

3차원 셰이핑 기술을 활용한 스포츠 브라지어 개발

김소영[†]

충남대학교 의류학과

Development of Sports Brassiere Pattern Using 3D Shaping Technology

Soyoung Kim[†]

Dept. of Clothing & Textiles, Chungnam National University, Daejeon, Korea

Abstract: This study used 3D technology to develop a multi-functional sports brassiere with increased comfort and fit that can be worn as a base layer during exercise or as underwear. A 75A size industrial lingerie figure was used to develop a standard pattern. 3D tools for scanning and pattern making, such as Vivid 910, Geomagic Design X, 2C-AN and Yuka CAD were used. The sports brassiere was designed as a tank top style with dual structure and linings attached to a pad utilized with a sport brassiere mold cup. 3D outer and lining's pattern was differently developed in consideration of the body's curvature with pad's shape and structure. Shoulder and neck part reduction rates were adjusted to increase the neck areas fit that considered the nude pattern's structure due to uncomfotableness felt by wearers who were uncomfotable with the neck areas fit on existing brand products. The reduction rate was also set differently on each part. For example, the reduction rate on outer side panel was set strongly to increase the breast's volume. Two products, developed by a 3D sports brassiere and previously released product, were worn on 8 subjects in their 20's to evaluate fit, comfort, and purchase preferences. The evaluation proved that newly developed 3D products were superior to comparative products. The results of the clothing pressure measurement indicate that the newly developed sports brassiere's front part had less pressure on upper bust and shoulder areas compared to comparative products as well as showed less pressure on the back side, which shows improved wearing comfort compared to comparative products.

Key words: sports brassiere (스포츠 브라지어), 3D technology (3차원 테크놀로지), dual structure (이중구조), reduction rate (축소율), clothing pressure (의복압)

1. 서 론

스포츠웨어는 착용감과 활동성이 좋아야하며 운동의 효과를 증진하기 위해서는 다양한 측면에서 연구가 이루어져야 한다. 스포츠 브라지어의 경우는 외관의 디자인은 미적인 측면뿐 아니라 기능성과 밀접하게 연관되어 있다. 스포츠 브라지어는 용도에 맞는 피트니스가 있어야 할 뿐 아니라 운동 시 출렁이는 가슴이 잘 지지되어 동작에 의한 불편함이 없도록 해야 하며 착용감도 좋아야 한다. 이와 관련하여 먼저 피트니스를 위한 가슴의 형태 분석은 국내외에서 많이 진행되어왔다(Choi et al., 2013; Kim et al., 2009; Kweon & Sohn, 2011; Nam et al., 2002; Yi & Choi, 1995; Yi & Nam, 2018). 최근에는 3차원 스캐너로 스캔한 가슴의 형상에 대한 분석과 분류화(Lee, 2003;

Pei et al., 2019a)가 이루어진 바도 있다. 브라지어 착용 후 변화되는 가슴 형상에 대하여 Pei et al.(2019b)은 누드 바디와 소프트 브라지어 및 몰드 브라지어를 착용하였을 때의 가슴 형상의 변화를 브라지어의 의복압과 관련하여 3차원 콘투어 맵으로 형상화하기도 하였다. 나아가 운동 시 흔들리는 가슴의 궤적은 3차원 모션 캡처를 이용하여 분석되기도 하였으며(Zhou et al., 2012), Jang et al.(2013)은 운동 시 스포츠 브라지어의 스타일과 속도에 따른 진동특성을 분석하였다.

스포츠 브라지어의 디자인과 직접 관련된 연구로 Bowles et al.(2005, 2008)은 운동 시 스포츠 브라지어를 착용하는 것이 운동 능력을 향상시키며 특히 가슴윤곽선을 따라 감싸는 인캡슐레이션(Encapsulation) 디자인이 운동 시 가슴의 진동 및 동작으로 인해 야기되는 불편함을 효과적으로 감소시켜 준다고 하였다. McGhee et al.(2013)은 가슴의 볼륨과 운동 시 스포츠 브라지어에 생기는 물리력과의 관계를 측정하여 운동에 용이한 스포츠 브라지어의 디자인을 제시한 바도 있다. Zhou et al.(2013)의 연구에서는 시판 스포츠 브라지어를 분석하여 효과적인 디자인을 제시하고자 하였는데, 이때 착용감에 영향을 미치는 스포츠 브라지어의 설계 요소들은 앞중심높이, 어깨끈의 폭, 옆목높이, 옆선길이 등이 있었다. 이들 요소 중 앞중심높이

[†]Corresponding author; Soyoung Kim
Tel. +82-42-821-7804, Fax. +82-42-821-8887
E-mail: sosokimgo@gmail.com

© 2019 (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.

높고 전면에 프린세스 라인이 있는 스타일이 진동감소 효과가 있는 것으로 나타났다(Jang et al., 2013). 브라지어 패턴에 관한 연구로 최근 유방확대 여성을 위한 브라지어 패턴 연구(Sohn & Yi, 2017), 20-30대 여성용 브라지어(Cho & Kim, 2008; Min et al., 2016)가 발표되었고 빈약 여성을 위한 브라지어 몰드 개발을 위한 연구도 발표되었다(Lee, 2007). Shin et al.(2016)은 3차원 가상착의를 활용하여 여러 가지 제도법 별로 브라지어 패턴들 사이에 차이가 있는지를 분석하였다.

최근 스포츠 붐에 따라 스포츠 브라지어에 관한 관심이 높아지고 있으나 아직까지 브라지어에 대한 착용감은 만족할 만한 수준은 아니다. 착용 시 불편함을 야기하는 디자인 요소에 대한 Bowles et al.(2012)의 설문조사 결과 착용자의 연령과 가슴 크기에 상관없이 어깨끈의 형태와 흘러내림 및 파고들어 어깨를 압박하는 것이 착용을 기피하게 되는 주요인인 것으로 나타났다. 어깨끈에 대한 문제점이 부각된 것은 오래되었는데 Silva(1986)에 의하면 어깨끈의 형태와 압박정도에 의하여 어깨 부위에 가해지는 압력이 커지면 목과 어깨 및 팔의 통증을 유발할 수도 있어 이에 대한 적절한 조치가 필요하다고 하였다. 스포츠 브라지어의 밑가슴둘레 밴드에 대한 연구에서도 의복압이 지적되었다. Lee et al.(2019)은 스포츠 브라지어 밴드의 압력에 따른 압박감을 측정하였는데 위치에 따라 가슴아래 부위 압력이 가장 낮고 옆과 뒷부분의 압력은 높은 것으로 나타나 착용 쾌적성 향상을 위한 개선이 필요하다고 하였다. 하지만 윗가슴 부분의 압력은 폐의 불륨과 관련되고 호흡을 제한할 수 있으므로 적절한 사이즈가 고려되어야 한다고 하였다.

이와 같이 브라지어에 대한 연구는 다양한 측면에서 많이 이루어져왔으나, 어깨끈이나 가슴 부분, 밴드 부분의 압력 조절 등은 아직도 다양한 소비자들이 만족할 만한 수준에 이르지 못한 실정이다. 또한, 스포츠 브라지어를 실제 개발하기 위한 3차원 인체 특성과 소재의 신축성을 디자인 및 패턴 개발과 연계한 연구는 제한적이다. 근래에는 개인의 가슴 형상이 각각 다름에서 오는 불편함을 해소하기 위하여 맞춤형 브라지어 시장이 확대되고 있는 실정이다. 인체를 스캔하고 이를 활용할 수 있는 3차원 기술은 맞춤형 스포츠 브라지어를 디자인하고 제작하는 데 유용할 것으로 보인다. 이에 본 연구에서는 3차원 기술을 활용하여 인체형태에 잘 피트하면서 불륨을 잘 살려주며 동작 시 가슴을 안정적으로 지지하여 전반적인 착용감이 좋은 범용성 스포츠 브라지어를 개발하고자 하였다. 특히 윗가슴과 어깨끈 부위의 압력을 감소시켜 착용감을 향상하여 운동 시 베이슬레이어로 착용하거나 평상시에도 이너웨어로 착용할 수 있는 다기능 스포츠 브라지어의 제작방법에 대한 연구를 실시하였다.

2. 연구 방법

2.1. 연구대상

표준 사이즈의 다기능 스포츠 브라지어를 개발하기 위하여 Fig. 1(a)에서와 같이 산업용 75A 사이즈의 여성용 란제리 인

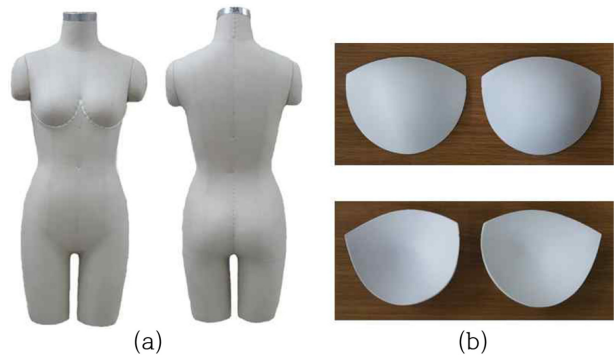


Fig. 1. The 75A size industrial lingerie figure(a) and the full size mold cup(b).

대를 사용하였다. 인대의 사이즈는 가슴둘레 85.0cm, 밑가슴둘레 75.0cm, 허리둘레 64.0cm, 엉덩이둘레 90.0cm이었다. 스포츠 브라지어 패드는 Fig. 1(b)와 같이 75A 사이즈의 비절개형 반달형 몰드컵을 사용하였다.

2.2. 3차원 Tool을 이용한 패턴 개발

3차원 형상을 이용하여 스포츠 브라지어를 제작하는데 사용된 방법은 다음과 같다. 3D 스캐너(Konika Minolta VIVID 910, Japan)를 이용하여 산업용 표준 사이즈 인대를 스캔하였다. 3차원 스포츠 브라지어 디자인 및 패턴은 스캔한 인대 형상을 Geomagic Design X(3D Systems, Korea) 프로그램으로 불러온 다음 3차원 형상의 평균 곡률(Mean curvature)과 서피스(Surface) 정보를 이용하여 메쉬 형상 위에 3D 메쉬 스케치(3D mesh sketch) 툴을 이용하여 디자인 라인을 형성하였다. 다음으로 메쉬 툴에서 트림(Trim by curve) 기능으로 인대의 3차원 표면을 디자인 라인에 따라 분할하고, 각각의 분할된 면을 정렬하여 3D 형상을 2D 패턴으로 변환할 수 있는 2C-AN 프로그램으로 연결하였다. 2C-AN 프로그램 내에서 Triangle Simplification에 의하여 2차원으로 평면화한 패턴은 Yuka CAD(Youth hitech, Japan) 프로그램으로 다시 보낸 다음 누드 패턴으로 조합하였다. 원단의 신장율을 ASTM D 2594의 방법에 준하여 Ziegert and Keil(1988)의 방법으로 측정하고 적용 신장율을 패턴에 반영하여 축소 패턴 및 시제품을 제작하였다.

2.3. 주관적 착용감 평가

개발된 3차원 스포츠 브라지어와 디자인이 유사한 기준에 출시되었던 제품 2종에 대하여 20대 여성 피험자 8인을 대상으로 착용감 평가를 실시하였다. 피험자는 7차 Size Korea (Korean Agency for Technology and Standards [KATS], 2015)에서 제시한 20대 여성의 평균과 표준편차(키: 160.9±5.1cm, 몸무게: 55.7±9.4kg, 가슴둘레: 84.4±7.2cm, 젖가슴아래둘레: 73.7±5.9cm, 허리둘레: 71.6±7.6cm, 엉덩이둘레: 92.9±6.1cm)를 기준으로 표준편차 범위에서 선정하였으며 치수는 Table 1과 같다.

주관적 착용감 평가항목은 피트성과 착용감, 구매의사 등이

Table 1. Body dimensions of 8 female subjects in their 20s

(Unit: cm)

| | Height | Weight (kg) | Bust circumference | Under bust circumference | Waist circumference | Hip circumference |
|---------------|--------|-------------|--------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|
| 1 | 163.0 | 54.0 | 81.5 | 71.0 | 64.4 | 91.0 |
| 2 | 163.0 | 52.8 | 83.0 | 73.5 | 65.0 | 91.0 |
| 3 | 153.0 | 52.0 | 83.2 | 72.0 | 68.0 | 88.0 |
| 4 | 159.4 | 48.2 | 77.8 | 67.8 | 64.0 | 87.3 |
| 5 | 165.0 | 52.6 | 79.5 | 69.8 | 65.0 | 87.0 |
| 6 | 162.0 | 60.0 | 87.7 | 77.5 | 73.0 | 99.0 |
| 7 | 155.0 | 48.0 | 85.3 | 73.0 | 65.3 | 87.5 |
| 8 | 166.0 | 46.4 | 80.5 | 69.0 | 64.0 | 87.0 |
| <i>M</i> | 160.8 | 51.8 | 82.3 | 71.7 | 66.1 | 89.7 |
| (<i>SD</i>) | (4.7) | (4.3) | (3.2) | (3.1) | (3.1) | (4.1) |

있고 리커트 11점 척도로 평가하였다. 피트니스는 몸에 잘 맞을수록(0: 매우 그렇지 않다~10: 매우 그렇다), 착용 쾌적감의 정도에 따라(0: 매우 그렇지 않다~10: 매우 그렇다), 구매 선호도는 실제 구입하여 운동 시 착용하고 싶을수록(0: 매우 그렇지 않다~10: 매우 그렇다) 점수를 높게 설정하였다. 2종의 스포츠 브라지어에 대한 주관적 착용감의 차이에 대하여 SPSS Statistics 22.0을 이용하여 대응표본 *t*-검정을 실시하였다.

2.4. 의복압 측정

새로 개발된 제품과 기존 제품 2종의 스포츠 브라지어를 표준 사이즈의 인대에 착용한 다음 AMI 3037-2(AMI Techno, Co, Ltd, Japan)를 이용하여 의복압을 측정하였다. 의복압 측정 부위는 Fig. 3과 같으며 밑가슴둘레 위치 앞중심 접밴드(P1), 윗가슴(P2), 밑가슴둘레 위치 곱하단 접밴드(P3), 옆선 상부(P4), 밑가슴둘레 위치 옆선 하단 접밴드(P5), 어깨끈(P6), 밑가슴둘레 위치 뒤중심 접밴드(P7), 견갑(P8) 등의 8부위에서 측정하였다.

3. 결과 및 논의

3.1. 다기능 스포츠 브라지어의 3차원 디자인과 패턴

3차원 도구를 활용한 다기능 스포츠 브라지어의 디자인과 패턴은 3차원 형상과 전개된 2차원 패턴의 특성을 반영하여 단

계적으로 개발되었다. 3차원 스캔된 표준 인대 상에 3차원 틀을 이용하여 디자인 라인을 형성하기 위하여 먼저 형상의 곡률 분포를 살펴보았다. 가공을 하지 않은 오리지널 형상의 평균 곡률(Mean curvature)을 살펴보면 Table 2(a)에서와 같이 어떤 특징이 보이지 않는 것을 알 수 있었다. 곡률분포를 명확하게 하기 위하여 Geomagic Design X(3D Systems, Korea) 프로그램 상에서 리메쉬(Remesh)와 옵티마이즈(Optimize) 과정을 거친 결과 Table 2(b)와 같이 경계가 생기는 것을 알 수 있었다. 디자인 라인을 위한 경계의 분포가 더욱 명확해 지도록 옵티마이즈(Optimize)한 형상을 오토-서피스(Auto-surface) 기능을 이용하여 Table 2(c)와 같이 서피스(Surface)를 생성하였다. 다음으로 평균 곡률(Mean curvature)과 서피스(Surface)를 접친 후 3D 메쉬 스케치 기능을 이용하여 Table 2(d)와 같이 디자인 라인을 형성하였다. 이때 안감에 부착되는 패드의 형상과 착용 시의 위치와 형태를 고려하여 적절하게 라인을 조절해 가며 디자인하였다.

겉감 개발을 위한 첫 번째 단계로 Fig. 4와 같이 앞면 패턴을 옆선이 있는 한 장으로 전개하였다. Fig. 4(a)의 3차원 형상으로부터 전개한 평면 패턴은 Fig. 4(b)와 같이 가슴의 다트를 골고루 분산한 형태로 매니플레이션 하였다. 이때 3차원 형상에서의 면적은 384.8cm², 평면 패턴의 면적은 360.5cm²이었고, 두 면적간의 차이는 24.3cm², 오차는 6.3%이었다. 개발된 패턴으로 샘플을 제작하여 착용한 결과는 Fig. 4(c)와 같다. 그림상의 붉은색 타원으로 표시된 밑가슴 부분에 주름이 많이 생기

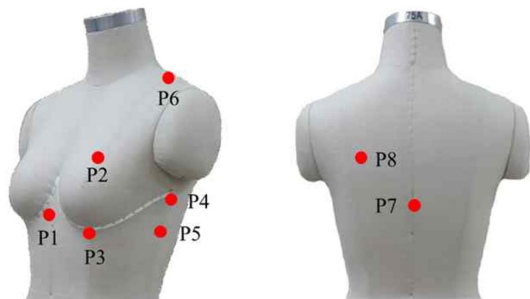


Fig. 3. Clothing pressure measurement points(P1~P8) on the lingerie figure.

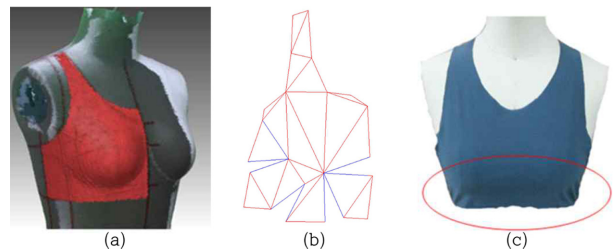
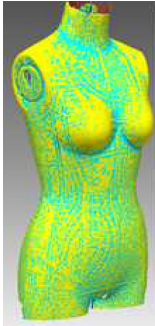
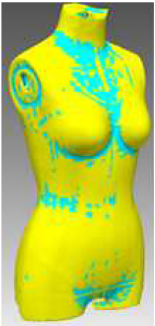
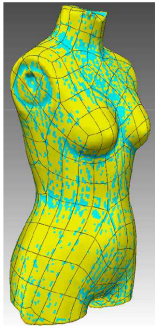
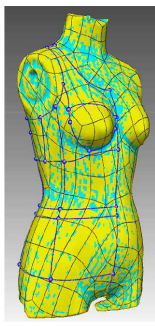
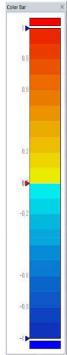


Fig. 4. The 1st step of 3D sports brassiere design with side seam(a) and flattened 1 piece front pattern(b). It was shown that wrinkles in the under bust(c).

Table 2. Creating the new design line with 3D mesh sketch using mean curvature and surface from optimized mesh on the 3D scanned original body

| | (a)Original | (b)Optimize | (c)Surface | (d)3D mesh sketch | |
|----------------|---|---|---|---|---|
| Mean curvature |  |  |  |  |  |

는 것으로 나타나 절개선이 있는 디자인으로 수정하였다.

걸감 개발의 두 번째 단계는 밀착성을 향상시키기 위하여 Fig. 5(a)와 같이 앞면에 절개선을 형성한 다음 Fig. 5(b)와 같이 패턴을 전개하였다. 이때 3차원 형상에서의 면적은 263.3cm², 평면 패턴의 면적은 255.1cm²이었고, 두 면적 간의 차이는 8.2cm², 오차는 3.1%이었다. 3차원 형상과 전개 패턴 간의 오차는 줄었지만 두 번째 디자인의 경우에도 Fig. 5(c)에서와 같이 밑가슴 부분에 주름이 생기는 것을 알 수 있었다.

걸감 개발의 세 번째 단계에서는 Fig. 6에서와 같이 절개선의 디자인을 젓가슴의 형태와 평균 곡률을 고려하여 부드럽게 수정하였다. Fig. 6(a)에서의 수정된 3차원 형상의 면적은 273.2cm², Fig. 6(b)에서의 평면 패턴의 면적은 266.1cm²이었고, 두 면적

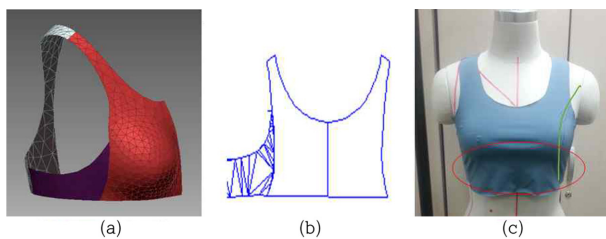


Fig. 5. The 2nd step of 3D sports brassiere design with princess line(a) and flattened 2 pieces of front pattern(b). The second sample also shows wrinkles in the under bust(c).

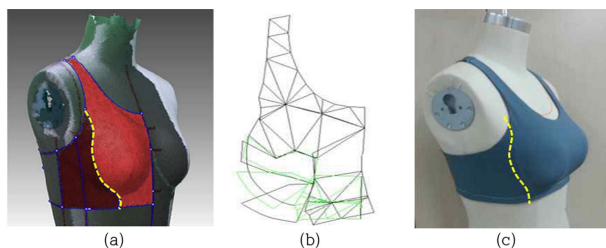


Fig. 6. The 3rd step of 3D sports brassiere design with modified cutting line(a) and flattened front pattern(b). In the case of 3rd sample, the fit of modified section at front panel was improved compared to the 1st and 2nd steps(c).

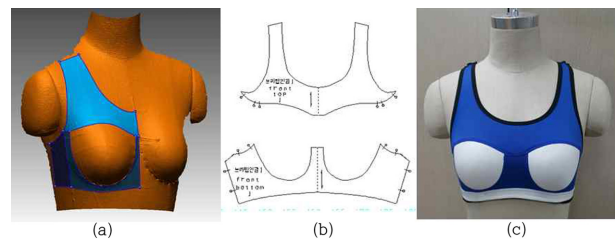


Fig. 7. Lining design considering the mold cup(a) and flattened two pieces of lining pattern(b). The lining sample attached full size mold cup (c)

간의 차이는 7.1cm², 오차는 2.6%이었다. 샘플을 제작하여 착용한 결과 Fig. 6(c)과 같이 수정된 절개선에 의하여 피트성이 향상된 것을 알 수 있었다.

안감의 경우 Fig. 7(a)에서와 같이 반달형 몰드의 크기에 맞게 위치를 선정한 다음 안감 라인을 디자인하여 Fig. 7(b)와 같이 평면 패턴으로 전개하였다. 안감의 샘플을 Fig. 7(c)와 같이 제작하여 착용한 결과 인대에 잘 피트되는 것을 알 수 있었다.

3.2. 다기능 스포츠 브라지어의 최종 디자인

3차원 상에서 디자인하고 패턴 전개를 한 다음 샘플을 제작하여 피트성이 향상될 수 있도록 피드백 과정을 거쳐 완성된다. 기능 스포츠 브라지어의 최종 디자인은 다음과 같다. Fig. 8(a)에서와 같이 라운드 네크라인과 레이저백의 탱크톱 형태로 디자인 되었다. 걸감은 프린세스 라인의 형태로 절개선이 있으며 앞면, 옆면, 후면의 세 개의 패널로 구성되었다. 또한 Fig. 8(b)에서와 같이 안쪽에 패드가 부착된 안감이 있는 이중 구조로 설계되었으며, 안감에는 폴컵 사이즈의 비절개형 반달형 몰드 컵이 부착되었다. 컵 하변에 와이어와 와이어 테이프가 부착되지 않은 노와이어 형태로 구성되었다.

3.3. 원단의 신장율과 패턴 축소

신축성이 있는 원단을 사용하여 기능성 스포츠웨어 제품을 제작할 때에는 피트성과 착용감을 향상시키기 위하여 기본 원

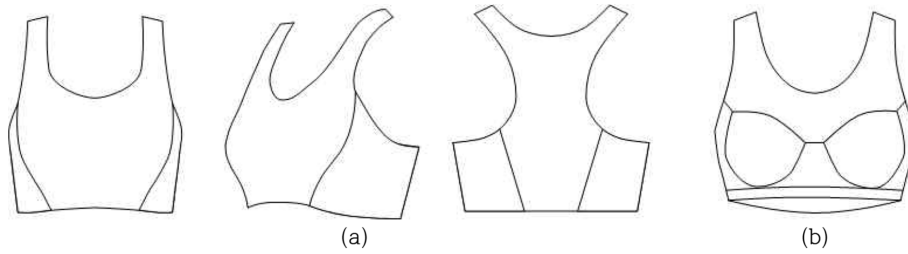


Fig. 8. Multi-functional sports brassiere design(a) and pad(full size mold cup) attached lining(b).

형 사이즈보다 축소하여 제작하여야 한다. 이때 제품의 기능성에 따른 다양한 용도에 맞춰 축소를 조정하고 의복압을 증감시키기도 한다. 스포츠 브래지어의 경우 기본 사이즈에 맞추어 패턴을 제작할 때에 가로길이는 인체의 둘레 치수에서 20%를 축소하여 설정하고, 세로길이의 경우 하갑 높이(BP~밑가슴둘레의 수직표면길이) 및 유장(BP~옆목점 길이)에 대한 값이 적용된다(Shin, 2015).

본 연구에서는 3차원 형상의 정보를 반영하여 전개된 다기능 스포츠 브래지어의 누드 패턴을 축소할 때 착용 쾌적성 및 가슴 라인의 외관을 향상시키기 위하여 원단의 신장 특성을 반영하고자 하였다. 사용된 원단의 혼용율은 PE 85.8%, PU 14.2%이었고, ASTM D 2594의 방법에 준하여 측정된 원단의 신장율(Z)은 경사 23.9%, 위사 31.0%이었다. 원단의 신장율(Z)의 몇 퍼센트를 사용하는가(Z신장율 적용%)를 알면 소재가 바뀌어도 최종적인 패턴 축소를 $Z \times Z$ 신장율 적용%로 계산하여 쓸 수 있으므로 Table 3에는 세 가지 값을 모두 제시하였다. 기존의 브랜드 제품보다 목 부위의 맞음새를 증가시키기 위하여 3차원으로부터 전개된 누드 패턴의 형태를 감안하여 목너비가 좁아지지 않도록 기본 치수를 유지하면서 패턴을 축소하였다. 이에 따라 전반적으로는 Z신장율 적용%를 경사방향으

로는 20%, 위사방향으로는 30%를 적용하여 전체적인 최종 패턴 축소는 경사방향으로 약 5%, 위사방향으로 약 9%를 적용하였다. 가슴의 볼륨을 향상시키기 위하여 사이드 패널의 경우는 Z신장율 적용%를 높여 60% 적용하여 패턴 축소가 약 18%가 되었다. 앞면 패턴에서 어깨 부위의 경우 어깨에 걸리는 의복압을 감소시켜 착용감이 향상되도록 윗가슴둘레로부터 위쪽으로는 경사방향으로 0%, 위사방향으로 9%로 축소하고, 윗가슴둘레로부터 아래쪽으로는 경사방향으로 5%, 위사방향으로 9%로 축소하였다. 가슴의 볼륨을 살려줄 수 있도록 걸감의 사이드 패널은 경사방향으로 5%, 위사방향으로 18%로 패턴의 축소를 증가하여 실시하였다. Z신장율 적용%는 소재가 바뀌어도 신장율을 측정하여 그것의 몇 %를 적용하여 축소할 것인가 하는 값이므로 소재가 바뀌어도 사용가능한 값이다(Kim & Hong, 2017).

안감의 경우에도 몰드컵이 부착되는 위치에 의하여 상하로 나뉜 패턴을 걸감과 마찬가지로 목너비와 어깨의 의복압을 고려하여 축소하고, 걸감 사이드 패널 위치의 블록패턴의 축소를 증가시켜 패턴축소를 실시하였다. 다기능 스포츠 브래지어의 완성된 최종 패턴은 Fig. 9(a)와 같으며 완성품은 Fig. 9(b)에 제시하였다.

Table 3. Pattern reduction rate considering fabric extension rate(Z) and (Z)% fabric stretch

| | Wale | Course |
|---------------------------------------|------|------------------------------------|
| Fabric extension rate(Z) | 24% | 31% |
| Applied amount of (Z)% fabric stretch | 20% | 30%/60% (Overall/side panel) |
| Pattern reduction rate | 4.8% | 9.1%/18.1% (Overall/side panel) |

3.4. 주관적 착용감 평가 결과 및 의복압 측정 결과

본 연구에서 개발된 3차원 다기능 스포츠 브래지어(Fig. 9(b))와 디자인이 유사한 기존에 출시되었던 제품(Fig. 10)에 대한 착용감 평가를 실시한 결과는 Table 4와 같다. 피트성, 착용 쾌적감과 구매 선호도에서 새로 개발된 3D 다기능 스포츠 브래지어가 기존 제품에 비하여 우수하였고, 두 제품 간에 유의한 차이가 있었다($p < .05$).

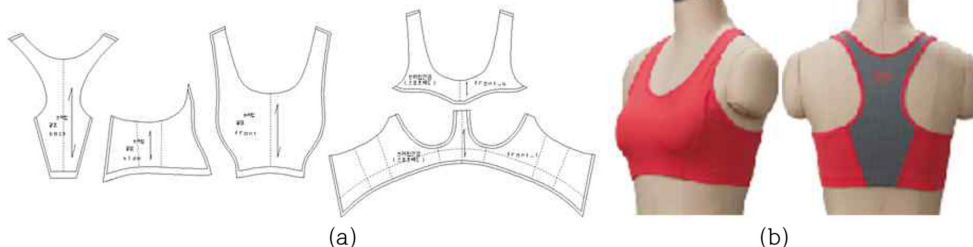


Fig. 9. The final version of multi functional sports brassiere pattern(a) and finished product(b).

Table 4. Subjective wearing sensation depending on the types of sports brassiere

| | Existing product (2D) | | New product (3D) | | <i>t</i> | <i>p</i> |
|------------------------|------------------------|--------|------------------------|--------|----------|----------|
| | <i>M</i> (<i>SD</i>) | | <i>M</i> (<i>SD</i>) | | | |
| Fit | 6.88 | (2.47) | 8.88 | (0.64) | -2.42791 | .045* |
| Wear comfort | 7.38 | (1.77) | 8.75 | (1.16) | -2.43374 | .045* |
| Preference of purchase | 7.13 | (2.10) | 8.75 | (1.28) | -3.05204 | .018* |

p*<.05Table 5.** Clothing pressure of 2 types of sports brassiere

(Unit: kPa)

| | Existing product (2D) | | New product (3D) | | <i>t</i> | <i>p</i> |
|----|-----------------------|---------------|------------------|---------------|----------|----------|
| | <i>M</i> | (<i>SD</i>) | <i>M</i> | (<i>SD</i>) | | |
| P1 | 1.01 | (0.13) | 1.01 | (0.03) | -0.008 | .994 |
| P2 | 0.67 | (0.05) | 0.26 | (0.08) | -69.028 | .000*** |
| P3 | 2.07 | (0.30) | 1.92 | (0.33) | -1.791 | .084 |
| P4 | 0.31 | (0.03) | 0.30 | (0.10) | -0.572 | .572 |
| P5 | 1.49 | (0.37) | 1.73 | (0.24) | 3.871 | .001* |
| P6 | 0.93 | (0.13) | 0.31 | (0.10) | -18.242 | .000*** |
| P7 | 1.15 | (0.13) | 0.86 | (0.10) | -14.036 | .000*** |
| P8 | 0.28 | (0.05) | 0.20 | (0.07) | -9.517 | .000*** |

p*<.05, **p*<.0001**Fig. 10.** Current sports brassiere comparing to newly developed 3D style.

2종의 스포츠 브라지어를 표준 사이즈의 인대에 착용한 다음 의복압을 측정된 결과는 Table 5와 같다. 두 제품의 의복압은 윗가슴(P2), 밑가슴둘레 위치 옆선 하단 접밴드(P5), 어깨끈(P6), 밑가슴둘레 위치 뒤중심 접밴드(P7), 견갑(P8) 등의 5부위에서 유의한 차이가 있었다(*p*<.05). 새롭게 개발된 3차원 다기능 스포츠 브라지어는 밑가슴둘레 위치 앞중심 접밴드(P1), 밑가슴둘레 위치 접하단 접밴드(P3), 옆선 상부(P4)에서의 의복압이 기존 제품과 차이가 없는 것으로 나타나 두 제품의 피트성이 유사한 것을 알 수 있었다. 전면의 윗가슴(P2)과 어깨끈(P6) 부위의 압력은 기존 제품에 비하여 적었고, 후면(P7, P8)에서의 압력도 적은 것으로 나타나 새로 개발된 3차원 다기능 스포츠 브라지어의 착용 쾌적성이 향상된 것으로 보인다. 또한 옆선 하단 부위(P5)에서는 기존 제품에 비하여 의복압이 약간 증가하는 것으로 나타나 가슴을 옆에서 앞으로 밀어주는 기능이 발현되는 것을 알 수 있었다.

4. 결 론

3차원 기술을 활용하여 표준 사이즈의 3차원 다기능 스포츠 브라지어를 개발한 결과는 다음과 같다.

첫째 3차원 스캔한 형상 위에 3D 메쉬 스케치로 디자인할 때에는 오리지널 메쉬를 옵티마이즈(Optimize)한 3차원 형상의 평균 곡률(Mean curvature)과 서피스(Surface)의 정보를 활용하는 것이 유용하였다. 3차원 형상을 전개하여 2차원 누드 패턴을 제작 시 피트성을 향상하기 위하여 3차원 형상과 2차원 패턴간의 면적의 오차를 단계적으로 줄여나갈 때 평균 곡률을 참조하는 것은 유용하였다. 이 때 미적 측면을 고려하여 기존의 프린세스 라인과는 차별화된 라인의 맞춤새를 탐색하고 3차원 형상에서 직접 전개하여 평면화한 결과 오리지널 형상의 면적과의 오차는 2.6%로서 평면화한 2차원 패턴이 3차원 형상의 정보를 거의 모두 반영하여 제작되었다는 것을 알 수 있었다.

둘째, 누드 패턴을 축소하기 위하여 원단의 신장율에 의한 적정 신장율과 이에 따른 최종 축소율을 계산하여 설계하였다. 이때 부위별로 다른 축소율을 적용하였는데 그 경계는 윗가슴둘레와 사이드 패널 부분이었다. 착용 쾌적성을 향상시키기 위하여 어깨와 윗가슴 부위에서는 압력을 감소시킬 수 있도록 경사방향으로는 패턴을 그대로 사용하였고 위사방향으로는 원단 신장율의 30%를 적용하였으며(패턴 축소율 약 9%), 윗가슴 아래 부분에 대하여 경사방향으로 원단 신장율의 2%를 적용하여 축소(패턴 축소율 5%)하였고, 위사방향은 원단 신장율의 30%를 적용하여 줄이고(패턴 축소율 9%), 가슴을 모아주기 위하여 사이드 패널 부위는 경사방향으로 원단 신장율의 30%, 위사방향은 60%(패턴 축소율 18%)를 적용하였다.

셋째, 개발된 3차원 스포츠 브래지어와 디자인이 유사한 기존에 출시되었던 제품에 대하여 주관적 착용감을 평가한 결과 새로 개발된 스포츠 브래지어의 피트니스와 착용 쾌적감, 구매 선호도가 유의하게 좋은 것으로 평가되었다. 의복압을 측정된 결과 3D 다기능 스포츠 브래지어는 어깨와 윗가슴 부위 및 후면에서의 압력은 기존 제품에 비하여 적게 나타났으며 밑가슴둘레 부분에서의 압력은 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서 새롭게 개발된 다기능 스포츠 브래지어는 기존의 피트니스를 적절하게 유지하면서도 어깨와 윗가슴 부위 및 후면의 압력은 적어 착용 쾌적성이 향상된 것으로 보인다. 옆선하단 부위에서는 기존 제품에 비하여 약간의 의복압이 증가하여 가슴을 옆에서 앞으로 밀어주는 기능이 잘 발휘되는 것을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 3차원 레플리카 방법과 새로운 절개라인은 효과적인 패턴 설계를 가능하게 해주는 것을 알 수 있었으며, 3차원 누드 패턴을 축소할 때에는 원단의 신장율과 착용시의 형태 및 적정 압력 등을 고려하여 경사와 위사방향으로 알맞은 축소를 적용하면 피트니스와 착용 쾌적성이 기존 제품에 비하여 유의하게 향상됨을 알 수 있었다. 본 연구에서 제시한 축소는 원단의 신장율의 몇 %를 적용한 것인가를 함께 제시하여 추후의 다양한 소재특성에도 원단의 신장율을 알면 이에 대한 적용율을 그대로 곱하여 축소를 계산하면 되나, 다양한 디자인의 경우 피복 면적이 달라지면 다소 달라질 수 있을 것이므로 앞으로 다양한 디자인을 대상으로 추가연구해 볼 필요성이 있다. 또한 착용감 평가 시 75A 사이즈의 인대를 사용하여 개발한 스포츠 브래지어를 다수의 피험자를 대상으로 실시하였으므로 각 개인의 특성에 맞는 맞춤형 스포츠 브래지어의 제작 및 평가에 대한 후속연구가 이루어져야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 (주)좋은사람들로부터 지원받아 수행되었음.

References

- Bowles, K. A., Steele, J. R., & Chaunchaiyakul, R. (2005). Do current sports brassiere designs impede respiratory function?. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37(9), 1633-1640. doi:10.1249/01.mss.0000177590.75686.28
- Bowles, K. A., Steele, J. R., & Munro, B. (2008). What are the breast support choices of Australian women during physical activity?. *British Journal of Sports Medicine*, 42(8), 670-673. doi:10.1136/bjbm.2008.046219
- Bowles, K. A., Steele, J. R., & Munro, B. J. (2012). Features of sports bras that deter their use by Australian women. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 15(3), 195-200. doi:10.1016/j.jsams.2011.11.248
- Choi, J. Y., Sohn, B. H., & Kweon, S. A. (2013). Changes in body size and fitness according to breast and brassiere types. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 37(2), 138-150. doi:10.5850/JKSCT.2013.37.2.138
- Cho, S. H., & Kim, M. S. (2008). Brassiere pattern development based on 3D measurements of upper body-Focused on women in their 30's. *The Research Journal of the Costume Culture*, 16(3), 488-501.
- De Silva, M. (1986). The costoclavicular syndrome: A 'new cause'. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 45(11), 916-920. doi:10.1136/ard.45.11.916
- Jang, Y. M., Chun, J. S., Lee, H. D., & Han, B. R. (2013). A study on the design features for sports bra styles according to treadmill running speeds and bra cup sizes. *The Research Journal of the Costume Culture*, 21(1), 81-92. doi:10.7741/rjcc.2013.21.1.081
- Kim, Y. W., Kweon, S., & Sohn, B. H. (2009). Analysis on the classification of breast types and the breast volume of women in their twenties. *Korean Journal of Human Ecology*, 18(6), 1267-1276.
- Kim, N. Y., & Hong, K. H. (2017). A screening test of extensibility and the prediction of clothing pressure for commercial compression T-shirts. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 41(6), 1010-1021. doi:10.5850/JKSCT.2017.41.6.1010
- Korean Agency for Technology and Standards. (2015). *The 7th Size Korea*. Retrieved June 15, 2018, from <http://sizekorea.kats.go.kr>
- Kweon, S. A., & Sohn, B. H. (2011). A study on cup size of brassiere and classification of breast type according to breast circumference and volume. *Family and Environment Research*, 49(5), 1-10. doi:10.6115/khea.2011.49.5.001
- Lee, H. Y. (2003). 3D somato parameters of breast and its application to the development of brassiere pattern. *Journal The Korean Society of Living Environmental System*, 10(3), 187-192.
- Lee, H. Y. (2007). Evaluation of commercial mould brassieres for women with poor breasts. *Korean Journal of Human Ecology*, 16(6), 1211-1221. doi:10.5934/KJHE.2007.16.6.1211
- Lee, H. R., Eom, R. I., & Lee, Y. J. (2019). Analysis on pressure and wearing sensation according to the lower band design of sports brassieres. *Fashion & Textile Research Journal*, 21(1), 67-74. doi:10.5805/SFTI.2019.21.1.67
- McGhee, D. E., Steele, J. R., Zealey, W. J., & Takacs, G. J. (2013). Bra-breast forces generated in women with large breasts while standing and during treadmill running: Implications for sports bra design. *Applied Ergonomics*, 44(1), 112-118. doi:10.1016/j.apergo.2012.05.006
- Min, Y. S., Kweon, S. A., & Shon, B. H. (2016). Brassiere pattern designed to fit into the breast shapes - Based on ESMOD pattern -. *Journal of Fashion Business*, 20(4), 15-35. doi:10.12940/jfb.2016.20.4.15
- Nam, J. K., Choi, K. M., Jung, E. S., Yun, M. W., & Lee, J. O. (2002). A study on bust profile changes due to brassiere wearing. *Ergonomics Society of Korea*, 21(4), 117-130.
- Pei, J., Park, H., & Ashdown, S. P. (2019a). Female breast shape categorization based on analysis of CAESAR 3D body scan data. *Textile Research Journal*, 89(4), 590-611. doi:10.1177/0040517517753633
- Pei, J., Fan, J., & Ashdown, S. P. (2019b). Detection and comparison of breast shape variation among different three-dimensional body scan conditions: Nude, with a structured bra, and with a soft bra. *Textile Research Journal*, 0040517519839398. doi:10.1177/0040517519839398
- Shin, K. (2015). *Pattern making for underwear design* (2nd ed.). USA: CreateSpace.

- Shin, J. Y., Nam, Y. J., & Kim, K. S. (2016). Comparative pattern analysis and the fitness evaluation of brassieres using 3D virtual clothing simulation - Focusing on cross section of human body shape & changing of silhouette -. *Journal of the Korean Society of Costume*, 66(8), 46-60. doi:10.7233/jksc.2016.66.8.046
- Sohn, B. H., & Yi, K. H. (2017). Brassiere pattern development for augmentation mammoplasty patients. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 41(4), 646-660. doi:10.5850/JKSCT.2017.41.4.646
- Yi, K. H., & Choi, H. S. (1995). A study on breast shapes for developing elderly women's brassiere. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 19(6), 995-1007.
- Yi, K. H., & Nam, Y. R. (2018). A study on the brassiere wearing evaluation for augmentation of mammoplasty patients. *Journal of the Korean Society of Clothing and Textiles*, 42(5), 737-752. doi:10.5850/JKSCT.2018.42.5.737
- Zhou, J., Yu, W., & Ng, S. P. (2013). Identifying effective design features of commercial sports bras. *Textile Research Journal*, 83(14), 1500-1513. doi:10.1177/0040517512464289
- Zhou, J., Yu, W., & Ng, S. P. (2012). Studies of three-dimensional trajectories of breast movement for better bra design. *Textile Research Journal*, 82(3), 242-254. doi:10.1177/0040517511435004
- Ziegert, B., & Keil, G. (1988). Stretch fabric interaction with action wearables: Defining a body contouring pattern system. *Clothing and Textiles Research Journal*, 6(4), 54-64. doi:10.1177/0887302X8800600408

(Received 20 May, 2019; 1st Revised 9 June, 2019;
2nd Revised 10 June, 2019, Accepted 14 July, 2019)