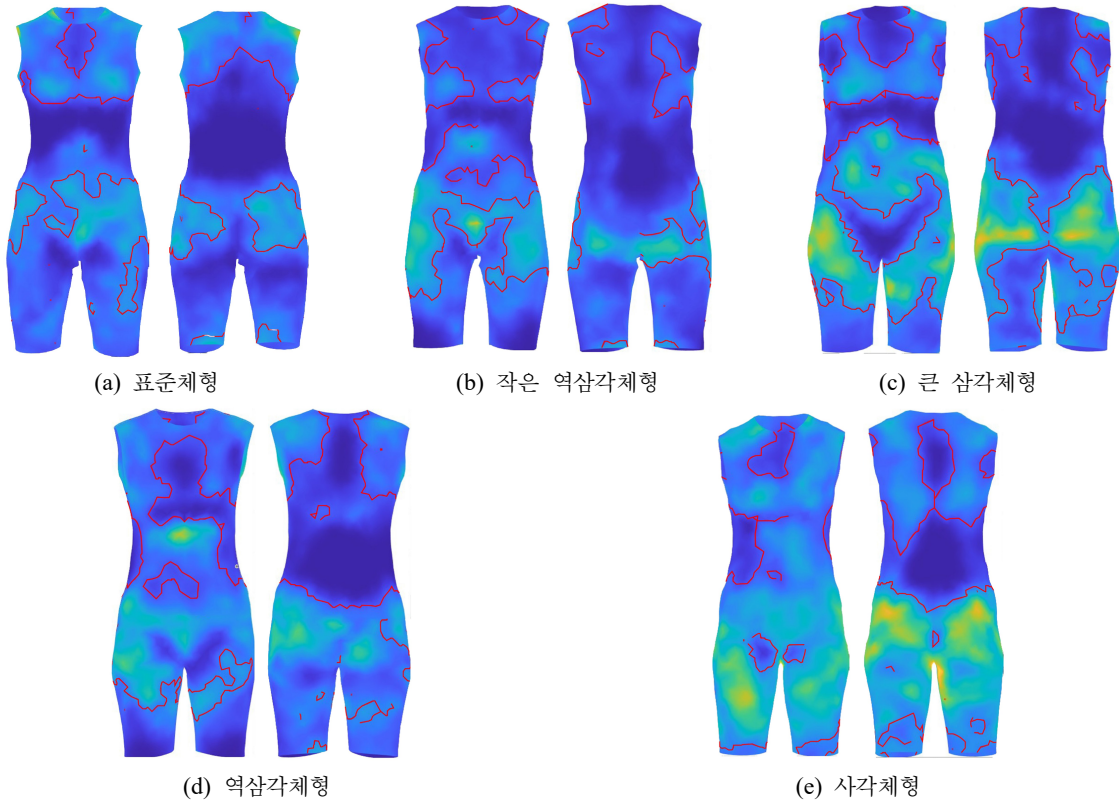
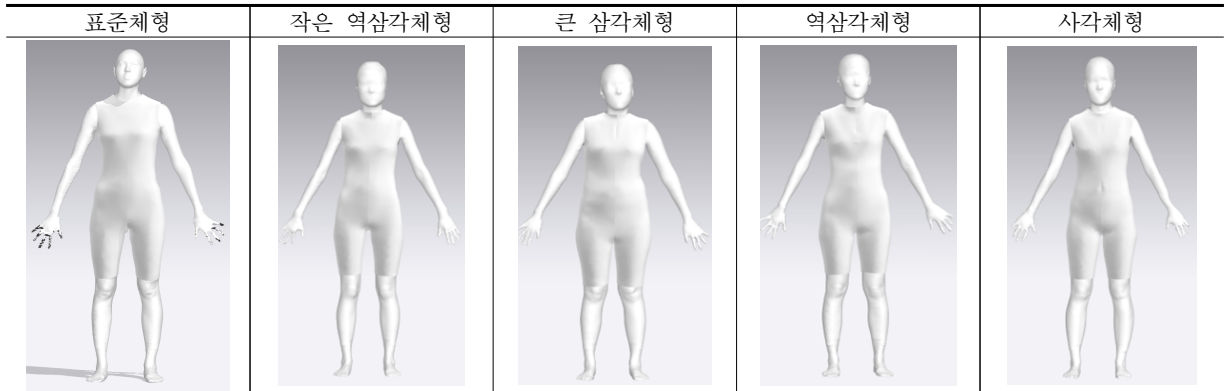
[그림 5] 체형별 바디수트 패턴과 표준체형 패턴과의 중첩도

<표 3> 체형별 바디수트 패턴의 주요 치수

단위:cm

	표준체형	작은 역삼각체형	큰 삼각체형	역삼각체형	사각체형
가슴둘레	81.7	74.4	83.0	76.5	74.9
허리둘레	68.6	61.3	71.9	63.1	61.5
엉덩이둘레	80.0	76.0	82.5	77.9	77.2
등길이	35.0	34.5	35.8	35.5	35.5
어깨너비	34.3	34.3	34.8	35.2	33.5
바지부리둘레	34.5	34.8	36.6	34.5	34.4

〈표 4〉 체형별 바디수트 가상착의 형상



〈그림 6〉 체형별 의복압 경계 추출 결과 (좌: 앞, 우: 뒤)

중심으로 폐곡선의 형태로 경계선이 추출되었다. 그러나 네 가지 체형에서는 표준체형과는 다소 다르게 전체적으로 상체는 가슴에서 어깨를 지나쳐 등 견갑골을 따라 앞뒤로 V자 모양의 압력이 가해짐을 알 수 있었다. 하체는 네 가지 체형 모두 옆 허벅지와 엉덩이 부분에 압력이 가해지는 모습이 나타났지만, 체형별로 복부 부분과 허벅지에 가해지는 압력 범위에서 차이가 있었다. 비교적 왜소한 체격의 작은 역삼각체형은 경계선이 폐곡선으로 이어지는 영역이 상

대적으로 가장 적게 나타났다. 큰삼각체형은 가슴둘레, 허리둘레 및 엉덩이둘레가 가장 커 가슴, 복부와 엉덩이 부위가 전체적으로 연결되는 경계선을 보였으며, 역삼각체형은 하체에 전반적으로 하체 골고루 의복압이 높게 분포되었다. 마지막으로 사각체형은 상체와 하체의 구분이 복부를 중심으로 의복압 경계 영역이 명확하게 구분 이어지는 형태를 보였다.

3. 가압 패널 디자인 라인 설계

체형별로 추출된 경계선을 근거로 1차 패널 라인을 디자인했으며, 봉제성과 심미성 등을 고려해 연구자가 수정한 2차 패널 라인을 최종적으로 디자인하였다.

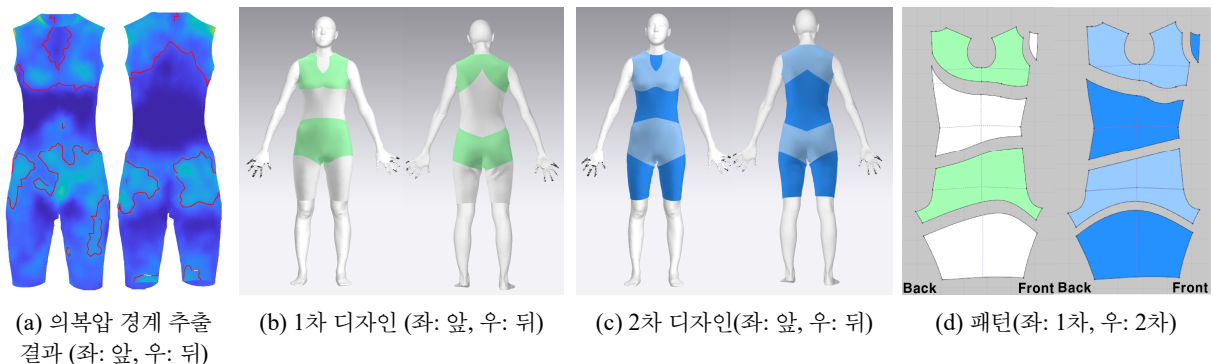
[그림 7]은 표준체형에 대한 의복압 경계선과 그에 따른 패널 디자인을 나타냈다. 표준체형은 명확하게 폐곡선으로 구분되었던 가슴, 견갑부와 둔부를 중심으로 1차 디자인을 완성하였다. 배 부위에도 폐곡선은 아니지만 의복압이 높은 구간으로 추출되어 이 부분도 패널로 형성하였다. 2차 디자인에서는 상체는 심미성을 고려해 패널의 영역을 아래로 확대했으며, 하체는 경계선 패널을 사선으로 수정하였다.

작은 역삼각체형으로부터 추출된 경계선을 근거로 [그림 8]과 같이, 상체는 어깨부터 가슴 중앙, 등 부위 견갑부를 하나의 패널로 분리하였고, 하체는 복부 부분에서 허벅지 옆면, 엉덩이까지 이어지는 패널로 분리하였다. 비교적 허리와 엉덩이에 작은 면적으로 가압 패널을 형성하였으며, 2차 디자인에는 앞 중심선과 뒤 중심선 부위의 오목하거나 볼록한 선의 봉제성을 고려해 앞판은 가슴 패널과

연결하고 뒤판은 완만하게 선을 수정하는 방식으로 최종 디자인을 완성하였다.

큰 삼각체형은 [그림 9]에서 보듯, 전면은 어깨로부터 가슴을 전반적으로 감싸는 형태의 경계 영역이 두드러졌으며, 뿐만 아니라 볼륨이 형성되는 복부와 허벅지 전면, 뒤 엉덩이 부분 등이 두드러지게 경계 영역으로 나타났다. 1차 디자인에서는 해당 영역을 따라 패널을 생성했으나, 2차 디자인 수정 시에는 복부에 복잡한 곡선을 직선화해 삼각 패널로 생성함으로써 생산성을 고려하였다.

역삼각체형의 경우, 다른 체형과 달리 하체의 전면과 후면 모두 넓은 영역의 패널을 완성하였다. 어깨와 가슴 중앙부를 분리하고, 복부 중앙과 앞 허벅지, 엉덩이 부분을 하나로 잇는 대형 패널 디자인을 1차로 디자인하였다[그림 10]. 작은 역삼각형 체형과 달리 뒤 견갑부를 중심으로 1.2 kPa 이상으로 분포되는 영역이 두드러지게 보여 해당 부위에 견갑을 감싸는 형태의 디자인 패널을 생성하였다. 전면에서는 전반적으로 복부와 허벅지 아래쪽에 2.4 kPa 이상의 압력을 보여 해당 부위를 감싸는 형식의 디자인 라인을 생성하였다. 2차 디자인에서는 봉제하기 어려운 곡선을 완만한 곡선 패널로 수정하였으며 전면 허벅지는 전체적으로



[그림 7] 표준체형 밀착 바디수트 디자인



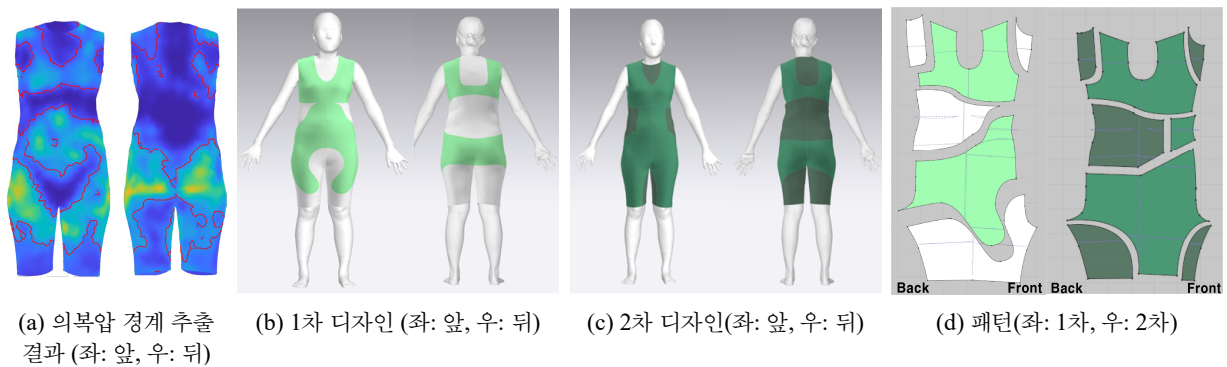
[그림 8] 작은 역삼각체형 밀착 바디수트 디자인

하나의 패넬로 구성하였다.

사각체형은 [그림 11]과 같이 경계선 추출 시 폐곡선으로 구성되는 인체 부위가 두드러지지 않았으나, 후반 중앙 부위와 다리 부위를 제외한 구역에 곡선형으로 패넬을 디자인하였다. 1차 디자인에서 뒷목에서 어깨와 견갑부를 얇은 패넬로 연결하였고 안쪽 허벅지에서 엉덩이 전체를 감싸는 형태의 패넬을 생성하였다. 2차 디자인 수정 시에는 복부에 복잡한 곡선을 직선화해 삼각 패넬로 생성함으로써 생산성을 고려하였다.

2차 디자인에서 압력이 높게 생성된 패넬은 위사 방향으

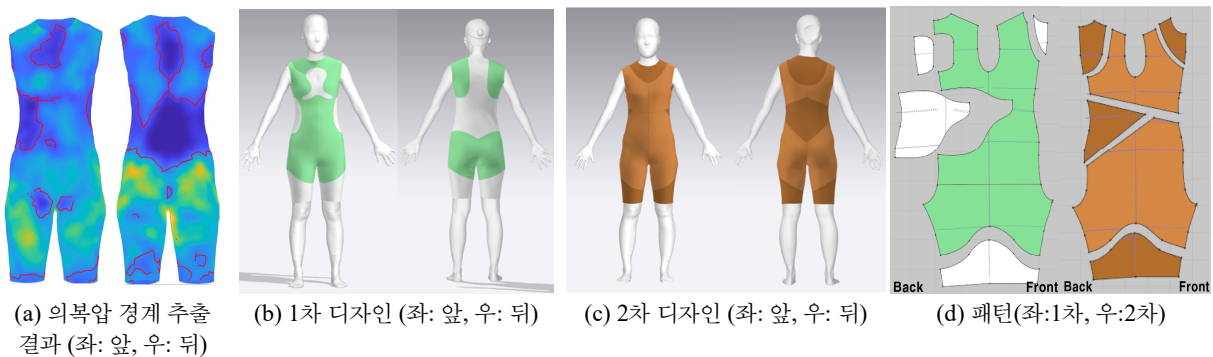
로 패넬을 확대하였다. 초기에는 10%를 기준으로 패넬을 확대한 후, 의복압 경계 프로그램을 재실행하고 5% 단위로 확대율을 높이거나 낮추며 최종 확대율에 도달하였다. 그 결과, [그림 12]와 같이 가슴과 견갑 부위는 표준체형 13%, 그와 유사하게 큰 삼각체형 12%, 역삼각체형 11%로 나타났으며, 작은 역삼각체형은 그보다 낮은 8%, 사각체형은 더 높은 15%로 나타났다. 하체의 배와 엉덩이 부위로 형성된 패넬의 경우 표준체형과 역삼각체형은 8%, 작은 역삼각체형은 10%, 큰 삼각체형과 사각체형은 각각 17%와 15%로 표준체형보다 더 크게 확대하였다. 표준체형과 달리 작



[그림 9] 큰 삼각체형 밀착 바디수트 디자인



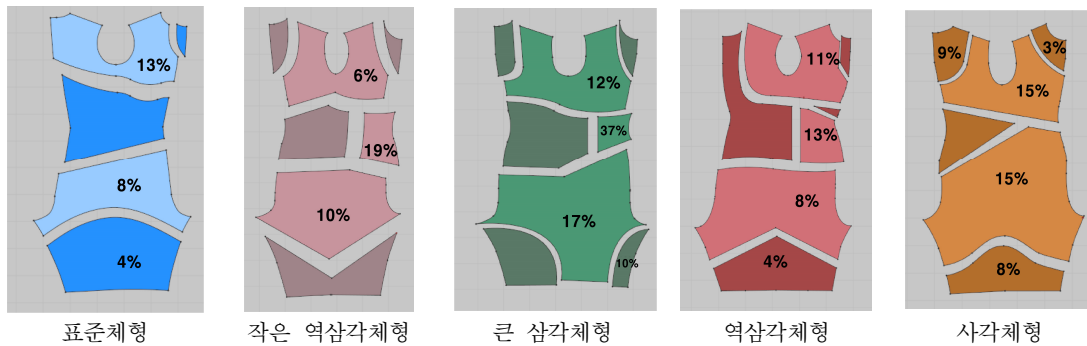
[그림10] 역삼각체형 밀착 바디수트 디자인



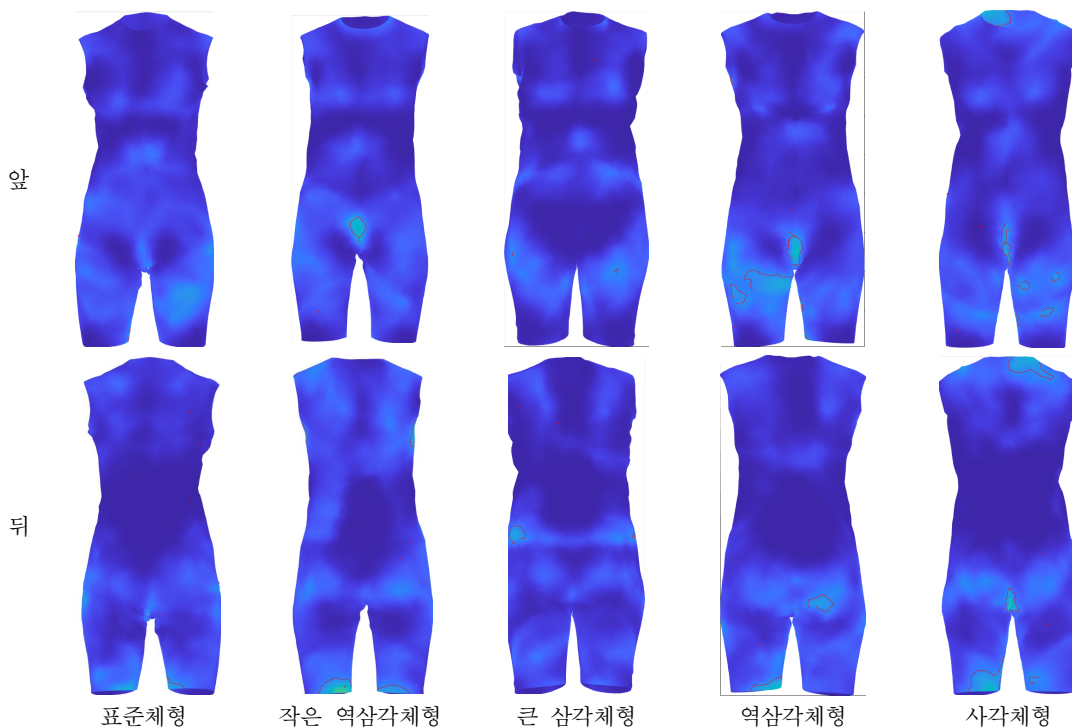
[그림 11] 사각체형 밀착 바디수트 디자인

은 역삼각체형, 큰 삼각체형, 역삼각체형은 모두 앞 허리 부위도 패널을 확대해야 의복압이 낮아졌으며, 하지의 작은 패널은 패턴을 블랜딩 하는 과정에서 4~10% 정도 수정이 필요했다. 사각체형만 유일하게 네크라인 주변의 패널에 대한 확대가 요구되었다. 결과적으로, [그림 13]과 같이 동일한 의복압을 입력했음에도 경계선이 추출되지 않았다. 이는 동일한 패턴 제도법으로 모든 체형에 대한 패턴을 제도하고, 동일한 원단 물성을 적용했음에도 불구하고 체형별로 의복압 분포와 수준이 달리 형성된다는 것을 알 수 있다. 뿐만 아니라 각각의 체형별로 패턴을 확대율도 제각각 부위별로 다르게 나타남을 확인하였다. 이러한 연구 결과

및 디자인 과정은 착용 전과 후의 의복압을 지속적으로 피드백하며 체형별로 최적의 압력 분포를 실현할 수 있다고 사료된다. 또한 정량적인 수치를 이용해 의복압 분포 컬러 맵핑 위에 선의 형태로 압력의 경계선을 추출함으로써 각 체형에 요구되는 디자인 패널 설계에 근거로 활용하였다. 결론적으로 체형은 밀착 의복의 핏과 의복압 분포에 주요하게 영향을 미치는 인자로 체형에 따라 핏 감각을 느끼는 부위와 수준이 다르다는 것을 의미한다. 이는 때에 따라 인체에 부담을 주는 압력으로 의복 착용에 불편함을 일으킬 수 있기 때문에 본 연구에서와 같이 압력을 미리 가상착의 데이터로 확인하고 디자인 가압 패널 라인을 설계하는 것



[그림 12] 최종 패턴 위사 방향 확대율



[그림 13] 체형별 최종 경계선 추출 및 의복압 분포

은 실질적으로 의류 산업현장의 효율성과 고객의 맞춤새 향상에 기여할 수 있을 것으로 사료된다. Li et al.(2021)은 단계적 가압 밀착 바지 디자인을 위해 하지의 주요 포인트에 에어팩(air pack) 타입의 센서를 이용한 압력 측정을 통해 전체적인 의복압 분포를 확인하고, 패턴 설계를 조정해 디자인 반복 최적화를 수행한 바 있다. 다만, 이 경우 하지 전반의 의복압을 측정하지 못하고 특정한 지점(point)에 대한 관찰이라는 한계가 있다. 성옥진, 김숙진(2015)의 연구에서는 고령의 비만 여성의 세 가지 체형에 대해 각각 인체치수를 적용해 패턴을 설계하고 3D 가상착의의 의복압 분포 이미지를 통해 핏을 점검해 최종 패턴을 결정하였다. 이 연구는 전통적인 의복 구성한 연구방법론으로 1차 가봉 후 패턴 설계를 조정하는 것을 3D 가상착의를 적용한 것이다. Kim과 Chun(2016)의 여자 청소년용 길원형 패턴 연구에도 동일한 방법론으로 연구된 바 있다. Kim과 Oh(2023) 또한 CLO 3D를 사용하여 사이클링용 무릎 보호대의 3D 압력 분포를 가상 시뮬레이션하고, 실제 착용 및 자전거 주행 시 압력 변화를 분석했다. 그러나 본 연구는 디자인 프로세스에서 의복압 분포를 점검하고 디자인 패턴을 설계함으로써 디자인 결과에 대한 예상되는 문제를 미리 발견하고 선조치하는 효율적인 연구 방법론이라고 할 수 있다.

4. 설문조사 결과

본 연구의 디자인 프로세스와 디자인 결과물에 대하여 전문가들의 주관적 설문 평가 결과는 <표 5>에 나타내었다. 바디수트의 가압 패넬에 대한 설문조사 결과 디자인의 활용 가치에 대한 평가는 4.21점, 심미성 4.07점, 상·하체 패넬의 디자인 라인 조화는 3.86점 긍정적인 평가를 받았다. 본 디자인 프로세스 측면에서 바디수트의 패넬 디자인에 체형 특성을 반영하는가에 대한 문항에는 4.14점, 패넬 별 패턴 치수 및 원단 조정으로 핏 변화의 가능성에 대해서는 4.21점으로 긍정적인 평가를 받았다.

<표 5> 전문가 설문조사 결과

문항	Mean	(S.D)
1. 최종 디자인은 상업적 디자인으로 활용 가능성이 있다.	4.21	(0.58)
2. 최종 절개 패넬의 디자인은 심미성이 있다.	4.07	(0.47)
3. 상체와 하체 패넬의 디자인 라인은 서로 조화를 이룬다.	3.86	(0.86)
4. 연구자가 도출한 패넬 디자인은 각각의 체형 특성이 반영되었다.	4.14	(0.86)
5. 연구자가 도출한 패넬 디자인은 패턴 사이즈 조정, 다른 원단 배치 등 핏을 변화시킬 수 있다.	4.21	(0.80)

IV. 결론

본 연구는 한국인 20대 여성의 대표적인 4가지 체형에 대하여 밀착 바디수트 맞춤형 디자인 패넬을 설계하고자 하였다. 특히, 3D 의복압 분포상에 의복압이 불쾌감을 유발하는 특정 임계값을 초과하는 부위를 추출하고, 해당 부위에 디자인 패넬을 적용하는 방식을 도입함으로써 체형 특이성을 고려한 디자인을 실현하였다. 이와 같은 디자인 접근은 체형에 민감한 밀착 의복의 핏을 사전에 점검하고 조정함으로써, 보다 향상된 착용감과 기능성을 갖춘 맞춤형 의류 개발에 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 연구 결과를 정리하면 다음과 같다.

첫째, 4가지 체형에 대한 대표 치수를 기반으로 밀착형 바디수트 패턴을 설계한 결과, 체형별로 패턴 면적에 차이가 나타났다. 이를 바탕으로 상의 1.2 kPa, 하의 2.4 kPa를 기준으로 경계를 추출한 결과, 모든 체형에서 옆 허벅지와 엉덩이 부위에 2.4 kPa 이상의 압력 영역이 형성되었다. 그러나 상체와 하체 모두에서 각 체형의 경계 면적과 형태는 상이하게 나타났으며, 특히 큰 역삼각형과 사각형 체형에서는 가슴, 복부, 허벅지에 곡률이 뚜렷한 압력 구역이 형성되는 것이 확인되었다.

둘째, 추출된 경계선을 바탕으로 연구자는 1차 가압 패넬을 설계하고, 봉제 효율성을 고려하여 2차 디자인으로 수정하였다. 이 과정에서 곡률이 큰 패넬은 직선 또는 완만한 곡선 형태로 단순화되었다. 모든 체형에서 네크라인 아래, 옆·뒤 허리, 뒤 허벅지 부위에는 약한 압력의 패넬이 형성되었고, 어깨에서 가슴, 견갑부, 복부, 엉덩이 등에는 체형에 따라 면적과 형태가 상이한 강한 압력의 패넬이 나타났다. 이러한 강한 압력의 패넬에 대해서는 패턴의 치수를 조정하거나 신축성이 더 큰 소재를 배치함으로써 압력 수준을 조절할 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구에서 도출한 디자인 결과물과 디자인 프로세스에 대해 전문가 설문을 실시한 결과, 전반적인 타당성이 검증되었다. 디자인의 활용 가능성에 대한 평가, 심미성,

체형 특성 반영, 핏 변화 가능성 등의 문항에 대체로 4점(그렇다) 이상의 긍정적인 응답이 확인되었다.

결론적으로 본 연구는 한국인 20대 여성의 대표 체형을 바탕으로 3D 의복압 데이터를 활용한 밀착 바디수트 설계 프로세스를 제안하였다. 체형별로 상이하게 나타난 의복압 경계 임계값을 기반으로 봉제 효율성을 고려한 최종 디자인을 도출하였으며, 전문가 평가를 통해 그 설계 과정과 결과의 타당성을 검증하였다. 이러한 체계적 접근은 가상 시뮬레이션 기반의 개인 맞춤형 밀착 의복 개발에 실질적인 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다. 또한, 본 연구에서 제안한 설계 프로세스는 의복압에 민감하게 반응하는 메디컬 의류, 보호복, 스포츠웨어 등 고기능성 밀착 의복 제품군의 디자인에 활용 가능성이 있다. 다만, 본 연구는 의복압에 영향을 미치는 원단 물성과 의복압의 임계값을 단일 조건으로 제한하여 적용하였다는 점 및 디지털 데이터로만 진행했다는 한계가 있다. 향후 연구에서는 다양한 원단의 물성 및 임계값을 반영한 연구뿐 아니라 실물 의복 제작 및 평가를 통해, 다각적으로 본 디자인 방법론의 실효성을 관찰함으로써 더욱 타당성 있는 연구 결과를 도출할 수 있을 것이다.

주제어: 체형, 밀착 바디수트, 디자인 패널, 의복압 경계선, 3D 의복압 분포

REFERENCES

- 권미연, 최솔아, 김주혜(2021). 코르셋 타입 하네스의 신체 하중압력 분포 측정 및 가상착의 적용. *한국의상디자인학회지*, 23(3), 1-10.
- 박소영, 김남임, 홍경희, 이예진(2021). 시판 요가용 브라담 착용 시 50~60 대 여성의 의복압 및 혈류와 주관적 반응. *한국의류학회지*, 45(4), 586-597.
- 백윤정, 최정화(2008). 탄성 압박 밴드를 이용한 인체 부위별 의복압 가압 수준에 관한 연구. *한국의류학회지*, 32(10), 1651-1658.
- 사이즈 코리아(2023), 한국인 체형 분류. <https://sizekorea.kr/human-info/body-shape-class/std-body-size>에서 인출.
- 성옥진, 김숙진(2015). 실버 의류산업 활성화를 위한 노년비만여성의 체형연구. *복식문화연구*, 23(5), 755-767.
- 정연희(2016). 3D 가상착의를 통한 모터사이클팬츠 패턴 개발. *한국생활과학회지*, 25(2), 207-225.
- 차수정(2024). 엉덩이가 큰 여성의 바지 패턴 연구-허리둘레와 엉덩이둘레 차이 27cm 이상을 중심으로. *한국의류학회지*, 48(4), 756-773.
- 황진희, 이윤아, 지승현, 김선희(2023). 점진적 컴프레션 및 유연면상발열을 통한 혈액순환 개선 여성 레깅스 프로토타입 개발 및 평가. *한국의상디자인학회지*, 25(3), 53-67.
- Brubacher, K., Tyler, D., Apeageyi, P., Venkatraman, P., & Brownridge, A. M. (2021). Evaluation of the Accuracy and Practicability of Predicting Compression Garment Pressure Using Virtual Fit Technology. *Clothing and Textiles Research Journal*, 41(2), 107-124.
- Cole, J. (2016). *Patternmaking with Stretch Knit Fabrics*. New York: Fairchild Books.
- Kim, D., & Chun, J. (2016). Adolescent Girls' Bodice Pattern Fit Using the 3-Dimensional Virtual Clothing System. *Family and Environment Research*, 54(3), 279-292.
- Kim, H. Y., & Oh, K. W. (2023). Cycling knee brace design analysis using 3D virtual clothing program to assess clothing pressure distribution and variance. *Fashion and Textiles*, 10(1), 36.
- Lee, J., & Do, W. (2023). Clothing pressure analysis of commercial women's leggings for applying medical compression classes. *Fashion and Textiles*, 10(1), 8.
- Li, H., Wang, Y., & Chen, Z. (2021). Evaluation on the pressure distribution and body-shaping effectivity of graduated compression shaping pants. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 33(2), 153-162.
- Mitsuno, T., & Kai, A. (2019). Distribution of the preferred clothing pressure over the whole body. *Textile Research Journal*, 89(11), 2187-2198.
- Mitsuno, T., & Yanagisawa, A. K. (2022). Comfortable pressure feeling and clothing pressure on abdomen. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 34(1), 110-118.
- Sun, J., & Song, X. (2018). Effects of clothing pressure on blood circulation during gymnastics sport. In *2018 9th International Conference on Information*

- Technology in Medicine and Education*(pp. 780-784). Hangzhou, China.
- Teyeme, Y., Malengier, B., Tesfaye, T., Vasile, S., & Van Langenhove, L. (2023). Fit and pressure comfort evaluation on a virtual prototype of a tight-fit cycling shirt. *AUTEX Research Journal*, 23(2), 153-163.
- Youn, S., Zhan, S., & Mathur, K. (2024). Advanced Virtual Fit Technology for Precision Pressure Application in Medical Compression Waistbands. *Applied Sciences*, 14(22), 10697.

Received 04 July 2025;

1st Received 07 August 2025;

Accepted 11 August 2025